

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วนของงานทดลองภาคสนาม แบ่งเป็นงานทดลองในแปลงทดลอง โดยทำการปลูกข้าวบาร์เลย์ ที่แปลงทดลองสถานีวิจัยเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และส่วนของการทดสอบแบบจำลอง CERES - Barley โดยจะใช้ข้อมูลในด้านต่างๆ ที่บันทึกได้จาก การทดลองในแปลงทดลอง เป็นข้อมูลพื้นฐาน

งานทดลองภาคสนาม วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ โดยกำหนดให้มีระดับปุ๋ยในโตรเจน 6 ระดับ เป็น sub plot และพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ IBON#108 และพันธุ์ บรบ.9 เป็น main plot

ระดับปุ๋ยในโตรเจน 6 ระดับ ใช้ปุ๋ย ยูเรีย (46 - 0 - 0) แบ่งเป็น

- ระดับปุ๋ยในโตรเจน 0 กิโลกรัม N/ไร่
- ระดับปุ๋ยในโตรเจน 4 กิโลกรัม N/ไร่
- ระดับปุ๋ยในโตรเจน 8 กิโลกรัม N/ไร่
- ระดับปุ๋ยในโตรเจน 12 กิโลกรัม N/ไร่
- ระดับปุ๋ยในโตรเจน 16 กิโลกรัม N/ไร่
- ระดับปุ๋ยในโตรเจน 24 กิโลกรัม N/ไร่

วิธีการเตรียมดิน ทำการไถเปิดหน้าดินครั้งแรกเพื่อกำจัดวัชพืช และทำให้โครงสร้างดินมีความโปร่ง แล้วไถย่อยดินให้เป็นก้อนเล็กลงอีกครั้ง จากนั้นทำการขุดร่องระบายน้ำระหว่างแปลงทดลองทุกแปลงความกว้าง 30 เซนติเมตร แล้วปรับหน้าดินให้มีความเรียบ จากนั้นหว่านปูนขาวที่หน้าดิน (อัตรา 100 กิโลกรัม / ไร่) โดยแบ่งใส่ครั้งแรกก่อน 50 กิโลกรัม / ไร่ ใช้พื้นที่ต่อหน่วยทดลอง ขนาด 3 × 6 ตารางเมตร ก่อนการปลูกทำการคลุมเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์ด้วยสารเคมี ไวตาแวกซ์ ในอัตราส่วน 2 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม

วิธีการปลูก ทำการซีดรองให้ลึกประมาณ 4-5 เซนติเมตรเป็นแถว ใช้ระยะระหว่างแถวห่างกัน 20 เซนติเมตร เว้นหัวและท้ายแถวข้างละ 50 เซนติเมตร จากนั้นทำการใส่ปุ๋ยในโตรเจนตามอัตราที่แสดงไว้ ดังตารางที่ 1 โดยการใส่ จะแบ่งใส่ครั้งแรก ในอัตรา 7 ส่วน ตามปริมาณปุ๋ยยูเรียที่ใส่ และครั้งที่ 2 ใส่ในอัตรา 3 ส่วนที่เหลือ (อัตราส่วน 7 : 3) การใส่จะใส่ร่วมกับปุ๋ยรองพื้นคือ ฟอสฟอรัส P_2O_5 (0-46-0) และ โพแทสเซียม K_2O (0-0-50) อัตรา 16.3 และ 15 กก. ต่อ ไร่ ตามลำดับ โดยจะโรยในร่องปลูก แล้วทำการกลบส่วนหนึ่งก่อน ส่วนการใส่ปุ๋ยในโตรเจนครั้งต่อไปจะใส่เมื่อข้าวบาร์เลย์เข้าสู่ระยะแตกกอ

ตารางที่ 2 อัตราปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ในแต่ละ Treatment ของการทดลอง

อัตราปุ๋ยในโตรเจน (กก./ไร่)	ปริมาณปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) สัดส่วน 7:3	
	ใส่ก่อนปลูก(กก./ไร่)	ใส่เมื่อ 20 วันหลังออก(กก./ไร่)
N_0	0	0
N_4	6.09	2.61
N_8	12.18	5.22
N_{12}	18.27	7.83
N_{16}	24.36	10.44
N_{24}	36.54	15.66

