

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 การหาคุณสมบัติของดินทางด้านวิศวกรรมที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.1 การทดลองหาค่าความชื้นและขีดจำกัดแอตเตอร์เบิร์ก (Water Content and Atterber's Limit) ตามมาตรฐาน ASTM D 2216 และ ASTM D 4318

3.1.2 การทดลองหาความถ่วงจำเพาะของเม็ดดิน (Specific Gravity of Soil Solid) ตามมาตรฐาน ASTM D 854

3.1.3 การทดลองหาขนาดเม็ดดิน (Grain Size Analysis) ตามมาตรฐาน ASTM D 422

3.1.4 การทดลองการบดอัด (Compaction Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 698

3.1.5 การทดสอบแรงเฉือนแบบโดยตรง (Direct Shear Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 3080

3.1.6 การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนาม (Field Density Test) ตามมาตรฐาน ASTM D 1556

3.2 การจัดเตรียมแปลงทดลองและตัวอย่างการทดสอบ

สถานที่ทำการทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของดินในสนามคือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเตรียมพื้นที่โดยการกำจัดวัชพืชออกให้หมดจากนั้นทำการปลูกหญ้าแฝกและหญ้ารัฐ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.2.1 การปลูกหญ้าแฝกในแปลงทดลอง

ปลูกหญ้าแฝกในแปลงทดลองโดยเตรียมหญ้าแฝกลุ่มพันธุ์ศรีลังกา ตัดให้มีความยาวรากเหลือเพียง 10 เซนติเมตรและส่วนต้นยาว 20 เซนติเมตรดังภาพที่ 3.1 จากนั้นนำหญ้าแฝกที่ได้เตรียมไว้ลงปลูกในแปลงทดลองที่มีพื้นที่ประมาณ 120 ตารางเมตร โดยมีระยะห่างระหว่างแนว 2 เมตรและระยะห่างระหว่างต้นในแถวเดียวกัน 0.10 เมตรดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างต้นหญ้าแฝกกลุ่มพันธุ์ศรีลังกาที่ใช้ปลูกในแปลงทดลอง



ภาพที่ 3.2 การปลูกหญ้าแฝกในแปลงทดลอง

3.2.2 การปลูกหญ้ารัฐชีในแปลงทดลอง

ปลูกหญ้ารัฐชีโดยใช้เมล็ดพันธุ์ จำนวน 150-200 เมล็ด ปลูกลงในพื้นที่แปลงทดลอง โดยมีระยะห่างแนว 2 เมตร เช่นเดียวกับการปลูกแฝกและระยะระหว่างกอห่าง 1.5 เมตร ทำการหว่านเมล็ดพันธุ์หญ้ารัฐชีให้เมล็ดกระจายในพื้นที่ขนาด กว้าง 0.40 เมตร ยาว 0.40 เมตร ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 การหว่านเมล็ดพันธุ์เหูรู่ซี่ในแปลงทดลอง

3.2.3 การปลูกเหูรู่ซี่และเหูรู่ซี่ในห้องปฏิบัติการเพื่อทดสอบกำลังรับแรงดิ่ง มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) เตรียมเหูรู่ซี่ปลูกพันธุ์ศรีลังกา ตัดให้มีความยาวรากเหลือเพียง 10 เซนติเมตร และส่วนต้นยาว 20 เซนติเมตรและเตรียมเมล็ดพันธุ์เหูรู่ซี่จำนวน 90 เมล็ด
- 2) นำท่อพีวีซีที่ได้ตัดมาแล้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร มาต่อกันตามอายุการปลูกโดยรอยต่อระหว่างท่อพีวีซีให้พันด้วยเทปกาวโดยความสูงของท่อจะขึ้นอยู่กับอายุของการปลูกเช่น อายุการทดสอบที่ 2 เดือนของเหูรู่ซี่ ใช้จำนวนท่อพีวีซี 3 ท่อน มาต่อกันและพันรอยต่อด้วยเทปกาว ส่วนด้านล่างใช้แผ่นจีโอเท็กซ์ไทล์ที่ตัดเป็นสี่เหลี่ยมขนาดพอประมาณรองไว้และใช้ลวดพันยึดไว้เพื่อให้ น้ำระบายออกได้ ในกรณีที่ตัวอย่างมีความสูง ตัวอย่างท่อพีวีซีมีความสูงมากให้ใช้ไม้ไผ่ตามท่อไว้
- 3) เตรียมตัวอย่างท่อพีวีซีให้ได้ตามจำนวนและตามอายุการปลูกซึ่งแสดงดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2
- 4) บดอัดดินลงไปในกระบอกตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้ว โดยควบคุมความหนาแน่นของดินให้มีความสม่ำเสมอตลอดทั้งตัวอย่าง
- 5) ปลูกเหูรู่ซี่และเหูรู่ซี่ลงในกระบอกตัวอย่างตามอายุการทดสอบ

