วิธีการทดลอง

ทำการปลูกถั่วเหลืองที่แปลงทดลองสถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของและผลผลิตของถั่วเหลือง 2 พันธุ์ที่ปลูกตามหลังข้าว ภายใต้สภาพที่ไม่ได้รับการไถพรวน โดยมีวันปลูก 2 วันปลูก ห่างกัน 20 วัน และได้รับน้ำชลประทาน 2 ลักษณะคือ น้ำพอเหมาะตลอดอายุพืชและขาดน้ำในช่วงถั่วเหลืองสร้างเมล็ด โดยใช้แผนการทดลองแบบ split-split plot และทดลอง 2 ซ้ำ โดยให้

การให้น้ำ 2 ระดับ เป็น main plots

W_1 = ให้น้ำเมื่อความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงเหลือ 50 เปอร์เซนต์

W_2 = ให้น้ำเหมือน W_1 แต่หยุดให้น้ำตั้งแต่เริ่มสร้างเมล็ดจนเก็บเกี่ยว

วันปลูก 2 วันปลูก เป็น sub-plots

P_1 = ปลูกวันที่ 2 มกราคม

P_2 = ปลูกวันที่ 22 มกราคม

พันธุ์ถั่วเหลือง 2 พันธุ์ เป็น sub-sub-plots

V_1 = พันธุ์ สจ.5

V_2 = พันธุ์นครสวรรค์ 1 (OCB)

วิธีการปลูก ตัดตอซังให้เหลืออยู่เหนือดินเล็กน้อย ใช้ฟางคลุมทั่วแปลงเผากำจัดวัชพืชก่อนและขุดร่องระบายน้ำระหว่างแปลงย่อยซึ่งมีขนาด 10 x 10 ตารางเมตร ให้น้ำหลังจากนั้น 2 วัน ทำการปลูกถั่วเหลืองโดยใช้ไม้กระทุ้งให้เป็นหลุม โดยใช้ระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ระหว่างแถว 40 เซนติเมตร หยอดเมล็ดตามหลุมที่ทำไว้ หลังจากปลูกประมาณ 20 วัน ทำการถอนแยกให้เหลือ 3 ต้นต่อหลุม พร้อมกับการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วกลบ สำหรับการกำจัดวัชพืชนั้นใช้สารเคมี oneside (Flauzifop-butyl) อัตรา 120-160 ซีซี ต่อไร่ (30-40 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร) ทำการป้องกันกำจัดแมลงโดยใช้ Azodrin 60 (Monocrotophos) อัตรา 80-160 ซีซี ต่อไร่ (20-40 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร) ส่วนการให้น้ำนั้น ให้ตามแผนการทดลอง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

1. การเก็บข้อมูลด้านภูมิอากาศ

ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาระหว่างการทดลองจากสถานีอุตุนิยมวิทยาของสถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ข้อมูลที่เก็บนั้นบันทึกตามรูปแบบของ minimun data set ในแบบฟอร์ม C ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดรายวัน ปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณรังสีอาทิตย์รายวัน ความเร็วลมรายวัน อุณหภูมิกระเปาะแห้ง-เปียกรายวัน ดังในภาคผนวก ข.

2. การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 ข้อมูลที่เก็บก่อนและหลังการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบทำลายโครงสร้าง (disturbed soils) และแบบไม่ทำลายโครงสร้าง(undisturbed soils) เพื่อหาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้แก่ ขีดพิกัดล่างและขีดพิกัดบนของความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน จุดอิ่มตัวด้วยน้ำของดิน เปอร์เซนต์ดินทราย เปอร์เซนต์ดินตะกอน เปอร์เซนต์ดินเหนียว ความหนาแน่นของดิน เปอร์เซนต์อินทรีย์คาร์บอน เปอร์เซนต์กรวดที่โตกว่า 2 มิลลิเมตร ความเป็นกรด-ด่างของดิน การกระจายของรากพืช และเปอร์เซนต์อลูมินั่มที่อิ่มตัว สำหรับทุกชั้นของดินที่จำแนกความลึกไว้แล้ว นอกจากนี้ แบบจำลองยังต้องการข้อมูลการจำแนกชั้นของดิน ชนิดของดิน เปอร์เซนต์ความลาดเทของพื้นที่ สีของดิน ความคงทนของดิน และการไหลซึมของน้ำในดิน ซึ่งได้นำข้อมูลดังกล่าวเข้าสู่แบบจำลอง SOYGRO เพื่อทำนายคุณสมบัติของดิน โดยอาศัยแบบจำลองสมดุลน้ำในดินของ Ritchie et al.(1986) ซึ่งต้องการค่าการสะท้อนกลับของรังสีอาทิตย์ของดิน (Soil albedo) เพื่อใช้ในการคำนวณการระเหยของน้ำ ค่าสัมประสิทธิ์การระเหยของน้ำขั้นที่ 1 (U) ค่าสัมประสิทธิ์การไหลซึมของน้ำในดิน(SWCON) ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ความหนาของชั้นดิน ความชื้นภายในดิน และปัจจัยการกระจายของรากพืช โดยจำแนกได้ดังนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของรังสีอาทิตย์ของดิน (Soil Albedo)

สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับของรังสีอาทิตย์ของดิน (SALB) จะอยู่ในช่วง 0.10 สำหรับดินที่แห้งสีทึบมี อินทรียวัตถุสูง และประมาณ 0.30 สำหรับดินทราย ถ้าผิวหน้าดินเปียกจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์ลดลง (Monteith,1973) ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนรังสีอาทิตย์สำหรับดินในการเกษตรทั้งหมดสามารถประเมินได้จากภาคผนวก ค. ตารางที่ 1 สำหรับดินที่มีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 2 เปอร์เซนต์

สัมประสิทธิ์การระเหยน้ำของดินในขั้นที่ 1 (Stage 1 Soil Evaporation Coefficient)

ค่าสัมประสิทธิ์สำหรับขีดนิกัดบนขั้นที่ 1 ของการระเหยน้ำ (U) ผันแปรจาก 6 มิลลิเมตรในดินทรายและในดินเหนียวจัด ในดินร่วนมีค่าประมาณ 9 มิลลิเมตร และ 12 มิลลิเมตรสำหรับดินร่วนเหนียว (Ritchie ,1972)

สัมประสิทธิ์การไหลซึมน้ำในดิน (Drainage Coefficient)

ตลอดช่วงความลึก (profile) ค่าสัมประสิทธิ์ของการไหลซึมของน้ำในดิน (SWCON) ถูกใช้ประเมินการไหลซึมออกจาก profile SWCON ในขั้นต้นคำนวณได้จากดินแต่ละชั้น (L) จากช่องว่างภายในดิน (PO(L)) และขีดนิกัดบน (DUL(L))ในชั้นดินนั้น

$$PO(L) = 1 - BD(L)/2.65$$

$$SWCON(L) = (PO(L) - DUL(L))/PO(L)$$

เมื่อ BD(L) คือ ความหนาแน่นรวมของดิน และค่า 2.65 คือค่าประมาณความหนาแน่นของอนุภาค ตลอดทั้ง profile SWCON ใช้ค่าที่น้อยที่สุดของ SWCON สำหรับทุกชั้นดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การประมาณค่าของกราฟแสดงการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน (Runoff Curve Number)

วิธีการหา curve number สำหรับการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน USDA,Soil Conservation Service (1972) ได้จำแนกออกเป็น 4 กลุ่ม (ภาคผนวก ค. ตารางที่ 2) ซึ่งสามารถเลือกค่าที่เหมาะสมได้จากภาคผนวก ค. ตารางที่ 3 สำหรับ runoff curve number(CN2)

ความหนาของชั้นดิน (Soil layer thickness)

ชั้นของดินควรจะกำหนด 10 ชั้น เพื่อที่จะอธิบายข้อมูลดินได้อย่างละเอียด อย่างไรก็ตามกฎ 3 ข้อที่ควรสังเกตเมื่อความแม่นยำของสมดุลน้ำในดิน ข้อที่ 1 ความลึกของดินควรกำหนดประมาณ 2 เมตรแม้ว่าจะมีชั้นหินหรือชั้นดินแน่นทึบเกิดขึ้นในระดับความลึกที่ตื้นๆ ก็ตาม ข้อ 2 ในความลึกจากผิวดิน 30 เซนติเมตร ความหนาของชั้นดินไม่ควรเกิน 15 เซนติเมตร ข้อที่ 3 ภายใต้ความลึก 30 เซนติเมตรจากผิวดิน ความหนาของชั้นดินไม่ควรเกิน 30 เซนติเมตร ซึ่งเป็นความจำเป็นต่อความต้องการความแม่นยำการจำลองการซึมน้ำผ่านผิวดินและสกัดน้ำจากดิน (water extraction)

น้ำในดิน (Soil Water Content)

สำหรับน้ำในดินสามารถวัดได้จากแปลงทดลองหรือคำนวณความชื้นโดยปริมาตรในดินที่จุดอิ่มตัว(SAT) ที่ขีดพิกัดบน(DUL) และที่ขีดพิกัดล่าง(LL) ของความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ค่าเหล่านี้หาได้จากการปลูกพืชในแปลงที่มีพลาสติกปกคลุม(ป้องกันการระเหยน้ำจากดิน) จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งที่พืชตายเนื่องจากขาดน้ำ ความชื้นโดยปริมาตรในขณะนั้นคือขีดพิกัดล่าง(LL) ซึ่งประกอบด้วยชั้นดินต่างๆในความลึกน้อยกว่า 2 เมตร หรือจนกระทั่งถึงชั้นดินอัดแน่น จากนั้นให้น้ำจนดินอิ่มตัว ซึ่งได้จุดอิ่มตัว(SAT)ในแต่ละชั้นของดิน เคลื่อนย้ายพืชทั้งหมดออกหมด และปกคลุมแปลงทั้งหมดด้วยพลาสติก ทุกๆวันน้ำในดินก็จะมีการไหลซึมลึกจนความชื้นในดินค่อนข้างคงที่ ความชื้นในดินโดยปริมาตรในขณะนั้นคือ ขีดพิกัดบน(DUL)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ถ้าในทางปฏิบัติทำไม่ได้ ก็สามารถใช้วิธี algorithm ประมาณค่า DUL และ LL ในแต่ละชั้นดิน วิธีalgorithm ต้องการดินทราย(SAN) ดินตะกอน(SIL) และดินเหนียว (CLA) ความหนาแน่น(BD) และอินทรีย์คาร์บอน(OC) ที่บรรจุอยู่ในชั้นดินต่างๆ(I) วิธี algorithm ไม่เหมาะสมต่อดินอินทรีย์ หรือดินที่มีการระบายอากาศดีด้วยมีจำนวนอนุภาค ดินเหนียวชนิด 1:1

การคำนวณช่องว่างในแต่ละชั้นดิน (PO) คำนวณได้จากความหนาแน่น (BD) ของดินที่วัดจาก -33kPa โดยประมาณ ใช้ในสมการ

$$PO(I) = 1 - BD(I)/2.65$$

เมื่อ 2.65 คือความหนาแน่นอนุภาค ต่อไปปัจจัยที่เลือก (XZ) สำหรับความหนาแน่นที่ต่ำของอินทรีย์วัตถุ ถูกคำนวณ

$$XZ = OC(I) * 0.0172$$

เมื่อ OC คือเปอร์เซนต์ปริมาณของอินทรีย์คาร์บอน(%) แต่ละชั้นดิน ค่าความหนาแน่นสูงสุดในชั้นที่อัดแน่น(BDM) คำนวณได้ดังนี้

$$BDM(I) = (1 - XZ)/(1/BD(I) - XZ/0.224)$$

เมื่อ BDM(I) มีค่าได้ไม่เกิน 2.5

จากโครงสร้างดินซึ่งได้ค่า LL(I) และ DUL(I) ถูกนำมาประเมินค่าตัวแปร W1 และ W2 โดยเฉพาะ เมื่อปริมาณดินทรายมากกว่า 75 เปอร์เซนต์

$$W1 = 0.19 - 0.0017 * SAN(I)$$

$$W2 = 0.429 - 0.00388 * SAN(I)$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อปริมาณดินตะกอนมากกว่า 70 เปอร์เซนต์

```
W1  =   0.16
W2  =   0.1079 + 0.000504 * SIL(I)
```

ในดินชนิดอื่นๆ

```
W1  =   0.0542 + 0.00409 * CLA(I)
W2  =   0.1079 + 0.000504 * SIL(I)
```

LL(I) และ DUL(I) คำนวณได้จาก

```
LL(I)  =  W1*(1-XZ)*(1+BDM(I)-BD(I))+0.23*W2
DUL(I) =  LL(I)+W2*(1-XZ)-(BDM(I)-BD(I))*0.2 +0.55* XZ
```

SAT(I) สามารถประเมินได้จากสมการ

```
SAT(I)  =  K(PO(I)-DUL(I))+DUL(I)
```

เมื่อ K = 0.5 สำหรับดินทราย และ ดินร่วนหยาบ และ 0.4 สำหรับดินอื่นๆ

สิ่งที่สำคัญสำหรับวิธี algorithm นั้นได้พัฒนาด้วยข้อมูลจากดินแร่ ในเขตอบอุ่นและเขตกึ่งร้อน ทำให้ความแม่นยำในการประเมินค่าลดลง เมื่อประยุกต์ใช้กับดินอินทรีย์หรือดินเขตร้อนที่มีปริมาณดินเหนียวในเนื้อดินน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวถ่วงน้ำหนักสำหรับการกระจายของรากพืช (Root Distribution Weighting - Factor)

ตัวถ่วงน้ำหนักสำหรับการกระจายของรากพืช (WR) ถูกใช้ประเมินความสัมพันธ์การเจริญเติบโตของรากในทุกชั้นดินที่มีรากเกิดขึ้น ในส่วนลึกของดินที่มีการไหลซึมที่ดี ไม่มีสารเคมีหรือคุณสมบัติทางฟิสิกส์เป็นอุปสรรคในการเจริญของราก สมการที่สามารถใช้ที่ประเมิน WR สำหรับแต่ละชั้นดิน คือ

$$WR(I) = EXP(-4*Z(I)/200.)$$

เมื่อ Z(I) คือความลึก(ซม.) ที่จุดกึ่งกลางชั้น I ในดินชั้นบน WR สามารถกำหนดให้เท่ากับ 1.0

ซึ่งใช้สามารถลดค่า WR(I) ที่มีผลเนื่องมาจากสมบัติทางฟิสิกส์หรือทางเคมีที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากในชั้นดินนั้น สำหรับตัวอย่าง WR(I) สามารถลดค่าลงครึ่งหนึ่งของค่าที่ประเมินจากสมการก่อนหน้านี้ เมื่อมีแรงต้านของดินหรือความเป็นพิษของอลูมินั่มปานกลางที่ทำให้การเจริญของรากลดลง เมื่อมีผลกระทบดังกล่าว การคำนวณค่าของ WR(I) สามารถลดลง 80 เปอร์เซนต์ ถึง 90 เปอร์เซนต์

2.2 ข้อมูลที่เก็บระหว่างการทดลอง

ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยวทุกๆ 7 วัน โดยการวัดหาความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดินทุกๆระยะ 20 เซนติเมตร จนถึงระดับความลึก 90 เซนติเมตรจากผิวดิน โดยวัดด้วยเครื่องมือวัดความชื้นชนิดที่ใช้นิวตรอน (neutron moisture meter) ส่วนระดับผิวดินระยะ 10 เซนติเมตร ใช้วิธีการวัดโดยการชั่งน้ำหนัก (gravimetric method) และนำข้อมูลที่ได้เข้าสู่แบบจำลอง SOYGRO ตามรูปแบบของ minimun data set ที่กำหนดโดย IBSNAT เพื่อใช้คำนวณสมดุลของน้ำในดินต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. การเก็บข้อมูลเกี่ยวกับพืช

3.1 ช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวพืช

หลังจากปลูก ประมาณ 4 สัปดาห์จนถึงเก็บเกี่ยว ทำการเก็บข้อมูลทุกๆ 7 วัน โดยขนาดพื้นที่ของการเก็บตัวอย่าง 0.32 ตารางเมตร ข้อมูลที่เก็บได้แก่

3.1.1 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ตัวอย่างถั่วเหลืองที่เก็บจากพื้นที่ 0.32 ตารางเมตร นำมาแยกส่วนลำต้น และใบ นำใบไปวัดพื้นที่ใบ หลังจากนั้นนำมารวมกัน แล้วนำไปเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ70องศาเซนเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้ง นำน้ำหนักแห้งที่ได้มาวิเคราะห์หาอัตราการเจริญเติบโต (crop growth rate, CGR) โดยใช้วิธี Linear regression ในช่วงที่กราฟการเจริญเติบโตเป็นเส้นตรง

3.1.2 ดัชนีพื้นที่ใบ ใช้ใบของตัวอย่างถั่วเหลืองทั้งหมดที่เก็บมาแต่ละแปลงย่อย ทำการวัดพื้นที่ใบ โดยใช้เครื่องมือวัดพื้นที่ใบแบบอัตโนมัติ (Autometic leaf area photometer Model AAM-7, HAYASHI DENKOH Co.LTD.) แล้วนำมาคำนวณหาดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) โดยใช้สมการ

$$\text{ดัชนีพื้นที่ใบ} = \frac{\text{พื้นที่ใบ}}{\text{พื้นที่ปลูก}}$$

3.1.3 บันทึกการเจริญเติบโตของพืชในช่วงต่างๆ ตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว

3.2 ช่วงเก็บเกี่ยวพืช

บันทึกวันสุกแก่ทางสรีรวิทยา และเก็บเกี่ยวผลผลิตในพื้นที่ขนาด 10 ตารางเมตร และทำการวัดองค์ประกอบผลผลิต ซึ่งประกอบด้วย น้ำหนัก 100 เมล็ด จำนวนเมล็ดต่อตารางเมตร และจำนวนเมล็ดต่อฝัก เป็นต้น

4. การเก็บข้อมูลด้านสนาม

ทำการบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับพันธุ์ถั่วเหลืองที่ใช้ วันปลูก ระยะปลูก วันและปริมาณน้ำชลประทานที่ให้ วันที่กำจัดศัตรูพืช ชนิดและปริมาณยากำจัดศัตรูพืชที่ใช้ ตลอดจนวิธีการกำจัดศัตรูพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลเกี่ยวกับดิน พืช ภูมิอากาศ และการจัดการในแปลงทดลอง ป้อนเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ และใช้แบบจำลอง SOYGRO คำนวณความชื้นที่เป็นประโยชน์ในดิน รวมทั้งการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ในแต่ละหน่วยการทดลองที่กำหนด ผลที่ได้จากการประมวลผลจะนำไปเปรียบเทียบทางสถิติกับข้อมูลที่วัดได้จากการวัดจริงในสนาม โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ regression และแสดงผลในรูปตารางและกราฟที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved