ภาคผนวก ก

Prince of Songkla University
Pattani Campus

วิธีการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ DRFT

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ DRFT

1.1 ฟองน้ำขนาด 1×1 นิ้ว

1.2 กระบะโฟมเพาะเมล็ด

1.3 เมล็ดพันธุ์

1.4 EC meter รุ่น HI 9835 pH meter รุ่น HI 8733 และ DO meter รุ่น HI 9142

2. ขั้นตอนการดำเนินการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์ระบบ DRFT

2.1 ขั้นตอนการเพาะเมล็ด

เพาะกล้าโดยการหยอดเมล็ดในฟองน้ำขนาด 1×1 นิ้ว ที่กรีดตรงกลางวางในกระบะโฟม สามารถบรรจุฟองน้ำเพาะเมล็ดได้ 320 ชิ้น เมื่อทำการเพาะเมล็ดแล้ว นำกระบะเพาะเมล็ดไปไว้ในโรงเรือนอนุบาลกล้า รดน้ำ 3-4 วัน ต้นกล้างอก

2.2 การเตรียมสารละลายธาตุอาหาร

เตรียมจากสูตรปลูกผักสำหรับ DRFT ของบริษัท เวสโก้เคมีประเทศไทยจำกัด (2006) แสดงดังตารางที่ ก-1

2.3 การย้ายปลูก

เมื่อต้นกล้าสมบูรณ์อายุ 5 วันก็ย้ายต้นกล้าลงในโต๊ะปลูกแบบ DRFT ขนาด 2×7.2×2.5 m โดยสอดต้นกล้าจากด้านหลัง เข้าไปในช่องแผ่นปลูกให้ใบเลี้ยงคู่เสมอพอดีกับระดับแผ่นปลูก เพื่อให้แน่ใจว่ารากพืชจะสัมผัสกับน้ำในแปลงปลูก เติมสารละลายธาตุอาหาร A ลงในถังปริมาตร 3 L หลังจากนั้น 4 ชม. เติมธาตุอาหาร B ลงในแปลงอีก 3 L ตรวจสอบค่า EC ของสารละลายให้อยู่ในช่วง 3.5-4.5 dS/m

2.4 การดูแลหลังย้ายปลูก

เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ทำการปรับระดับน้ำให้ลดลงเพื่อเพิ่มอากาศให้กับรากพืช และเติมสารละลายธาตุอาหาร A ปริมาตร 5 L หลังจากนั้น 4 ชม. เติมสารละลายธาตุอาหาร B อีก 5 L ทำการตรวจวัด EC ให้มีค่า 4.5 dS/m และ pH ให้อยู่ในช่วง 5.5-6.5 เมื่อ EC และ pH มีค่าเปลี่ยนไปต้องปรับ EC และ ควบคุม pH ให้คงที่ และเก็บผลผลิตหลังจากปลูกพืชประมาณ 30 วัน

3. การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก

3.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใช้เวอร์เนียวัดความกว้างของลำต้น

3.2 ความสูงใช้ไม้บรรทัดวัดความสูงจากข้อแรกของลำต้น

3.3 นับจำนวนใบทั้งหมดแต่ละชุดทดลองตั้งแต่โคนจนถึงยอดแล้วนำมาเฉลี่ย

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตารางที่ ก-1 สูตรสารละลายธาตุอาหารสำหรับปลูกผักระบบ DRFT ของบริษัท เวสโก้เคมีประเทศไทยจำกัด

ปุ๋ย	กรัมต่อ10ลิตร	ร้อยละต่อลิตร	ความเข้มข้น (ppm)
A			
Calcium nitrate	1,000	Ca= 18 N= 15	Ca= 180 N= 150
Fe-DTPA	50	Fe= 6	Fe= 3
B			
Monoamoniumphosphate	150	N= 12 P=26.18	N= 18 P=39.27
Monopotassiumphosphate	50	K =28.23 P =22.69	K =14.12 P =11.35
potassium nitrate	800	N= 13 K=38.20	N= 104 K=305.6
Magnesiumsulphate	500	Mg=9.35 S=13	Mg= 46.75 S=65
Vescorasolin	50		
Fe-DTPA		Fe=6	Fe=3
Mn-EDTA		Mn=2.4	Mn=1.20
Zn-EDTA		Zn=1.3	Zn=0.65
B-INOR		B=1.1	B=0.55
Cu-EDTA		Cu=0.25	Cu=0.125
Mo-INOR		Mo=0.25	Mo=0.125
Co-EDTA		Co=0.03	Co=0.015

Prince of Songkla University Pattani Campus

วิธีการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ ธาตุอาหารพืช และธาตุอาหารในน้ำ

1. การเลือกตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

เก็บตัวอย่างขณะพืชเจริญเติบโตได้ถึงครึ่งอายุเก็บเกี่ยว (Mid growth) แบบสุ่มซ้ำละ 3 ต้น โดยเลือกใบโตเต็มที่ มีอายุน้อยที่สุด ใบหลังสุดเมื่อเทียบกับใบอื่น

1.1 การเตรียมตัวอย่างพืชวิเคราะห์

1 นำตัวอย่างพืชที่เลือกไปชั่งน้ำหนักสดแล้วบันทึกค่า

2 นำตัวอย่างพืชอบที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C เป็นเวลา 24ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน dessicator แล้วจึงชั่งน้ำหนัก อบต่อไปอีก 1 ชั่วโมงแล้วบันทึกค่าน้ำหนักอีกครั้ง

3 บดตัวอย่างให้ละเอียดผ่านตะแกรงขนาด 20-40 Mesh

2. การเก็บตัวอย่างน้ำวิเคราะห์ (APHA, 2005)

เก็บตัวอย่างสารละลาธาตุอาหารในแต่ละชุดการทดลองปริมาตร 100 mL ในขวดพลาสติกที่ทำด้วยวัสดุเฉื่อย (Inert material) แล้วเติมกรด HCL ให้ pH เท่ากับ 2 นำไปวิเคราะห์ทันที

3. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ (Wellburn, 1994)

สกัดหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยเจาะใบพืชสดเป็นแผ่นวงกลมขนาด 1 cm^2 ใส่ในขวดแก้วทึบที่เติม อะซีโตน 80 % ปริมาตร 5 mL เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 ^{0}C เพื่อป้องกันไม่ให้คลอโรฟิลล์ถูกทำลายโดยแสง ทิ้งไว้ประมาณ 24-48 ชั่วโมง คลอโรฟิลล์จะถูกสกัดออกจากใบทั้งหมดแผ่นใบจะมีสีขาวซีด ไม่มีสีเขียวเหลืออยู่ จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง (centrifuge) ที่ความเร็ว 2,000 rpm นาน 5 นาที ก่อนนำสารละลายที่ได้มาวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer เทียบกับค่าอะซีโตนบริสุทธิ์ 80 % (Blank) โดยวัดที่ความยาวเคลื่อน 646, 663 และ 470 nm แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ดังสมการดังต่อไปนี้

Chlorophyll a:Ca (µg/mL) = $12.21A_{663}-2.81A_{646}$

Chlorophyll b:Cb (µg/mL) = $20.13A_{646}-5.03A_{663}$

Carotenoids (µg/mL) = $\frac{1{,}000A_{470}-3.27_{Ca}-104_{Cb}}{}$

4. การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชและน้ำ

4.1 ไนโตรเจนทั้งหมด (AOAC Official Method 955.04, 2000; 973.48, 2000)

4.1.1 <u>การเตรียมอินดิเคเตอร์</u>

4.1.1.1 ชั่ง Methyl red 200 mg ละลายใน 95 % Ethyl alcohol 100 mL

4.1.1.2 ชั่ง Ethylene blue 100 mg ละลายใน 95 % Ethyl alcohol 50 mL

4.1.1.3 ผสมสารในข้อ 4.1.1.1) และ 4.1.1.2) เข้าด้วยกัน ปรับ ปริมาตรด้วย น้ำ กลั่นปราศจากไอออนเป็น 1 L

4.1.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

4.1.2.1 ชั่งตัวอย่างพืช 1 g ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL และเติม $CuSO_4$ 1 g และ K_2SO_4 9 g ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำไปเปตปริมาตร 50 mL ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL

4.1.2.2 เติมกรด H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 30 mL

4.1.2.3 นำเข้าเครื่องย่อย ให้ความร้อนที่ อุณหภูมิ 450 ^{0}C จนสารละลายใส

4.1.2.4 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น นำเข้าเครื่องกลั่น เติมน้ำกลั่น DI ปริมาตร 100 mL เติมสารละลาย NaOH เข้มข้น 40% ปริมาตร 50 m L

4.1.2.5 เก็บสารที่กลั่นด้วยกรด H_3BO_4 ปริมาตร 100 mL ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 mL ที่เติมอินดิเคเตอร์ 2-3 หยด NH_3

4.1.2.6 ไทเทรตสารที่กลั่นได้กับสารมาตรฐาน ตัดสินความถูกต้องด้วยสารละลายแบลงค์

4.1.3 <u>การคำนวณ</u>

$$\text{ไนโตรเจนทั้งหมดในพืช (\% DW)} = \frac{(Vs - Vb) \times N \times 14 \times Vd \times 100 \times Wa}{(1000 \times W \times Va)}$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

$$\text{ไนโตรเจนทั้งหมดในน้ำ (mg/L)} = \frac{(Vs - Vb) \times N \times 14 \times Vc \times 1{,}000}{(V \times Ve)}$$

Vs = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง (mL)

Vb = ปริมาตรสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกที่ใช้ไทเทรต blank (mL)

N = ความเข้มข้นกรดซัลฟิวริกมาตรฐาน (0.1 N)

Vd = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืช (mL)

Vc = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างน้ำที่ได้จากการย่อยสลาย (mL)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)

Wa= น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้งทั้งหมด (g)

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ย่อย (mL)

Va = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

Ve= ปริมาตรสารละลายตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

Prince of Songkla University Pattani Campus

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน NaOH

เช่น หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ 0.1 N NaOH ซ้ำที่ 1

น้ำหนัก KHP 0.0533 g ปริมาตร NaOH ที่ใช้ 2.40 mL ปริมาตร NaOH ที่ใช้ - blank 2.38 mL

มวลโมเลกุล KHP 204 g / mol

KHP หนัก 204 g คิดเป็น 1 eq

KHP หนัก 0.0533 g คิดเป็น $\frac{1 \times 0.0533}{204} = 2.61 \times 10^{-4}$ eq

สารละลาย NaOH ที่ใช้ - blank 2.38 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KHP 2.61×10^{-4} eq

สารละลาย NaOH ที่ใช้ - blank 2.38 mL จะมีเนื้อ NaOH 2.61×10^{-4} eq

ถ้าสารละลาย NaOH 1,000 mL จะมีเนื้อ NaOH $\frac{1000.0 \times 2.61 \times 10^{-4}}{2.38} = 0.1098$ eq

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH เท่ากับ 0.1098 N

ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน HCl 0.1 N

เช่น หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ 0.1 N HCl ซ้ำที่ 1

น้ำหนัก Na_2CO_3 0.1043 g ปริมาตร HCl ที่ใช้ 16.56 mL ปริมาตร HCl ที่ใช้ - blank 16.54 mL

มวลโมเลกุล Na_2CO_3 106 g / mol

Na_2CO_3 หนัก 106 / 2 = 53 g/mol คิดเป็น 1 eq

Na_2CO_3 หนัก 53 g คิดเป็น 1 eq

Na_2CO_3 หนัก 0.1043 g คิดเป็น $\frac{1 \times 0.1043}{53} = 1.96 \times 10^{-3}$ eq

สารละลาย HCl ที่ใช้ - blank 16.54 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Na_2CO_3 1.96×10^{-3} eq

สารละลาย HCl ที่ใช้ - blank 16.54 mL จะมีเนื้อ HCl 1.96×10^{-3} eq

ถ้าสารละลาย HCl 1000 mL จะมีเนื้อ HCl $\frac{1000 \times 1.96 \times 10^{-3}}{16.54} = 0.119$ eq

ดังนั้น ความเข้มข้นของสารละลาย HCl คือ 0.119 N

4.2 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในพืช (Jones, 2001)

4.2.1 การเตรียมสารละลาย

4.2.1.1 สารละลาย 0.025 M Aluminium sulfate $[(Al_2SO_4)_3]$ ชั่ง $(Al_2SO_4)_3$ 8.55 g ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่น DI เติม KNO_3 ให้มีความเข้มข้นของ NO_3-N 10 ppm และเติม Sorbic acid 1 mL/L

4.2.1.2 สารละลายมาตรฐานไนเตรทไนโตรเจน 1,000 ppm ชั่ง KNO_3 7.218 g ละลายในน้ำ DI และ ปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL

4.2.1.3 สารละลายมาตรฐานไนเตรทไนโตรเจน 2.5, 5, 10, 15 และ 25 mg/L ไปเปตสารละลายจากข้อ 4.2.1.2 มา 0.25, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.5 mL แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยสารละลายในข้อ 4.2.1.1

4.2.1.4 สารละลาย 0.00137 M Chomotropic Acid:CTA

Prince of Songkla University Pattani Campus

$[(HO)_2C_{10}H_4(SO_3Na)_2]$ ชั่ง $[(HO)_2C_{10}H_4(SO_3Na)_2]$ 0.4987 g ละลายใน Conc. H_2SO_4 95% และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL ด้วย Conc. H_2SO_4 95%

4.2.1.5 สารละลาย Antimony Sulfate ชั่ง Sb metal 0.5 g ละลายใน Conc. H_2SO_4 95% ปริมาตร 80 mL และเติมน้ำกลั่น DI 20 mL

4.2.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

4.2.2.1 ชั่งตัวอย่างพืชแห้ง 400 mg ใส่ในขวดรูปชมพู่

4.2.2.2 เติม 0.025 M Aluminium sulfate 40.00 mL แล้วนำไปเขย่า 15 นาที

4.2.2.3 นำไปกรอง และเก็บสารละลายที่ได้ใส่ขวดพลาสติกเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนเตรท

4.2.3 <u>การเตรียมกราฟมาตรฐาน</u>

4.2.3.1 เตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรทไนโตรเจน 0, 2.5, 5, 10, 15 และ 25 mg/L

4.2.3.2 ไปเปตสารละลายมาตรฐานในข้อ 4.2.3.1 หรือสารละลายตัวอย่าง 0.5 mL ใส่ในหลอดทดลอง

4.2.3.3 เติมน้ำกลั่น DI 3.0 mL , สารละลาย Antimony Sulfate 2.0 mL และสารละลาย Chomotropic Acid (CTA) 0.00137 M 6.5 mL เขย่าให้เข้ากัน

4.2.3.4 การวัดค่าการดูดกลืนแสง ใช้สารละลายที่ไม่มีไนเตรทไนโตรเจนอยู่ (Zero standard) ปรับให้เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ 420 nm เท่ากับศูนย์วัดค่าการดูดกลืนแสง (ABS) ของสารละลายมาตรฐานตามลำดับความเข้มข้น แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่าง

4.2.4 <u>การคำนวณ</u>

$$\text{ไนเตรท (mg/kg FW)} = \frac{\text{ppm กราฟ} \times Vf \times Vt \times 100 \times Wa}{(1{,}000{,}000 \times Vl \times W)}$$

Prince of Songkla University Pattani Campus

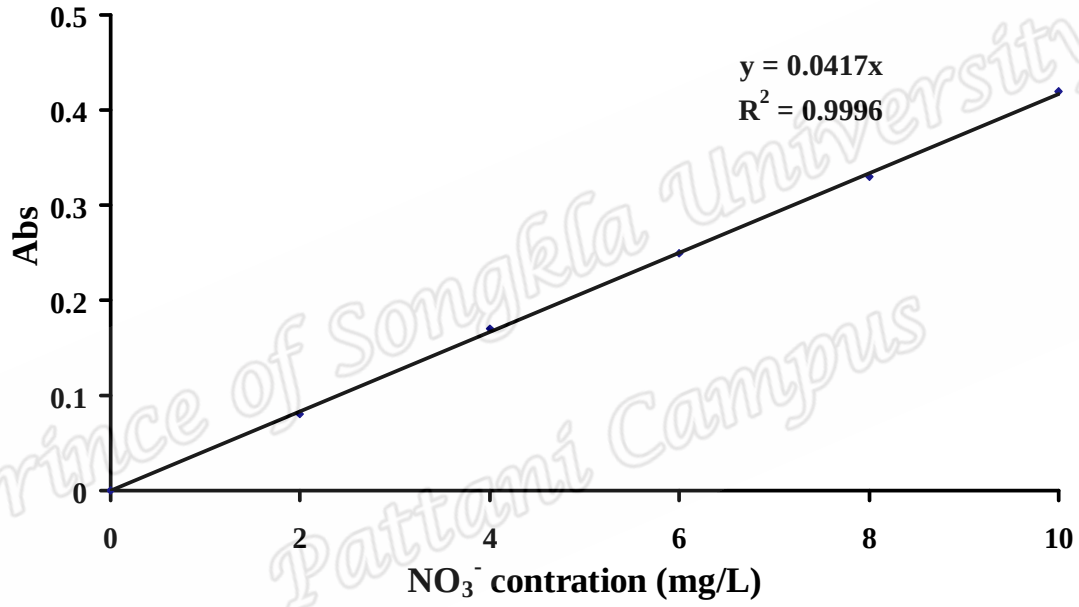
Vf = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายหลังปรับปริมาตร (mL)

Vt = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายทั้งหมด (mL)

Vl = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายแล้วเจือจางใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)

Wa= น้ำหนักตัวอย่างพืชสดทั้งหมด (kg)



รูปที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ไนเตรทในพืช

4.3 การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรทในน้ำ (AOAC Official Method 973.50, 2000)

4.3.1 <u>การเตรียมสารละลาย</u>

4.3.2.1 Stock NO_3^- solution: อบ KNO_3 เพื่อต้องการน้ำหนักที่แน่นนอนที่อุณหภูมิ 100 ^{0}C และชั่ง สาร 0.7220 mg ละลายด้วยน้ำกลั่น DI และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL

4.3.2.2 Standard NO_3^- solution: ปิเปต Stock NO_3^- solution 20 mL ละลายด้วยน้ำกลั่น DI และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.3.2.3 $NaAsO_2$ solution: ชั่ง $NaAsO_2$ 5 g ละลายด้วยน้ำกลั่น DI และปรับปริมาตรเป็น 1,000 mL

4.3.2.4 Brucine- sulfanilic acid solution: ชั่ง Brucine sulfate 1g และ sulfanilic acid 0.1 g ในน้ำร้อน ที่อุณหภูมิ 70 ^{0}C เติม Conc. HCl 3 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL

4.3.2.5 NaCl: ชั่ง NaCl 300 g ละลายด้วยน้ำกลั่น DI และปรับปริมาตรเป็น1,000 mL ละลายมาตราฐาน ความเข้มข้น 1,000 mg/L

4.3.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

4.3.2.1 ปิเปตตัวอย่างน้ำ 10 mL ใส่ในหลอดทดลอง เติมสารละลาย NaCl 2 mL คนให้เข้ากันจากนั้นเติม Percloric acid และ Sulfuric acid ปริมาตร 10 mL

4.3.2.2 นำหลอดทดลองไปลดอุณหภูมิโดยการแช่ในอ่างน้ำ เมื่อเย็นแล้วเติมสารละลายบูรซีนซัลเฟต 0.5 mL คนให้เข้ากัน

4.3.2.3 นำไปอังที่อ่างน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 90 ^{0}C นาน 20 นาที

4.3.3.4 ตรวจวัดโดย เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm

4.3.3 <u>การเตรียมกราฟมาตรฐาน</u>

4.3.3.1 ปิเปต Standard NO_3^- solution 2, 4, 6, 8 และ 10 mg/L ใส่ในหลอดทดลอง แล้วเติมน้ำกลั่น 10 mL

4.3.3.2 แบลงค์ เติมน้ำกลั่นในหลอดทดลอง 10 mL โดยไม่เติม Standard NO_3^- solution นำไปวัด %T ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 410 nm เพื่อเขียนกราฟในเตรตมาตรฐาน

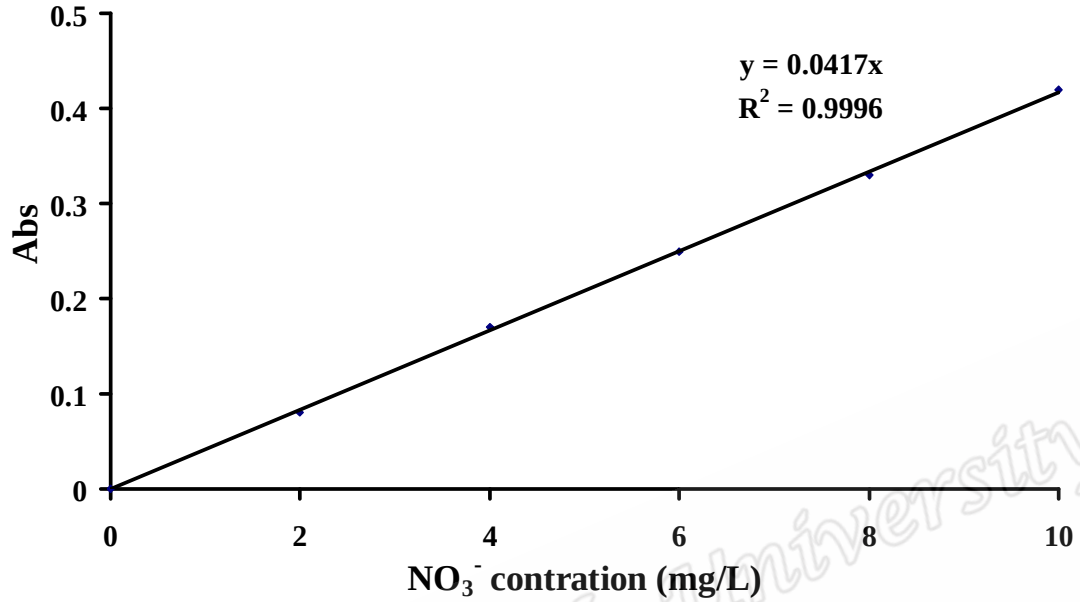
4.4.1 <u>การคำนวณ</u>

$$\text{ไนเตรท (mg/L)} = \frac{\text{ppm จากกราฟ x Ve x 1,000}}{\text{V}}$$

Ve = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างทั้งหมด (mL)

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ย่อยสลายใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ ก-2 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ไนเตรทในน้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.4 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (AOAC Official Method 958.01, 2000; 973.56, 2000)

4.4.1 <u>การเตรียมสารละลาย Molybdovanadate reagent</u>

4.4.1.1 ละลาย Ammonium molybdate tetra hydrate 40 g ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ร้อน 400 mL

4.4.1.2 ละลาย Ammonium metavanadate 2 g ในน้ำกลั่นปราศจากไอออนที่ร้อน 250 mL

4.4.1.3 เติมข้อ 4.4.1.1 และ 4.4.1.2 ลงใน 70 % $HClO_4$ ปริมาตร 450 mL

4.4.1.4 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นDI จนได้ปริมาตร 2 L

4.4.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

4.4.2.1 ชั่งตัวอย่างพืช 1 g ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำไปเปตปริมาตร 50 mL ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL

4.4.2.2 เติม Conc. HNO_3 20-30 mL ย่อยบนเครื่องย่อย (จนควันสีน้ำตาลหมด ยกลงจากเตามาวางให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง)

4.4.2.3 เติม 70-72 % $HClO_4$ ปริมาตร 10 - 20 mL

4.4.2.4 ย่อยต่อบนเตาให้ความร้อนจนกระทั่งใส (ไม่มีควันขาว)

4.4.2.5 ปล่อยให้เย็น เติมน้ำกลั่น 50 mL ต้ม 2 นาที

4.4.2.6 ไปเปตสารละลาย 5 mL ในขวดปรับปริมาตร 100 mL

4.4.2.7 เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 45 mL ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที

4.4.2.8 เติมสารละลาย Molybdovanadate 20 mL

4.4.2.9 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นปราศจากไอออน 100 mL ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

4.4.2.10 วัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 420 nm และบันทึกค่าและคำนวณ

4.4.3 <u>การเตรียมกราฟมาตรฐาน</u>

4.4.3.1 อบ KH_2PO_4 เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 105 ^0C

4.4.3.2 เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9 และ 1.0 mg/L โดยชั่ง KH_2PO_4 0.0767, 0.0959, 0.1151, 0.1342, 0.1534, 0.1726 และ 0.1918 g ตามลำดับ

4.4.3.3 ละลาย KH_2PO_4 แต่ละน้ำหนักที่ชั่ง ด้วยน้ำกลั่น DI และปรับปริมาตรเป็น 100 mL (ควรเตรียมสารใหม่ทุกสัปดาห์)

4.4.3.4 เตรียมโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 14 mg/L ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 100 mL

4.4.3.4 เติมน้ำกลั่นปราศจากไอออน 45 mL ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที และเติมสารละลาย Molybdovanadate 20 mL

4.4.3.5 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น DI จนได้ปริมาตร 100 mL

4.4.3.6 ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 420 nm นำค่าที่ได้ เขียนกราฟ ppm จากกราฟมาตราฐาน

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.4.4 การคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดในพืช (\% DW)} = \frac{\text{ppm กราฟ x Vf x Vt x 100 x Wa}}{(1{,}000{,}000 \text{ x Vl x W})}$$

$$\text{ฟอสฟอรัสทั้งหมดในน้ำ (mg/L)} = \frac{\text{ppm กราฟ x Vf x Vt}}{(\text{Vl x V})}$$

Vf = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายหลังปรับปริมาตร (mL)

Vt = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายทั้งหมด (mL)

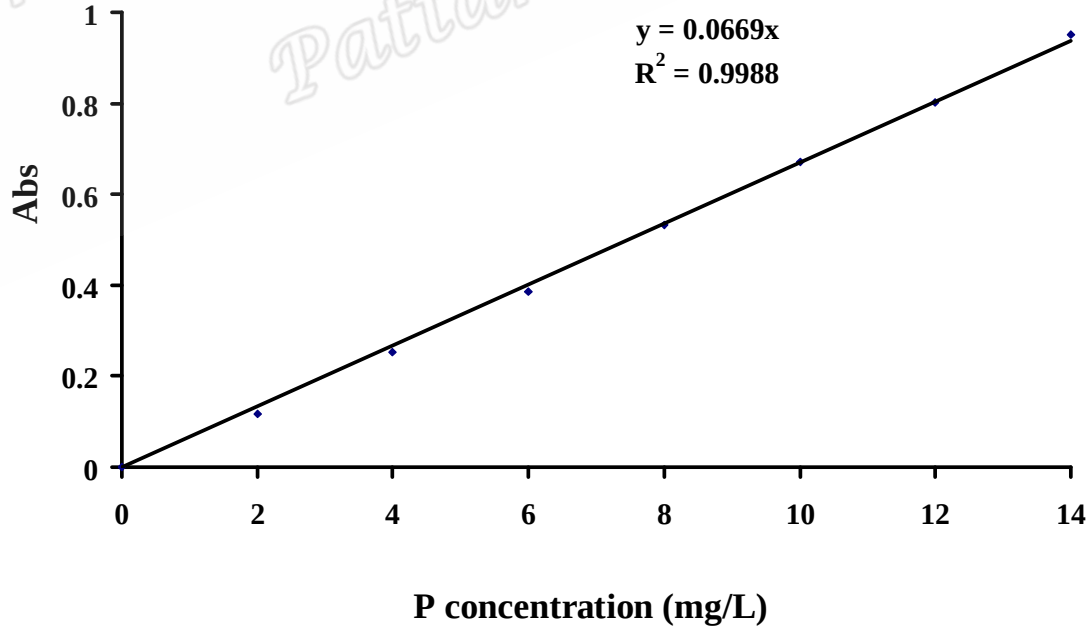
Vl = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายแล้วเจือจางใช้ ในการวิเคราะห์ (mL)

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ย่อยสลายใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)

Wa= น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้งทั้งหมด (g)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ ก-3 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืชและน้ำ

4.5 โพแทสเซียม (AOAC Official Method 893.02, 2000; 893.02, 2000)

4.5.1 <u>การเตรียมสารละลายกรดผสม HNO_3 ต่อ $HClO_4$</u>

เตรียมโดยผสม Conc. HNO_3 ปริมาตร 1,250 mL Conc. $HClO_4$ ปริมาตร 250 mL และ NH_4VO_3 0.06 g (ละลายใน NH_4VO_3 0.06 g ในน้ำกลั่น DI ประมาณ 5-10 mL ให้ความร้อนจนละลาย วางให้เย็นแล้วผสมลงในกรด)

4.5.2 <u>การเตรียมตัวอย่าง</u>

4.5.2.1 ชั่งตัวอย่างพืช 1 g ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำไปเปตปริมาตร 50 mL ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL

4.5.2.2 เติมกรดผสม HNO_3 ต่อ $HClO_4$ 15 mL

4.5.2.3 เขย่าเบาให้เข้ากันย่อยบนเครื่องให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 ^{0}C

4.5.2.4 จนควันสีน้ำตาลหมด แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนเกิดควันขาว

4.5.2.5 ย่อยต่อไปจนได้สารละลายใส

4.5.2.6 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงใน ขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 mL ใช้น้ำกลั่น DI

4.5.2.7 ปรับด้วยน้ำกลั่น DI ปริมาตร 100 mL

4.5.3 <u>การเตรียมกราฟมาตรฐาน</u>

สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 mg/L

4.5.3.1.1 เตรียมโดยละลาย KCl (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 ^{0}C นาน 4 ชั่วโมง)

4.5.3.1.2 ชั่ง KCl 1.9067 g ละลาย ด้วยน้ำกลั่น DI ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL

4.5.3.1.3 ค่อย ๆ เติม Conc. HNO_3 12 mL ปรับปริมาตรให้ครบ 1 L น้ำกลั่น DI

4.5.3.1.4 สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานความเข้มข้น 100 mg/L

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.5.3.1.5 เตรียมโดยปิเปตสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ความเข้มข้น 1000 mg/L ปริมาตร 100 mL ใส่ขวดปรับปริมาตร ขนาด 1 L ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น DI

4.5.3.1.6 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 0, 1, 2, 4, 8 และ 10 mg/L

4.5.3.1.7 เตรียมโดยปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ความเข้มข้น 100 mg/L ปริมาตร 0, 1, 2, 4, 8 และ 10 ใส่ขวดปรับ ปริมาตรขนาด 100 mL ตามลำดับ

4.54.3.1.8 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น DI เป็น 100 mL

4.5.3.1.9 วัดค่าการปลดปล่อยแสงด้วยเครื่อง Flame Photometer (สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 0, 1, 2, 4, 8, 10 และ12 mg/L และตัวอย่างสภาวะของเครื่อง Flame Photometer

4.5.3.1.10 เขียนกราฟระหว่าง ค่าการดูดกลืนแสงกับ ความเข้มข้นของโพแทสเซียม และคำนวณโดยใช้สมการจากกราฟมาตรฐาน

4.5.3 การคำนวณ

$$\text{โพแทสเซียมในพืช (\% DW)} = \frac{\text{ppm กราฟ} \times Vt \times 100 \times Wa}{(1{,}000{,}000 \times Vl \times W)}$$

$$\text{โพแทสเซียมในน้ำ (mg/L)} = \frac{\text{ppm จากกราฟ} \times Vf \times VtxWa}{(Vl \times W)}$$

Vf = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายหลังปรับปริมาตร (mL)

Vt = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายทั้งหมด (mL)

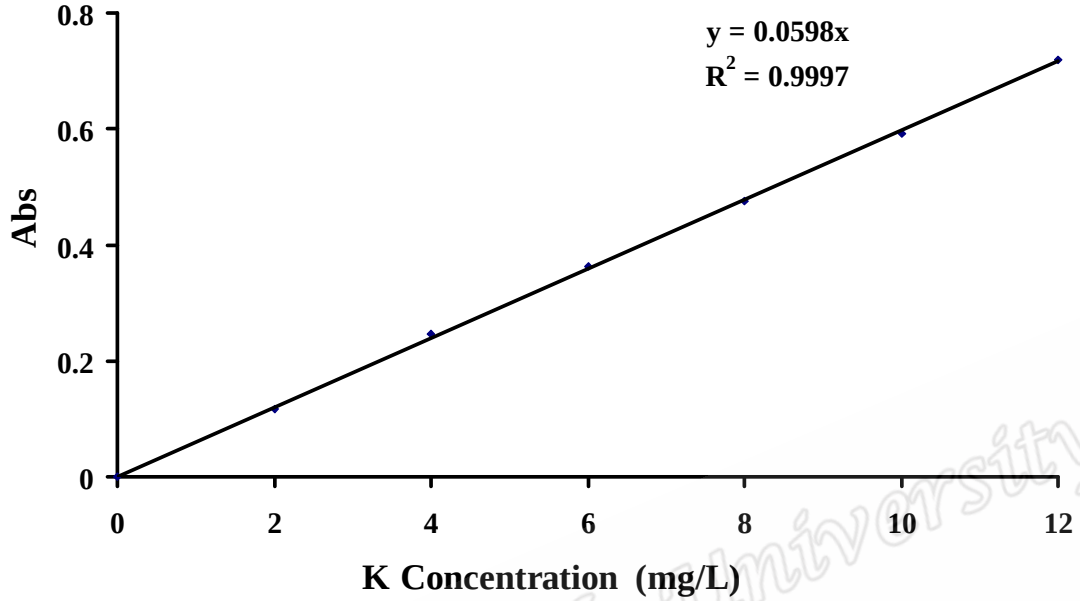
Vl = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายแล้วเจือจางใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ย่อยสลายใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)

Wa= น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้งทั้งหมด (g)

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ ก-4 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์โพแทสเซียมในพืชและน้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus

4.6 แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็ก (AOAC Official Method, 975.03, 2000; 974.27, 2000)

4.6.1 ชั่งตัวอย่างพืช 1 g ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำ ไปเปตปริมาตร 50 mL ลงในหลอดทดลองขนาด 500 mL

4.6.2 เติมกรด HCl 10 mL ให้ความร้อนจนสารเกือบแห้ง

4.6.3 เติม กรด HCl 2 โมลาร์ 20 mL ให้ความร้อนต่อ 2 - 3 นาที

4.6.4 ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น กรองผ่านกระดาษกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ใช้น้ำกลั่น DI

4.6.6 ปรับปริมาตรด้วย 0.5 M HCl ให้ได้ 100 mL

4.6.7 วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

4.6.8 การคำนวณ

$$\text{แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กในพืช (\% DW)} = \frac{\text{ppm กราฟ} \times Vf \times Vt \times 100 \times Wa}{(1{,}000{,}000 \times Vl \times W)}$$

$$\text{แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กในน้ำ (mg/L)} = \frac{\text{ppm กราฟ x Vf x Vt}}{\text{(Vl x V)}}$$

Vf = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายหลังปรับปริมาตร (mL)

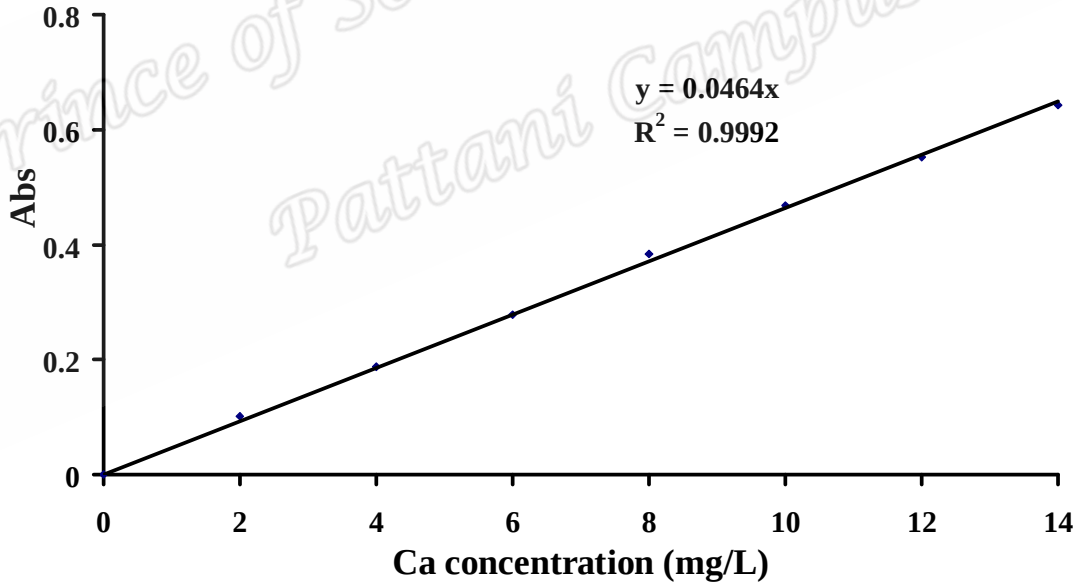
Vt = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายทั้งหมด (mL)

Vl = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างพืชหรือตัวอย่างน้ำที่ย่อยสลายแล้วเจือจางใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

V = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ย่อยสลายใช้ในการวิเคราะห์ (mL)

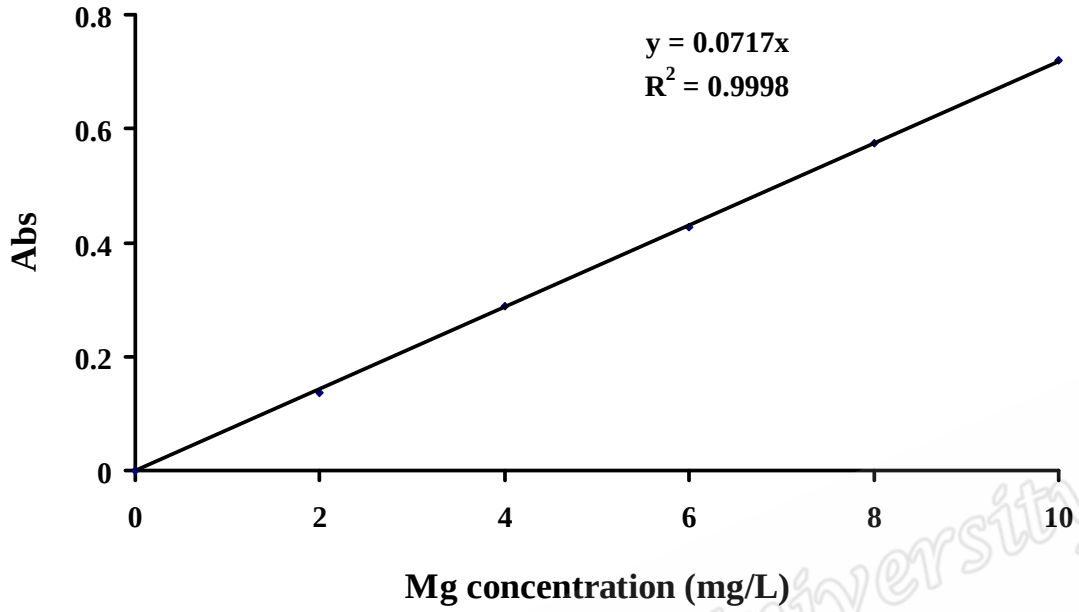
W = น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้ง (g)

Wa= น้ำหนักตัวอย่างพืชแห้งทั้งหมด (g)

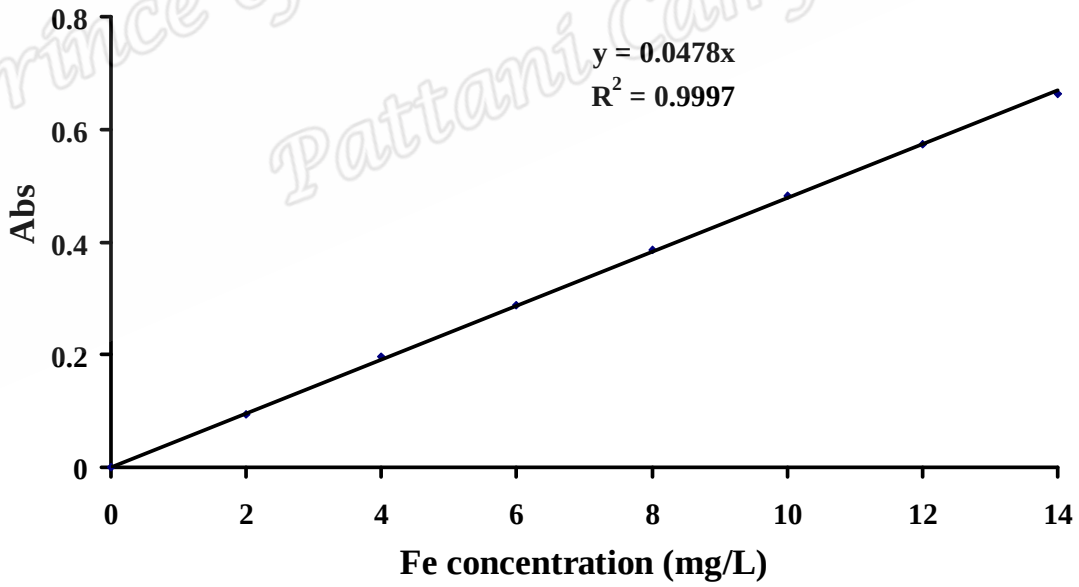


รูปที่ ก-5 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์แคลเซียมในพืชและน้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus



รูปที่ ก-6 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์แมกนีเซียมในพืชและน้ำ



รูปที่ ก-7 กราฟมาตรฐานของการวิเคราะห์เหล็กในพืชและน้ำ

Prince of Songkla University Pattani Campus