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบของหญ้าแฝก

อายุการปลูก (เดือน)	จำนวนท่อนของ ท่อพีวีซีที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่าง (ท่อน)	จำนวนตัวอย่างทดสอบกรณี หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา (ตัวอย่าง)	จำนวนท่อพีวีซีที่ต้องใช้ (ท่อน)
2	3	3	9
4	5	3	15
6	7	3	21
8	9	3	27
10	11	3	33
รวม		15	105

ตารางที่ 3.2 รายละเอียดของตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบของหญ้ารูซี่

อายุการปลูก (เดือน)	จำนวนท่อนของ ท่อพีวีซีที่ใช้ต่อ 1 ตัวอย่าง (ท่อน)	จำนวนตัวอย่างทดสอบกรณี หญ้ารูซี่ (ตัวอย่าง)	จำนวนท่อพีวีซีที่ต้องใช้ (ท่อน)
2	2	3	6
4	3	3	9
6	4	3	12
8	5	3	15
10	6	3	18
รวม		15	60



ภาพที่ 3.4 หญ้าแฝกที่อายุการปลูก 2, 4, 6, 8, และ 10 เดือน ตามลำดับ

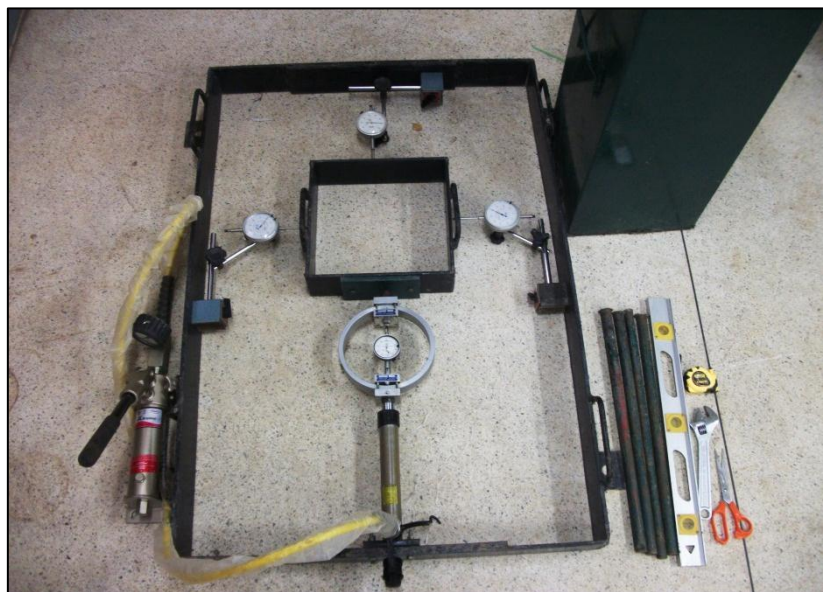


ภาพที่ 3.5 หญ้ารูซี่ที่อายุการปลูก 2, 4, 6, 8, และ 10 เดือน ตามลำดับ

3.3 การจัดเตรียมเครื่องมือในการทดสอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบแรงเฉือนโดยตรงในสนาม (ภาพที่ 3.4) มีดังต่อไปนี้

- 1) ก่อ่งเฉือน ทำด้วยเหล็กขนาด 300 x 300 x 100 มิลลิเมตร มีความหนา 10 มิลลิเมตร
- 2) กรอบโครงเหล็ก ขนาด 1000 x 1200 x 100 มิลลิเมตร มีความหนา 10 มิลลิเมตร
- 3) Hydraulic Jack ขนาด 5 ตัน กระบอกมีขนาดเส้นศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร
- 4) Hydraulic Pump ขนาด 10 ตัน
- 5) ก่อ่งเหล็กบรรจุทรายแห้งเพื่อเป็นน้ำหนักกดทับ (Normal Load) ขนาด 300 x 300 x 1000 มิลลิเมตร
- 6) วงแหวนวัดแรง (Proving Ring) ที่สามารถวัดได้สูงสุด 2 ตัน
- 7) มาตรหน้าปัด (Dial Gage) วัดการเคลื่อนตัวในแนวราบ
- 8) ตลับเมตร
- 9) ระดับน้ำ
- 10) ประแจ
- 11) บรรทัดวัดละเอียด (Vernier Callipers)
- 12) เหล็กเส้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ยาว 500 มิลลิเมตร จำนวน 4 เส้น
- 13) จอบ เสียม พลั่ว เกียง และ กรรไกรตัดกิ่ง
- 14) กระป๋องเก็บตัวอย่างดินในหลุมทดสอบ ใช้ 3 กระป๋องต่อ 1 ตัวอย่าง



ภาพที่ 3.6 ชุดเครื่องมือทดสอบแรงเฉือนโดยตรงในสนาม

3.3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์การทดสอบความหนาแน่นของดินในสนาม มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1) กรวยทรายขนาดปากกรวย 6 นิ้ว หรือ 4 นิ้ว มีเกลียวหมุนเข้าออกขวดแก้วและมีวาล์วเปิด-ปิดให้ทรายไหลได้
- 2) ขวดใส่ทราย ซึ่งมีความจุ 1 แกลลอน มีเกลียวสำหรับหมุนเข้ากรวยทราย
- 3) แผ่นหาความหนาแน่น (Field Density Plate) ขนาดประมาณ 12 x 12 นิ้ว มีขอบกั้นดินรอบด้าน
- 4) ทรายสำหรับหาปริมาตรหลุมคือ Ottawa Sand เป็นทรายที่มีขนาดเท่าๆกันหรือทรายที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และค้างบนตะแกรงเบอร์ 30
- 5) เครื่องชั่งสนามขนาด 10 กิโลกรัม อ่านละเอียด 1 กรัม และเครื่องชั่งละเอียด 0.01 กรัม สำหรับชั่งหาปริมาณความชื้นในดิน
- 6) ตู้อบ
- 7) สก๊าดขนาดหน้ากว้าง 1 นิ้ว ยาวประมาณ 8 นิ้ว
- 8) กระป๋องเก็บตัวอย่างมีฝาปิด
- 9) ค้อน แปรงและช้อนตักดิน



ภาพที่ 3.7 เครื่องมือทดสอบหาค่าความหนาแน่นในสนาม

3.3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบกำลังรับแรงดึงของรากหญ้าแฝกในห้องปฏิบัติการ (ภาพที่ 3.5 และภาพที่ 3.6) มีดังต่อไปนี้

- 1) โครงเหล็กสำหรับแขวนอุปกรณ์จับยึดตัวอย่าง
- 2) อุปกรณ์จับยึดตัวอย่าง
- 3) ภาชนะใส่น้ำหนัก
- 4) ถังน้ำหนักบรรจุน้ำหนัก
- 5) เวอร์เนียคาลิเปอร์
- 6) เครื่องชั่งความละเอียด 0.001 กรัม
- 7) กรรไกร
- 8) นาฬิกาจับเวลา
- 9) คีม ประแจ และสมุดบันทึกข้อมูล



ภาพที่ 3.8 โครงเหล็กสำหรับแขวนอุปกรณ์จับยึดตัวอย่างและถาดวางน้ำหนัก



ภาพที่ 3.9 ถุงน้ำหนักบรรจุทรายแห้งและเครื่องชั่งละเอียด

3.4 ระเบียบวิธีการทดสอบ

3.4.1 การทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของดินในสนาม

การทดสอบแรงเฉือนโดยตรงของดินในสนาม มี 3 รูปแบบ คือ ทดสอบตัวอย่างดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้าแฝก ตัวอย่างดินที่เสริมแรงด้วยรากหญ้ารูซี่และตัวอย่างดินที่ไม่ได้เสริมแรงด้วยรากหญ้า โดยทดสอบที่อายุการปลูกหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่ ที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน ตามลำดับ โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

1) เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกในสนามเช่น ความสูงกอ และเส้นผ่านศูนย์กลางของกอ ดังภาพที่ 3.10 และหญ้ารูซี่ในห้องปฏิบัติการ เช่น จำนวนเมล็ดที่งอก และความสูงเหนือผิวดิน

2) ชุดแต่งตัวอย่างที่จะทดสอบด้วยจอบหรือเสียมขนาด กว้าง 30 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ลึก 10 เซนติเมตร โดยให้ต้นหญ้าอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของ Shear Box ขณะชุดแต่งตัวอย่างต้องระมัดระวังไม่ให้ก้อนดินตัวอย่างกระทบกระเทือน จากนั้นประกอบ Shear Box เข้ากับก้อนดินตัวอย่าง ดังภาพที่ 3.11



ภาพที่ 3.10 การวัดความสูงต้นหญ้า



ภาพที่ 3.11 การประกอบ Shear Box เข้ากับก้อนดินตัวอย่าง

3) เปิดหน้าดินให้ขนาด กว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.4 เมตร ลึก 10 เซนติเมตร รอบข้าง Shear Box จากนั้นติดตั้งกรอบโครงเหล็ก เชื่อมระดับด้วยระดับน้ำอีกครั้ง ยึดให้แน่นด้วยสลักทั้งสี่มุม ติดตั้ง Hydraulic Jack และ Proving Ring เข้ากับกรอบโครงเหล็กโดยให้มีตำแหน่งตรงกึ่งกลางของ Shear Box

4) จำนวน 3 ตัว โดยใช้วัดการเคลื่อนที่ในแนวราบ 1 ตัว และวัดการเคลื่อนที่ในแนวตั้งอีก 2 ตัว พร้อมกับการติดตั้ง Hydraulic Pump ดังภาพที่ 3.12

5) ตัดแต่งหญ้าใน Shear Box ออกให้หมด จากนั้นวางกล่องเหล็กบรรจุทรายแห้งเพื่อเป็นน้ำหนักคงที่ บน Shear Box ในการทดสอบจะใช้ Normal Load ที่ 25, 50 และ 100 กิโลกรัม ดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.12 การติดตั้งชุด Dial Gage



ภาพที่ 3.13 การติดตั้งเครื่องมือพร้อมที่จะทดสอบ

6) ทำการ โยก และพิจารณา Dial Gage ที่ติดตั้งอยู่กับ Proving Ring เมื่อเริ่มมีการ กระดิก ทำการปรับ Dial Gage ทุกตัวไปที่ศูนย์ ดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 ปรับ Dial Gage ทุกตัวไปที่ศูนย์

7) ในการทดสอบใช้ผู้อ่าน Proving Ring จำนวน 1 คน อ่าน Dial Gage การเคลื่อนที่ในแนวด้านข้างจำนวน 2 คน ให้คนประจำอยู่ที่ Hydraulic Pump จำนวน 1 คน โยก Pump ให้มีอัตราคงที่พร้อมกับอ่านค่าการเคลื่อนที่ในแนวนอนทุกๆ 20 จีด และส่งสัญญาณให้ผู้อ่านทุกคนจดบันทึกค่า ดังภาพที่ 3.15



ภาพที่ 3.15 การทดสอบแรงเหวี่ยงโดยตรงในสนาม

8) ทำการทดสอบจนกระทั่ง Dial Gage ที่ติดตั้งอยู่กับ Proving Ring มีค่าลดลง ซึ่งแสดงว่าตัวอย่างดินถูกเหวี่ยงจนพิบัติ ดังภาพที่ 3.16



ภาพที่ 3.16 ตัวอย่างดินที่ถูกเงื่อนไขจนพิบัติ

9) เก็บตัวอย่างดิน ณ บริเวณตำแหน่งรอยเลื่อน เพื่อนำไปหาค่าปริมาณความชื้นในดิน ดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาปริมาณความชื้น

10) เก็บตัวอย่างรากหญ้าที่ทดสอบเสร็จแล้วในสนาม เพื่อวัดหาปริมาณรากทั้งหมด และวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรากทั้งหมด ณ ตำแหน่งถูกเงื่อนไข สามารถนำไปคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดรากต่อพื้นที่หน้าตัดดิน

12) ทดสอบแรงเฉือนโดยตรงในสนามที่อายุการปลูก 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน ตามลำดับ

3.4.2 การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามแบบโดยวิธีกรวยทราย

การทดสอบหาความหนาแน่นของดินในสนามจะทดสอบที่อายุการปลูก 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน ตามลำดับ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) เตรียมกรวยทรายหมุนขวดแก้วเข้ากับกรวยทรายใส่ทรายในขวดแก้วจนเกือบเต็ม
- 2) เตรียมผิวดินที่จะทำการทดสอบให้ราบเรียบ วางแผ่นหาความหนาแน่นบนพื้นที่เตรียมจากนั้นใช้ตะปูตอกยึดให้ติดกับพื้นดิน ใช้รูกกลางเป็นแนว ขุดหลุมกลมจนได้ความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร พยายามขุดหลุมให้เป็นทรงกลมตั้งฉากที่ก้นหลุมเพื่อหาความหนาแน่น

ของชั้นดิน เก็บเศษดินที่ขุดขึ้นมาให้หมดอย่าให้ตกหล่น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักจากนั้นนำดินบางส่วนใส่กระป๋องที่มีฝาปิดเพื่อหาความชื้น

3) ชั่งน้ำหนักกรวยทรายรวมทั้งทรายที่บรรจุอยู่ คำนวณกรวยทรายโดยให้ขอบกรวยทรายวางอยู่บนบ่าแผ่นหาความหนาแน่น ปิดวาล์วทรายไหลลงหลุมให้เต็มจนกระทั่งทรายหยุดไหล ปิดวาล์วหางกรวยทรายขึ้นและนำไปชั่งน้ำหนัก

4) ใช้ช้อนตักทรายในหลุมขึ้นมาใส่กรวยทรายเพื่อนำไปใช้ครั้งต่อไป ส่วนทราย ที่มีเศษดินปนมาควรแยกไว้ต่างหากเพื่อใช้ตะแกรงร่อนแยกเสียก่อนที่จะนำมาใช้ร่วมกับทรายสะอาดในขวด



ภาพที่ 3.18 ใช้ตะปุดอัดยัดแผ่นหาความหนาแน่นให้ติดกับพื้นดิน



ภาพที่ 3.19 ชุดหลุมกลมจนได้ความลึกพอเหมาะ



ภาพที่ 3.20 คว่ำกรวยทรายให้ขอบกรวยทรายวางอยู่บนบ่าแผ่นหาความหนาแน่น

3.4.3 การทดสอบแรงดึงรากหญ้าแฝกและรากหญ้ารูซี่ในห้องปฏิบัติการ โดยทดสอบที่อายุการปลูกหญ้าแฝกและหญ้ารูซี่ที่ 2, 4, 6, 8 และ 10 เดือน ตามลำดับโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

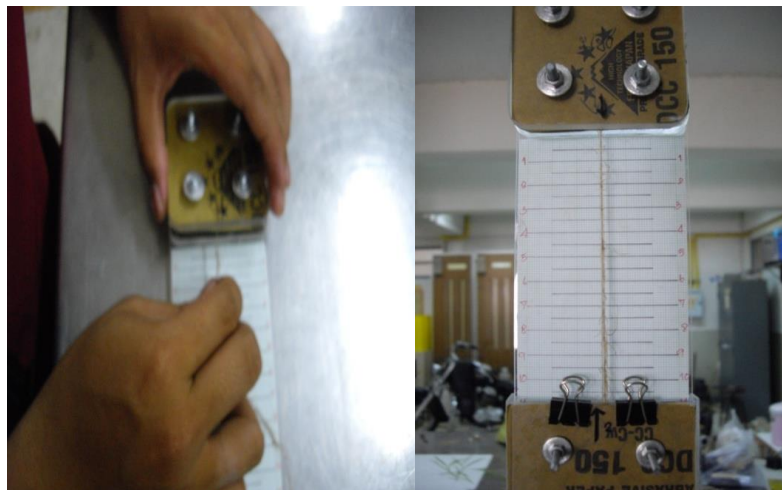
- 1) นำต้นหญ้าแฝกที่จะทดสอบออกจากกระบอกตัวอย่างท่อพีวีซีและล้างดินออกให้หมด
- 2) ใช้กรรไกรตัดรากหญ้าแฝกให้ยาวประมาณ 5 – 10 เซนติเมตร

3) ใช้เวอร์เนียร์วัดค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของรากหญ้าแฝกจำนวน 3 ค่า แล้วนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยก่อนการทดสอบ ดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.21 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรากหญ้าแฝก

4) นำรากหญ้าแฝกมาประกอบเข้ากับอุปกรณ์ยึดรากหญ้าแฝกโดยยึดบนและล่าง จากนั้นนำไปแขวนไว้กับโครงเหล็กและทำการจับยึดด้วยหนีตอีกครั้ง



ภาพที่ 3.22 การนำรากประกอบเข้ากับอุปกรณ์จับยึด

- 5) อ่านค่าความยาวบนเกจเริ่มต้นก่อนนำถาดวางน้ำหนักไปแขวนไว้กับส่วนล่างของที่ยึดจับ
- 6) แขนวภาชนะใส่น้ำหนักและเพิ่มน้ำหนักจนทรายให้คงที่ทุก 2 นาที
- 7) อ่านค่าระยะยึดของรากหญ้าแฝกและรากหญ้าแฝกทุกครั้งที่มีการเพิ่มน้ำหนัก พร้อมจดบันทึกจนกระทั่งตัวอย่างรากหญ้าเกิดการฉีกขาด
- 8) ทดสอบรากหญ้าแฝกและหญ้ารัฐประมาณ 20 – 30 ราก ของแต่ละเดือนตามอายุการปลูก 2, 4, 6, 8, และ 10 เดือน ตามลำดับ



ภาพที่ 3.23 อ่านค่าและจดบันทึกจนกระทั่งตัวอย่างรากหญ้าเกิดการฉีกขาด