หลังจากกลบปุ๋ยแล้วจึงโรยเมล็ดตามในร่องเดียวกัน โดยใช้อัตราเมล็ดปลูก 20 กิโลกรัม ต่อไร่ แล้วจึงกลบอีกครั้งหนึ่ง จากนั้น ทำการหว่านปูนขาวที่หน้าดินครั้งที่ 2 ในอัตรา 50 กิโลกรัม ต่อไร่ แล้วจึงให้น้ำ ตามด้วยฉีดยาคุมหญ้า ในขณะที่ดินยังมีความชื้นอยู่ เมื่อข้าวบาร์เลย์งอกมีใบ 2-3 ใบ ทำการถอนแยกให้มีจำนวนประชากรต้นข้าวบาร์เลย์ 60 ต้น ต่อ ความยาวแถว 1 เมตร (จำนวนประชากรเฉลี่ย 300 ต้นต่อตารางเมตร)

วิธีการเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูล ซึ่งต้องใช้ในการวิเคราะห์ การตอบสนองของข้าวบาร์เลย์ ต่อปุ๋ยไนโตรเจน และข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบแบบจำลอง จะสามารถแบ่งการเก็บข้อมูลออกเป็นส่วนคือ

1. ข้อมูลด้านพืช แบ่งออกเป็น

1.1 ข้อมูลด้านการพัฒนาการ (Phenological growth stage)

จะทำการบันทึกวันที่ปรากฏระยะพัฒนาการของข้าวบาร์เลย์ ที่กำหนดโดย Zadocks et al. (1974) โดย บันทึกในแบบฟอร์ม R-1 ของ The minimum data set (IBSNAT, 1988) คือจะบันทึก วันปลูก วันงอก วันที่ปรากฏ ระยะพัฒนาตาดอก ระยะตั้งท้อง ระยะออกรวงต้นหลัก ระยะออกรวง 50 เปอร์เซ็นต์ และระยะสุกแก่ทางสรีระ

1.2 ข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

- ในส่วนของข้อมูลการเจริญเติบโต จะทำการเก็บตัวอย่างต้นข้าวบาร์เลย์ ตามระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ระยะข้าวบาร์เลย์งอก 2-3 ใบ จนถึงระยะสุกแก่ทางสรีระ โดยจะเก็บในพื้นที่ 0.20 x 0.60 ตารางเมตร (เก็บโดยถอนทั้งต้นแล้วตัดรากทิ้ง) นำมานับจำนวนต้น จำนวนหน่อ จำนวนรวง และวัดความสูง จากนั้น นำมาแยกส่วนของ ใบ ต้น รวง แล้วนำเอา ส่วนที่แยกแต่ละส่วน ใส่ถุงกระดาษ เข้าอบในตู้อบแห้งด้วยลมร้อน อุณหภูมิ 70 -75 องศาเซลเซียส 1 - 2 วัน แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้งในแต่ละส่วน

- การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนจะทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างแห้ง ที่ระยะออกรวงต้นหลัก และที่ระยะสุกแก่ทางสรีระ โดยนำตัวอย่างแห้งในแต่ละส่วนมาบดให้ละเอียด จากนั้นนำไปวิเคราะห์โดยวิธี kjeldahl (Pearson, 1973)

- การบันทึกการพัฒนาของใบ จะบันทึก อัตราการปรากฏของใบ (Phyllochron interval) โดยการสุ่มต้นข้าวบาร์เลย์ในแต่ละแปลง แปลงละ 10 ต้น บันทึกจำนวนใบที่ปรากฏ เริ่มตั้งแต่ข้าวบาร์เลย์มีใบที่ 2 ไปจนกระทั่ง ข้าวบาร์เลย์เข้าสู่ระยะ ใบธงคลี่เต็มที่

- การวัดค่าอุณหภูมิสะสมระยะพัฒนาตาดอก (Growing degree days GDD PI) โดยจะวัดวันที่ข้าวบาร์เลย์เข้าสู่ระยะพัฒนาตาดอก โดยใช้สมการของ Bauer et al., (1984) ดังนี้

$$GDD(PI) = \frac{T_{max} - T_{min}}{2} - T_{base}$$

โดยกำหนดให้ T_{max} = อุณหภูมิสูงสุด T_{min} = อุณหภูมิต่ำสุด T_{base} = อุณหภูมิพื้นฐาน ($0^{\circ}C$)

-การบันทึกข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต จะเก็บตัวอย่างเมื่อข้าวบาร์เลย์เข้าสู่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Field maturity) โดยจะเก็บ ตัวอย่างพื้นที่ 1×2 ตารางเมตร นำมานับจำนวนหน่อต่อต้น จำนวนรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1000 เมล็ด เปอร์เซ็นต์ความชื้น ผลผลิตเมล็ด และน้ำหนักแห้งฟาง จากนั้นสุ่มเอาเมล็ดไปอบให้แห้ง แล้วนำไปชั่งเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนในเมล็ด

2. ข้อมูลอากาศ

ทำการบันทึกข้อมูลอากาศรายวัน โดยใช้เครื่องตรวจวัดอากาศอัตโนมัติ (Data Logger) ที่สถานีวิจัยการเกษตรเขตชลประทาน ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งข้อมูลอากาศจะบันทึกตามรูปแบบของ minimum data set ในแบบฟอร์ม C-1 (IBSNAT, 1988) ประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด ($^{\circ}\text{C}$) ปริมาณน้ำฝน (mm.) และปริมาณแสงแดด ($\text{MJ}/\text{m}^2\text{-day}$)

3. ข้อมูลดิน

สุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อหาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน ซึ่งได้แก่ เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอน (Organic matter) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัส และปริมาณโปแตสเซียม โดยทำการสุ่มแบบ Composite sample ให้ทั่วแปลง ที่ระดับความลึก 2 ระดับคือ ที่ 0 - 20 เซนติเมตร และที่ 20 - 50 เซนติเมตร

4. ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม

ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม (Genetic Coefficient) ของข้าวบาร์เลย์ แบ่งได้เป็นสามส่วน คือ สัมประสิทธิ์ทางด้านนาการพัฒนาการของข้าวบาร์เลย์ (Phenology coefficients) ประกอบไปด้วย ค่า PIV, PID และ P5 สัมประสิทธิ์ทางด้านนาการเจริญ (Growth coefficient) ประกอบไปด้วย ค่า G1, G2 และ G3 และสัมประสิทธิ์ทางการพัฒนาการของใบ (Phyllochron interval coefficient) คือค่า PHINT ค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมทั้ง 7 ค่า ได้บรรจุอยู่ในฐานข้อมูล Genetic coefficient ซึ่งได้แยกไว้ เป็นค่าคงที่ แต่ละพันธุ์ ไป

ขั้นตอนการจำลองระบบของแบบจำลอง CERES - Barley

การจำลองแบบจำลอง CERES - Barley ต้องการให้ข้อมูลที่เก็บจากงานทดลองในแปลงทดลอง ได้แก่ ข้อมูลพืช ประกอบด้วย ข้อมูลด้านรายละเอียดเกี่ยวกับการปลูก และดูแลรักษาตลอดอายุพืช ข้อมูลด้านการพัฒนาการ ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต ข้อมูลอากาศ ข้อมูลดิน และข้อมูลสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรม โดยมีขั้นตอนการทดสอบแบบจำลองคือ

1. การเตรียมข้อมูลที่จะใช้ในการปฏิบัติงานของแบบจำลอง (Input Data) ประกอบด้วย
 - การสร้างฐานข้อมูลการทดลอง (Experiment File) โดยใช้ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดของงานทดลองในแปลง เริ่มตั้งแต่ ชื่องานทดลอง ชื่อผู้ทำการทดลอง การจัดการในแปลงทดลอง เช่น พื้นที่ปลูก , วันปลูก , ความหนาแน่นพืช , ระยะปลูก , ชนิดดิน , พันธุ์ , การให้น้ำ , การให้ปุ๋ย รายละเอียดเกี่ยวกับการใช้สารเคมี วิธีการไถ และวันเก็บเกี่ยว ฯลฯ นำรายละเอียดดังกล่าว มาเขียนให้อยู่ในรูปแบบของ Experiment Details File (FILEX .EXP)
 - นำข้อมูลอากาศ ที่ได้จากเครื่องตรวจอากาศอัตโนมัติ (Data logger) มาทำการ เปลี่ยนรูปแบบโปรแกรมให้อยู่ในแบบของข้อมูลอากาศ (FILEW .WTH) แล้วเก็บไว้ ในฐานข้อมูลอากาศเป็นรายปี (Weather Data File)
 - ฐานข้อมูลดิน (Soil Data File FILES) ใช้ชุดดินสันทราย (San sai Series) ที่บรรจุอยู่ในฐานข้อมูลดิน (SOIL .SOL) ในโปรแกรม DSSAT3
 - ฐานข้อมูลทางพันธุกรรม (Genetic Coefficient File) ใช้ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์ทางพันธุกรรมข้าวบาร์เลย์ จากฐานข้อมูล BACER940. CUL ที่อยู่ในโปรแกรม DSSAT3

2. เมื่อได้ฐานข้อมูลทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว ทำการทดสอบแบบจำลองโดยการเข้าไปในโปรแกรม DSSAT3 แล้วใช้คำสั่ง Simulate ที่อยู่ในรายการ MODEL / CERES / Barley โปรแกรมจะเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผล แล้วแสดงผลของการจำลองการเจริญเติบโต ออกมา

3. ผลลัพธ์ ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลองทั้งหมด สามารถแสดงผลออกมาอยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูล OVERVIEW.OUT และ GROWTH.OUT แล้วจึงนำผลที่ได้จากการจำลองนี้ ไปวิเคราะห์ ทางสถิติ เปรียบเทียบกับ ข้อมูลด้านการพัฒนาการ การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวบาร์เลย์ ที่เก็บตัวอย่างในแปลงทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือในส่วนของ การวิเคราะห์ผลทางสถิติวิทยา และ การวิเคราะห์หาความแม่นยำของแบบจำลอง CERES - Barley

1. ในส่วนของ การทดสอบแบบจำลอง CERES - Barley นำผลลัพธ์ที่ได้จากการประมวลผลของแบบจำลอง (Simulated Data) เปรียบเทียบกับ ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก (Observed Data) โดยวิธีเขียนกราฟ 1 - 1 Line แล้ววิเคราะห์สถิติหาค่าความแตกต่างโดยใช้ T - test จากนั้นวิเคราะห์หาความแม่นยำในการทดลองโดยใช้ค่า bias (Bias) และ Root mean square error (RMSE)

2. ในส่วนของ การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติวิทยา นำเอาข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) แล้วนำมาเปรียบเทียบหาค่าความแตกต่างโดยใช้ LSD (Least Significant Difference) การวิเคราะห์การสะสมน้ำหนักแห้งในส่วนต่างๆ ได้แก่ ใบ ต้น รวง ทำการสร้างเส้นสมการการเจริญเติบโต (Quadratic equation) จากนั้นทำการหาวันที่ปรากฏน้ำหนักแห้งสูงสุด โดยการ Differentiate สมการให้เป็นศูนย์ แล้วนำค่าที่ได้ไปแทนค่าสมการ หาค่าน้ำหนักแห้งสูงสุดออกมา จากนั้นหาอัตราการสะสมน้ำหนักแห้งเฉลี่ยในแต่ละวัน โดยการ แทนค่าสมการที่ ทำการ Differentiate ด้วยค่าวันที่เริ่มเก็บตัวอย่าง ไปจนถึงวันที่ปรากฏน้ำหนักแห้งสูงสุด แล้วนำมา plot กราฟ (Hunt .R., 1982 , Hunt and Persons., 1979)

$$y = a + bx + cx^2$$

$$\frac{dy'}{dx} = b + 2cx = 0$$

$$x = \frac{-b}{2c}$$