บทที่ 3
วิธีการทดลอง

การเตรียมพืชตัวอย่าง

พืชทดลองที่ใช้ คือ ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู (*Curcuma alismatifolia* Gagnep. cv. Chiang Mai Pink) โดยหัวพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองนั้นได้มาจากสวนอุบลรัตน์เนิสเซอรี อ. ดอยสะเก็ด จ. เชียงใหม่ ซึ่งเก็บเกี่ยวหัวพันธุ์ปทุมมาหลังจากต้นยุบแล้ว (ประมาณปลายเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม) นำหัวพันธุ์ที่ได้มาคัดเลือกหัวพันธุ์ที่มีตุ้มราก 4 ตุ้ม และไม่มีบาดแผลหรือตำหนิ เพื่อใช้ในการทดลอง

สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ และแปลงปลูกพืช ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู และการทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการกระตุ้นการงอกของหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพูหลังการเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 1 ศึกษาวิธีการเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

นำหัวพันธุ์ที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนักเริ่มต้นแล้วนำไปเก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ 4 กรรมวิธี โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD)

กรรมวิธีที่ 1 เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (26.4°ซ) (ชุดควบคุม) (A)

กรรมวิธีที่ 2 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ โดยไม่ใช้บรรจุภัณฑ์ (สุรวิช, 2539) (B)

กรรมวิธีที่ 3 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ บรรจุในถุง polyvinylidene chloride (PVDC) แบบไม่ปิดผนึก (C)

กรรมวิธีที่ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15°ซ บรรจุในถุง polyvinylidene chloride (PVDC) ปิดผนึกแบบสุญญากาศ (D)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นำหัวพันธุ์ปทุมมาในแต่ละกรรมวิธีไปทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ในระหว่างการเก็บรักษา นำหัวพันธุ์ของแต่ละกรรมวิธีมาตรวจวัดผล ดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนักของหัวพันธุ์

ชั่งน้ำหนักหัวพันธุ์เริ่มต้น จากนั้นชั่งน้ำหนักทุกเดือน นำค่าที่ได้มาคำนวณหาการสูญเสียน้ำหนัก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนัก ณ วันที่ตรวจวัด}}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \times 100$$

2. การเน่าเสียของหัวพันธุ์

นับจำนวนหัวพันธุ์ปทุมมาที่เกิดการเน่าหรือพบเส้นใยของเชื้อราเกิดขึ้นกับหัวพันธุ์หลังจากทำการเก็บรักษาตามกรรมวิธีต่างๆ โดยนำค่าที่ได้มาคำนวณหาการเน่าเสีย

$$\text{เปอร์เซ็นต์การเน่าเสีย} = \frac{\text{จำนวนหัวพันธุ์ที่เน่าทั้งหมด}}{\text{จำนวนหัวพันธุ์ทั้งหมด}} \times 100$$

3. การงอกของหัวพันธุ์

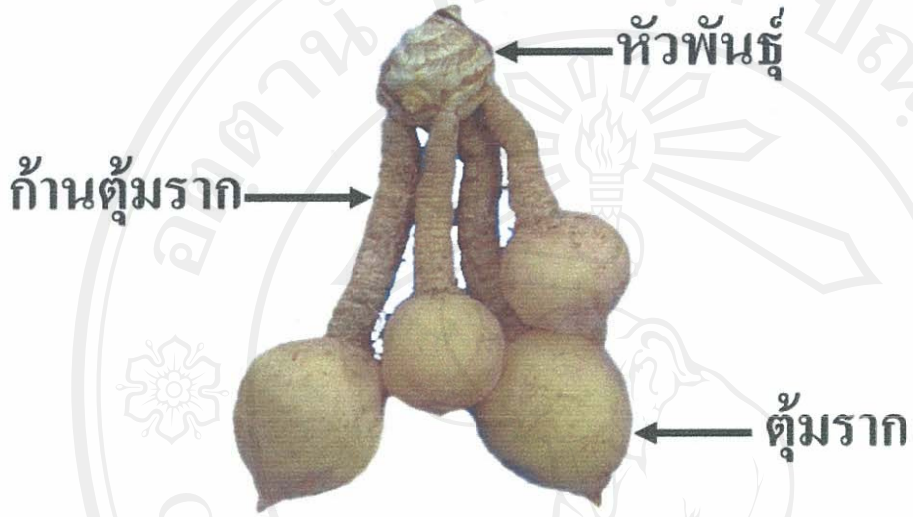
หลังจากทำการเก็บรักษาแล้วนับหัวพันธุ์ปทุมมาที่สามารถงอกได้หลังจากปลูก นำค่าที่ได้มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนหัวพันธุ์ที่งอกทั้งหมด}}{\text{จำนวนหัวพันธุ์ทั้งหมด}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) ตามวิธีการของ Nelson (Hodge and Hofreiter, 1962) ดังนี้

4.1 ทำการตัดแยกส่วนหัวพันธุ์ปทุมมาออกเป็น 3 ส่วน คือ หัวพันธุ์ ตุ้มราก และก้านตุ้มราก



ภาพ 7 ส่วนต่างๆ ของหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู

4.2 อบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ 60°ซ จนแห้งสนิท บดให้ละเอียด แล้วชั่งตัวอย่างพืชมา 0.05 กรัมลงในหลอดทดลอง เติม ethanol 80 เปอร์เซ็นต์ 20 มิลลิลิตร ปิดด้วยกระดาษฟอยด์หรือลูกแก้ว จากนั้นนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 60°ซ เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและทำการเขย่าหลอดทดลองทุกๆ 30 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์ จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

4.3 นำสารละลายที่ได้จากข้อ 1 มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง และทำ blank ควบคู่ไปด้วย โดยการเติมน้ำกลั่นแทนสารละลายตัวอย่าง จากนั้นเติม Nelson's alkaline copper reagent ลงไปในหลอดทดลอง 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันและทำการปิดปากหลอดด้วยลูกแก้ว นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 15 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น

4.4 เติมสารละลาย arsenomolybdic acid reagent 1 มิลลิลิตร เขย่าให้ตะกอนของ Cu_2O ที่เกิดขึ้นละลายให้หมด แล้วเติมน้ำกลั่น 7 มิลลิลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 นำสารละลายที่ได้ไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) จากเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร โดยปรับค่าการดูดกลืนแสงของ blank ให้อ่านค่าได้เท่ากับศูนย์ก่อน พร้อมทั้งค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย D-glucose ที่ทราบค่าความเข้มข้นที่แน่นอน ซึ่งผ่านกระบวนการทางเคมีวิธีเดียวกับตัวอย่าง เพื่อใช้เป็นตัวเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของปริมาณ glucose equivalent จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณในสมการดังนี้

Concentration = (ค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ × 0.01617)

หมายเหตุ : สมการที่ได้มาจากการคำนวณค่าความสัมพันธ์ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9862 (ภาพภาคผนวก 20)

5. การเปลี่ยนแปลงปริมาณแป้ง โดยวิธี tritimetric (AOAC, 1984) ดังนี้

5.1 นำตัวอย่างที่อบแห้งและบดละเอียดแล้วมา 0.1 กรัม สำหรับส่วนหัวพันธุ์และก้านตุ้มราก ส่วนตุ้มรากนั้นชั่งมา 0.05 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง

5.2 เติมทรายละเอียดประมาณ 200 มิลลิกรัม และน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น (vortex) นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิ 100°ซ นาน 15 นาที เพื่อให้แป้งอยู่ในรูป gelatin แช่หลอดในน้ำ เพื่อให้เย็นเท่ากับอุณหภูมิห้อง

5.3 เติม $HClO_4$ 60 เปอร์เซ็นต์ 5 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งเขย่าหลอดทำการปั่นด้วยเครื่องปั่นประมาณ 1 นาที ทำการปั่นซ้ำเป็นช่วงๆ จนครบ 30 นาที

5.4 รีบเทสารละลายที่ได้ลงใน volumetric flask 100 มิลลิลิตร ซึ่งมีน้ำกลั่นอยู่เล็กน้อย ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

5.5 ดูดสารละลายมากกว่า 10 มิลลิลิตร ใส่หลอด centrifuge

5.6 นำไปหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4°ซ เป็นเวลา 15 นาที

5.7 ดูดสารละลายใส 10 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง และเติม cilite ประมาณ 100 มิลลิกรัม

5.8 เติมสารละลาย NaCl 20 เปอร์เซ็นต์ 5 มิลลิลิตร และสารละลาย I-KI 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.9 ในวันต่อมา นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่ 4°ซ เป็นเวลา 15 นาที แล้วค่อยๆ รินสารละลายใสทิ้งไป ที่เหลือ คือ ตะกอนของ starch-iodine complex และ cilite

5.10 ล้างตะกอนด้วยน้ำยา alc. NaCl 5 มิลลิลิตร เขย่าให้ตะกอนแขวนลอย นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่ 4°ซ เป็นเวลา 15 นาที แล้วค่อยๆ รินสารละลายใสทิ้งไป

5.11 เติมน้ำยา alc. NaOH เพื่อให้ตะกอนอัดตัวกันแน่น เขย่าหลอดเบาๆ จนตะกอนไม่เป็นสีน้ำเงิน ทิ้งไว้ระยะหนึ่งเพื่อให้เกิดการแยกตัวอย่างสมบูรณ์ จากนั้นล้างหลอดด้านในด้วยน้ำยา alc. NaCl 5 มิลลิลิตร นำไปหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่ 4°ซ เป็นเวลา 15 นาที แล้วค่อยๆ รินสารละลายใสทิ้งไป

5.12 ล้างตะกอนด้วยน้ำยา alc. NaCl 5 มิลลิลิตร ซ้ำอีกครั้ง เขย่าให้ตะกอนแขวนลอย แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 10,000 รอบต่อนาที ที่ 4°ซ เป็นเวลา 15 นาที แล้วค่อยๆ รินสารละลายใสทิ้งไป

5.13 ถ่ายตะกอนทั้งหมดลงในหลอดทดลองแล้วเติมสารละลาย HCl 0.7 N 2 มิลลิลิตร ปิดปากหลอดด้วยลูกแก้ว นำไปต้มใน water bath ที่ 100°ซ เป็นเวลา 2.5 ชั่วโมง

5.14 จากนั้นนำไปแช่ในน้ำให้เย็น แล้วเทสารละลายทั้งหมดลงใน volumetric flask 25 มิลลิลิตร เติม phenol red 0.04 เปอร์เซ็นต์ 1 หยด แล้วปรับให้เป็นกลางด้วยสารละลาย NaOH 1 N (สารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีบานเย็น) เติมสารละลาย oxalic acid 0.1 N ทีละน้อยจนสีของสารละลายจางหายไป ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

5.15 ดูดสารละลายที่ได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่หลอด เติมสารละลาย Somogyi phosphate sugar reagent 5 มิลลิลิตร พร้อมทั้งทำ blank และสารมาตรฐาน glucose ปิดปากหลอดด้วยลูกแก้ว

5.16 นำไปต้มใน water bath ที่ 100°ซ เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นทิ้งให้เย็น เติม KI 2.5 เปอร์เซ็นต์ 1 มิลลิลิตร ลงข้างหลอดโดยไม่ให้กระเทือน แล้วเติม H_2SO_4 1.5 N 3 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็ว พร้อมเขย่าให้เข้ากัน ตะกอนของ $CuSO_2$ ซึ่งมีสีน้ำตาลแดงจะละลายหมด ได้สารละลายใสที่มีสีเหลืองเข้ม

5.17 นำสารละลายที่ได้ทั้ง blank และสารมาตรฐาน glucose ไปไทเทรตด้วยสารละลาย sodium thiosulfate มาตรฐาน 0.005 N เมื่อใกล้ถึงจุดยุติ (end point) สารละลายจะมีสีเหลืองจาง เติม starch indicator 1-2 หยด สารละลายจะมีสีชา ไทเทรตจนถึงจุดยุติ สารละลายจะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

มีสีเขียวอ่อนๆ (เมื่อทำการหยด starch indicator ลงไปจะไม่เกิดตะกอนสีน้ำเงินอีก) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์แป้งได้จากสูตร ดังนี้

เปอร์เซ็นต์แป้ง = [50(ml blank – ml sample) × 0.9/mg sample] × (N/0.005) × G × 100

50 = dilution factor

0.9 = factor glucose to starch

N = ความเข้มข้นจริงของสารละลาย sodium thiosulfate มาตรฐาน หน่วยเป็น N (Normal)

G = จำนวนมิลลิกรัมของ glucose ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลาย sodium thiosulfate มาตรฐาน 0.005 N 0.1 มิลลิลิตร

คำนวณค่า G มาตรฐาน โดยชั่ง D-glucose จำนวน 150 มิลลิกรัม แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร แล้วนำไปไทเทรตด้วย sodium thiosulfate

mg glucose equivalent = 0.75/(ml blank – ml glucose)

(ค่าที่คำนวณได้ควรอยู่ในช่วง 0.05-1.00 มิลลิกรัม glucose ใน สารละลาย 5 มิลลิลิตร)

6. อายุการเก็บรักษา

การพิจารณาอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาต่อไปนี้ร่วมกัน

6.1 การเกิดโรคและการเน่าเสียของหัวพันธุ์ โดยพิจารณาการเน่าของหัวพันธุ์และเชื้อราที่ปรากฏให้เห็นได้ด้วยตาเปล่าเป็นเกณฑ์ตัดสิน

6.2 การงอกของหัวพันธุ์ การตัดสินอายุการเก็บรักษาหัวพันธุ์จะสิ้นสุดลงเมื่อหัวพันธุ์ไม่สามารถงอกได้

ในการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก เปอร์เซ็นต์การเน่า การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและแป้งนั้นจะทำการตรวจวัดทุกเดือน ส่วนเปอร์เซ็นต์การงอกนั้นทำการตรวจวัดทุกๆ 2 เดือน โดยแต่ละกรรมวิธีใช้หัวพันธุ์ในการตรวจวัดผลครั้งละ 9 หัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การทดลองที่ 2 ศึกษาวิธีการกระตุ้นการงอกของหัวปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพู หลังการเก็บเกี่ยว

การทดลองที่ 2.1 ศึกษาหาสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่เหมาะสมในการกระตุ้นการงอกของหัวพันธุ์ปทุมมาหลังการเก็บเกี่ยว โดยทำการแช่หัวพันธุ์ปทุมมาในสารควบคุมการเจริญเติบโตชนิดต่างๆ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วจึงนำหัวพันธุ์ปทุมมาไปบ่มในขุยมะพร้าวที่ 33±2°ซ ความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ (เยาวลักษณ์, 2544) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) แบ่งออกเป็น 10 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่แช่สารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 IBA 50 ppm
กรรมวิธีที่ 3 IBA 100 ppm
กรรมวิธีที่ 4 IBA 200 ppm
กรรมวิธีที่ 5 GA_3 50 ppm
กรรมวิธีที่ 6 GA_3 100 ppm
กรรมวิธีที่ 7 BA 50 ppm
กรรมวิธีที่ 8 BA 100 ppm
กรรมวิธีที่ 9 Ethrel 100 ppm
กรรมวิธีที่ 10 Ethrel 200 ppm

นำหัวพันธุ์ของแต่ละกรรมวิธีออกมาตรวจวัดผลทุก 10 วัน จำนวน 4 ครั้ง โดยแต่ละกรรมวิธีมี 3 ซ้ำๆ ละ 10 หัว การทดลองนี้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 ซึ่งเป็นช่วงฤดูกาลปลูกตามปกติของปทุมมา ในการตรวจวัดเปอร์เซ็นต์การงอก การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาลและแป้ง ทำเช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 1 และตรวจวัดผลเพิ่มเติม ดังนี้

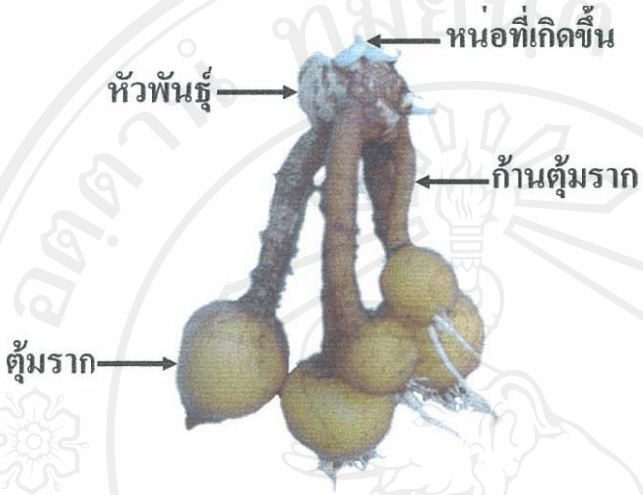
1. จำนวนวันหลังปลูกจนกระทั่งเกิดใบแรก

นับจำนวนวันที่หัวพันธุ์ปทุมมาใช้เวลาตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเกิดใบแรกของหัวพันธุ์ปทุมมาและใบคลี่ออกหรือแผ่แผ่นใบออกเต็มที่ นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. จำนวนหน่อที่เกิดขึ้น

นับจำนวนหน่อที่เกิดขึ้นบนหัวพันธุ์ปทุมมา (ภาพ 8) หลังจากทำการบ่มเป็นระยะเวลาต่างๆ แล้ว นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย



ภาพ 8 หน่อที่เกิดขึ้นของหัวพันธุ์ปทุมมาพันธุ์เชียงใหม่สีชมพูที่ตรวจวัดผล

3. จำนวนใบ

นับจำนวนใบที่เกิดขึ้นหลังจากต้นปทุมมาที่ปลูกไว้ออกดอก นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย

4. จำนวนดอก

นับจำนวนดอกที่เกิดขึ้นต่อหัวพันธุ์ แล้วนำมาคำนวณเช่นเดียวกับจำนวนใบ

การทดลองที่ 2.2 ศึกษาวิธีกระตุ้นการงอกของหัวพันธุ์ปทุมมาหลังการเก็บเกี่ยวโดยแช่หัวพันธุ์ปทุมมาในสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีแนวโน้มที่ดี จากการทดลองที่ 2.1 เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แบ่งออกเป็น 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 ไม่แช่สารควบคุมการเจริญเติบโต (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 แช่สารละลาย IBA 50 ppm แช่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 3 แช่สารละลาย BA 100 ppm แช่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 4 แช่สารละลาย ethrel 100 ppm แช่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

กรรมวิธีที่ 5 แช่น้ำ แช่เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำการตรวจวัดทุกๆ 10 วัน เช่นเดียวกันกับการทดลองที่ 2.1 การทดลองนี้ทำการศึกษาในระหว่างเดือนมีนาคมถึงมิถุนายน พ.ศ. 2548 และตรวจวัดผลเพิ่มเติมในเรื่องการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลและแป้งเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 และตรวจวัดอัตราการหายใจของปทุมมา ดังนี้

อัตราการหายใจ

ทำการวัดอัตราการหายใจในระบบปิด โดยบรรจุหัวพันธุ์ปทุมมา 2 หัว ลงในภาชนะขนาด 3,634 มิลลิลิตร แล้วทำการปิดภาชนะเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำก๊าซในภาชนะบรรจุ (head space) มาทำการวิเคราะห์ด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟ โดยใช้เครื่องมือ gas chromatography (GC) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GC-9A พร้อมด้วยเครื่องบันทึกผลและประมวลผล Shimadzu รุ่น C-R3A

การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นั้น ใช้ระบบ TCD (thermal conductivity detector) โดยมีคอลัมน์เป็น Porapak R 80/100 mesh ยาว 1.5 เมตร มีก๊าซฮีเลียมเป็นตัวพา อุณหภูมิตู้ (oven temperature) 50°ซ อุณหภูมิจุดฉีด (injector port) 80°ซ อุณหภูมิจุดวิเคราะห์ (detector) 100°ซ

สูตรคำนวณอัตราการหายใจ

อัตราการหายใจ (มิลลิกรัม CO_2 ต่อกิโลกรัม•ชั่วโมง)

$$= (\%CO_2 \text{ที่วัดได้} - 0.033) \times \frac{V\ (ml/min)}{W\ (g)} \times \frac{44}{22.4} \times \frac{273}{273 + Temp.} \times \frac{P740}{P760} \times 600$$

V = ปริมาตรของอากาศภายในภาชนะ (มิลลิลิตร)

W = น้ำหนักหัวพันธุ์ปทุมมา (กรัม)

หมายเหตุ ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในระหว่างการทดลองครั้งนี้แสดงไว้ในภาพภาคผนวก 17-19

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved