ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การวัดความหนาแน่นรวมของดิน (soil bulk density)

มีวิธีการหลายวิธีในการหาความหนาแน่นรวมของดิน แต่วิธีที่นิยมและใช้กันอยู่แพร่หลายและนำมาใช้ ในการทดลองนี้มีอยู่ 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 ใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง (core method)

เป็นวิธีที่ใช้หาความหนาแน่นของดินที่ระดับ 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร ซึ่งสามารถทำได้ง่ายและสะดวกโดยใช้กระบอกเจาะดิน (soil core) ทำการเจาะวัดหาปริมาตรของตัวอย่างดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง (undisturbed sample) แล้วนำตัวอย่างดินใส่ในกระป๋องความชื้นแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิประมาณ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 24 ชั่วโมง นำออกมาตั้งทิ้งไว้จนตัวอย่างดินเย็นเสร็จแล้ว นำตัวอย่างดินไปชั่งหาน้ำหนักและคำนวนหาค่าความหนาแน่นรวมของดินโดยใช้สูตร

$$Pb = M_s / V_b \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ Pb = ความหนาแน่นรวมของดิน มีหน่วยเป็น กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

M_s = น้ำหนักของดินอบแห้ง มีหน่วยเป็น กรัม

V_b = ปริมาตรของตัวอย่างดินที่ไม่ถูกทำลายโครงสร้าง มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

วิธีที่ 2 ใช้ก้อนดิน (clod method)

เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับหาความหนาแน่นรวมของดินผิวบาง ๆ หรือตัวอย่างดินที่มีขนาดเล็ก ๆ ซึ่งใช้วิธีหาความหนาแน่นรวมแบบใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน โดยไม่ทำลายโครงสร้างนั้นทำได้ยากวิธีนี้จะอาศัยการหาปริมาตรรวมของดิน โดยแทนที่ของเหลวตามหลักการของอาร์คีมิดิส ซึ่งมีขั้นตอนในการวัดดังนี้

2.1 นำก้อนดินที่เตรียมไว้มาผูกด้วยเชือกหรือเส้นด้ายเพื่อให้แขวนได้ นำไปชั่งน้ำหนัก (m1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 นำก้อนดินจากข้อ 2.1 ไปเคลือบด้วยพาราฟินซึ่งอุ่นไว้บนแผ่นความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เมื่อพาราฟินเคลือบก้อนดินเรียบร้อยดีแล้ว เอาขึ้นมาผึ่งลมให้พาราฟินที่เคลือบอยู่แห้งสนิท นำไปชั่งน้ำหนักซึ่งจะเป็นน้ำหนักของพาราฟินรวมกับน้ำหนักของก้อนดิน (m2)

2.3 ใส่น้ำในบีกเกอร์แล้วนำไปชั่งจะได้น้ำหนักของน้ำรวมกับบีกเกอร์ (m3)

2.4 นำก้อนดินที่เคลือบพาราฟินจุ่มลงไปมิดใต้ผิวน้ำในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้ก็จะได้น้ำหนักของก้อนดินเคลือบพาราฟินรวมกับน้ำหนักของน้ำและบีกเกอร์ (m4)

2.5 การคำนวน

$$Pb = 0.9(m_1) / (1)+0.9(m_4-m_3)-(m_2-m_1) \quad .....(3)$$

โดยการกำหนดให้ความหนาแน่นของพาราฟิน = 0.9 กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

ความหนาแน่นของน้ำ = 1 กรัม/ลูกบาศก์เซ็นติเมตร

2. การวิเคราะห์เม็ดดินโดยวิธีร่อนด้วยตะแกรงในน้ำ (aggregate analysis by wet-sieving method)

วิธีการวิเคราะห์นี้ได้เป็นที่รู้จักกันในชื่อที่เรียกว่า " การร่อนด้วยตะแกรงในน้ำ " (wet sieving) ซึ่งได้คิดค้นขึ้นมาครั้งแรกโดย Tiulin ในปี 1928 ในประเทศรัสเซีย ต่อมาได้แก้ไขปรับปรุงโดย R.E. Yoder ในปี 1936 ในประเทศสหรัฐอเมริกาและได้มีการปรับปรุงเทคนิคต่าง ๆ ตลอดทั้งการเสนอผลและประเมินผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปแบบต่าง ๆ กัน ซึ่งวิธีการหลักแล้วจะประกอบไปด้วยการใส่ตัวอย่างดินลงไปบนตะแกรงบนสุดของชุดตะแกรง (net of sieves) ซึ่งจุ่มและเคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่ในน้ำในอัตราและระยะเวลาที่กำหนด แล้วจึงวัดปริมาณของเม็ดดินที่เสถียรต่อแรงปะทะของน้ำและอนุภาคปฐมภูมิที่ค้างติดอยู่บนตะแกรงที่มีช่องเปิดในแต่ละขนาด

ผลการวิเคราะห์มักแสดงออกมาในรูปต่าง ๆ กัน เช่น สภาวะของเม็ดดิน (state of aggregation) หรือดีกรีของเม็ดดิน (degree of aggregation) หรืออาจแสดงในรูปของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปอร์เซ็นต์เสถียรภาพของเม็ดดิน (aggregate stability) ซึ่งหมายถึงเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักของเม็ดดินที่มีขนาดโตกว่า 0.25 มิลลิเมตร เมื่อเทียบกับน้ำหนักของตัวอย่างดินนั้น ในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะแสดงผลในรูปของเปอร์เซ็นต์เสถียรภาพของเม็ดดินเท่านั้น

1. วิธีการ

1.1 นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้มาเลือกเอาส่วนที่ไม่ใช่ดินออกไปให้หมดและร่อนให้ผ่านตะแกรงที่มีช่องเปิด 8.0 มิลลิเมตร โดยมีตะแกรงที่มีช่องเปิด 5.0 มิลลิเมตรรองรับอยู่ข้างใต้ นำเม็ดดินที่ผ่านตะแกรง 8.0 มิลลิเมตรแต่ค้างบนตะแกรง 5.0 มิลลิเมตร ไปผึ่งให้แห้งในร่ม

1.2 ชั่งตัวอย่างดินที่แห้งในร่มจากข้อ 1. ใส่กระป๋องวัดความชื้น 4 ตัวอย่าง ๆ ละ 50 กรัม

1.3. นำ 1 ตัวอย่างไปเข้าตู้อบหาปริมาณความชื้นและน้ำหนักดินแห้งสนิทเฉลี่ยทำการบันทึกผล

1.4 นำอีก 3 ตัวอย่างที่เหลือไปทำให้ชื้นโดยฉีดพ่นด้วยที่พ่นน้ำแบบเป็นฝอย ๆ จนกระทั่งดินตัวอย่างอิ่มตัว แล้วปล่อยทิ้งไว้อีกประมาณ 10 นาที

1.5 ถ่ายตัวอย่างดินในข้อ 1.4 ลงในชุดตะแกรงอันบนสุด (ตะแกรงแต่ละชุดจะมี 5 อัน โดยมีขนาดของช่องเปิดเรียงตามลำดับคือ 5, 3, 2, 1 และ 0.5 มิลลิเมตร) แล้วนำเข้าเครื่องเขย่าตะแกรงในน้ำแบบโยเดอร์ทำการเดินเครื่องให้ตะแกรงเคลื่อนที่ขึ้นลงในน้ำ เป็นเวลา 15 นาที

1.6 นำชุดตะแกรงออกจากเครื่องทำการแยกตะแกรงแต่ละอันออกจากกันด้วยความระมัดระวังอย่าให้เม็ดดินบนแต่ละตะแกรงกระเด็นออกไป ถ่ายดินในตะแกรงลงในแผ่นอลูมิเนียมที่ทำเป็นกระทงสี่เหลี่ยมให้หมดอาจใช้น้ำชะล้างด้วยจนกระทั่งหมดนำไปอบหาน้ำหนักแห้งของเม็ดดินของแต่ละตะแกรง ทำการบันทึกผล

1.7 น้ำหนักที่ชั่งได้ในข้อ 1.6 อาจจะไม่ใช่น้ำหนักของเม็ดดินเพียงอย่างเดียว คืออาจเป็นน้ำหนักของอนุภาคปฐมภูมิด้วยก็ได้จึงจะต้องทำการหาอีกต่อไป โดยนำเม็ดดินเหล่านั้นใส่ลงในถ้วยสำหรับปั่นกวน (แยกจากกันในแต่ละขนาด) เติมสารละลายแคลกอน 5 เปอร์เซ็นต์ลงไป 50 มิลลิเมตรและน้ำประมาณ 200 มิลลิเมตรทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปกวนด้วยเครื่องปั่นกวนไฟฟ้าเป็นเวลา 5 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.8 ถ่ายสารละลายที่ได้ลงบนตะแกรงขนาดเดิม ใช้น้ำชะล้างจนกระทั่งน้ำที่ผ่านตะแกรงใส แล้วถ่ายอนุภาคบนตะแกรงลงในแผ่นอลูมิเนียมที่ทำเป็นกระทงสี่เหลี่ยมนำไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้งต่อไป

1.9 คำนวนน้ำหนักของเม็ดดินเสถียรที่ค้างบนตระแกรงแต่ละอัน โดยเอาผลที่ได้ในข้อ 1.8 ลบออกจากผลที่ได้ในข้อ 1.6

1.10 คำนวนภาวะการเกาะตัวกันของเม็ดดินหรือเปอร์เซ็นต์เม็ดดินที่เสถียร โดยคำนวนผลรวมของน้ำหนักเม็ดดินทั้งหมดที่มีขนาดโตกว่า 0.25 มิลลิเมตร ซึ่งได้จากข้อ 1.9 (รวมกัน) โดยคิดเทียบเป็นร้อยละของมวลของดินทั้งหมดที่ไม่ใช่อนุภาคทรายดังสมการข้างล่าง

2. การคำนวนและการเสนอผล

คำนวนเสถียรภาพของเม็ดดิน (aggregate stability) โดยใช้สมการ

$$\% AS = \frac{(\text{น้ำหนักของเม็ดดิน + ทราย}) - \text{น้ำหนักของทราย} \times 100}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างดินทั้งหมด} - \text{น้ำหนักของทราย}} \quad \ldots\ldots\ldots(4)$$

3. <u>การวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (particle-size distribution analysis)</u>

เนื้อดินประกอบไปด้วยอนุภาคปฐมภูมิ (primary particle) ที่มีรูปร่างขนาดและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันออกไป ในสภาพทั่วไปอนุภาคเหล่านี้จะรวมตัวกันเป็นก้อนดินหรือเป็นเม็ดดินได้เป็นอนุภาคทุติยภูมิ (secondary particle) โดยมีสารเชื่อมต่าง ๆ เป็นตัวเชื่อมโดยปกติปริมาณของอนุภาคดินแต่ละกลุ่มจะใช้เป็นตัวประเมินเนื้อดิน (soil texture) ของดินแต่ละชนิดได้

การวิเคราะห์หาการกระจายของอนุภาคดินนั้นสามารถที่จะกระทำได้หลายวิธีเช่น

1. แยกด้วยตะแกรง (sieving method) ซึ่งมักจะใช้ในการแยกส่วนของอนุภาคที่มีขนาดใหญ่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ใช้การเหวี่ยงด้วยความเร็วสูง (centrifugal method) ซึ่งวิธีนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้กันมากนัก

3. การจมของอนุภาคในของเหลวภายใต้อิทธิพลของแรงโน้มถ่วงของโลก (sedimentation method) วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมากที่สุด โดยการให้อนุภาคปฐมภูมิเหล่านั้นจมลงในน้ำแล้ววัดหาความหนาแน่นของสารแขวนลอยที่ระดับความลึกและเวลาที่แตกต่างกันออกไป โดยอาศัยกฎของสโต๊คส์ (Stokes' law) จากสมการ

$$d = (V/K)^{1/2} \quad .....(5)$$

เมื่อ d คือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาค มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

V คือ ความเร็วในการจม มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/วินาที.

K คือ ค่าคงที่

โดยอาศัยกฎของสโต๊คส์นี้จะวิเคราะห์หาการกระจายของอนุภาคดินได้โดยวิธีใช้ไฮโดรมิเตอร์ซึ่งเป็นวิธี ที่มีผู้นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและในการวิเคราะห์ครั้งนี้ก็จะใช้วิธีการนี้ด้วย

3.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

3.1.1 นำตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรมาประมาณ 150 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 150 มิลลิลิตร คนให้ตัวอย่างดินผสมกับน้ำอย่างทั่วถึงแล้วจึงเติม 30 เปอร์เซ็นต์ H_2O_2 ลงไปครั้งละ 5 มิลลิลิตร หลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งไม่มีปฏิกริยาเกิดขึ้นคือจะไม่ปรากฏฟองอากาศให้เห็น

3.1.2 นำตัวอย่างจากข้อ 3.1.1 ไปตั้งบนแผ่นความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 90 องศาเซลเซียส สังเกตถ้ายังมีปฏิกริยาของ H_2O_2 เกิดขึ้น นำตัวอย่างออกมาแล้วจึงเติม H_2O_2 ลงไปใหม่ จนกระทั่งไม่มีปฏิกริยาเกิดขึ้น อุ่นตัวอย่างบนแผ่นความร้อนใหม่และทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ปฏิกริยาเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์

3.1.3 นำตัวอย่างจากข้อ 3.1.2 เข้าอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนตัวอย่างดินแห้งสนิทแล้วจึงคลุกตัวอย่างดินในบีกเกอร์ให้เข้ากันให้ดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.4. นำตัวอย่างดินจากข้อ 3.1.3 มา 100 กรัมใส่ในถ้วยสำหรับปั่นกวน (dispersioncup) เติมน้ำกลั่นลงไปประมาณ 150 มิลลิลิตร และสารละลายแคลกอน 5 เปอร์-เซนต์ ประมาณ 65 มิลลิลิตรใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันดีแล้วทิ้งไว้สักครู่ แล้วจึงนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไฟฟ้า (mechanical stirror) เป็นเวลาประมาณ 10 นาที

3.1.5. นำสารละลายแขวนลอยที่ได้จากข้อ 3.1.4 ถ่ายลงในกระบอกสำหรับตกตะกอนที่ติดตั้งกรวยพร้อมตะแกรงขนาด 300 เมช (0.05 มิลลิเมตร) อยู่ด้านบนใช้น้ำกลั่นชะอนุภาคดินจากถ้วยสำหรับปั่นกวนลงบนตะแกรงให้หมดโดยการใช้น้ำขวดฉีด

3.1.6 ถ่ายอนุภาคดินที่ค้างบนตะแกรงลงบนจานระเหยให้หมดแล้วจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เพื่อหาน้ำหนักแห้งของอนุภาคของส่วนที่เรียกว่า ทราย (sand)

3.2 การวิเคราะห์โดยใช้ปิเปต (pipette method)

3.2.1 ทำการคำนวนระยะเวลาในการจมของอนุภาคที่มีขนาด >0.02 มิลลิเมตร ที่ความลึก 10 เซ็นติเมตรโดยใช้สมการ V = h/t และจากกฎของสโต๊คส์

3.2.2 ทำการคนสารละลายแขวนลอยโดยใช้ที่คนสารละลายจนกระทั่งอยู่ในรูปของสารแขวนลอยโดยสมบูรณ์ เมื่อเอาที่คนสารละลายออกก็เริ่มจับเวลาทันที

3.2.3 ก่อนถึงเวลาที่กำหนด (จากการคำนวนในข้อ 3.2.1) เล็กน้อยให้ใช้ปิเปตจุ่มลงไปในสารละลายแขวนลอยลึก 8 เซ็นติเมตร เมื่อถึงเวลาที่กำหนดก็ดูดสารละลายแขวนลอยโดยใช้ลูกยางดูดสารให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร แล้วจึงเลื่อนปิเปตขึ้นให้พ้นจากกระบอกสำหรับตกตะกอน

3.2.4 ถ่ายสารละลายแขวนลอยในปิเปตลงใส่บีกเกอร์ที่เตรียมไว้และใช้น้ำกลั่นฉีดให้อนุภาคของดินที่ติดอยู่ในปิเปตลงในบีกเกอร์ให้หมด

3.2.5 นำบีกเกอร์ที่มีสารละลายแวนลอยที่ดูดได้ทั้งหมดไปอุ่นไฟบนแผ่นความร้อนให้น้ำค่อย ๆ ระเหยออกไปจนกระทั่งน้ำแห้งเกือบหมดจึงนำไปอบเพื่อหาน้ำหนักแห้งต่อไป

3.2.6 คำนวนหาน้ำหนักแห้งของอนุภาคในแต่ละบีกเกอร์โดยการหักค่าที่ได้จากการทำโดยวิธีเดียวกันกับตัวอย่างเปรียบเทียบออกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.3 การคำนวน

3.3.1 คำนวนเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคแต่ละขนาดจากสมการ

$$Pd_1 = 100(Wd_1/x_1) \times X_1/W_1 \quad \ldots\ldots\ldots(6)$$

เมื่อ Pd_1 = เปอร์เซ็นต์ของส่วนอนุภาค

Wd_1 = น้ำหนักของอนุภาคทั้งหมดที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ที่สุดเป็น d

x_1 = ปริมาตรของสารแขวนลอยที่ดูดไป (25 มิลลิลิตร)

X_1 = ปริมาตรทั้งหมดของสารละลายแขวนลอย

Wi = น้ำหนักทั้งหมดของดินที่ใช้วิเคราะห์

3.3.2 หาค่าเปอร์เซ็นต์รวมทั้งหมด(P) ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกับ 100 เปอร์เซ็นต์มากที่สุดจากสมการ

$$P_d+(P_{d+1}-P_d)+(P_{d+2}-P_{d+1})+\ldots+(P_{d2}-P_{d1})+P_1 \Longrightarrow 100\% \quad \ldots\ldots\ldots 7$$

เมื่อ P_d เป็นเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคที่มีขนาดใกล้ศูนย์มากที่สุด

P_{d+n} เป็นเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคที่ถัดมาจาก Pd ตามลำดับ

4. การคำนวนพลังงานของน้ำฝนจำลอง

การวัดพลังงานของฝนโดยตรงนั้นทำได้ยาก ดังนั้น Wischmeier and Smith (1958) จึงคิดหาวิธีการวัดพลังงานโดยการประเมินจากสถานะต่างๆของฝนพบว่าความเข้มของน้ำฝนนั้นมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรงกับพลังงานของฝนและได้เสนอสมการ เพื่อคำนวนพลังงานของฝนจากความเข้มฝนได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$E = 11.9 + 8.73 \log I \quad \text{.....(8)}$$

เมื่อ E = พลังงานจลน์ของน้ำฝน มีหน่วยเป็น จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตร

I = ความเข้มน้ำฝน มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง

จากการทดลองครั้งนี้สามารถคำนวนพลังงานจลน์ของฝนจำลองได้โดยประมาณ โดยอาศัยสมการข้างต้นมาประยุกต์ใช้ เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างของพลังงานกับความเข้มน้ำระดับต่างๆ

ที่ระดับความเข้มน้ำ 25 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

$E = 11.9 + 8.73 \log (25)$

$E = 24.10$ จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตรของน้ำ

หรือเท่ากับ 0.6×10^{3} จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตรของน้ำ

ที่ระดับความเข้มน้ำ 50 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

$E = 11.9 + 8.73 \log (50)$

$E = 26.73$ จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตรของน้ำ

หรือเท่ากับ 1.33×10^{3} จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตรของน้ำ

ที่ระดับความเข้มน้ำ 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

$E = 11.9 + 8.73 \log (75)$

$E = 28.26$ จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตรของน้ำ

หรือเท่ากับ 2.10×10^{3} จูล/ตารางเมตร/มิลลิเมตรของน้ำ

<u>การหาระดับความเข้มน้ำจากการใช้สปริงเกอร์</u>

ระดับความเข้มน้ำ 25, 50 และ 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง สามารถหาได้โดยใช้สปริงเกอร์ขนาดรูหัวฉีด 6 และ 3 มิลลิเมตรจำนวน 4 หัวใช้แรงดันน้ำเท่ากับ 1.5 บาร์ โดยมี pressure regulation valve เป็นตัวคุมแรงดันน้ำ ดังภาพผนวกที่ 1,2 และตารางผนวกที่ 1,2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพผนวกที่ 1 pressure regulation valve และวิธีการหาระดับความเข้มน้ำที่แต่ละจุดได้รับ

ภาพผนวกที่ 2 การให้น้ำแบบพ่นผ่อยโดยใช้สปริงเกอร์ที่ระดับความเข้มน้ำ 25, 50 และ 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวกที่ 1 ปริมาณน้ำที่วัดได้ในระยะต่าง ๆ จากจุดศูนย์กลางของหัวสปริงเกอร์ เมื่อใช้สปริงเกอร์ขนาด 6 มิลลิเมตร จำนวน 4 หัว แรงดันน้ำ 1.5 บาร์ เป็นเวลา 15 นาที

ระยะห่างจากจุดศูนย์กลาง (เมตร)	ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เซ็นติเมตร) คิดเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง			
ครั้งที่	1	2	3	
0.25	82	101	105	50.7
0.50	84	100	99	49.8
0.75	84	98	98	49.3
1.00	86	93	90	47.4
1.25	90	96	92	49.0
1.50	93	96	92	49.5
1.75	92	96	90	49.0
2.00	93	97	86	48.6
2.25	89	90	81	45.8
2.50	79	85	75	42.1
2.75	67	74	66	36.4
3.00	47	51	58	27.5
3.25	50	52	49	26.6
3.50	45	46	46	24.1
3.75	41	46	46	23.4
4.00	31	43	40	20.0
4.25	25	40	36	17.8
4.50	17	35	30	14.4
4.75	11	19	24	9.5
5.00	10	19	20	8.6
5.25	5	12	12	5.1
5.50	2	7	8	3.0

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาระดับความเข้มน้ำ 75 มิลลิเมตร/ชั่วโมง ใช้หัวสปริงเกอร์ขนาดรูหัวฉีด 3 มิลลิเมตร จำนวน 4 หัวและคว่ำหัวลง ใช้แรงดันน้ำ 1.5 บาร์ วัดปริมาณน้ำที่แต่ละจุดได้รับเป็นเวลา 15 นาที

ตารางผนวกที่ 2 ปริมาณน้ำที่วัดได้ในจุดต่าง ๆ จำนวน 4 จุด

จุดที่	ปริมาณน้ำ (ลูกบาศก์เซ็นติเมตร)				คิดเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง
	ครั้งที่ 1	2	3	4	
1	100	117	121	100	77.2
2	97	104	112	105	73.69
3	110	105	115	98	75.45
4	107	110	108	98	74.57

จากผลการทดลองทำให้ได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากจุดศูนย์กลางหัวสปริงเกอร์กับระดับความเข้มน้ำ (r^2 = 0.817) ดังนี้

$$y = 60.16 - 9.20 (x) \quad \text{.....(9)}$$

เมื่อ y = ระดับความเข้มน้ำ มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง

x = ระยะห่างจากจุดศูนย์กลางหัวสปริงเกอร์ มีหน่วยเป็น เมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การหาอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน (infiltration rate)

อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินคือ ปริมาณน้ำที่ซึมผ่านผิวดินตรงจุดที่ดินสัมผัสกับน้ำเข้าสู่ในดินต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ในหนึ่งหน่วยเวลา

การวัดอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินมีหลายวิธีขึ้นกับวัตถุประสงค์ของการนำค่าที่วัดไปใช้ ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีหนึ่งวิธีใดที่สามารถใช้ได้อย่างทั่ว ๆ ไปอย่างเป็นที่ยอมรับเป็นสากล มีวิธีการวัดที่นิยมทำกันมากและสะดวกวิธีหนึ่งคือ วิธีการขังน้ำบนผิวดินในแปลงที่ต้องการวัด (flooding) ซึ่งพื้นที่ขังน้ำจะต้องมีคันดินโดยรอบเพื่อให้กักเก็บน้ำได้ระยะหนึ่ง ในการทดลองครั้งนี้จะอาศัยหลักการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ โดยการใช้ภาชนะรูปทรงกระบอกขนาดใหญ่วางบนพื้นผิวดินในแปลง โดยให้ปลายข้างหนึ่งของภาชนะฝังลงในดิน ดังภาพผนวกที่ 3 และขังน้ำไว้ในภาชนะดังกล่าว อัตราการลดลงของระดับน้ำในภาชนะนี้ถือว่าเป็นอัตราที่น้ำซึมผ่านผิวดินโดยทั่ว ๆ ไป ส่วนอัตราการระเหยน้ำจากผิวน้ำในภาชนะจะไม่มีนัยสำคัญต่อผลการวิเคราะห์ (มัตติกา 2530)

ภาพผนวกที่ 3 การวัดอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินแบบ double ring โดยใช้วิธีวัดการลดลงของระดับน้ำเหนือผิวดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ

1. วางถังวัด (cylinder) ลงบนพื้นดินบริเวณจะวัดซึ่งคาดว่าจะเป็นตัวแทนของพื้นที่นั้น ๆ แล้วตอกถังวัดให้จมลงในดินอย่างช้า ๆ ในความลึกประมาณ 10 เซ็นติเมตร (ให้ผนังของถังวัดก้นเปิดตั้งฉากกับพื้นดิน)

2. วางถังวัดก้นเปิดอันที่สอง (มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตกว่าอันแรกประมาณ 10 เซ็นติเมตร) ลงรอบ ๆ ถังวัดอันแรก

3. วางผ้าพลาสติกเพื่อกันไม่ให้ดินกระจายลงในถังวัดอันเล็กชั้นใน แล้วเติมน้ำลงในช่องรอบ ๆ ถังวัด (buffer pound) ที่อยู่ข้างนอกให้มีระดับน้ำประมาณ 5 เซ็นติเมตร รักษาระดับน้ำให้คงที่ตลอดเวลาทำการทดลองพร้อม ๆ กับเติมน้ำลงในถังวัดชั้นในให้มีระดับความสูงน้ำจากพื้นดินเท่าที่ต้องการ (ประมาณ 5 เซ็นติเมตร ขึ้นกับลักษณะของเนื้อดินด้วย)

4. ค่อย ๆ ดึงผ้าพลาสติกขึ้นมาแล้วเริ่มจับเวลาและอ่านระดับน้ำในถังวัดชั้นใน (ดูได้จากการใช้ไม้บรรทัดวางทาบขอบถังน้ำชั้นใน) จนกระทั่งน้ำในถังวัดชั้นในหมด บันทึกเวลาที่วัดได้และปริมาณน้ำที่หมดไป

5. คำนวนอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินเฉลี่ยจากปริมาณน้ำที่หมดไปในช่วงเวลาที่วัดได้หารด้วยพื้นที่ถังวัดชั้นใน

จากการทดลองค่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินที่วัดได้ของชุดดินเรณู ในแปลงทดลองของสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มีค่าดังนี้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงค่าอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินที่วัดได้จากแปลงทดลอง

	อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน (เซ็นติเมตร/ชั่วโมง)								
	R_1	R_2	R_3*	R_1	R_2	R_3**	R_1	R_2	R_3***
T_1	17.00	15.40	12.70	15.40	18.90	16.00	9.80	10.50	8.70
T_2	33.60	34.00	31.50	21.50	32.10	25.00	18.60	26.30	29.50
T_3	42.22	35.80	32.60	35.80	38.10	30.00	28.00	31.20	29.70

หมายเหตุ * แปลงปลูกถั่วเขียว ** แปลงปลูกถั่วเหลือง *** แปลงปลูกถั่วลิสง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวกที่ 4 สมบัติทางกายภาพบางประการของชุดดินสันทราย ชุดดินเรณูและชุดดินหน่วยสัมพันธ์โคราช/สันป่าตอง ชั้น 0 - 15 เซ็นติเมตร

สมบัติบางประการทางกายภาพของดิน	ชุดดินสันทราย	ชุดดินเรณู	ชุดดินหน่วยสัมพันธ์โคราช/สันป่าตอง
อนุภาคทราย (%)	55	80.5	80
อนุภาคซิลท์ (%)	30	17.0	10
อนุภาคดินเหนียว (%)	15	2.5	10
ความหนาแน่นรวม (ก/ซม^3)	1.57	1.42	1.53
อินทรีย์วัตถุ (%)	1.00	1.28	0.84
เนื้อดิน	Sandy clay loam	Loamy sand	Loamy sand
ความจุความชื้นที่			
จุดเหี่ยวถาวร (%)	9.84	6.51	5.37
ความจุความชื้นสนาม (%)	23.69	17.71	14.25
ปริมาณความชื้นที่			
เป็นประโยชน์ (%)	13.85	11.20	8.88
ความเสถียรของเม็ดดิน (%)	26.02	20.67	18.51

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 5.1 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของค่าความหนาแน่นรวมผิวดินเมื่อจัดการด้วยกรรมวิธีที่ต่างกัน

SOURCE	df	MS		
		วันที่ 2 หลังจากปลูก	วันที่ 8 หลังจากปลูก	วันที่ 14 หลังจากปลูก
REP	2	1.3875E-02	1.4933E-02	2.4001E-02
S	2	1.4079E-02*	1.8693E-02*	1.6283E-02*
W	2	4.7875E-02*	3.8404E-02*	3.9890E-02*
P	2	8.1605E-04	5.5926E-04	8.6568E-03
SxW	4	5.6346E-03	6.3185E-03*	3.0772E-03
SxP	4	7.5864E-04	9.6852E-04	4.8272E-04
WxP	4	3.3827E-04	9.0185E-04	9.2346E-04
SxWxP	8	1.1253E-03	2.4361E-03	8.2438E-04
ERROR	52	2.4086E-03	2.4436E-03	2.8256E-03

$LSD_{0.05}$ = 0.1040

* = มีนัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$

S = soil

W = water

P = plants

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวกที่ 5.2 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์การงอกทะลุผิวดินของถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง เมื่อจัดการด้วยกรรมวิธีที่ต่างกัน

SOURCE	df	MS	
		วันที่ 8 หลังจากปลูก	วันที่ 14 หลังจากปลูก
REP	2	1111.8	759.12
S	2	123.58	389.94
W	2	467.08	987.64*
P	2	1135.4*	5434.9*
SxW	4	133.34	32.626
SxP	4	80.834	29.154
WxP	4	95.117	109.25
SxWxP	8	76.248	110.62
ERROR	52	156.94	173.55

* = มีนัยสำคัญที่ระดับ $P < 0.05$

S = soil

W = water

P = plants

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวกที่ 5.3 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของค่าสมบัติบางประการทางกายภาพของดิน การงอกทะลุผิวดินของเมล็ดและผลผลิตพืช เมื่อจัดการด้วยกรรมทดลองที่ต่างกันในแปลงปลูกถั่วเขียว

SOURCE	df	MS				
		IR	AS	Pb	EM	PS
TRT	2	407.87*	125.70	1.0111E-03	38.885	1.0203+04
ERROR	4	4.5616	59.294	3.3444E-03	154.16	1.1207+04

SOURCE	df	MS				
		BD_1	BD_3	BD_5	BD_7	BD_9
TRT	2	3.6333E-03	7.4444E-04	4.4778E-03	5.2333E-03	4.1111E-04
ERROR	4	3.0633E-02	1.0011E-02	2.4778E-03	2.8333E-03	1.2311E-02

SOURCE	df	MS				
		BD_2	BD_4	BD_6	BD_8	BD_{10}
TRT	2	2.0111E-03	2.0111E-03	2.0111E-03	2.0111E-03	2.0111E-03
ERROR	4	3.8444E-03	3.8444E-03	3.8444E-03	3.8444E-03	3.8444E-03

* = มีนัยสำคัญที่ระดับ $P<0.05$

IR = อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน

AS = เปอร์เซ็นต์ความเสถียรของเม็ดดิน

Pb = ความหนาแน่นรวมของดินชั้น 0-15 ซม.

EM = เปอร์เซ็นต์การงอกทะลุผิวดิน

PS = น้ำหนักเมล็ดรวมกับเปลือก

BD_1, BD_3, BD_5, BD_7 และ BD_9 = ความหนาแน่นรวมชั้น 0 - 3 เซ็นติเมตร ของวันที่ 2, 4 6, 8 และ 10 หลังจากปลูก

BD_2, BD_4, BD_6, BD_8 และ BD_{10} = ความหนาแน่นรวมชั้น 0 - 3 เซ็นติเมตร ของวันที่ 2, 4 6, 8 และ10 หลังจากปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวกที่ 5.4 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของค่าสมบัติบางประการทางกายภาพของดิน การงอกทะลุผิวดินของเมล็ดและผลผลิตพืชเมื่อจัดการด้วยกรรมวิธีทดลองที่ต่างกันในแปลงปลูกถั่วเหลือง

SOURCE	df	MS				
		IR	AS	Pb	EM	PS
TRT	2	239.66*	83.151	5.7778E-04	107.47	502.92
ERROR	4	8.3967	52.799	2.1778E-03	56.49	94.147

SOURCE	df	MS				
		BD_1	BD_3	BD_5	BD_7	BD_9
TRT	2	1.4444E-04	4.8444E-03	5.7778E-04	3.0000E-04	1.5444E-03
ERROR	4	1.1111E-03	1.4861E-02	4.1278E-03	1.0000E-03	2.0667E-03

SOURCE	df	MS				
		BD_2	BD_4	BD_6	BD_8	BD_{10}
TRT	2	1.7333E-03	1.5444E-03	1.5444E-03	1.5444E-03	1.5444E-03
ERROR	4	1.6767E-02	1.5994E-02	1.5994E-02	1.5994E-02	1.5994E-02

* = มีนัยสำคัญที่ระดับ $P<0.05$

IR = อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน

AS = เปอร์เซ็นต์ความเสถียรของเม็ดดิน

Pb = ความหนาแน่นรวมของดินชั้น 0-15 ซม.

EM = เปอร์เซ็นต์การงอกทะลุผิวดิน

PS = น้ำหนักเมล็ดรวมกับเปลือก

BD_1, BD_3, BD_5, BD_7 และ BD_9 = ความหนาแน่นรวมชั้น 0 - 3 เซ็นติเมตร ของวันที่ 2, 4 6, 8 และ 10 หลังจากปลูก

BD_2, BD_4, BD_6, BD_8 และ BD_{10} = ความหนาแน่นรวมชั้น 0 - 3 เซ็นติเมตร ของวันที่ 2, 4 6, 8 และ10 หลังจากปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางผนวกที่ 5.5 ผลการวิเคราะห์วาเรียนซ์ของค่าสมบัติบางประการทางกายภาพของดิน การงอกทะลุผิวดินของเมล็ดและผลผลิตพืชเมื่อจัดการด้วยกรรมวิธีทดลองที่ต่างกันในแปลงปลูกถั่วลิสง

SOURCE	df	MS				
		IR	AS	Pb	EM	PS
TRT	2	325.52*	5.1640	1.7733E-02	35.823	679.45
ERROR	4	9.9767	1.8508	1.6917E-02	100.58	309.77

SOURCE	df	MS				
		BD_1	BD_3	BD_5	BD_7	BD_9
TRT	2	1.7744E-02	8.4444E-04	4.1333E-03	2.1333E-03	2.0111E-03
ERROR	4	3.2778E-04	1.6778E-03	2.6667E-03	4.9667E-03	5.4444E-03

SOURCE	df	MS				
		BD_2	BD_4	BD_6	BD_8	BD_{10}
TRT	2	3.5289E-02	1.7644E-02	1.7644E-02	1.7644E-02	1.7644E-02
ERROR	4	6.6778E-02	1.6694E-02	1.6694E-02	1.6694E-02	1.6694E-02

* = มีนัยสำคัญที่ระดับ $P<0.05$

IR = อัตราการซึมน้ำผ่านผิวดิน

AS = เปอร์เซ็นต์ความเสถียรของเม็ดดิน

Pb = ความหนาแน่นรวมของดินชั้น 0-15 ซม.

EM = เปอร์เซ็นต์การงอกทะลุผิวดิน

PS = น้ำหนักเมล็ดรวมกับเปลือก

BD_1, BD_3, BD_5, BD_7 และ BD_9 = ความหนาแน่นรวมชั้น 0 - 3 เซ็นติเมตร ของวันที่ 2, 4 6, 8 และ 10 หลังจากปลูก

BD_2, BD_4, BD_6, BD_8 และ BD_{10} = ความหนาแน่นรวมชั้น 0 - 3 เซ็นติเมตร ของวันที่ 2, 4 6, 8 และ10 หลังจากปลูก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติการศึกษา

ชื่อ นายธนูชัย กองแก้ว

วัน เดือน ปีเกิด 24 สิงหาคม 2507

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	ชื่อสถาบัน	ปีการศึกษาที่จบ
ประกาศนียบัตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย	ร.ร.พิริยาลัย จ.แพร่	2525
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์	ม.เชียงใหม่	2529

ตำแหน่งและสถานที่ทำงานที่ทำมาจนถึงปัจจุบัน

พ.ศ. 2534 - 2535 ตำแหน่งพนักงานสินเชื่อ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาพะเยา

พ.ศ. 2535 - ปัจจุบัน ตำแหน่งนักวิชาการเกษตร ประจำสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงช่างเคี่ยน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved