บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ต่อการเจริญเติบโตของฟรีเซีย

1.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

1.1.1 วัสดุพันธุ์พืช

หัวพันธุ์ฟรีเซียพันธุ์โอเบอรอน (oberon) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัว 2-3 เซนติเมตร (เกรด D) (ภาพที่ 3) ยาว 3-4 เซนติเมตร จำนวน 252 หัว

ภาพที่ 3 หัวพันธุ์ฟรีเซียพันธุ์ Oberon

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.1.2 วัสดุปลูก

วัสดุปลูกได้แก่ ทราย ผสมขุยมะพร้าว และถ่านแกลบ ในอัตราส่วน 1: 1: 1

1.1.3 วัสดุเคมี

1.1.3.1 สารเคมีสำหรับการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร มีดังนี้

ธาตุอาหารหลัก ได้แก่

แอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3)

แคลเซียมไนเตรท[$(CaNO_3)_2.4H_2O$]

แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($NH_4H_2PO_4$)

โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3)

โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)

แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl.2H_2O$)

ธาตุอาหารรอง ได้แก่

กรดบอริค (H_3BO_3)

แมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4.4H2O$)

ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)

คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)

แอมโมเนียมโมลิบเดท ($(NH_4)_6Mo_7H_2O$)

เหล็กคีเลต (FeEDTA)

1.1.3.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน มีดังนี้

โซเดียมอีดีทีเอ (EDTA.2Na)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

เอทานอล (C_2H_5OH)

เมธิล เรด ($C_{15}H_{15}N_3O_2$)

โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

กรดเบนโซอิค (C_6H_5COOH)

โซเดียมไนโตรพลัสไซด์ $Na_2[Fe(CN)_5NO].2H_2O$

ฟีนอล (C_6H_5OH)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไดโซดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4)

ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4)

โซเดียมไฮโปคลอไรด์ (NaClO)

แอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$)

1.1.3.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส มีดังนี้

แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}$)

กรดไฮโดรคลอริค (HCl)

สแตนนัสคลอไรด์ ($SnCl_2$)

1.1.4 อุปกรณ์

1.1.4.1 กระถางขนาด 6 นิ้ว

1.1.4.2 กระบะปลูกขนาด 1×1 เมตร จำนวน 6 กระบะ

1.1.4.3 เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC meter)

1.1.4.4 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

1.1.4.5 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.1.4.6 ถุงเก็บตัวอย่างพืช

1.1.4.7 ตู้อบ

1.1.4.8 เครื่องบดตัวอย่างพืชของบริษัท BECTHAI รุ่น MF-10

1.1.4.9 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

1.1.4.10 เตาย่อยตัวอย่างพืชของบริษัท TECHNE รุ่น DB-4

1.1.4.11 เครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลองทางเคมี เช่น บิกเกอร์ หลอดทดลอง ปิเปต ขวดปรับปริมาตร แท่งแก้วคน กรวย กระบอกตวง เป็นต้น

1.1.4.12 Atomic absorption spectrophotometer ของบริษัท PERKIN ELMER รุ่น 3100

1.1.4.13 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของบริษัท HITACHI รุ่น U-2001

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 วิธีการทดลอง

ปลูกฟรีเซียลงในกระถางขนาด 6 นิ้ว โดยใช้ทรายผสมขุยมะพร้าวและถ่านแกลบในอัตราส่วน 1:1:1 เป็นวัสดุปลูก เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2546 ณ. แปลงทดลองไม้ดอกมูลนิธิโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ นำมาวางเรียงในกระบะปลูก (ภาพที่ 4) เมื่อต้นเริ่มงอกจึงเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารที่ประกอบด้วยไนโตรเจน 2 ระดับคือ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 2 ระดับคือ 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร และโพแทสเซียม 3 ระดับคือ 100, 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามกรรมวิธีดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ระดับสารละลายธาตุอาหารในแต่ละกรรมวิธี

กรรมวิธีที่	ธาตุอาหารหลัก (มิลลิกรัมต่อลิตร)		
	ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
1	100	50	100
2			200
3			300
4		100	100
5			200
6			300
7	200	50	100
8			200
9			300
10		100	100
11			200
12			300

วางแผนการทดลองแบบปัจจัยร่วมแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) จำนวน 3 ปัจจัย จำนวน 2 ×2 ×3 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารต้นละ 50 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ สลับกับการให้น้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพที่ 4 สภาพแปลงปลูกฟรีเซีย

1.3 บันทึกผลการทดลอง

1.3.1 วัดการเจริญเติบโต บันทึกผลดังนี้

1.3.1.1 ความสูงของต้น (เซนติเมตร) วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุดโดยรวบใบขึ้นทุก 4 สัปดาห์

1.3.1.2 จำนวนใบต่อต้น ทุก 4 สัปดาห์

1.3.1.3 จำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงแทงช่อดอก (วัน)

1.3.1.4 จำนวนวันตั้งแต่ปลูกถึงดอกแรกบาน (วัน)

1.3.1.5 จำนวนดอกย่อยต่อช่อ

1.3.1.6 ความยาวก้านช่อดอก (เซนติเมตร)

1.3.1.7 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดอก (เซนติเมตร)

1.3.1.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัว (เซนติเมตร)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

การเตรียมตัวอย่างพืชสำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหาร

สุ่มพืชในช่วงการเจริญเติบโตต่างกัน 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนปลูก ระยะออกดอก และระยะพักตัวจำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี นำตัวอย่างที่สุ่มได้มาแยกเป็นส่วนของ ใบ ดอก หัว และราก ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 2 ครั้ง ตามด้วยการล้างน้ำกลั่นอีก 3 ครั้ง ซับน้ำให้แห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักสด บันทึกข้อมูลไว้ แล้วนำตัวอย่างไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน จนกระทั่งน้ำหนักแห้งไม่เปลี่ยนแปลงจึงบันทึกน้ำหนักแห้ง จากนั้นนำพืชไปบดเป็นผงละเอียด เพื่อนำไปย่อยและวิเคราะห์ธาตุอาหารต่อไป โดยปฏิบัติการ ณ.ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

การย่อยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ดัดแปลงโดย (Ohyama *et al*., 1985; 1986)

ชั่งตัวอย่างพืชอบแห้งบดละเอียด 0.05 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร เทลงในหลอดที่ใส่ตัวอย่างไว้ ปิดหลอดด้วยพาราฟิล์ม ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาย่อยที่เตาย่อยตัวอย่างพืช ปรับอุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม H_2O_2 หลอดละ 0.3 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากัน นำมาย่อยต่อโดยปรับอุณหภูมิเป็น 230 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที หากสารละลายยังไม่ใสให้เติม H_2O_2 หลอดละ 0.2 มิลลิลิตร ทุก ๆ 30 นาที ทำซ้ำเดิมจนกระทั่งสารละลายใส หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารละลายที่ได้ไว้ในขวดพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง สำหรับวิเคราะห์ต่อไป

1.3.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (Indolphenol Method) (Ohyama *et al*., 1985; 1986)

เตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน จำนวน 4 ชนิด ดังนี้

A reagent: ชั่ง EDTA.2Na 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับ pH ให้เป็น 10 จากนั้นเติมสารละลายเมธิล เรด 20 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

B reagent: ชั่ง KH_2PO_4 136.09 กรัม และกรดเบนโซอิก 2.75 กรัมละลายในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

C reagent: ชั่งโซเดียมไนโตรพลัสไซด์ 100 มิลลิกรัม ละลายในน้ำกลั่น จากนั้นเติมฟีนอล 10.25 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในตู้เย็น สารละลายนี้มีอายุการใช้งาน 2 สัปดาห์

D reagent: ชั่ง NaOH 10 กรัม $Na_2HPO_4.7H_2O$ 7.06 กรัม และ $Na_3PO_4.12H_2O$ 31.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่น จากนั้นเติมโซเดียมไฮโปคลอไรด์ 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

2. เตรียม NaOH เข้มข้น 1 N เพื่อปรับความเป็นด่าง

3. เตรียม สารละลายมาตรฐานจาก $(NH_4)_2SO_2$ ที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

4. ดูดตัวอย่างที่ย่อยได้ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร เติม A reagent 0.5 มิลลิลิตร และเติม B reagent 0.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำมาไตรเตรท โดยหยด 1 N NaOH ลงไปเขย่าเล็กน้อยให้เปลี่ยนสี จากนั้นเติม C reagent 2.5 มิลลิลิตร และ D reagent 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectophotometer ที่ 625 นาโนเมตร บันทึกผล แล้วนำค่าที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานตามกฎของ Beer's- Lambert's Law จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยใช้สูตรคำนวณ

$$\text{ปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างพืช (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{A \times B \times C}{1000 \times DW}$$

A (ppm) = ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายตัวอย่างพืชจากกราฟมาตรฐาน (ppm)

B = อัตราส่วนการเจือจางสารตัวอย่างในปฏิกิริยา Indolphenol

$$= \frac{\text{ปริมาตรสุดท้ายในการวิเคราะห์ (25 มิลลิลิตร)}}{\text{ปริมาตรสารตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์}}$$

C = ปริมาตรสุดท้ายของการย่อยตัวอย่างพืช

DW = น้ำหนักแห้งตัวอย่างที่ใช้ย่อย (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสโดยการวัดการดูดกลืนแสงของสารที่มีสี (colorimetry) (Ohyama *et al*., 1991) ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอสเฟต และอนุมูลโมลิบเดต ดังนี้

เตรียมสารละลายสำหรับการวิเคราะห์

1. เตรียมสารละลายที่ใช้ตรวจสอบปริมาณฟอสฟอรัส จำนวน 3 ชนิด ดังนี้

A reagent: ชั่ง $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$ 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร จากนั้นนำมากรองโดยใช้ ระบบสุญญากาศช่วย

B reagent: เตรียมกรดซัลฟิวริก 250 ml ผสมกับน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร

C reagent: นำ A reagent มาผสม B reagent โดยเท B reagent ลงในบิกเกอร์ขนาด 1 มิลลิลิตรค่อย ๆ เท A reagent ทีละน้อย ช้า ๆ ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาปรับปริมาตรให้เป็น 1 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาตั้งไว้ในที่มืด

2. เตรียมสารละลายสแตนนัสคลอไรด์ โดยชั่ง $(SnCl_2.2H_2O)$ 0.25 กรัม เทลงในขวดสีชา (ควรเตรียมในตู้ควัน) โดยเติม HCl 5 มิลลิลิตร ละลายให้หมด จากนั้นเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร

3. เตรียมสารละลายมาตรฐานของฟอสฟอรัสจาก KH_2PO_4 ปรับให้มีความเข้มข้นตามลำดับคือ 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

4. ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตรเติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อย เติม C reagent ขวดละ 1 มิลลิลิตร และเติมสแตนนัสคลอไรด์ 0.2 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ 660 นาโนเมตร นำค่าที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส จากนั้นนำค่าที่คำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัส (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการหาปริมาณไนโตรเจน

การย่อยตัวอย่างสำหรับวิเคราะห์โพแทสเซียม (Mizukoshi *et al*., 1994)

ชั่งตัวอย่างพืชอบแห้งบดละเอียด 0.05 กรัม เติม $HClO_4$ 0.4 มิลลิลิตร และ HNO_3 0.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปั่นให้เข้ากัน ปิดหลอดด้วยพาราฟิล์ม ทิ้งไว้ 1 คืน จากนั้นนำมาย่อยที่ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ควันสีเหลืองของ NO_2^- ออกจนหมด จึงปรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เพิ่มอุณหภูมิเป็น 210 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้จนตัวอย่างแห้งระวังอย่าให้ไหม้ นำออกมาทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมสารละลายเจือจางของไฮโดรคลอริก (HCl 1 : H_2O 4 มิลลิลิตร) หลอดละ 1 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากัน จากนั้นนำมาตั้งบนเตาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อไล่ Cl^- ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร เทใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องสำหรับวิเคราะห์ต่อไป

1.3.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียม

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของโพแทสเซียม ปรับให้มีความเข้มข้น 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

2. เจือจางสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย โดยใช้สารตัวอย่างปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร

3. นำสารละลายดังกล่าวไปวัดปริมาณโพแทสเซียม ด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร บันทึกผล และนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาปริมาณโพแทสเซียม (มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) โดยใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการหาปริมาณไนโตรเจน

การทดลองที่ 2 การขาดธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในฟรีเซีย

2.1 การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์การทดลอง

2.1.1 วัสดุพันธุ์พืช

หัวพันธุ์ฟรีเซีย พันธุ์โอเบอรอน (oberon) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหัว 0.3-0.4 เซนติเมตร (เกรด D) ยาว 0.2-0.3 เซนติเมตร จำนวน 100 หัว

2.1.2 วัสดุปลูก

วัสดุปลูกได้แก่ ทราย ผสมขุยมะพร้าวและถ่านแกลบในอัตราส่วน 1: 1: 1

2.1.3 วัสดุเคมี

สารเคมีสำหรับการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร โดยใช้ปริมาณเจือจางตามสูตรสารละลายธาตุอาหารของ Hoagland and Arnon ในปี 1950 (อ้างโดย Jones, 1997) ดังแสดงในตารางที่ 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4 องค์ประกอบของสารละลายธาตุอาหาร

สารละลายเข้มข้น (กรัมต่อลิตร)		ปริมาณเจือจาง (มิลลิลิตรต่อลิตร)			
		ชุดควบคุม	ขาดไนโตรเจน	ขาดฟอสฟอรัส	ขาดโพแทสเซียม
<u>ธาตุอาหารหลัก</u>					
236	แคลเซียมไนเตรท [$(CaNO_3)_2.4H_2O$]	5	-	4	5
101	โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3)	5	-	6	-
136	โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)	1	-	-	-
246	แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)	2	2	2	2
18.4	เหล็กโซเดียมอีดีทีเอ (FeNaEDTA)	1	1	1	1
87	โพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4)	-	5	-	-
1.72	แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4.2H_2O$)	-	200	-	-
12.6	แคลเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต [$Ca(H_2PO_4)_2.2H_2O$]	10	10	-	-
<u>ธาตุอาหารรอง</u>*		1	1	1	1
2.86	กรดบอริก (H_3BO_3)				
1.18	แมงกานีสคลอไรด์ ($MnCl_2.4H_2O$)				
0.22	ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)				
0.08	คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)				
0.02	โมลิปดิค แอซิด ($H_2MoO_4.H_2O$) (85% โมลิปดิค แอซิด)				

* ปริมาณธาตุอาหารรองทั้งหมดต่อน้ำ 1 ลิตร

2.1.4 อุปกรณ์

2.1.4.1 กระถางขนาด 6 นิ้ว

2.1.4.2 กระบะปลูกขนาด 1×1 เมตร จำนวน 6 กระบะ

2.1.4.3 เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC meter)

2.1.4.4 เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)

2.1.4.5 เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2.1.4.6 ถุงเก็บตัวอย่างพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 วิธีการทดลอง

ปลูกฟรีเซียลงในกระถางขนาด 6 นิ้ว โดยใช้ทรายผสมมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก เมื่อวันที่ 20 กันยายน 2546 ณ. แปลงทดลองไม้ดอก มูลนิธิโครงการหลวง ดอยอินทนนท์ จ.เชียงใหม่ นำมาวางเรียงในกระบะปลูก เมื่อต้นเริ่มงอกจึงเริ่มให้สารละลายธาตุอาหารตาม กรรมวิธีต่างกันดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ให้สารละลายธาตุอาหารที่ประกอบด้วย ธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง ตามตารางที่ 2 (กรรมวิธีควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2ให้สารละลายธาตุอาหารที่ขาดไนโตรเจน (-N) ส่วนธาตุอาหารอื่นได้รับเช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ 1

กรรมวิธีที่ 3 ให้สารละลายธาตุอาหารที่ขาดฟอสฟอรัส (-P) ส่วนธาตุอาหารอื่นได้รับเช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ 1

กรรมวิธีที่ 4 ให้รับสารละลายธาตุอาหารที่ขาดโพแทสเซียม (-K) ส่วนธาตุอาหารอื่นได้รับเช่นเดียวกับกรรมวิธีที่ 1

กรรมวิธีที่ 5 ให้พืชได้รับเฉพาะน้ำกลั่นหรือน้ำกรองด้วยระบบ Reverse Osmosis ตลอดการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ โดยให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารต้นละ 50 มิลลิลิตร จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ สลับกับการให้น้ำ

2.3 การบันทึกผลการทดลอง

2.3.1 วัดการเจริญเติบโต โดยสุ่มพืชจำนวน 2 ต้นต่อซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำต่อกรรมวิธี บันทึกการเจริญเติบโตเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2.3.2 บันทึกอาการผิดปกติเมื่อเกิดการขาดธาตุอาหาร

2.3.3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ใช้วิธีเดียวกับการทดลองที่ 1 ณ.ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved