

### บทที่ 3

#### วิธีการวิจัย

ในการทดลองเพื่อศึกษาการผลิตน้ำแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกไข่และเปลือกหอยชนิดต่าง ๆ และเพื่อเป็นการทดสอบอิทธิพลของน้ำแคลเซียมอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง คือ ทำการศึกษาเปรียบเทียบชนิดความเข้มข้นของตัวทำละลาย และระยะเวลาที่เหมาะสมในการผลิตน้ำแคลเซียมอินทรีย์ ทำการเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ปริมาณ แคลเซียม (Ca) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) แล้วทำการคัดเลือกน้ำแคลเซียมอินทรีย์ที่มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาทำการเพิ่มปริมาณให้เพียงพอเพื่อนำไปใช้ในการทดลองที่ 2 คือการศึกษาศักยภาพของน้ำแคลเซียมอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ โดยเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยแคลเซียมทางการค้า

#### การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียม ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้าที่ได้จากการผลิตน้ำแคลเซียมอินทรีย์จากเปลือกไข่และเปลือกหอยชนิดต่าง ๆ

##### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. เปลือกไข่ไก่
2. เปลือกหอยชนิดต่าง ๆ ได้แก่ เปลือกหอยแครง เปลือกหอยแมลงภู่ เปลือกหอยนางรม และเพรียง
3. น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water)
4. น้ำส้มสายชู (Vinegar)
5. น้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น (Wood vinegar)
6. น้ำส้มควันไม้กลั่น (Distilled Wood vinegar)
7. ขวดโหลแก้วสำหรับใช้หมัก
8. กระดาษกรอง
9. เครื่องชั่ง
10. เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (AAS)
11. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
12. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity meter)

### การวางแผนการทดลอง

แผนการทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียม ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) และชนิดของตัวทำละลายที่เหมาะสมในการผลิตแคลเซียมอินทรีย์จากแหล่งแคลเซียมอินทรีย์ 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกไข่ เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแครง เปลือกหอยแมลงภู่ และเพรียง โดยใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด ได้แก่ น้ำปราศจากไอออน (Deionized Water) น้ำส้มสายชู (Vinegar) และน้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) และน้ำส้มควันไม้กลั่น (Distilled Wood Vinegar) วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) 20 ดำรับทดลอง (Treatment) ดำรับทดลองละ 3 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

|                  |                                          |
|------------------|------------------------------------------|
| ดำรับทดลองที่ 1  | เปลือกไข่ + น้ำปราศจากไอออน              |
| ดำรับทดลองที่ 2  | เปลือกไข่ + น้ำส้มสายชู                  |
| ดำรับทดลองที่ 3  | เปลือกไข่ + น้ำส้มควันไม้กลั่น           |
| ดำรับทดลองที่ 4  | เปลือกไข่ + น้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น        |
| ดำรับทดลองที่ 5  | เปลือกหอยแมลงภู่ + น้ำปราศจากไอออน       |
| ดำรับทดลองที่ 6  | เปลือกหอยแมลงภู่ + น้ำส้มสายชู           |
| ดำรับทดลองที่ 7  | เปลือกหอยแมลงภู่ + น้ำส้มควันไม้กลั่น    |
| ดำรับทดลองที่ 8  | เปลือกหอยแมลงภู่ + น้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น |
| ดำรับทดลองที่ 9  | เปลือกหอยแครง + น้ำปราศจากไอออน          |
| ดำรับทดลองที่ 10 | เปลือกหอยแครง + น้ำส้มสายชู              |
| ดำรับทดลองที่ 11 | เปลือกหอยแครง + น้ำส้มควันไม้กลั่น       |
| ดำรับทดลองที่ 12 | เปลือกหอยแครง + น้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น    |
| ดำรับทดลองที่ 13 | เพรียง + น้ำปราศจากไอออน                 |
| ดำรับทดลองที่ 14 | เพรียง + น้ำส้มสายชู                     |
| ดำรับทดลองที่ 15 | เพรียง + น้ำส้มควันไม้กลั่น              |
| ดำรับทดลองที่ 16 | เพรียง + น้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น           |
| ดำรับทดลองที่ 17 | เปลือกหอยนางรม + น้ำปราศจากไอออน         |
| ดำรับทดลองที่ 18 | เปลือกหอยนางรม + น้ำส้มสายชู             |
| ดำรับทดลองที่ 19 | เปลือกหอยนางรม + น้ำส้มควันไม้กลั่น      |
| ดำรับทดลองที่ 20 | เปลือกหอยนางรม + น้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น   |

## วิธีการศึกษา

1. ทำการเก็บรวบรวมแหล่งแคลเซียมอินทรีย์ที่จะใช้น้ำแคลเซียมอินทรีย์ ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ เปลือกไข่ เปลือกหอยนางรม เปลือกหอยแครง เปลือกหอยแมลงภู่ และเพรียง นำมาล้างทำความสะอาดแล้วตากให้แห้ง ทบให้มีขนาดเล็กใกล้เคียงกัน จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน สารละลายน้ำส้มควันไม้ไม่กลั่น น้ำส้มควันไม้กลั่น และน้ำส้มสายชูความเข้มข้น 100 % (ภาคผนวก ก) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างตัวถูกละลายต่อตัวทำละลายเท่ากับ 1:2 หมักทิ้งไว้เป็นเวลา 9 วัน (ภาคผนวก ก) หมักทิ้งไว้ในโหลแก้วโดยปิดปากโหลแก้วด้วยกระดาษสา เพื่อให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก และเป็นการป้องกันแมลงและสิ่งเจือปนอื่น ๆ ตกลงไปโหลแก้ว

2. กรองเอาน้ำแคลเซียมอินทรีย์ที่หมักได้ จากนั้นนำน้ำแคลเซียมอินทรีย์ที่ได้ไปวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม (Ca) โดยวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วย pH meter และวัดค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: EC) ด้วย Electrical conductivity meter (นงลักษณ์, 2546) เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยจะนำน้ำหมักแคลเซียมอินทรีย์ที่มีปริมาณแคลเซียมมากที่สุดมาทำการขยายเพิ่มปริมาณ เพื่อที่จะใช้ทดสอบกับมะเขือเทศต่อไป

3. ทำการผลิตน้ำแคลเซียมอินทรีย์ที่มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุดเพิ่ม ทำการกรองและเก็บน้ำแคลเซียมอินทรีย์ที่ได้ในขวดพลาสติก ปิดฝาให้สนิทและเก็บไว้ในตู้เย็น

## การบันทึกผลการทดลอง

1. ค่าปริมาณแคลเซียมที่ได้โดยวัดจากเครื่อง AAS
2. ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ได้โดยการวัดจากเครื่อง pH meter
3. ค่าการนำไฟฟ้าที่ได้โดยการวัดจากเครื่อง Electrical conductivity meter

## ระยะเวลาทำการทดลอง

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| เริ่มทำการทดลอง | มกราคม 2548  |
| สิ้นสุดการทดลอง | กรกฎาคม 2548 |

## สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

**การทดลองที่ 2 การศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพของน้ำแคลเซียมอินทรีย์ที่มีความเข้มข้นในระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ โดยทำการเปรียบเทียบกับปุ๋ยแคลเซียมทางการค้า**

ในการทดลองศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพของน้ำแคลเซียมอินทรีย์กับมะเขือเทศ จะทำการปลูกทดสอบใน 3 พื้นที่ คือ โรงเรือนไฮโดรโพนิคส์ที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 350 เมตร ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 900 เมตร และศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหุบเงา (บวกจั่น) มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,200 เมตร

**อุปกรณ์และเครื่องมือ**

1. เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม เอ็กซ์ตรา 390 ตราสีแดง
2. วัสดุเพาะกล้า
3. ถาดเพาะกล้า
4. ถูปลูก (สีขาว) ขนาด 6 x 13 นิ้ว
5. กาบมะพร้าวสับ
6. ปุ๋ยแคลเซียมอินทรีย์ที่ผลิตขึ้นเอง
7. สารละลายธาตุอาหารพืช
8. แคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ )
9. ขวดสเปรย์ปุ๋ยขนาด 2 ลิตร
10. ปัมแรงดัน 0.5 แรงม้า
11. อุปกรณ์ให้น้ำในระบบน้ำหยด ได้แก่ ชุดหัวน้ำหยด และสาย PE
12. ถังพลาสติกขนาด 120 ลิตร
13. เชือกผูกค้ำมะเขือเทศ
14. กาวดักแมลง
15. ป้ายชื่อ (Tag)
16. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ ไม้บรรทัด สมุด ปากกา เครื่องชั่ง

### การวางแผนการทดลอง

การคัดเลือกน้ำเคลือบอินทรีย์ที่มีปริมาณธาตุเคลือบสูงที่สุดจากการทดลองที่ 1 มาทำการศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพของน้ำเคลือบอินทรีย์ที่ความเข้มข้นในระดับต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมะเขือเทศ โดยทำการเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคลือบทางการค้า วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) 7 ดำรับทดลอง (Treatment) ดำรับทดลองละ 5 ซ้ำ (Replication) ดังนี้

|                 |                                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------|
| ดำรับทดลองที่ 1 | control ไม่ให้ปุ๋ยทางใบ                                    |
| ดำรับทดลองที่ 2 | ให้เคลือบคลอไรด์ความเข้มข้น 2,000 ppm ทางใบ                |
| ดำรับทดลองที่ 3 | ให้ปุ๋ยเคลือบอินทรีย์อัตราเจือจาง 1:100 (533 ppm) ทางใบ    |
| ดำรับทดลองที่ 4 | ให้ปุ๋ยเคลือบอินทรีย์อัตราเจือจาง 1:200 (266.5 ppm) ทางใบ  |
| ดำรับทดลองที่ 5 | ให้ปุ๋ยเคลือบอินทรีย์อัตราเจือจาง 1:400 (133.25 ppm) ทางใบ |
| ดำรับทดลองที่ 6 | ให้ปุ๋ยเคลือบอินทรีย์อัตราเจือจาง 1:800 (66.63 ppm) ทางใบ  |
| ดำรับทดลองที่ 7 | ให้ปุ๋ยเคลือบอินทรีย์อัตราเจือจาง 1:1,000 (53.3 ppm) ทางใบ |

### วิธีการศึกษา

1. เตรียมพื้นที่ที่จะใช้การปลูกมะเขือเทศในวัสดุปลูก (Substrate Culture) ทำการวางระบบน้ำโดยวางท่อ PE และ ชุดหัวน้ำหยดลงในพื้นที่ปลูก ทำการติดตั้งโดยต่อกับปั้มน้ำแรงดัน 0.5 แรงม้า

2. เตรียมกบมะพร้าวสับซึ่งเป็นวัสดุปลูกใส่ลงในถุงปลูก เรียงไว้ในพื้นที่ที่จะใช้ปลูก ใส่น้ำลงในถุงปลูกที่มีกบมะพร้าวสับโดยแช่น้ำทิ้งไว้ 1 วันแล้วจึงเอาน้ำที่แช่ออกทิ้งไป เพื่อเป็นการลดความเค็ม และเลียบชุดหัวน้ำหยดลงในถุงปลูกถุงละ 1 ชุด

3. ทำการเพาะกล้ามะเขือเทศสำหรับปลูกในวัสดุปลูก (Substrate Culture) โดยนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม เอ็กซ์ตรา 390 ไปแช่ในน้ำอุ่นนาน 30 นาที (น้ำร้อนต่อน้ำเย็น 1:2) แล้วนำเมล็ดที่แช่ไว้ไปบ่มในที่ชื้นนาน 3-4 วันในที่มืด (อานัฐ, 2548) สังเกตว่ามีราก จึงนำมาเพาะในถาดเพาะกล้า เมื่อดันกล้าของมะเขือเทศมีอายุประมาณ 20 วัน หรือมีใบจริง 2 ใบ จึงทำการย้ายปลูกลงในวัสดุปลูกที่เตรียมไว้

4. เตรียมสารละลายธาตุอาหารพืช ซึ่งสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใช้ในการทดลองนี้จะทำการชั่งเอาปุ๋ยเคลือบออกครึ่งหนึ่งของปุ๋ยเคลือบที่มีอยู่เดิม เพื่อต้องการให้มะเขือเทศที่ปลูกในทุกดำรับทดลองแสดงอาการขาดธาตุเคลือบ ซึ่งเป็นอาการของโรคกินผลเน่า (Blossom end rot)

5. การควบคุมค่าการนำไฟฟ้า (EC) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายธาตุอาหารพืช ทำได้โดยการใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า ถ้าค่า EC ต่ำกว่าค่าที่กำหนด (1.6 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และ 2.0 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ในระยะติดผล) ให้เติมสารละลายธาตุอาหารพืชเพิ่ม แต่ถ้าค่า EC เกินกว่าค่าที่กำหนดให้เติมน้ำเพื่อปรับค่า EC ลง ส่วนการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง (pH) ควรให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 ในกรณีที่สารละลายธาตุอาหารพืชมี pH เป็นด่างจะปรับโดยใช้กรดไนตริก ( $\text{HNO}_3$ ) และถ้า pH เป็นกรดจะปรับด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ ) (อานัฐ, 2548)

6. ให้น้ำที่มีสารละลายของธาตุอาหารพืชด้วยวิธีน้ำหยด (Drip Irrigation) วันละ 5 ครั้ง ครั้งละ 10 นาที โดยเฉลี่ยต้องปล่อยสารละลายให้กับต้นมะเขือเทศในอัตรา 1 ลิตรต่อต้นต่อวัน

7. ให้น้ำปุ๋ยโดยการสเปรย์ทางใบ ได้แก่ แคลเซียมคลอไรด์ และปุ๋ยแคลเซียมอินทรีย์ ที่ผลิตขึ้นเองที่อัตราส่วนแตกต่างกันในแต่ละตำรับทดลอง โดยจะทำการสเปรย์ปุ๋ยให้กับต้นมะเขือเทศหลังย้ายปลูกทุก ๆ 7 วัน

8. เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนข้อ ความยาวข้อ ขนาดของทรงพุ่ม และจำนวนใบ เก็บข้อมูลด้านผลผลิตของมะเขือเทศ ได้แก่ จำนวนผลต่อต้น น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น จำนวนช่อดอก และจำนวนดอกต่อช่อ เก็บข้อมูลจำนวนผลที่แสดงอาการของโรคกันเน่าแล้วนำไปหาเป็นเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคกันเน่า แล้วนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

### การบันทึกผลการทดลอง

#### 1. ข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ

1.1 ความสูงต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นระดับผิวดินถึงปลายยอดของต้นมะเขือเทศ

1.2 จำนวนข้อ นับจากข้อแรกจนถึงข้อสุดท้ายที่ปลายยอดของต้นมะเขือเทศ

1.3 ความยาวข้อ (เซนติเมตร) วัดจากความยาวข้อที่ 1 ของต้นมะเขือเทศ

1.4 ขนาดของทรงพุ่ม (เซนติเมตร) วัดจากด้านที่กว้างที่สุดของต้นมะเขือเทศ

1.5 จำนวนใบ นับจำนวนใบทุกใบของต้นมะเขือเทศ

โดยทำการบันทึกข้อมูลเมื่อมะเขือเทศมีอายุ 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 และ 80 วัน หลังย้ายปลูก

2. ข้อมูลด้านผลผลิตของมะเขือเทศ

2.1 จำนวนช่อดอกต่อต้น (ช่อ)

2.2 จำนวนดอกต่อช่อ (ดอก)

2.3 จำนวนผลต่อต้น (ผล)

2.4 น้ำหนักผลผลิตเฉลี่ยต่อต้น (กรัม)

3. ข้อมูลของผลผลิตที่แสดงอาการขาดแคลเซียม (เปอร์เซ็นต์)

4. ปริมาณแคลเซียมในใบของมะเขือเทศ (เปอร์เซ็นต์)

**ระยะเวลาทำการทดลอง**

เริ่มทำการทดลอง

ธันวาคม 2548

สิ้นสุดการทดลอง

พฤษภาคม 2549

**สถานที่ทำการทดลอง**

1. โรงเรือนไฮโดรโพนิคส์ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

2. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงแม่สาใหม่ หมู่ที่ 6 ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่

3. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงทุ่งเรา (บวกจั่น) หมู่ที่ 7 ตำบลโป่งแยง อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่