บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของว่านสี่ทิศ

1.1 วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

1.1.1 วัสดุพันธุ์พืช

หัวว่านสี่ทิศ พันธุ์ดอยคำ 23 เส้นผ่าศูนย์กลางหัว 2.0-3.0 เซนติเมตร จำนวน 160 หัว

ต้นกล้าว่านสี่ทิศ พันธุ์ดอยคำ 23 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จำนวน 48 ต้น

1.1.2 วัสดุปลูกได้แก่ ทรายผสมเพอร์ไลท์ อัตราส่วน 2:1

1.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหาร

1. เครื่องวัดค่าความนำไฟฟ้า (EC meter)
2. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
3. เครื่องชั่งละเอียดแบบทศนิยม 4 ตำแหน่ง
4. ตู้อบ
5. ถุงเก็บตัวอย่างพืช
6. ถุงพลาสติกสีขาว ขนาด 4 x 8 นิ้ว
7. ไม้บรรทัด
8. เครื่องบดตัวอย่างพืช
9. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) ของบริษัท HITACHI รุ่น U-2001
10. Atomic absorption spectrophotometer ของบริษัท PERKIN ELMER รุ่น 3100
11. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH meter)
12. เตาย่อยพืช ของบริษัท TECHNE รุ่น DB-4
13. วัสดุเครื่องแก้ว ได้แก่ บิกเกอร์ ปิเปต หลอดทดลอง ขวดปรับปริมาตร แท่งแก้วคนกรวย กระบอกตวง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 สารเคมีสำหรับเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ได้แก่

1.2.1 ธาตุอาหารหลัก

1. แอมโมเนียมไนเตรท (NH_4NO_3)
2. โพแทสเซียมไนเตรท (KNO_3)
3. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
4. แคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$)
5. แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4.7H_2O$)

1.2.2 ธาตุอาหารรอง

1. บอริคแอซิด (H_3BO_3)
2. แมงกานีสซัลเฟต ($MnSO_4.4H_2O$)
3. ซิงค์ซัลเฟต ($ZnSO_4.7H_2O$)
4. คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4.5H_2O$)
5. แอมโมเนียมโมลิบเดท $[(NH_4)_6Mo_7O_{24}]$
6. เหล็กคีเลต (FeEDTA)

1.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่

1.3.1 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจน

1. กรดซัลฟูริค (H_2SO_4)
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
3. โซเดียมคีเลต (EDTA.2Na)
4. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
5. เอทธานอล (C_2H_5OH)
6. เมธิลเรด (methyl red)
7. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
8. กรดเบนโซอิค (benzoic acid)
9. โซเดียมไนโตรพรัสไซด์ (sodium nitroprusside)
10. ฟีนอล (phenol)
11. ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Na_2HPO_4)
12. ไตรโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4)
13. โซเดียมไฮเปอร์คลอไรท์ (NaClO)
14. แอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

1.3.2 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

1. กรดซัลฟูริค (H_2SO_4)
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)
3. กรดไฮโดรคลอริค (HCl)
4. แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6Mo_7O_{24}$)
5. สเทนัส คลอไรด์ ($SnCl_2$)
6. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)

1.3.3 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์โพแทสเซียม

1. กรดเปอร์คลอริค ($HClO_4$)
2. กรดไนตริก (HNO_3)
3. กรดไฮโดรคลอริค (HCl)
4. โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

1.3.4 สารเคมีสำหรับการวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียม

1. กรดเปอร์คลอริค ($HClO_4$)
2. กรดไนตริก (HNO_3)
3. กรดไฮโดรคลอริค (HCl)
4. แลนทานัมออกไซด์ (LaO_2)
5. แคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$)
6. แมกนีเซียมคลอไรด์ ($MgCl_2$)

1.4 วิธีการทดลอง

ปลูกหัวพันธุ์ว่านสี่ทิศพันธุ์ ดอยคำ 23 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0-3.0 เซนติเมตร จำนวน 60 หัวในถุงพลาสติกสีขาวขนาด 4 x 8 นิ้ว โดยใช้ทรายผสมเพอร์ไลท์ อัตราส่วน 2:1 เป็นวัสดุปลูก เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2546 ให้สารละลายธาตุอาหารที่ประกอบด้วยความเข้มข้นของไนโตรเจนแตกต่างกัน 3 ระดับคือ

กรรมวิธีที่ 1 ความเข้มข้นของไนโตรเจน 50 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจน 75 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจน 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนธาตุอาหารอื่นพืชได้รับเท่ากันในทุกกรรมวิธีคือ ฟอสฟอรัส 100.18 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม 199.79 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม 82.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมกนีเซียม 68.18 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยให้สารละลายธาตุอาหารสัปดาห์ละ 2 ครั้ง ครั้งละ 0.5 ลิตร ต่อต้น จนกระทั่งพืชเข้าสู่ระยะพักตัว

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 3 กรรมวิธี จำนวน 20 ซ้ำ ต่อกรรมวิธี

1.4 บันทึกผลการทดลอง

1.4.1 การเจริญเติบโตของพืช ได้แก่

1.4.1.1 ความสูงของต้น (เซนติเมตร) โดยรวบใบขึ้น วัดจากโคนต้นถึงปลายใบที่สูงที่สุด ทุก 2 สัปดาห์

1.4.1.2 จำนวนใบ ทำการบันทึกผลการทดลองทุก 2 สัปดาห์

1.4.1.3 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางหัวเมื่อพักตัว

1.4.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

สุ่มเก็บตัวอย่างพืชจากการทดลองที่ 1 ซึ่งได้รับสารละลายธาตุอาหารต่างกัน โดยสุ่มพืชในช่วงการเจริญเติบโตต่างกัน 3 ระยะ ได้แก่ ระยะก่อนปลูก ระยะหลังจากปลูก 5 เดือน และระยะพักตัว จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี นำตัวอย่างที่สุ่มได้มาแยกเป็นส่วนเหนือดิน และส่วนใต้ดิน ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา 2 ครั้ง น้ำกลั่น 3 ครั้ง ซับให้แห้งจากนั้นชั่งน้ำหนักสด บันทึกข้อมูลไว้ แล้วนำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน จนกระทั่งน้ำหนักแห้งไม่เปลี่ยนแปลงจึงบันทึกน้ำหนักแห้ง นำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช

1.4.2.1 การย่อยตัวอย่างพืช

1.4.2.1.1 สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ดัดแปลงโดย Ohyama *et al*. (1986)

ชั่งตัวอย่างพืชอบแห้งบดละเอียดเฉลี่ย 0.05 กรัม ใส่ลงในหลอดทดลองขนาด 25 x 200 มิลลิเมตร เติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดที่ใส่ตัวอย่าง ปิดหลอดด้วยพาราฟิล์มแล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาย่อยที่เตาย่อยตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 180องศาเซลเซียส นาน 10 นาที จากนั้นนำหลอดออกวางทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.3 มิลลิลิตร ปั่นให้เข้ากันแล้วนำไปตั้งที่เตาย่อยที่อุณหภูมิ 230 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที สังเกตสี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ของสารละลายหากสารละลายยังไม่ใสให้เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 0.2 มิลลิลิตร แล้วนำไปย่อยต่อ ทำซ้ำจนกระทั่งสารละลายใสจึงหยุด หลังจากนั้นนำสารละลายใสที่ได้ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วยขวดปรับปริมาตร แล้วจึงเทใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในขั้นตอนต่อไป

1.4.2.1.2 สำหรับการวิเคราะห์ โพแทสเซียม และ แคลเซียม ย่อยตัวอย่างพืชโดยวิธี HNO_3-$HClO_4$ wet digestion (Mizukoshi *et al*., 1994)

ชั่งตัวอย่างพืชอบแห้งบดละเอียดเฉลี่ย 0.05 กรัม ในหลอดทดลองขนาด 25 x 200 มิลลิเมตร แล้วเติมกรดเปอร์คลอริค 0.4 มิลลิลิตร และกรดไนตริก 0.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปั่นให้เข้ากัน ปิดหลอดด้วยพาราฟิล์ม ทิ้งไว้ 1 คืน นำไปย่อยที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อไล่ควันสีเหลืองของ NO_2^-ออกจนกระทั่งหมดควันจึงค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิมาที่ 210 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้จนตัวอย่างแห้งระวังอย่าให้ไหม้ เมื่อตัวอย่างแห้งแล้วปิดไฟตั้งทิ้งไว้ในตู้ดูดควันจนกระทั่งเย็น แล้วจึงเติมกรดไฮโดรคลอริคเจือจาง (ประกอบด้วย กรดไฮโดรคลอริค ผสมน้ำอัตรา 1:4 มิลลิลิตร) หลอดละ 1 มิลลิลิตร นำมาตั้งไฟที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที เพื่อไล่ Cl^- ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำมาปรับปริมาตรให้เป็น 50 มิลลิลิตร ด้วย ขวดปรับปริมาตร จากนั้นจึงเทใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียม ต่อไป

1.4.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร (Ohyama *et al*. 1985 ; 1986)

1.4.2.2.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจน (Indolphenol Method)

1. เตรียม สารละลายเคมีที่ใช้ตรวจสอบปริมาณไนโตรเจน 4 ชนิดคือ

A reagent : ชั่งโซเดียมคีเลต 25 กรัม ใส่บีกเกอร์ละลายในน้ำกลั่น 800 มิลลิลิตร ปรับ pH ให้เป็น 10 โดยใช้ 10 N โซเดียมไฮดรอกไซด์เป็นตัวปรับ pH จากนั้นเติมสารละลายเมธิลเรด 20 มิลลิลิตร (เมธิลเรด 0.05 กรัม + 60% เอทธานอล 20 มิลลิลิตร) คนให้เข้ากัน ปรับปริมาตรด้วนน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร

B reagent : ชั่งโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 136.09 กรัม ใส่บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งกรดเบนโซอิก 2.75 กรัม ใส่บีกเกอร์ 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันจนละลายหมด จึงนำมารวมกันแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

C reagent : ชั่งโซเดียมไนโตรพรัสไซด์ 100 มิลลิกรัม เติมฟีนอล 10.25 มิลลิลิตร (นำฟีนอลไปอุ่นที่อุณหภูมิ 30-40 องศาเซลเซียส จะได้ฟีนอลที่เป็นของเหลว) แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ใช้ได้นาน 2 สัปดาห์

D reagent : ชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 กรัม ไดโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต 7.06 กรัม ไตรโซเดียมฟอสเฟต 31.8 กรัม ละลายในน้ำกลั่นจากนั้นเติมโซเดียมไฮเปอร์คลอไรด์ 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร

2. เตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N เพื่อปรับความเป็นกรดเป็นด่าง

3. เตรียมสารละลายมาตรฐาน โดยชั่งแอมโมเนียมซัลเฟต 0.474 กรัม ปรับปริมาตร โดยกรดซัลฟูริค 0.5 N เป็น 1 ลิตร ปรับระดับความเข้มข้นดังนี้ 0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

4. วิธีวิเคราะห์ ดูดตัวอย่างที่ได้จากการย่อยในข้อ 1.4.2.1.1 0.5 มิลลิลิตร เติม A reagent 0.5 มิลลิลิตร แล้วเติม B reagent 0.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ นำมาไตเตรท โดยหยดโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 N ลงไป เขย่าเล็กน้อยให้สีเปลี่ยน จากนั้นเติม C reagent 2.5 มิลลิลิตร และ D reagent 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่ 30 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 625 นาโนเมตร บันทึกผล แล้วนำค่าที่อ่านได้มาเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของไนโตรเจนที่ทำไว้ จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (%)โดยใช้สูตรคำนวณดังนี้

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

สาร A มิลลิกรัมต่อลิตร = ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในสารละลายตัวอย่างพืชจากกราฟมาตรฐาน (ส่วนต่อล้าน)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

B = อัตราส่วนการเจือจางสารตัวอย่างในปฏิกิริยา Indolphenol

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

C = ปริมาตรสุดท้ายของการย่อยตัวอย่างพืชในข้อ1.4.2.1.1

DW = น้ำหนักตัวอย่างอบแห้งที่ใช้สกัด (กรัม)

1.4.2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสโดยวัดการดูดกลืนแสงของสารที่มีสี (colorimetry) ตามกรรมวิธีของ Ohyama *et al.* (1991) ซึ่งได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอสเฟตและอนุมูลโมลิบเดตดังนี้

1. เตรียม สารละลายสำหรับการวิเคราะห์

A reagent :ชั่งแอมโมเนียมโมลิบเดต 25 กรัม ผสมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร ละลายให้เข้ากันจากนั้นนำมากรอง

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

C reagent : นำ A reagent มาผสม B reagent โดยเท B reagent ลงในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ค่อย ๆ เท A reagent ทีละน้อย ช้า ๆ ทิ้งไว้ 1 คืน วันต่อมานำมาปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาตั้งไว้ในที่มืด

2. เตรียมสเทนัสคลอไรด์ reagent โดยชั่งสเทนัสคลอไรด์ 0.25 กรัม เทลงในขวดสีชา ไปทำที่ตู้ควัน โดยเติมไฮโดรคลอริค 5 มิลลิลิตร ละลายให้หมด จากนั้นเติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร

3.เตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสจากโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ปรับให้มีความเข้มข้นตามลำดับ 0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

4. ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.4.2.1.1 0.5 มิลลิลิตรลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปเล็กน้อยเติม C reagent ขวดละ 1 มิลลิลิตร และเติมสเทนัสคลอไรด์ 0.2 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 660 นาโนเมตร นำค่าที่อ่านได้มาเปรียบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

เทียบกับกราฟมาตรฐานของฟอสฟอรัส จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (%) โดยใช้สูตรคำนวณเช่นเดียวกับการหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างพืช

1.4.2.2.3 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุโพแทสเซียม

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

2. ดูดตัวอย่างจากข้อ 1.4.2.1.2 จำนวน 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร

3. นำสารละลายดังกล่าวไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร บันทึกผล จากนั้น นำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียม (%) โดยใช้สูตรคำนวณ เช่นเดียวกับการหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างพืช

1.4.2.2.4 วิเคราะห์ปริมาณธาตุแคลเซียม

1. เตรียมแลนทานัมออกไซด์ โดยชั่งมา 2.01 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 500 มิลลิลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริค 37 % 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมจาก แคลเซียมคาร์บอเนต 100 ppm จากนั้นปรับให้มีความเข้มข้นตามลำดับคือ 0 0.05 0.10 0.15 0.20 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน

3. ดูดตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร จากนั้น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 25 มิลลิลิตร

4. นำสารละลายดังกล่าวไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 442.7 นาโนเมตร บันทึกผล จากนั้นนำค่าที่คำนวณได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัส (%) เช่นเดียวกับการหาปริมาณไนโตรเจนในตัวอย่างพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 ผลของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าว่านสี่ทิศ

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1 วัสดุพันธุ์พืช ได้แก่ ต้นกล้าของว่านสี่ทิศ พันธุ์ดอยคำ 23 ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

2.1.2 วัสดุปลูก คือ กรวด

2.1.3 ระบบถาดปลูกดัดแปลง

2.1.4 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2.2 สารเคมีในการทดลอง

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

2.3 วิธีการทดลอง

ปลูกต้นอ่อนของว่านสี่ทิศ ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเมื่อวันที่ 30 ตุลาคม 2545 ในระบบถาดปลูก (ดัดแปลง) มีการหมุนเวียนของสารละลายธาตุอาหารตั้งแต่เวลา 8.00 น. – 17.00 น. มีการหมุนเวียน 5 นาทีต่อครั้ง โดยใช้กรวดเป็นวัสดุยึดส่วนลำต้น ให้พืชได้รับสารละลายธาตุอาหารโดยมีระดับไนโตรเจนแตกต่างกัน 2 ระดับคือ 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อลิตร ฟอสฟอรัส 2 ระดับคือ 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม 3 ระดับคือ 100 200 และ 300 มิลลิกรัมต่อลิตร จำนวน 12 กรรมวิธีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 100:50:100 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 2 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 200:50:100 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 3 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 100:100:100 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 4 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 200:100:100 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 5 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 100:50:200 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 6 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 200:50:200 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 7 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 100:100:200 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 8 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 200:100:200 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 9 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 100:50:300 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 10 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 200:50:300 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 11 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 100:100:300 มิลลิกรัมต่อลิตร
กรรมวิธีที่ 12 ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม 200:100:300 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนธาตุอาหารอื่นพืชได้รับเท่ากันในทุกกรรมวิธีคือ ฟอสฟอรัส 100.18 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม 199.79 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม 82.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมกนีเซียม 68.18 มิลลิกรัมต่อลิตร วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD จำนวน 2x2x3 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี

2.4 บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง เช่นเดียวกับ การทดลองที่ 1

การทดลองที่ 3 ผลของแคลเซียมต่อการเจริญเติบโตของว่านสี่ทิศ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

1.1.1 วัสดุพันธุ์พืช ได้แก่ หัวพันธุ์ว่านสี่ทิศ พันธุ์ดอยคำ 23 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0-3.0 เซนติเมตร

1.1.2 วัสดุปลูกคือ ทรายผสมเพอร์ไลท์ อัตราส่วน 2:1

3.1.1 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ธาตุอาหารเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.2 สารเคมีในการทดลอง

เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

3.3 วิธีการทดลอง

ย้ายปลูกว่านสี่ทิศในถุงพลาสติกสีขาว ขนาด 4 x 8 นิ้ว เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2546 โดยใช้ทรายผสมเพอร์ไลท์ ในอัตราส่วน 2:1 เป็นวัสดุปลูก

ให้สารละลายธาตุอาหารที่ประกอบด้วยระดับความเข้มข้นของแคลเซียมแตกต่างกันดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ระดับความเข้มข้นแคลเซียม 0 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 2 ระดับความเข้มข้นแคลเซียม 50 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 3 ระดับความเข้มข้นแคลเซียม 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 4 ระดับความเข้มข้นแคลเซียม 150 มิลลิกรัมต่อลิตร

กรรมวิธีที่ 5 ระดับความเข้มข้นแคลเซียม 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ส่วนธาตุอาหารอื่นพืชได้รับเท่ากันในทุกกรรมวิธีคือ ฟอสฟอรัส 100.18 มิลลิกรัมต่อลิตร โพแทสเซียม 199.79 มิลลิกรัมต่อลิตร แคลเซียม 82.55 มิลลิกรัมต่อลิตร และแมกนีเซียม 68.18 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยให้สารละลายแก่พืชทุก 2 วัน ปริมาณ 500 มิลลิลิตรต่อต้นตลอดการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี

3.4 บันทึกผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลอง เช่นเดียวกับ การทดลองที่ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved