

### บทที่ 3

#### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ทดลองที่ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางเกษตร ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม พ.ศ.2547 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ.2550 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

**การทดลองที่ 1 การตอบสนองต่อระดับฟอสฟอรัสในสภาพขังน้ำและไม่ขังน้ำของพันธุ์ข้าวไทย**

เพื่อเปรียบเทียบเจริญเติบโตและการสะสมปริมาณธาตุอาหารของข้าวที่ปลูกในดินขังน้ำและไม่ขังน้ำ วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลสามปัจจัยแบบแผนสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design) ทวนซ้ำ 3 ครั้ง พันธุ์ข้าวที่ใช้ได้แก่ ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท1 และน้ำรุ ใช้ดินกล้าอายุ 10 วัน ปลูกในกระถางพลาสติกเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ซม. ลึก 17 ซม. รองก้นด้วยถุงพลาสติกเจาะรูระบายน้ำ บรรจุดินผสมทรายในอัตราส่วน 3:1 จำนวน 6 กิโลกรัม แต่ละกระถางปลูก 1 พันธุ์ จำนวน 5 ต้น/กระถาง ให้น้ำ 2 ระดับคือ ไม่ขังน้ำ (ให้น้ำที่จุด field capacity; W1) และขังน้ำ (ขังน้ำ 10 ซม. เหนือผิวดิน; W2) ให้ธาตุฟอสฟอรัส 2 ระดับคือ 0 (P0) และ 30 (P30) kg P/ha เมื่อย้ายปลูก ให้นิโตรเจน 280 kg N/ha และโพแทสเซียม 280 kg N/ha โดยแบ่งใส่อาทิตย์ละครั้ง เก็บข้อมูลที่ 6 สัปดาห์หลังย้ายปลูก

ข้อมูลที่บันทึกได้แก่

1. จำนวนหน่อ (หน่อ/ต้น)
2. จำนวนใบ (ใบ/ต้น)
3. จำนวนราก (ราก/ต้น)
4. น้ำหนักแห้งราก (กรัม/ต้น)
5. น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/ต้น)
6. สัดส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อส่วนเหนือดิน (root:shoot ratio)
7. ความเข้มข้นธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์) ในส่วนต่างๆ
  - ราก
  - ใบอ่อนที่แผ่ขยายเต็มที่ (YEB)

- ส่วนต้นและใบ
8. ปริมาณของธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (มิลลิกรัม/ต้น) ในส่วนต่างๆ ดังนี้
- ราก
  - ส่วนเหนือดิน (YEB+ส่วนต้นและใบ)
9. สมรรถภาพในการดูดธาตุอาหาร (Barrow, 1975 อ้างจาก Blair, 1993) คำนวณจาก
- $$\frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดิน+ปริมาณธาตุอาหารในราก}}{\text{น้ำหนักแห้งราก}} \times 100$$

### ตารางที่ 3.1 ลักษณะทั่วไปของดินชุดสันทรายที่ใช้ในการทดลอง

	ลักษณะดิน
เนื้อดิน	ทราย
pH (KCL)	4.5-5.5
CEC	ต่ำ
ความชื้น	0-3 %
ลักษณะอื่นๆ	มีอิฐค้ำ ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสต่ำ มีอินทรีย์วัตถุต่ำ การระบายน้ำไม่ดี ความอุดมสมบูรณ์ดินต่ำ เป็นดินที่ใช้ในการเพาะปลูกข้าวหรือถั่วเหลือง ถั่วลิสง ข้าวโพด กระเทียม มะเขือเทศ

Land development Department, Bangkok, Thailand (2002)

การทดลองที่ 2 เปรียบเทียบการตอบสนองของพันธุ์ข้าวไทยต่อระดับฟอสฟอรัสในสภาพน้ำขังและน้ำไม่ขัง

การทดลองที่ 2.1 การตอบสนองต่อระดับฟอสฟอรัสในสภาพจำลองน้ำขังและน้ำไม่ขังของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

เพื่อเปรียบเทียบการตอบสนองของข้าวต่อระดับฟอสฟอรัสในสภาพจำลองน้ำขังและน้ำไม่ขัง และหาความต้องการภายนอก (external requirement) สำหรับธาตุฟอสฟอรัสของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 วางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลสองปัจจัยแบบแผนสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design) ทวนซ้ำ 3 ครั้ง ปลูกทดสอบในถังขนาดเส้น

ผ่านศูนย์กลาง 28 ซม ลึก 25 ซม.บรรจุสารละลายธาตุอาหาร 10 ลิตร จำลองสภาพดินน้ำไม่ขัง (aerobic soil condition) โดยให้ออกซิเจนแก่สารละลายธาตุอาหาร 24 ชั่วโมง/วัน ให้มีความเข้มข้นออกซิเจนในสารละลายธาตุอาหาร 18-20 เปอร์เซ็นต์ เรียกสภาพนี้ว่า Aerated และจำลองสภาพดินน้ำขัง (anaerobic soil condition) โดยตัดแปลงจาก Wiengweera *et al.* (1997) ใช้สารละลายธาตุอาหารผสมผงวุ้น (agar) ความเข้มข้น 0.1% น้ำหนัก/ปริมาตร เรียกสภาพนี้ว่า Stagnant ให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัส 6 ระดับคือ 0.5, 1, 2, 4, 8 และ 16 ppm

ในสารละลายธาตุอาหารประกอบด้วย (mmol<sup>-1</sup>): K<sup>+</sup>, 3.95; Ca<sup>2+</sup>, 1.50; Mg<sup>2+</sup>, 0.40; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 0.625; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 4.375; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 1.90; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 0.20; Na<sup>+</sup>, 0.20; H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 0.10 และธาตุอาหารรอง ได้แก่ (mmol m<sup>-3</sup>): Cl, 50; B 25; Mn, 2; Zn, 2; Ni, 1; Cu, 0.5; Mo, 0.5; Fe EDTA, 50 (McDonald *et al.*, 2001; Insalud, 2006) เปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกสัปดาห์ และปรับ pH ของสารละลายเท่ากับ 6.0 โดยใช้ HCl 1 N และ NaOH 1 N

แช่เมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ในน้ำ 2 คืนแล้วย้ายสู่สารละลายธาตุอาหารครบสูตรที่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัส 8 ppm หลังจากนั้น 10 วัน ย้ายไปปลูกในสารละลายธาตุอาหารสภาพ aerated หรือ stagnant ที่ให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัสแต่ละระดับ ในหนึ่งถึงมีหนึ่งพันธุ์ ปลูก 4 ต้น/ถึง เก็บข้อมูลเมื่อต้นข้าวอายุได้ 14 และ 28 วันหลังย้ายปลูก

ข้อมูลที่บันทึกได้แก่

1. จำนวนหน่อ (หน่อ/ต้น)
2. จำนวนราก (ราก/ต้น)
3. ความยาวราก (ซม.)
4. น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/ต้น)
5. น้ำหนักแห้งส่วนราก (กรัม/ต้น)
6. น้ำหนักแห้งรวม (กรัม/ต้น)
7. สัดส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อส่วนเหนือดิน
8. ความพรุนราก (root porosity; %)
9. ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในส่วนต่างๆ ดังนี้
  - ราก
  - ส่วนเหนือดิน
10. ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ต้น) ในส่วนต่างๆ ดังนี้
  - ราก
  - ส่วนเหนือดิน

## 11. สมรรถภาพในการดูดธาตุอาหาร คำนวณจาก

$$\frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดิน} + \text{ปริมาณธาตุอาหารในราก}}{\text{น้ำหนักแห้งราก}} \times 100$$

## 12. Relative growth rate (RGR; กรัม/กรัม/วัน)

การทดลอง 2.2 การตอบสนองต่อระดับฟอสฟอรัสในสภาพจำลองน้ำขังและน้ำไม่ขังของข้าวพันธุ์ข้าวไทย

แบบวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียลสามปัจจัยแบบแผนสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design) ทวนซ้ำ 3 ครั้ง ปลูกทดสอบในถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 ซม ลึก 25 ซม.บรรจุสารละลายธาตุอาหาร 10 ลิตร ปลูกในสภาพจำลองน้ำไม่ขัง (aerated condition) และขังน้ำ (stagnant condition) ดัดแปลงจาก Wiengweera *et al.* (1997) ให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัส 3 ระดับ คือ 1, 4 และ 16 ppm

ในสารละลายธาตุอาหารประกอบด้วย ( $\text{mmol}^{-1}$ ):  $\text{K}^+$ , 3.95;  $\text{Ca}^{2+}$ , 1.50;  $\text{Mg}^{2+}$ , 0.40;  $\text{NH}_4^+$ , 0.625;  $\text{NO}_3^-$ , 4.375;  $\text{SO}_4^{2-}$ , 1.90;  $\text{Na}^+$ , 0.20;  $\text{H}_4\text{SiO}_4^-$ , 0.10; และธาตุอาหารรอง ได้แก่ ( $\text{mmol m}^{-3}$ ): Cl, 50; B 25; Mn, 2; Zn, 2; Ni, 1; Cu, 0.5; Mo, 0.5; Fe EDTA, 50 (McDonald *et al.*, 2001, Insalud, 2006) เปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกสัปดาห์และปรับ pH ของสารละลายเท่ากับ 6.0 โดยใช้ HCl 1 N และ NaOH 1N

พันธุ์ข้าวที่ใช้คือพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ชัยนาท 1 และ กข7 แซ่มสีดข้าวในน้ำ 2 คั้นแล้วย้ายสู่สารละลายธาตุอาหารครบสูตรที่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัส 8 ppm จนต้นกล้าอายุ 10 วัน ย้ายปลูกในสารละลาย aerated หรือ stagnant เก็บข้อมูลเมื่อข้าวอายุได้ 14 และ 28 วันหลังย้ายปลูก

ข้อมูลที่บันทึกได้แก่

1. จำนวนหน่อ (หน่อ/ต้น)
2. จำนวนราก (ราก/ต้น)
3. ความยาวราก (ซม.)
4. น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/ต้น)
5. น้ำหนักแห้งส่วนราก (กรัม/ต้น)
6. สัดส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อส่วนเหนือดิน
7. ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในส่วนต่างๆ ดังนี้
  - ราก
  - ส่วนเหนือดิน

8. ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ต้น)ในส่วนต่างๆ ดังนี้

- ราก
- ส่วนเหนือดินทั้งหมด

9. สมรรถภาพในการดูดธาตุอาหาร คำนวณจาก

$$\frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดิน} + \text{ปริมาณธาตุอาหารในราก}}{\text{น้ำหนักแห้งราก}} \times 100$$

10. Relative growth rate (RGR; กรัม/กรัม/วัน)

การทดลองที่ 3 เปรียบเทียบการตอบสนองของพันธุ์ข้าวไทยต่อฟอสฟอรัสในสภาพจำลองน้ำไม่ขัง วางแผนการทดลองแบบ แฟกทอเรียลสามปัจจัยแบบแผนสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Factorial in Randomized Complete Block Design ทวนซ้ำ 3 ครั้ง ปลูกทดสอบในถังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 ซม. ลึก 25 ซม. บรรจุสารละลายธาตุอาหาร 10 ลิตร จำลองสภาพน้ำไม่ขัง (aerated condition) ให้ความเข้มข้นฟอสฟอรัส 2 ระดับคือ 0.5 และ 16 ppm

ในสารละลายธาตุอาหารประกอบด้วย (mmol<sup>l</sup>): K<sup>+</sup>, 3.95; Ca<sup>2+</sup>, 1.50; Mg<sup>2+</sup>, 0.40; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, 0.625; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, 4.375; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 1.90; Na<sup>+</sup>, 0.20; H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 0.10; และธาตุอาหารรอง ได้แก่ (mmol m<sup>-3</sup>): Cl, 50; B 25; Mn, 2; Zn, 2; Ni, 1; Cu, 0.5; Mo, 0.5; Fe EDTA, 50 (McDonald *et al.*, 2001; Insalud, 2006) เปลี่ยนสารละลายใหม่ทุกสัปดาห์และปรับ pH ของสารละลายเท่ากับ 6.0 โดยใช้ HCl 1 N และ NaOH 1 N

พันธุ์ข้าวที่ใช้มี 9 พันธุ์ได้แก่

- |                   |              |
|-------------------|--------------|
| 1. ขาวดอกมะลิ 105 | 6. กข 7      |
| 2. ชัยนาท 1       | 7. R258      |
| 3. สุพรรณบุรี 1   | 8. น้ำริน    |
| 4. หอมพิชญ์โลก 1  | 9. ชิวแม่จัน |
| 5. กข 6           |              |

แช่เมล็ดข้าวในน้ำ 2 คืนแล้วย้ายสู่สารละลายธาตุอาหารครบสูตรที่มีความเข้มข้นฟอสฟอรัส 8 ppm เมื่อต้นกล้าอายุ 10 วัน ย้ายปลูกในสารละลายสภาพ aerated เก็บข้อมูลเมื่อข้าวอายุได้ 14 และ 28 วันหลังย้ายปลูก

## ข้อมูลที่บันทึกได้แก่

- 1 จำนวนหน่อ (หน่อ/ต้น)
- 2 จำนวนราก (ราก/ต้น)
- 3 ความยาวราก (ซม.)
- 4 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัม/ต้น)
- 5 น้ำหนักแห้งส่วนราก (กรัม/ต้น)
- 6 สัดส่วนน้ำหนักแห้งรากต่อส่วนเหนือดิน
- 7 ความเข้มข้นฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์) ในส่วนต่างๆ ดังนี้
  - ราก
  - ส่วนเหนือดิน
- 8 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม/ต้น) ในส่วนต่างๆ ดังนี้
  - ราก
  - ส่วนเหนือดิน
9. สมรรถภาพในการดูดธาตุอาหาร คำนวณจาก
 
$$\frac{\text{ปริมาณธาตุอาหารในส่วนเหนือดิน} + \text{ปริมาณธาตุอาหารในราก}}{\text{น้ำหนักแห้งราก}} \times 100$$
10. Relative growth rate (RGR; กรัม/กรัม/วัน)

## การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยใช้ LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% แปลงข้อมูลบางส่วนโดยใช้  $\text{Log}_{10}$  transformation