บทที่ 2

การทดลองและผลการทดลอง

2.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Atomic Absorption Spectrophotometer, Model 670 ของบริษัท Shimadzu, Kyoto, Japan
2. Ultraviolet-Visible Spectrophotometer (U-2000) ของบริษัท Hitachi, Bangkok, Thailand
3. Hollow Cathode Lamp of potassium element ของบริษัท Varian Techtron
4. Hot plate / Stirrer, Model 4658 ของบริษัท Cole-Pramer, Chicago, Illinois

2.2 การหาค่า Cation Exchange Capacity (CEC) โดยวิธี Extraction of Adsorbed Ammonia[22]

2.2.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้

1. สารละลาย hydrochloric acid 0.005 N

ตวงกรด HCl เข้มข้น ด้วยกระบอกตวง 0.40 cm^3 ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ประมาณ 600 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3

2. สารละลาย acidified sodium chloride

ชั่ง NaCl 100.00 กรัม นำมาละลายด้วยกรด HCl 0.005 N ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยกรด HCl ให้เป็น 1000 cm^3

3. สารละลาย neutral normal ammonium acetate

ผสม สารละลาย NH_3 เข้มข้น 70 cm^3 และ CH_3COOH 99.5% 58 cm^3 ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ ประมาณ 500 cm^3ปรับ pH ให้ เท่ากับ 7.00 ปรับปริมาตรให้เป็น1000cm^3

4. สารละลาย sodium hydroxide 1 N

ชั่ง NaOH 10.00 กรัม ละลายในน้ำ ใส่ลงในขวดปริมาตร ขนาด 250 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 250 cm^3

5. สารละลาย sulfuric acid 0.2 N

ตวงกรด H_2SO_4 เข้มข้น (18.0 M) 2.76 cm^3 ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 500 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ประมาณ 250 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 500 cm^3

6. สารละลาย methyl red indicator

ชั่ง methyl red indicator 0.1000 กรัม ละลายใน ethanol 60 cm^3 ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 cm^3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. การทำสารละลายมาตรฐาน HCl ด้วย Na_2CO_3 [23, 24, 25]

7.1 เตรียม primary standard Na_2CO_3 เข้มข้น 0.050 M

นำ Na_2CO_3 ที่บริสุทธิ์อบให้แห้ง อุณหภูมิ 260 - 270 °C เวลา 30 นาที (อุณหภูมิต้องไม่เกิน 270 °C เพราะจะทำให้ Na_2CO_3 สูญเสีย CO_2) ทิ้งไว้ใน desiccatorให้เย็นจากนั้นชั่ง Na_2CO_3 1.3217 กรัม อย่างรวดเร็ว (ขณะชั่งต้องปิดฝาขวดชั่งสารด้วย เพราะ Na_2CO_3 เป็นสารดูดความชื้นได้เร็ว) ละลาย Na_2CO_3 ด้วยน้ำกลั่นใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 250 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 250 cm^3 หลังจากนั้นคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย Na_2CO_3 จากน้ำหนักที่ชั่งได้

การคำนวณหาความเข้มข้นของ primary standard จากน้ำหนักที่ชั่งได้

น้ำหนักโมเลกุล(MW.) ของ Na_2CO_3 = 105.99

$$\therefore \text{ molarlity } Na_2CO_3 = \frac{1.3217 \times 1000}{105.99 \times 250}$$

$$= 0.0499 \text{ M.}$$

7.2 เตรียมสารละลายมาตรฐาน HCl 0.1 N

ตวงกรด HCl เข้มข้น (12.3M) 9 ลบ.ซม.ใส่ลงในขวดปริมาตร 1000 cm^3 ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 600 cm^3 แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3

7.3 หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน HCl

ปิเปต primary standard Na_2CO_3 ที่เตรียมได้จากข้อ 7.1 มา 25 cm^3. ใส่ลงในกรวยรูปชมพู่ขนาด 250 cm^3 นำมาไทเทรตด้วยกรด HCl 0.1 Nโดยหยด methyl orange 2-3 หยดเป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตจนถึงจุดยุติ (สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเหลือง) ทำการไทเทรต 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยได้ 26.61 cm^3

การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายกรด HCl

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$2\,HCl + Na_2CO_3 \longrightarrow 2\,NaCl + H_2O + CO_2$$

จำนวนโมล Na_2CO_3 ใน 25 cm^3 $= \frac{0.0499}{1000} \times 25$

$= 1.25 \times 10^{-3}$ mole

$\therefore$ จำนวนโมล HCl = 2 จำนวนโมล Na_2CO_3

$= 2 \times 1.25 \times 10^{-3}$ mole

$= 0.00250$ mole

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาตรของกรด HCl ที่ใช้ไปในการไทเทรต = 26.61 cm^3

$$\therefore \text{ molarity HCl} = \frac{0.0250 \times 1000}{26.61}$$

$$= 0.0939 \text{ M}$$

สำหรับการทำสารละลายมาตรฐานกรด HCl ครั้งที่ 2 และ3 คำนวณความเข้มข้นเช่นเดียวกัน และหาค่าเฉลี่ย molarity ของ HCl เท่ากับ 0.0939 M

8. การทำสารละลายมาตรฐาน NaOH ด้วย HCl [23, 24]

8.1 ชั่ง NaOH 4.1520 กรัม ละลายในน้ำกลั่นใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3

8.2 ปิเปตสารละลาย NaOH 25 cm^3 ใส่ลงในกรวยรูปชมพู่ ขนาด 250 cm^3 เติมน้ำ 5 cm^3

8.3 นำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานกรด HCl 0.0939 M โดยหยด methyl orange 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตจนถึงจุดยุติ (สีของสารละลายเปลี่ยนจากแดงเป็นส้มเหลือง) ทำการไทเทรต 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยได้ 27.05 cm^3

การคำนวณหาความเข้มข้นของ NaOH

จาก $V_A N_A = V_B N_B$

เมื่อ V_A = ปริมาตรของกรดที่ใช้

N_A = normality ของกรด

V_B = ปริมาตรของเบสที่ใช้

N_B = normality ที่ต้องการทราบ

จะได้ $N_B = \frac{27.05 \times 0.0939}{25.00}$

$$\therefore \text{ normality NaOH} = 0.1016 \text{ N}$$

9. ซีโอไลต์ที่ใช้ทั้งหมด 3 ชนิด

9.1 ซีโอไลต์ ไม่ระบุแหล่งผลิต นำเข้าโดยบริษัท เอเชียกสิกรเคมี จำกัด

9.2 FC-1 ผลิตโดยเกษตรบริการ กม.5 ถ.น้ำตกแม่สา อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

9.3 SS1 ไม่ระบุบริษัท

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.2 วิธีการหาค่า CEC

1. ชั่งซีโอไลต์ของบริษัทเอเชียกสิกรเคมี 5.00 กรัม ใส่ลงในกรวยรูปชมพู่ ขนาด 250 cm^3 เติมสารละลาย CH_3COONH_4 50cm^3 ปิดจุกกรวย แล้วเขย่าเป็นเวลา 2-3 นาที จากนั้นตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน

2. นำมากรองด้วย buchner funnel แล้วล้างซีโอไลต์ด้วยสารละลาย CH_3COONH_4 200 cm^3 จากนั้นล้างด้วย C_2H_5OH 95% 100 cm^3

3. นำตะกอนที่ได้มาล้างด้วยสารละลาย acidified NaCl 225 cm^3 แล้วกรองด้วย buchner funnel แล้วนำ filtrated เทลงใน kjeldahl flask ขนาด 250 cm^3 เติมสารละลาย NaOH 1 N 25 cm^3 จากนั้นนำไปกลั่นจนได้สารละลายที่กลั่นออกมาเป็น neutral ได้สารละลายที่กลั่นได้ทั้งหมดประมาณ 950 cm^3 *ตวงสารละลายที่กลั่นได้มา 100 cm^3 เติมสารละลายกรด H_2SO_4 0.2 N ปริมาตร 25 cm^3 ซึ่งจะทำให้มีปริมาณกรดมากเกินพอ

4. นำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน NaOH 0.1016 N โดยหยด methyl red 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตจนถึงจุดยุติ (สีของสารละลายเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง)ทำซ้ำจากจุด* 3 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ย 47.14 cm^3

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 1 – 4 โดยเปลี่ยนชนิดของซีโอไลต์ของบริษัทเอเชียกสิกรเคมีเป็น FC-1 และ SS1 ได้ปริมาตรเฉลี่ยเท่ากับ 48.02 cm^3 และ 48.35 cm^3 ตามลำดับ

การคำนวณหาค่า CEC

NH_4^+ ที่ถูกแทนที่โดย Na^+ ซึ่งละลายใน filtrated จะทำปฏิกิริยากับ NaOH ดังสมการ

$$NH_4^+(\text{adsorbedที่ดิน}) + Na^+(\text{สารละลายจาก NaCl}) \rightarrow Na^+(\text{adsorbedที่ดิน}) + NH_4^+(\text{สารละลาย})$$

$$NH_4OAc + NaOH \longrightarrow H_2O + NaOAc + NH_3 \uparrow$$

ก๊าซNH_3จะกลั่นออกมากับน้ำอยู่ในรูปของNH_4OHซึ่งจะทำปฏิกิริยากับกรดH_2SO_4 excess ซึ่งเท่ากับ

$0.20 \times 25.00 = 5.0$ meq

NaOH ที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับกรดที่เหลือ $= 47.14 \times 0.1016$

$= 4.79$ meq

กรด H_2SO_4 ที่ทำปฏิกิริยากับ NH_3 ที่เกิด $= 5 - 4.79$

$\therefore$ NH_3 ที่ถูกแทนที่ $= 0.21$ meq

$$\therefore \text{ค่า CEC} = \frac{\text{จำนวนmeqของ}NH_4^+\text{ที่ถูกแทนที่}}{\text{gmของดิน}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$= \frac{(5-4.79)}{5} \times \text{mol.wt.}NH_4^+ \times 100$$

$$= \frac{0.21}{5} \times 17 \times 100$$

$\therefore$ ค่า CEC = 71.4 meq/100gm.soil

FC-1 และ SS1 คำนวณเช่นเดียวกันได้ค่า CEC เท่ากับ 40.8 และ 30.6 meq/100gm.soil

2.3 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารของดินและปริมาณธาตุอาหารที่ถูกชะล้าง [1]

การเตรียมดิน

นำดินที่ได้มาร่อนตะแกรงขนาด 100 meshหลังจากนั้นอบที่อุณหภูมิ120 °C เวลา 2 – 3 ชม. แล้วทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator ก่อนนำไปใช้

ผสมดินกับซีโอไลต์และ/หรือปุ๋ยคอก ตามกรรมวิธีดังนี้

1. ดิน 2.50 กรัม + ซีโอไลต์ 2.50 กรัม
2. ดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม
3. ดิน 5.00 กรัม

แต่ละกรรมวิธีทำซ้ำสามครั้งและทุกกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีดังนี้ [$(NH_4)_2SO_4$ 0.0028 กรัม, KH_2PO_4 0.0028 กรัมและ KNO_3 0.0065 กรัม] โดยแยกกันใส่ ด้วยวิธีการดังนี้ คือ ชั่งดินที่เตรียมได้ 2.50 กรัมและซีโอไลต์ที่มีค่า CEC สูง 2.50 กรัม และปุ๋ยเคมี เช่น $(NH_4)_2SO_4$ 0.0028 กรัม แล้วคลุกให้เข้ากัน หลังจากนั้นบรรจุดินลงในหลอดทดลองขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 ซม. ยาวประมาณ 30 ซม.ที่ก้นหลอดมีก๊อกระบายน้ำที่ปิดเปิดได้ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง ให้ครบ 1 วัน เติมน้ำกลั่น 25 cm^3 แล้วเก็บตัวอย่างน้ำที่ไหลผ่านลงมาทางก๊อกระบายน้ำ แต่ละหลอดได้ปริมาตรประมาณ 20 cm^3 นำไปวิเคราะห์หา N P และ K หลังจากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างดินในหลอดทดลองไว้ที่อุณหภูมิห้องเช่นเดิม จนครบ 7 วัน จึงเติมน้ำอีกครั้งปริมาตร 25 cm^3 และเก็บตัวอย่างน้ำปริมาตร 20 cm^3 นำไปวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากว่าในดินอาจจะมี N P และK อยู่ด้วยดังนั้นจึงทำการหา N P และK ในดินที่ไม่ผสมปุ๋ยเคมีและซีโอไลต์ดังกล่าวด้วย การกำหนดชื่อแต่ละกรรมวิธีด้วยสัญลักษณ์ ดังตาราง 2.1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.1 สัญลักษณ์ของตัวอย่างน้ำที่ไหลผ่านดินผสมตามกรรมวิธีต่าง ๆ

สัญลักษณ์	กรรมวิธี
AN	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ไม่ใส่ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ระยะเวลา 1 วัน
AN0	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ไม่ใส่ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ระยะเวลา 7 วัน
	<u>ใส่ $(NH_4)_2SO_4$ในตัวอย่างต่อไปนี้</u>
AN1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม+ ซีโอไลต์ 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
AN7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ซีโอไลต์ 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
BN1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
BN7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
CN1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
CN7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
DP	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ไม่ใส่ KH_2PO_4 ที่ระยะเวลา 1 วัน
DP0	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ไม่ใส่ KH_2PO_4 ที่ระยะเวลา 7 วัน
	<u>ใส่ KH_2PO_4ในตัวอย่างต่อไปนี้</u>
DP1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ซีโอไลต์ 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
DP7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ซีโอไลต์ 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
EP1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
EP7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
FP1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
FP7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
GK	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ไม่ใส่ KNO_3 ที่ระยะเวลา 1 วัน
GK0	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ไม่ใส่ KNO_3 ที่ระยะเวลา 7 วัน
	<u>ใส่ KNO_3ในตัวอย่างต่อไปนี้</u>
GK1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ซีโอไลต์ 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
GK7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ซีโอไลต์ 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
HK1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
HK7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 2.50 กรัม + ปุ๋ยคอก 2.50 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน
IK1	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ที่ระยะเวลา 1 วัน
IK7	-น้ำที่ไหลผ่านดิน 5.00 กรัม ที่ระยะเวลา 7 วัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.1 การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจนโดยวิธีเจลดาห์ลในตัวอย่างน้ำ[22, 25]

2.3.1.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้

1. สารละลาย boric acid 4% (W/W)

ชั่ง boric acid 4.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 20 cm^3 อุ่นให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 cm^3

2. สารละลาย bromocresole green indicator

ชั่ง bromocresole green indicator 0.1000 กรัม ละลายใน ethanol 25% ปรับปริมาตรด้วย ethanol ให้เป็น 100 cm^3

3. สารละลาย sodium hydroxide 50% (W/W)

ชั่ง NaOH 50.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 cm^3

4. สารละลาย methyl orange indicator

ชั่ง methyl orange indicator 0.1000 กรัม ละลายน้ำกลั่น 100 cm^3 แล้วเติม HCl 0.1M 1.52 cm^3

2.3.1.2 วิธีวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนียมซัลเฟต

1.จัดเครื่องมือสำหรับทำการกลั่นดังรูป 2.1 เครื่องมือทุกชิ้นที่นำมาใช้ต้องสะอาดปราศจากการ contaminate ด้วยด่าง NaOH และเตรียมกรวยรูปชมพู่ขนาด 250 cm^3 สำหรับเก็บ NH_3 ที่กลั่นออกมากับน้ำ ที่บรรจุสารละลาย H_3BO_3 4% (W/W) 25 cm^3 ใส่ bromocresole green indicator ลงไป 4 - 5 หยด จะได้สารละลายเป็นสีเขียว เตรียมกรวยสำหรับเก็บ NH_3 2 ใบ โดยกรวยทั้งสองใบต้องมีสีของ indicator เหมือนกัน โดยใบหนึ่งเก็บไว้สำหรับเปรียบเทียบสีของจุดยุติในการไทเทรต ส่วนกรวยอีกใบหนึ่งไว้สำหรับเก็บก๊าซ NH_3 ที่ได้จากการกลั่น

2. ตัวอย่างน้ำที่ได้จากข้อ 2.3 ปริมาตร 20 cm^3 ใส่ลงในขวดเจลดาห์ล และเติมเศษกระเบื้อง 2-3 ชิ้น เติม NaOH 50 % อย่างช้า ๆ และระมัดระวัง แล้วรีบปิดขวด และต่อเครื่องมือเพื่อทำการกลั่นทันที

3.ทำการกลั่นสารละลายในขวดเจลดาห์ลให้เดือดเพียงเบาๆจนได้ปริมาตรในกรวยเก็บแอมโมเนียประมาณ 100 ลบ.ซม. แล้วล้าง adaptor ด้วยน้ำกลั่นลงในกรวยเก็บ NH_3 ด้วย

4. ไทเทรตสารละลายในกรวยเก็บ NH_3 ด้วยสารละลายมาตรฐาน HCl 0.0939 Nจนกระทั่งได้สีเดียวกับสีของขวดที่เตรียมไว้เป็นตัวเทียบสี นำขวดเก็บ NH_3 ที่นำมาไทเทรตแล้วกลับเข้าไปเข้าเครื่องกลั่นต่อให้ได้น้ำที่กลั่นออกมาอีกประมาณ 25 cm^3 พบว่า indicator ไม่เปลี่ยนสีกลับไปเป็นสีฟ้า ถือว่าการกลั่นครั้งแรก NH_3 ถูกกลั่นออกมาหมดแล้ว ทำ blank ในวันเดียวกัน โดยนำน้ำ-

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กลั่นมาเติม boric acid แล้วเติม indicator หลังจากนั้นไทเทรตด้วยกรดทำการทดลอง 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยได้ผลดังตาราง 2.2

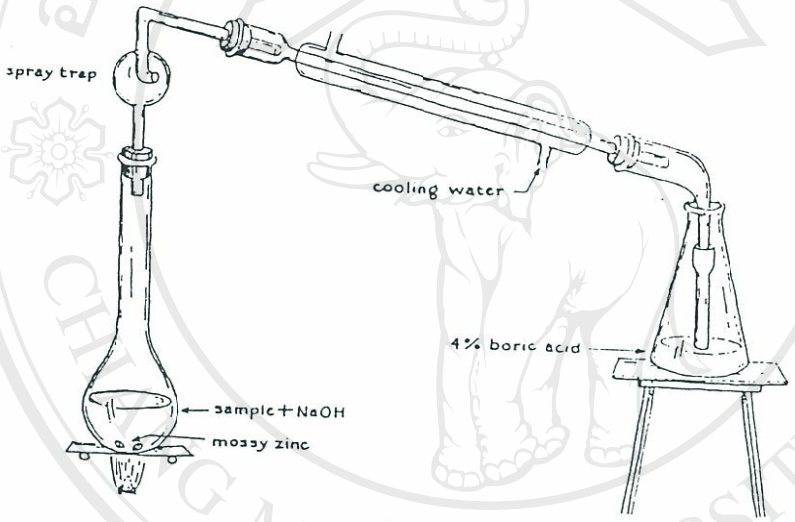
ตาราง 2.2 ปริมาณกรด HCl ที่ใช้ทำปฏิกิริยาพอดีกับ NH_4^+ ที่ไหลผ่านดินผสม

sample no.	ปริมาตรของสารละลายกรด HCl (cm^3)				blank (cm^3)	ปริมาตรที่ใช้จริง(cm^3)
	เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	เฉลี่ย		
AN	1.02	1.37	0.35	0.36	0.32	0.04
	1.37	1.74	0.37			
	1.74	2.09	0.35			
AN0	2.09	2.42	0.33	0.34	0.32	0.02
	2.42	2.76	0.34			
	2.76	3.10	0.34			
AN1	8.08	8.60	0.52	0.54	0.32	0.22
	8.60	9.14	0.54			
	9.14	9.70	0.56			
AN7	9.70	10.23	0.53	0.53	0.32	0.21
	10.23	10.75	0.52			
	10.75	11.28	0.53			
BN1	11.28	11.96	0.68	0.70	0.32	0.38
	11.96	12.67	0.71			
	12.67	13.39	0.72			
BN7	13.39	13.82	0.43	0.43	0.32	0.11
	13.82	14.25	0.43			
	14.25	14.68	0.43			
CN1	21.97	22.71	0.74	0.72	0.32	0.40
	22.71	23.42	0.71			
	23.42	24.12	0.70			

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.2 (ต่อ)

sample no.	ปริมาตรของสารละลายกรด HCl (cm^3)				blank (cm^3)	ปริมาตรที่ใช้จริง(cm^3)
	เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	เฉลี่ย		
CN7	24.12	24.58	0.46	0.44	0.32	0.12
	24.58	25.01	0.43			
	25.01	25.45	0.44			



รูป 2.1 การติดตั้งเครื่องมือสำหรับการกลั่น

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (AN)

จากการชะล้าง 1 วัน ปริมาตรของ HCl ที่ทำปฏิกิริยาพอดี NH_4^+ คือ 0.04 cm^3 คำนวณหาปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ดังนี้

จากปฏิกิริยา $3\ NH_3 + H_3BO_3 \longrightarrow (NH_4)_3BO_3$ .....(1)

$(NH_4)_3BO_3 + 3\ HCl \longrightarrow 3\ NH_4Cl + H_3BO_3$ .....(2)

(1) + (2) $3\ NH_3 + 3\ HCl \longrightarrow 3\ NH_4Cl$

$\therefore\ NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1 mole ของ NH_3 = 1 mole ของ HCl

1 meq ของ NH_3 = 1 meq ของ HCl

$\therefore$ meq ของ HCl = 0.04×0.0939

= 3.75×10^{-3} meq

ดังนั้น meq ของ NH_3 = 3.75×10^{-3} meq

จากปฏิกิริยา $(NH_4)_2SO_4 + 2\,NaOH \longrightarrow 2\,NH_3 + Na_2SO_4 + 2\,H_2O$

น้ำหนักโมเลกุลของ $(NH_4)_2SO_4$ = 132.02

2 mole ของ NH_3 จาก $(NH_4)_2SO_4$ = 1 mole

$\frac{3.75 \times 10^{-3}}{1000}$ mole ของ NH_3 จาก $(NH_4)_2SO_4$ = $\frac{1}{2} \times \frac{3.75 \times 10^{-3}}{1000} \times 132.02$ g

= 2.47×10^{-4} g

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ในดินที่ถูกชะล้าง 1 วัน = 2.47×10^{-4} g

จากการชะล้าง 7 วัน (AN0) ปริมาตรของ HCl ที่ทำปฏิกิริยาพอดี NH_4^+ คือ 0.02 cm^3

คำนวณหาปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ดังนี้

$\therefore$ meq ของ HCl = 0.02×0.0939

= 1.87×10^{-3} meq

ดังนั้น meq ของ NH_3 = 1.87×10^{-3} meq

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ = $\frac{1}{2} \times \frac{1.87 \times 10^{-3}}{1000} \times 132.02$ g

= 1.24×10^{-4} g

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ในดินที่ถูกชะล้างวันที่ 7 = 1.24×10^{-4} g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การคำนวณปริมาณการดูดซับของ $(NH_4)_2SO_4$ ในดินผสม (AN1)

$\therefore$ meq ของ HCl = 0.22×0.0939

= 2.06×10^{-2} meq

ดังนั้น meq ของ NH_3 = 2.06×10^{-2} meq

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ที่ถูกชะล้าง = $\frac{1}{2}\times\frac{2.06\times10^{-2}}{1000}\times132.02$ g

= 1.35×10^{-3} g

ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ในดินที่ชะล้างที่ไม่ใส่สารอื่น ๆ = 2.47×10^{-4} g

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ที่ใส่ในดินและที่ถูกชะล้าง = $1.35\times10^{-3} - 2.47\times10^{-4}$ g

= 1.10×10^{-3} g

$\therefore$ ใส่ $(NH_4)_2SO_4$ เข้าไปผสมในดิน(AN1) = 2.80×10^{-3} g

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (AN1) = $2.80\times10^{-3} - 1.10\times10^{-3}$ g

= 1.70×10^{-3} g

ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ถูกดูดซับคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ = $\frac{1.70\times10^{-3}}{2.80\times10^{-3}}\times100$

= 60.71 %

การคำนวณปริมาณการดูดซับของ $(NH_4)_2SO_4$ ในดินผสม (AN7)

$\therefore$ meq ของ HCl = 0.21×0.0939

= 1.97×10^{-2} meq

ดังนั้น meq ของ NH_3 = 1.97×10^{-2} meq

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ถูกชะล้าง = $\frac{1}{2}\times\frac{1.97\times10^{-2}}{1000}\times132.02$ g

= 1.30×10^{-3} g

ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ในดินที่ชะล้างที่ไม่ใส่สารอื่น ๆ = 1.24×10^{-4} g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ที่ใส่ในดินและที่ถูกชะล้าง $= 1.30\times10^{-3} - 1.24\times10^{-4}$ g

$= 1.17\times10^{-3}$ g

ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ที่เหลืออยู่ในดินจาก AN1 $= 1.70\times10^{-3}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (AN7) $= 1.70\times10^{-3} - 1.17\times10^{-3}$ g

$= 5.30\times10^{-4}$ g

ปริมาณของ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ถูกดูดซับคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $= \frac{5.30\times10^{-4}}{1.70\times10^{-3}}\times100$

$= 31.17$ % ของวันที่ 1

เพราะฉะนั้น ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ใส่ไปและถูกดูดซับอยู่ในดิน (AN1) = 60.71 %

ปริมาณ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ใส่ไปและถูกดูดซับอยู่ในดิน (AN7) = 31.17 % ของวันที่ 1

ส่วน BN1, BN7, CN1 และCN7 คำนวณเช่นเดียวกันกับ AN1 และ AN7 ตามลำดับ ได้เปอร์เซ็นต์การดูดซับของ $(NH_4)_2SO_4$ ที่ใส่ในดินผสมตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังตาราง 2.3

ตาราง 2.3 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ $(NH_4)_2SO_4$ ในดินผสม

sample no.	% การดูดซับของ $(NH_4)_2SO_4$
AN1	60.71
AN7	31.17
BN1	25.00
BN7	20.42
CN1	20.35
CN7	17.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3.2 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส ในตัวอย่างน้ำ [26]

2.3.2.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้

1. สารละลาย molybdovanadate

ชั่ง $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$.$4H_2O$ 20.00 กรัม ละลายด้วยน้ำ 200 cm^3 นำไปอุ่นให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นชั่ง NH_4VO_3 1.00 กรัม ละลายด้วยน้ำ 125 cm^3นำไปอุ่นให้ละลายตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วเติมกรด $HClO_4$ 70% ลงไป 225 cm^3 คนให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำสารละลายทั้งสองเทใส่ขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน คนให้เข้ากัน เก็บไว้ในขวดสีชา เรียกสารละลาย molybdovanadate

2. สารละลายมาตรฐาน $H_2PO_4^-$ 1000 ppm

สาร KH_2PO_4 ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 °C เวลา 2 ชม. ทิ้งไว้ให้เย็นใน desiccator จากนั้นชั่ง KH_2PO_4 1.000 กรัม ละลายน้ำปราศจากไอออน ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3

3. สารละลายมาตรฐาน $H_2PO_4^-$ 100 ppm

ปิเปตสารละลาย $H_2PO_4^-$ 1000 ppm มา 10 cm^3ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

4. สารละลายมาตรฐาน $H_2PO_4^-$ 10 ppm

ปิเปตสารละลาย $H_2PO_4^-$ 100 ppm มา 10 cm^3ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3 เก็บไว้ในขวดเก็บสารเพื่อใช้เป็น stock solution สำหรับการทดลองต่อไป

5. สารละลายมาตรฐาน $H_2PO_4^-$ 1-6 ppm

ปิเปตสารละลาย $H_2PO_4^-$ 10 ppm ปริมาตร ดังตาราง 2.4 ลงในขวดปริมาตร ขนาด 100 cm^3 แล้วเติมสารละลาย molybdovanadate ลงไปขวดละ 20 cm^3จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

ตาราง 2.4 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน $H_2PO_4^-$ ที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของ $H_2PO_4^-$ (ppm)	ปริมาตรสารละลาย $H_2PO_4^-$ 10 ppm ที่ปิเปตมา (cm^3)
1.00	10.00
2.00	20.00
3.00	30.00
4.00	40.00

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.4 (ต่อ)

ความเข้มข้นของ $H_2PO_4^-$ (ppm)	ปริมาตรสารละลาย $H_2PO_4^-$ 10 ppm ที่ปิเปตมา (cm^3)
5.00	50.00
6.00	60.00

2.3.2.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณฟอสฟอรัส

1. ตัวอย่างน้ำที่ได้จากข้อ 2.3 ปริมาตร20 cm^3ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 เติมกรด HNO_3 เข้มข้น 5 cm^3 เติมน้ำ 10 cm^3 ต้มให้เดือดปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. เทใส่ในขวดปริมาตรขนาด 50 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนให้เป็น 50 cm^3

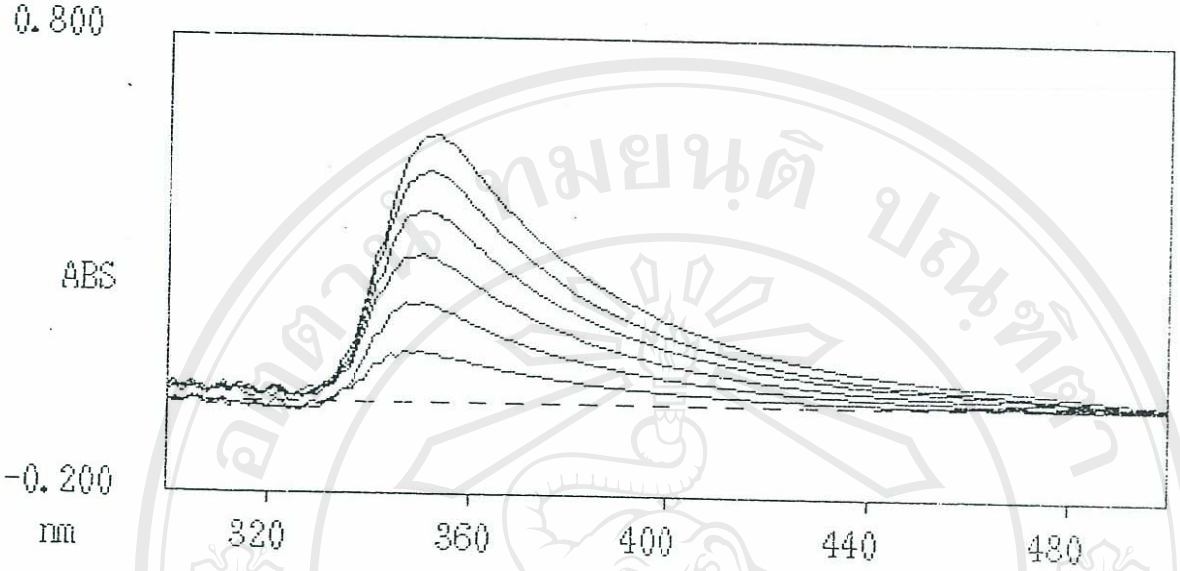
3. ปิเปตสารละลายที่ได้มา ปริมาตร 5 cm^3 ใส่ในขวดปริมาตร ขนาด 50 cm^3 แล้วเติมสารละลาย molybdovanadate ลงไป 20 cm^3 ปรับปริมาตร นำไปวัดค่า absorbance ต่อไป

จากการนำสารละลาย $H_2PO_4^-$ ที่ความเข้มข้น 1.00 - 6.00 ppm ไปวัดค่า absorbance ในช่วงความยาวคลื่น 300-500 nm จะได้spectrum การดูดกลืนแสง ดังรูป 2.2 ทำซ้ำ 3 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ย absorbance ที่ λ_{max} 352.5 nm ดังตาราง 2.5 แล้ว plot curve กับความเข้มข้นได้ calibration curve ดังรูป 2.3

ตาราง 2.5 ค่า absorbance ของสารละลาย $H_2PO_4^-$ ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ความยาวคลื่น 352.5 nm

ความเข้มข้นของ $H_2PO_4^-$ (ppm)	ค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 352.5 (nm)
1.00	0.073
2.00	0.144
3.00	0.216
4.00	0.287
5.00	0.361
6.00	0.432

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

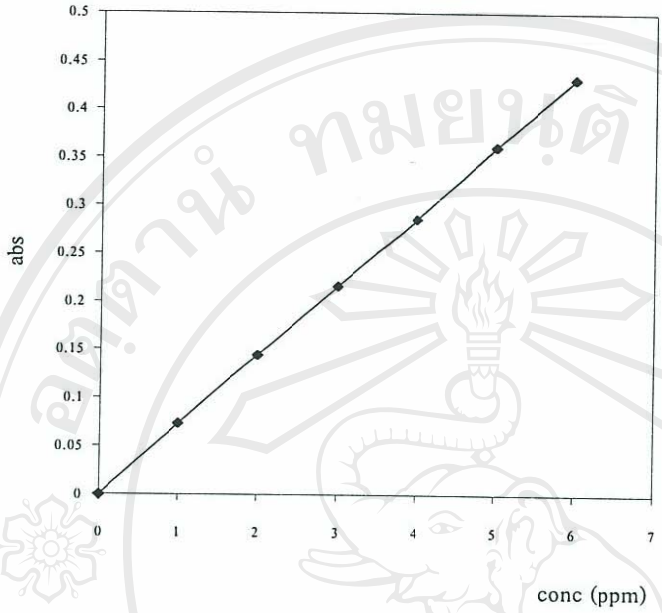


รูป 2.2 spectrum การดูดกลืนแสงของสารละลาย $H_2PO_4^-$

2.3.2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส

นำสารตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.3.2.2 ไปวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 352.5 nm โดยใช้เครื่อง UV/VIS spectrophotometer บันทึกค่าที่อ่านได้ ดังตาราง 2.6 นำมาหาปริมาณฟอสฟอรัส จาก calibration curve

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.3 calibration curve การดูดกลืนแสงของสารละลาย $H_2PO_4^-$ ที่ความยาวคลื่น 352.5 nm.

ตาราง 2.6 ค่า absorbance และความเข้มข้นของสารละลาย $H_2PO_4^-$ ในดินผสม

sample no.	average absorbance	ความเข้มข้นของ $H_2PO_4^-$ จากcalibration curve (ppm)
DP	0.033	0.35
DP0	0.017	0.18
DP1	0.136	1.86
DP7	0.213	2.90
EP1	0.285	3.95
EP7	0.124	1.72
FP1	0.275	3.81
FP7	0.117	1.60

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณ KH_2PO_4 ในดินที่ไม่มีปุ๋ยเคมี (DP)

จากการชะล้าง 1 วัน(DP) ค่า absorbance วัดได้ 0.033 และความเข้มข้นคือ 0.35 ppm เปลี่ยนจาก ppm ให้เป็นจำนวนกรัมจะได้ว่า

จากสารละลายตัวอย่างน้ำ 20 cm^3 ทำให้เป็น50 cm^3นำสารละลายนี้มา5cm^3ทำให้เป็น 50cm^3

$\therefore$ สารละลายตัวอย่าง 20 cm^3 $= \frac{50\times50}{5} = 500$ cm^3 ในการใช้หา absorbance

ปริมาณ KH_2PO_4 ที่ถูกชะล้าง $= \frac{0.35}{10^6}\times500$ g

$= 1.75\times10^{-4}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KH_2PO_4 ในดินที่ถูกชะล้าง 1 วัน $= 1.75\times10^{-4}$ g

จากการชะล้าง 7 วัน (DP0) วัดค่า absorbance ได้ 0.017 และความเข้มข้นคือ 0.18 ppm เปลี่ยนจาก ppm ให้เป็นจำนวนกรัมจะได้ว่า

ปริมาณ KH_2PO_4 ที่ถูกชะล้าง $= \frac{0.18}{10^6}\times500$ g

$= 9\times10^{-5}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KH_2PO_4 ในดินที่ถูกชะล้างวันที่ 7 $= 9\times10^{-5}$ g

การคำนวณหาปริมาณการดูดซับของ KH_2PO_4ในดินของ DP1

ปริมาณของ KH_2PO_4 ที่ถูกชะล้างในดิน DP1 $= \frac{1.86}{10^6}\times500$ g

$= 9.30\times10^{-4}$ g

ปริมาณของ KH_2PO_4 ในดินที่ถูกชะล้างที่ไม่ใส่สารอื่น ๆ $= 1.75\times10^{-4}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KH_2PO_4ที่ใส่ในดินและที่ถูกชะล้าง $= 9.30\times10^{-4} - 1.75\times10^{-4}$ g

$= 7.55\times10^{-4}$ g

ใส่ KH_2PO_4 เข้าไปผสมในดิน(DP1) $= 2.80\times10^{-3}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KH_2PO_4 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (DP1) $= 2.80\times10^{-3} - 7.55\times10^{-4}$ g

$= 2.045\times10^{-3}$ g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของ KH_2PO_4ที่ถูกดูดซับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $= \frac{2.045\times10^{-3}}{2.80\times10^{-3}}\times100$

$= 73.03$ %

การคำนวณหาปริมาณการดูดซับของ KH_2PO_4ในดินของ DP7

ปริมาณของ KH_2PO_4 ที่ถูกชะล้างในดิน DP7 $= \frac{2.90}{10^6}\times500$ g

$= 1.45\times10^{-3}$ g

ปริมาณของ KH_2PO_4 ในดินที่ถูกชะล้างที่ไม่ใส่สารอื่น ๆ $= 9\times10^{-5}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KH_2PO_4ที่ใส่ในดินและที่ถูกชะล้าง $= 1.45\times10^{-3} - 9\times10^{-5}$ g

$= 1.36\times10^{-3}$ g

ใส่ KH_2PO_4 ที่เหลืออยู่ในดินจาก DP1 $= 2.045\times10^{-3}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KH_2PO_4 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (DP7) $= 2.045\times10^{-3} - 1.36\times10^{-3}$ g

$= 6.85\times10^{-4}$ g

ปริมาณของ KH_2PO_4ที่ถูกดูดซับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $= \frac{6.85\times10^{-4}}{2.045\times10^{-3}}\times100$

$= 33.50$ %ของวันที่ 1

เพราะฉะนั้นปริมาณ KH_2PO_4 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (DP1) = 73.03 %

ปริมาณ KH_2PO_4 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (DP7) = 33.50 % ของวันที่ 1

ส่วน EP1, EP7, FP1, และFP7 คำนวณเช่นเดียวกันกับ DP1 และ DP7 ตามลำดับได้เปอร์เซ็นต์การดูดซับของ KH_2PO_4 ในดินผสมต่าง ๆ ดังตาราง 2.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.7 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ KH_2PO_4 ในดินผสม

sample no.	% การดูดซับของ KH_2PO_4
DP1	73.03
DP7	33.50
EP1	35.71
EP7	23.00
FP1	38.21
FP7	33.64

2.3.3 การวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียมโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) ในตัวอย่างน้ำ [27]

2.3.3.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้

1. สารละลายกรด HNO_3 1% (V/V)

ตวงกรด HNO_3 เข้มข้น (15.8M) 14.18 cm^3 ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 1000 cm^3 ที่มีน้ำปราศจากไอออนอยู่ประมาณ 600 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3

2. สารละลายมาตรฐาน KNO_3 100 ppm

ปิเปตสารละลายมาตรฐาน KNO_3 เข้มข้น 1000 ppm (ที่เบิกจากสโตร์) 10 cm^3 ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยกรด HNO_3 1 % ให้เป็น 100 cm^3

3. สารละลายมาตรฐาน KNO_3 10 ppm

ปิเปตสารละลาย KNO_3 เข้มข้น 100 ppm 10 cm^3 ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยกรด HNO_3 1 % เก็บไว้ในขวดพลาสติกเพื่อใช้เป็น stock solution สำหรับการทดลองต่อไป

4. สารละลายมาตรฐาน KNO_3 0.10 - 2.00 ppm

ปิเปตสารละลาย KNO_3 10 ppm ปริมาตร ดังตาราง 2.8 ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยกรด HNO_3 1 % ให้เป็น 100 cm^3

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.8 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน KNO_3 ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ความเข้มข้นของ KNO_3 (ppm)	ปริมาตรสารละลาย KNO_3 10 ppm ที่ปิเปตมา (cm^3)
0.10	1.00
0.50	5.00
1.00	10.00
1.50	15.00
2.00	20.00

2.3.3.2 การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อหาปริมาณของโพแทสเซียม

1. ตัวอย่างน้ำที่ได้มาจากข้อ 2.3 ปริมาตร 20 cm^3ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 cm^3 เติมกรด HNO_3 1 % 25 cm^3 ต้มให้เดือด ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2. เทใส่ขวดปริมาตรขนาด 50 cm^3ปรับปริมาตรด้วยกรดHNO_3 1 %ให้เป็น 50 cm^3

3. ปิเปตสารละลายที่ได้มา 2.00 cm^3 ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 50 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยกรด HNO_3 1%ให้เป็น 50cm^3 เก็บสารละลายไว้ในขวด Polyethylene เพื่อวัดค่า absorbance ต่อไป

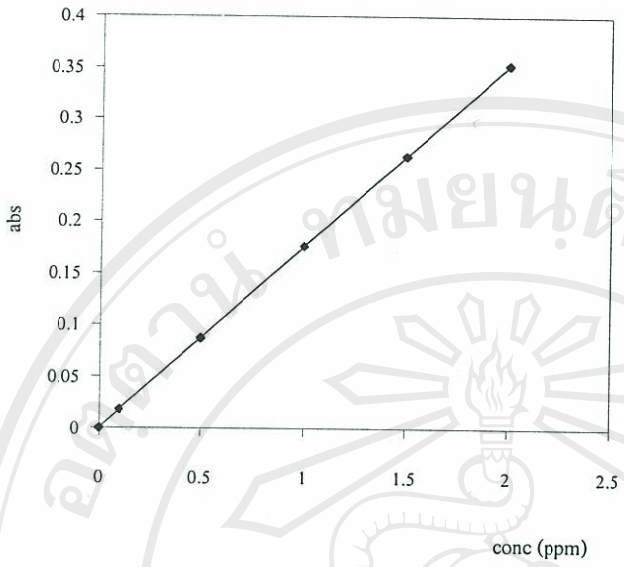
2.3.3.3 การสร้าง calibration curve สำหรับการวัดปริมาตรโพแทสเซียม

นำสารละลาย KNO_3 ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียมได้จากตาราง 2.8 ทุกความเข้มข้น มาวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 766.5 nm จากความเข้มข้นน้อยไปหามาก ทำซ้ำ 3 ครั้งได้ค่าเฉลี่ย absorbance ดังตาราง 2.9 แล้วนำมา plot curve กับความเข้มข้น ได้ calibration curve ดังรูป 2.4

ตาราง 2.9 ค่า absorbanceของสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่ความยาวคลื่น 766.5 nm

ความเข้มข้นของ KNO_3 (ppm)	ค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 766.5 nm
0.10	0.018
0.50	0.087
1.00	0.176
1.50	0.263
2.00	0.353

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.4 calibration curve การดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน KNO_3 ที่ความยาวคลื่น 766.5nm

2.3.3.4 การวิเคราะห์หาปริมาณของโพแทสเซียม

นำสารตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.3.3.2 ไปวัดค่า absorbance ที่ความยาวคลื่น 766.5 nm โดยใช้ AAS บันทึกค่าที่วัดได้ ทำซ้ำ3 ครั้งได้ค่าเฉลี่ย absorbance ดังตาราง 2.10 นำมาหาปริมาณของโพแทสเซียม จาก calibration curve

ตาราง 2.10 ค่า absorbance และความเข้มข้นของ KNO_3

sample no.	average absorbance	ความเข้มข้นของ KNO_3จาก calibration curve (ppm)
GK	0.034	0.19
GK0	0.020	0.11
GK1	0.061	0.34
GK7	0.276	1.59
HK1	0.324	1.85
HK7	0.300	1.71

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.10 (ต่อ)

sample no.	average absorbance	ความเข้มข้นของ KNO_3จาก calibration curve (ppm)
IK1	0.275	1.68
IK7	0.254	1.52

ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณ KNO_3 ในดินที่ไม่มีปุ๋ยเคมี (GK)

จากการชะล้าง 1 วัน (GK) ค่า absorbance วัดได้ 0.034 และความเข้มข้นคือ 0.19 ppm เปลี่ยนจาก ppm ให้เป็นจำนวนกรัมจะได้ว่า

จากสารละลายตัวอย่างน้ำ 20 cm^3ทำให้เป็น 50 cm^3นำสารละลายนี้มา 2 cm^3ทำให้เป็น 50cm^3

$\therefore$ สารละลายตัวอย่าง 20 cm^3 $= \frac{50\times50}{2} = 1250$ cm^3 ในการใช้หา absorbance

ปริมาณ KNO_3 ที่ถูกชะล้าง $= \frac{0.19}{10^6}\times1250$ g

$= 2.37\times10^{-4}$ g

จากการชะล้าง 7 วัน (GK0) วัดค่า absorbance ได้ 0.020 และความเข้มข้นคือ 0.11 ppm เปลี่ยนจาก ppm ให้เป็นจำนวนกรัมจะได้ว่า

ปริมาณ KNO_3 ที่ถูกชะล้าง $= \frac{0.11}{10^6}\times1250$ g

$= 1.37\times10^{-4}$ g

การคำนวณหาปริมาณการดูดซับของ KNO_3ในดินของ GK1

ปริมาณของ KNO_3 ที่ถูกชะล้างในดิน GK1 $= \frac{0.34}{10^6}\times1250$ g

$= 4.25\times10^{-4}$ g

ปริมาณของ KNO_3 ในดินที่ถูกชะล้างที่ไม่ใส่สารอื่น ๆ $= 2.37\times10^{-4}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KNO_3ที่ใส่ในดินและที่ถูกชะล้าง $= 4.25\times10^{-4} - 2.37\times10^{-4}$ g

$= 1.88\times10^{-4}$ g

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใส่ KNO_3 เข้าไปผสมในดิน(GK1) $= 6.50\times10^{-3}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KNO_3 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (GK1) $= 6.50\times10^{-3} - 1.88\times10^{-4}$ g

$= 6.31\times10^{-3}$ g

ปริมาณของ KNO_3ที่ถูกดูดซับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $= \frac{6.31\times10^{-3}}{6.50\times10^{-3}}\times100$

$= 97.12$ %

การคำนวณหาปริมาณการดูดซับของ KNO_3ในดินของ GK7

ปริมาณของ KNO_3 ที่ถูกชะล้างในดิน GK7 $= \frac{1.59}{10^6}\times1250$ g

$= 1.98\times10^{-3}$ g

ปริมาณของ KNO_3 ในดินที่ถูกชะล้างที่ไม่ใส่สารอื่น ๆ $= 1.37\times10^{-4}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KNO_3ที่ใส่ในดินและที่ถูกชะล้าง $= 1.98\times10^{-3} - 1.37\times10^{-4}$ g

$= 1.85\times10^{-3}$ g

ใส่ KNO_3 ที่เหลืออยู่ในดินจาก GK1 $= 6.31\times10^{-3}$ g

$\therefore$ ปริมาณของ KNO_3 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (GK7) $= 6.31\times10^{-3} - 1.85\times10^{-3}$ g

$= 4.46\times10^{-3}$ g

ปริมาณของ KNO_3ที่ถูกดูดซับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ $= \frac{4.46\times10^{-3}}{6.31\times10^{-3}}\times100$

$= 70.68$ % ของวันที่ 1

เพราะฉะนั้นปริมาณ KNO_3 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (GK1) = 97.12 %

ปริมาณ KNO_3 ที่ถูกดูดซับอยู่ในดิน (GK7) = 70.68 % ของวันที่ 1

ส่วน HK1, HK7, IK1, และIK7 คำนวณเช่นเดียวกันกับ GK1 และ GK7 ตามลำดับได้เปอร์เซ็นต์การดูดซับของ KNO_3 ในดินผสมต่าง ๆ ดังตาราง 2.11

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.11 เปอร์เซ็นต์การดูดซับ KNO_3 ในดินผสม

sample no.	% การดูดซับของ KNO_3
GK1	97.12
GK7	70.68
HK1	68.15
HK7	54.85
IK1	71.38
IK7	62.06

2.4 การทดสอบผลของซีโอไลต์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.4.1 การเตรียมสารที่จะใช้ทดสอบ

สารที่ต้องการทดสอบเตรียมให้มีความเข้มข้น 5000 ppm (0.5%) และ 2500 ppm (0.25%) ปริมาตร 100 cm^3 โดยใช้สารที่จะทดสอบอย่างละ 0.5 กรัม และ 0.25 กรัม ตามลำดับ ละลายใน acetone 10 cm^3 ก่อนแล้วจึงหยดลงในน้ำกลั่นที่มีน้ำยาล้างจาน(ซัลไลซ์) 2 % 5 cm^3 เพื่อลดแรงตึงผิวปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 cm^3 สำหรับสารละลายที่ใช้เป็นตัวควบคุม (control) เตรียมโดยเติม acetone 10 cm^3 ลงในน้ำกลั่นที่มีน้ำยาล้างจาน(ซัลไลซ์) 2 % 5 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 cm^3 สารที่ใช้ทดสอบมีดังนี้

1. sodium chlorate
2. potassium iodate
3. paraquat dichloride
4. potassium chlorate
5. glyphosate(roundup)
6. glyphosate-trimesium (sulphosate หรือ touchdown)
7. 1,2,4-triazole
8. potassium permanganate
9. succinamide
10. sodium chloride
11. calcium hypochlorite
12. indole acetic acid

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

13. zeatin*

14. potassium nitrate

15. hydrogen peroxide

16. 4-nitrotoluene

17. 6-furfurylaminopurine*

18. paclobutrazol*

19. nitrobenzene

20. trans-zeatin riboside* 21. gibberellic acid*

หมายเหตุ *เตรียมโดยใช้ความเข้มข้น 5×10^{-2} ppm

2.4.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์และการควบคุมสภาวะแวดล้อม

แช่เมล็ดถั่วเขียวใน sodium hypochlorite solution เพื่อฆ่าเชื้อที่ผิว(surface sterilization) ประมาณ 5-10 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง แล้วจึงแช่ในน้ำกลั่น โดยแช่ให้เมล็ดถั่วเขียวปิ่มน้ำ เพื่อให้เมล็ดได้รับออกซิเจนเป็นเวลา 12 ชม. ถั่วเขียวจะแทงรากออกมา แล้ววางเมล็ดถั่วเขียวที่งอกลงในถุงซึ่งบรรจุแกลบดำ ถุงละ 3 เม็ด และกลบด้วยแกลบดำหนาประมาณ 1 ซม. รดด้วยสารละลายที่ต้องการทดสอบ แล้วปล่อยให้เจริญเติบโต โดยให้ถูกแสงเฉลี่ยวันละ 3 ชม. และรดน้ำทุกวันในปริมาตรเท่าๆกันโดย 3 วันแรก ปริมาตร 50 cm^3 และ 4 วันที่เหลือปริมาตร 75 cm^3

2.4.3 การเตรียมแกลบดำ ปุ๋ยวิทยาศาสตร์และ/หรือปุ๋ยคอกผสมกับซีโอไลต์

ใช้ถุงดำขนาด 3 x 5 นิ้ว สูง 12 ซม. เจาะรูด้านล่าง บรรจุแกลบดำประมาณ 2 ใน 3 ของขนาดถุง การผสมอัตราส่วนต่าง ๆ คลุกให้เข้ากันก่อนที่จะบรรจุลงในถุง โดยแต่ละชุดปลูก 3 ถุง ถุงละ 3 เม็ด รวม 9 เม็ด การให้ชื่อแต่ละชุดด้วยสัญลักษณ์แสดงในตาราง 2.12 – ตาราง 2.18

ตาราง 2.12 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ (ปลูกครั้งที่1)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
A	control
B1	sodium chlorate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
B2	sodium chlorate 5000 ppm
C1	potassium iodate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
C2	potassium iodate 5000 ppm
D1	paraquat dichloride 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
D2	paraquat dichloride 5000 ppm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.13 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่าง ๆ (ปลูกครั้งที่ 2)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
E	control
F1	potassium chlorate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
F2	potassium chlorate 5000 ppm
G1	glyphosate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
G2	glyphosate 5000 ppm
H1	glyphosate-trimesium 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
H2	glyphosate-trimesium 5000 ppm
I1	1,2,4-triazole 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
I2	1,2,4-triazole 5000 ppm
J1	potassium permanganate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
J2	potassium permanganate 5000 ppm
K1	succinamide 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
K2	succinamide 5000 ppm
L1	sodium chlorate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
L2	sodium chlorate 5000 ppm
M1	calcium hypochlorite 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
M2	calcium hypochlorite 5000 ppm
N1	indole acetic acid 5×10^{-2} ppm + zeolite 5.00 กรัม
N2	indole acetic acid 5×10^{-2} ppm
O1	zeatin 5×10^{-2} ppm + zeolite 5.00 กรัม
O2	zeatin 5×10^{-2} ppm
P1	potassium nitrate 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
P2	potassium nitrate 5000 ppm
Q1	hydrogen peroxide 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
Q2	hydrogen peroxide 5000 ppm
R1	4-nitrotoluene 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
R2	4-nitrotoluene 5000 ppm

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.13 (ต่อ)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
S1	6-furfurylaminopurine 5 x 10^{-2} ppm + zeolite 5.00 กรัม
S2	6-furfurylaminopurine 5 x 10^{-2} ppm
T1	paclobutrazol 5 x 10^{-2} ppm + zeolite 5.00 กรัม
T2	paclobutrazol 5 x 10^{-2} ppm
U1	nitrobezene 5000 ppm + zeolite 5.00 กรัม
U2	nitrobezene 5000 ppm

ตาราง 2.14 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่าง ๆ (ปลูกครั้งที่3)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
V	control + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์* 5.00 กรัม
W1	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 5.00 กรัม + zeolite5.00 กรัม
W2	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 5.00 กรัม
X1	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 5.00 กรัม + zeolite5.00 กรัม
X2	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 5.00 กรัม

*ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ที่ใช้ คือ ปุ๋ย N P K สูตร 15 : 15 : 15

ตาราง 2.15 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ (ปลูกครั้งที่ 4)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
Y	control : อัตราส่วนของปุ๋ยคอก ต่อ แกลบดำ = 1 : 2
Z1	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 2 + zeolite 5.00 กรัม
Z2	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 2
Z3	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 2 + zeolite 5.00 กรัม
Z4	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.16 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ (ปลูกครั้งที่ 4)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
AA	control : อัตราส่วนของปุ๋ยคอก ต่อ แกลบดำ = 1 : 3
AB1	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 3 + zeolite 5.00 กรัม
AB2	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 3
AB3	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 3 + zeolite 5.00 กรัม
AB4	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 3

ตาราง 2.17 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ (ปลูกครั้งที่ 4)

สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
BB	control : อัตราส่วนของปุ๋ยคอก ต่อ แกลบดำ = 1 : 4
BC1	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 4 + zeolite 5.00 กรัม
BC2	potassium chlorate 5000 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 4
BC3	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 4 + zeolite 5.00 กรัม
BC4	potassium chlorate 2500 ppm + ปุ๋ยคอก : แกลบดำ = 1 : 4

ตาราง 2.18 สัญลักษณ์ของสาร growth inhibitor และส่วนผสมต่าง ๆ (ปลูกครั้งที่5)

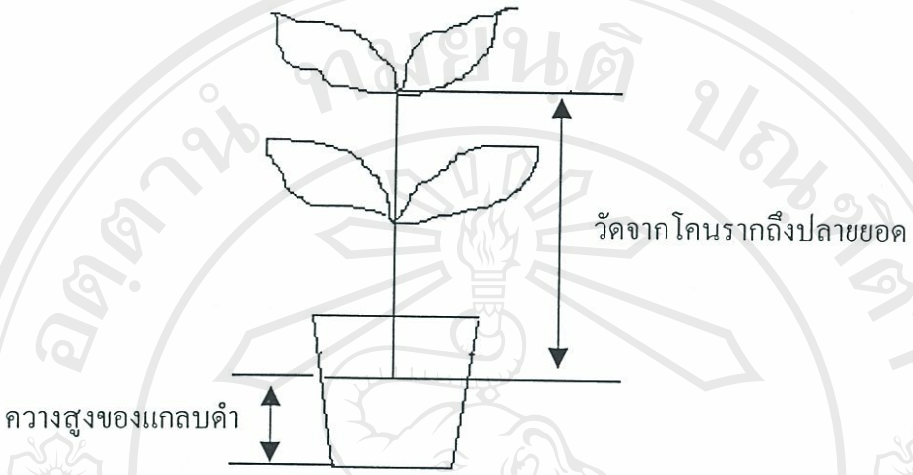
สัญลักษณ์	growth inhibitor และส่วนผสมต่างๆ
CC	control
CD1	trans-zeatin riboside 5 x 10^{-2} ppm + zeolite 5.00 กรัม
CD2	trans-zeatin riboside 5 x 10^{-2} ppm
CD3	gibberellic acid 5 x 10^{-2} ppm + zeolite 5.00 กรัม
CD4	gibberellic acid 5 x 10^{-2} ppm

2.4.4 การวัดผล

ในการศึกษานี้เป็นการศึกษาแบบ specific organ eassay โดยวัดความยาวของลำต้นตั้งแต่โคนรากจนถึงปลายยอด ดังรูป 2.5 ทุกวันหลังการเพาะเป็นเวลา 5-7 วัน ซึ่งในลักษณะเช่นนี้ จะมีความจำเพาะในการศึกษาอิทธิพลของสารที่ต้องการทดสอบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว และในการทดลองเพาะต้นถั่วเขียวเป็นถุง ถุงละ 3 เม็ด รวมทั้งหมด 9 เม็ด (สามถุง) วัดความยาวและหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบกับ control (สามถุง ถุงละสามเม็ด) ในกรณีที่สารที่ต้องการทดสอบเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ฮอร์โมน หลังจากที่ครบ 7 วันแล้วถอนมาชั่งน้ำหนักด้วย ในการเพาะต้นกล้าถั่วเขียว ไม่สามารถทำภายในครั้งเดียวกันได้ ดังนั้นจึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้



รูป 2.5 การวัดความยาวของต้นถั่วเขียว

การคำนวณ %การชะลอการเจริญเติบโตและ %การเร่งการเจริญเติบโต

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การชะลอการเจริญเติบโต และ เปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโต หาโดยนำความยาวต้นถั่วเขียวในวันที่ 7 มาคิด

$$\%\text{การชะลอการเจริญเติบโต} = \frac{\text{ความยาวของ control} - \text{ความยาวที่วัดได้}}{\text{ความยาวของ control}} \times 100$$

$$\%\text{การเจริญเติบโต} = \frac{\text{ความยาวที่วัดได้} - \text{ความยาวของ control}}{\text{ความยาวของ control}} \times 100$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 ผลของสารต่อการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียว

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	A	1	0.81	1.28	0.98	0.83	0.67	1.30	1.28	1.30	1.50	1.10
		2	1.48	1.79	1.92	1.45	1.34	1.78	2.15	2.20	2.36	1.83
		3	2.46	2.86	2.94	2.43	2.42	2.85	3.12	3.15	3.35	2.84
		4	3.55	3.82	4.07	3.53	3.69	4.05	4.07	4.10	4.59	3.94
		5	4.70	5.02	5.35	4.72	5.14	5.53	5.25	5.28	5.87	5.20
		6	5.90	6.45	7.00	5.87	6.68	7.15	6.65	6.67	7.85	6.70
		7	7.25	7.57	8.85	7.25	8.40	9.10	7.84	7.90	10.04	8.24
2	B1	1	0.25	ตาย	0.34	0.30	0.62	0.36	0.56	0.27	0.28	0.33
		2	0.30	„	0.52	0.48	0.75	0.57	0.85	0.56	0.58	0.51
		3	0.65	„	0.75	0.82	0.99	0.89	1.00	0.70	0.72	0.72
		4	0.95	„	1.00	1.05	1.27	1.12	1.37	0.86	0.85	0.94
		5	1.09	„	1.15	1.10	1.57	1.35	1.52	1.08	1.08	1.10
		6	1.15	„	1.35	1.22	1.85	1.62	1.84	1.18	1.17	1.26
		7	1.20	„	1.72	1.40	2.20	1.82	2.00	1.30	1.30	1.44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	B2	1	0.52	ตาย	0.52	ตาย	ตาย	0.62	ตาย	ตาย	0.23	0.21
		2	0.78	,,	0.75	,,	,,	0.95	,,	,,	0.38	0.32
		3	0.96	,,	0.95	,,	,,	1.18	,,	,,	0.65	0.42
		4	1.25	,,	1.23	,,	,,	1.42	,,	,,	0.72	0.52
		5	1.47	,,	1.46	,,	,,	2.10	,,	,,	0.80	0.65
		6	1.78	,,	1.76	,,	,,	3.07	,,	,,	0.90	0.83
		7	2.00	,,	2.00	,,	,,	4.20	,,	,,	1.00	1.02
4	C1	1	ตาย	ตาย	ตาย	0.38	ตาย	0.42	ตาย	ตาย	ตาย	0.080
		2	,,	,,	,,	0.50	,,	0.75	,,	,,	,,	0.14
		3	,,	,,	,,	0.72	,,	0.88	,,	,,	,,	0.18
		4	,,	,,	,,	0.99	,,	1.18	,,	,,	,,	0.24
		5	,,	,,	,,	1.10	,,	1.42	,,	,,	,,	0.28
		6	,,	,,	,,	1.19	,,	1.70	,,	,,	,,	0.32
		7	,,	,,	,,	1.30	,,	1.92	,,	,,	,,	0.36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	C2	1	0.40	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	0.43	0.60	1.50	0.19
		2	0.52	,,	,,	,,	,,	,,	0.47	0.85	2.36	0.24
		3	0.72	,,	,,	,,	,,	,,	0.50	1.10	3.35	0.30
		4	0.85	,,	,,	,,	,,	,,	0.54	1.25	4.59	0.34
		5	1.10	,,	,,	,,	,,	,,	0.60	1.48	5.87	0.40
		6	1.22	,,	,,	,,	,,	,,	0.70	1.70	7.85	0.45
		7	1.40	,,	,,	,,	,,	,,	0.75	2.10	10.04	0.52
6	D1	1	0.40	0.52	0.68	0.88	0.58	0.18	0.32	0.25	0.26	0.45
		2	0.55	0.76	0.85	1.56	0.66	0.20	0.55	0.32	0.30	0.64
		3	0.75	0.95	1.15	2.53	0.73	0.22	0.90	0.45	0.35	0.89
		4	0.96	1.24	1.37	3.70	0.84	0.23	1.80	0.98	0.40	1.28
		5	1.14	1.45	1.75	5.12	2.29	0.23	2.78	1.42	0.45	1.85
		6	1.34	1.76	2.15	7.15	3.79	0.24	3.76	2.40	0.65	2.58
		7	1.40	2.00	2.60	9.40	5.20	0.25	4.78	3.42	1.05	3.34

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
7	D2	1	0.35	0.10	0.38	ตาย	0.52	ตาย	0.30	0.31	ตาย	0.22
		2	0.39	0.15	0.40	,,	0.61	,,	0.32	0.33	,,	0.24
		3	0.54	0.24	0.43	,,	0.82	,,	0.46	0.47	,,	0.33
		4	0.72	0.39	0.46	,,	1.20	,,	0.58	0.57	,,	0.44
		5	0.97	0.57	0.48	,,	1.68	,,	0.78	0.76	,,	0.58
		6	1.37	0.80	0.51	,,	2.25	,,	1.08	1.08	,,	0.79
		7	1.80	1.05	0.55	,,	2.80	,,	1.50	1.52	,,	1.02

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	E	1	ตาย	0.47	0.46	0.45	0.14	0.28	1.26	0.58	1.36	0.56
		2	„	1.13	1.12	1.10	0.35	0.36	1.73	1.43	1.90	1.01
		3	„	1.82	1.81	1.82	0.55	0.45	2.80	2.31	2.98	1.62
		4	„	2.57	2.55	2.56	0.82	0.56	4.52	3.25	4.23	2.34
		5	„	3.45	3.43	3.43	1.12	0.73	5.30	4.35	5.70	3.05
		6	„	4.62	4.62	4.60	1.46	0.94	6.83	5.80	7.32	4.02
		7	„	5.85	5.85	5.84	1.86	1.57	8.78	7.36	9.28	5.15
2	F1	1	0.31	0.57	0.66	0.60	0.58	0.73	0.65	0.52	0.48	0.56
		2	0.62	1.12	1.16	076	0.66	1.34	1.15	1.05	1.15	1.00
		3	0.86	1.80	1.87	1.10	0.74	2.18	1.80	1.70	1.82	1.54
		4	1.10	2.10	2.25	1.75	0.95	2.70	2.04	2.07	2.34	1.92
		5	1.58	2.76	2.92	2.32	0.13	3.24	2.62	2.38	2.78	2.42
		6	2.12	3.02	3.28	2.90	1.78	3.80	3.26	3.12	3.15	2.93
		7	2.75	4.62	4.82	3.56	2.54	4.25	4.02	3.78	3.95	3.81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	F2	1	0.50	0.66	0.58	ตาย	0.60	0.54	0.72	0.70	0.80	0.56
		2	0.98	1.15	0.67	,,	1.20	1.05	1.27	1.32	1.40	1.00
		3	1.60	1.82	0.72	,,	1.95	1.74	2.04	2.12	2.25	1.58
		4	2.20	2.42	075	,,	2.16	2.32	2.45	2.68	2.72	1.96
		5	2.86	2.92	1.23	,,	2.76	2.95	3.15	3.26	3.06	2.46
		6	3.26	3.42	1.67	,,	3.20	3.28	3.72	3.78	3.36	2.83
		7	3.82	4.02	2.17	,,	3.56	3.60	4.26	4.30	4.18	3.32
4	G1	1	0.36	0.15	ตาย	ตาย	0.50	0.45	ตาย	0.20	ตาย	0.18
		2	0.42	0.20	,,	,,	0.57	0.52	,,	0.25	,,	0.22
		3	0.50	0.26	,,	,,	0.70	0.63	,,	0.27	,,	0.26
		4	0.60	0.30	,,	,,	0.83	0.75	,,	0.27	,,	0.30
		5	0.72	0.35	,,	,,	1.00	0.97	,,	0.29	,,	0.36
		6	0.85	0.45	,,	,,	1.20	1.06	,,	0.29	,,	0.43
		7	1.00	0.52	,,	,,	1.38	1.25	,,	0.30	,,	0.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของจุ้นกล้วยถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	G2	1	0.13	0.20	ตาย	ตาย	ตาย	0.18	ตาย	ตาย	0.17	0.075
		2	0.17	0.20	,,	,,	,,	0.20	,,	,,	0.20	0.085
		3	0.23	0.21	,,	,,	,,	0.24	,,	,,	0.23	0.10
		4	0.26	0.22	,,	,,	,,	0.24	,,	,,	0.25	0.11
		5	0.30	0.23	,,	,,	,,	0.26	,,	,,	0.27	0.12
		6	0.38	0.24	,,	,,	,,	0.27	,,	,,	0.28	0.13
		7	0.45	0.25	,,	,,	,,	0.30	,,	,,	0.30	0.14
6	H1	1	0.17	ตาย	ตาย	0.15	0.28	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	0.066
		2	0.20	,,	,,	0.16	0.37	,,	,,	,,	,,	0.081
		3	0.24	,,	,,	0.16	0.50	,,	,,	,,	,,	0.10
		4	0.26	,,	,,	0.17	0.61	,,	,,	,,	,,	0.12
		5	0.28	,,	,,	0.18	0.72	,,	,,	,,	,,	0.13
		6	0.28	,,	,,	0.18	0.87	,,	,,	,,	,,	0.15
		7	0.30	,,	,,	0.20	1.05	,,	,,	,,	,,	0.17

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เลขทะเบียน.....เลขหมู่.....
สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ว
549.6
©1127

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
7	H2	1	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	0.25	ตาย	0.24	0.40	ตาย	0.098
		2	,,	,,	,,	,,	0.36	,,	0.26	0.43	,,	0.12
		3	,,	,,	,,	,,	0.48	,,	0.37	0.62	,,	0.16
		4	,,	,,	,,	,,	0.60	,,	0.47	0.80	,,	0.21
		5	,,	,,	,,	,,	0.72	,,	0.63	1.10	,,	0.27
		6	,,	,,	,,	,,	0.87	,,	0.87	1.53	,,	0.36
		7	,,	,,	,,	,,	1.00	,,	1.22	2.14	,,	0.48
8	I1	1	0.47	0.15	0.17	0.47	0.42	0.45	0.17	0.65	0.26	0.35
		2	0.94	0.18	0.44	1.23	1.15	1.10	0.44	1.19	0.67	0.82
		3	1.53	0.25	0.70	1.94	1.84	1.80	0.72	1.86	1.10	1.30
		4	2.34	0.30	1.04	2.87	2.72	2.54	1.06	2.90	1.60	1.88
		5	3.40	0.34	1.42	3.93	3.75	3.41	1.44	3.92	2.20	2.64
		6	4.68	0.44	1.85	5.12	4.92	4.52	1.88	5.58	2.84	3.54
		7	6.05	0.52	2.36	6.55	6.27	5.78	2.40	7.32	3.65	4.54

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
9	I2	1	0.32	0.23	0.38	0.24	0.40	ตาย	0.24	ตาย	ตาย	0.17
		2	0.34	0.25	0.42	0.26	0.97	,,	0.60	,,	,,	0.24
		3	0.48	0.36	0.58	0.37	1.58	,,	1.00	,,	,,	0.48
		4	0.64	0.45	0.77	0.48	2.23	,,	1.45	,,	,,	0.67
		5	0.87	0.62	1.04	0.64	3.00	,,	1.98	,,	,,	0.91
		6	1.23	0.88	1.45	0.90	4.01	,,	2.57	,,	,,	1.23
		7	1.72	1.20	2.05	1.24	5.06	,,	3.27	,,	,,	1.62
10	J1	1	0.75	0.46	0.50	0.80	0.80	0.88	0.78	0.69	0.70	0.71
		2	0.95	0.93	0.98	1.40	1.40	1.54	1.37	0.88	0.92	1.15
		3	1.38	1.30	1.62	2.25	2.23	2.48	2.20	1.28	1.35	1.78
		4	3.07	1.90	2.44	3.42	3.42	3.80	3.36	2.85	2.98	3.03
		5	4.47	2.72	3.53	4.95	4.93	5.45	4.86	4.42	4.75	4.45
		6	7.56	3.74	4.38	6.82	6.80	7.54	6.72	7.01	7.55	6.44
		7	10.85	4.82	6.28	8.81	8.73	9.68	8.65	10.07	10.72	8.73

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
11	J2	1	0.28	ตาย	0.36	ตาย	ตาย	0.42	0.20	ตาย	0.82	0.23
		2	0.33	,,	0.40	,,	,,	0.54	0.28	,,	1.46	0.33
		3	0.39	,,	0.55	,,	,,	0.71	0.36	,,	2.36	0.48
		4	0.44	,,	0.72	,,	,,	0.92	0.47	,,	3.51	0.67
		5	0.50	,,	0.98	,,	,,	1.27	0.66	,,	5.24	0.96
		6	0.82	,,	1.40	,,	,,	1.63	0.86	,,	7.23	1.33
		7	1.20	,,	1.85	,,	,,	2.02	1.07	,,	9.32	1.72
12	K1	1	0.22	0.22	0.78	0.15	0.13	0.38	0.52	ตาย	0.82	0.36
		2	0.38	0.24	1.39	0.18	0.24	0.77	0.58	,,	1.45	0.58
		3	0.54	0.38	2.28	0.21	0.38	1.07	0.65	,,	2.36	0.87
		4	0.78	0.54	3.40	0.22	0.54	1.58	0.76	,,	3.52	1.26
		5	1.14	0.77	5.10	0.23	0.77	2.27	2.01	,,	5.25	1.95
		6	1.57	1.13	7.03	0.24	1.14	3.13	3.32	,,	7.24	2.76
		7	2.05	1.62	9.08	0.25	1.63	4.06	4.65	,,	9.35	3.63

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
13	K2	1	ตาย	0.13	0.10	0.10	ตาย	ตาย	ตาย	0.13	ตาย	0.051
		2	,,	0.25	0.18	0.14	,,	,,	,,	0.26	,,	0.092
		3	,,	0.40	0.28	0.22	,,	,,	,,	0.42	,,	0.15
		4	,,	0.56	0.40	0.30	,,	,,	,,	0.58	,,	0.20
		5	,,	0.81	0.58	0.45	,,	,,	,,	0.84	,,	0.30
		6	,,	1.20	0.88	0.70	,,	,,	,,	1.27	,,	0.45
		7	,,	1.72	1.26	1.00	,,	,,	,,	1.82	,,	0.64
14	L1	1	0.49	0.74	0.72	0.35	0.82	0.65	0.72	0.60	1.38	0.72
		2	1.15	1.28	1.25	0.65	1.43	1.10	1.24	1.16	2.36	1.29
		3	1.83	2.06	2.04	1.04	2.28	1.80	2.02	1.92	3.38	2.04
		4	2.57	3.07	3.05	1.55	3.45	2.70	3.03	2.90	4.50	2.98
		5	3.46	4.52	4.51	2.24	4.92	3.85	4.49	4.20	5.78	4.22
		6	4.70	6.20	6.17	3.12	6.85	5.32	6.16	5.22	7.43	5.68
		7	6.82	8.00	7.89	4.06	8.86	6.88	7.84	7.46	9.28	7.45

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
15	L2	1	0.16	0.12	0.48	0.41	0.73	0.58	0.27	0.18	0.92	0.43
		2	0.26	0.16	0.60	0.73	1.01	1.09	0.36	0.20	1.26	0.63
		3	0.39	0.18	0.82	1.25	1.54	1.69	0.56	0.42	1.68	0.95
		4	0.79	0.21	1.20	1.95	2.26	2.43	0.95	0.70	2.20	1.41
		5	1.64	0.23	1.68	2.93	3.20	3.36	1.91	1.19	2.92	2.12
		6	2.62	0.24	2.23	4.03	4.32	4.46	3.01	1.83	3.77	2.95
		7	3.64	0.26	2.80	5.35	5.62	5.74	4.26	2.68	4.85	3.91
16	M1	1	0.64	0.65	0.92	1.20	0.76	0.51	0.62	0.58	0.86	0.75
		2	1.50	1.52	1.66	2.10	1.33	1.20	1.18	0.73	2.00	1.47
		3	2.30	2.32	2.64	3.05	2.07	1.82	2.04	0.91	3.04	2.24
		4	3.40	3.40	3.78	4.18	2.89	2.66	3.28	1.13	4.50	3.25
		5	4.65	4.66	5.00	5.44	3.87	3.65	4.56	1.42	6.15	4.37
		6	5.97	5.95	6.30	6.84	5.03	4.67	5.92	1.83	7.92	5.60
		7	7.42	7.43	7.72	8.40	6.32	5.85	7.35	2.46	9.86	6.98

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
17	M2	1	0.35	1.02	0.88	0.94	0.26	-	0.62	0.60	0.54	0.58
		2	0.50	1.54	1.23	1.36	0.38	-	1.50	1.16	0.75	0.94
		3	0.71	2.32	1.59	2.03	0.54	0.32	2.32	2.00	1.20	1.45
		4	1.15	3.53	2.03	2.98	0.82	0.45	3.42	3.22	1.82	2.16
		5	1.77	5.15	3.38	4.43	1.14	0.63	4.66	4.48	3.17	3.20
		6	2.55	7.24	5.85	6.78	1.54	0.83	5.98	5.82	4.63	4.58
		7	3.36	9.76	8.42	9.44	2.03	1.07	7.43	7.25	6.57	6.15
18	N1	1	1.28	1.22	0.86	1.05	1.06	1.03	1.32	1.38	1.37	1.17
		2	2.23	2.12	1.60	1.73	1.75	1.77	2.28	2.32	2.32	2.01
		3	3.38	3.20	2.55	2.71	2.72	2.75	3.45	3.52	3.54	3.09
		4	4.80	4.57	3.90	4.00	4.02	4.08	4.92	4.98	5.00	4.47
		5	6.96	6.60	5.78	5.72	5.75	5.76	7.14	7.20	7.26	6.46
		6	9.16	8.70	7.73	7.74	7.75	7.78	9.42	9.56	9.60	8.60
		7	11.82	11.25	9.84	10.86	10.86	10.86	12.12	12.85	12.87	11.48

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
19	N2	1	1.30	1.15	1.00	1.14	0.61	1.24	0.15	0.42	1.04	0.89
		2	2.25	2.00	1.62	1.98	1.42	2.10	0.21	0.66	1.66	1.54
		3	3.40	3.18	2.64	3.15	2.38	3.15	0.36	1.15	2.64	2.45
		4	4.82	4.50	3.80	4.48	3.65	4.36	0.56	2.22	4.00	3.60
		5	6.95	6.52	5.45	6.48	5.69	6.82	0.78	3.80	6.02	5.39
		6	9.20	8.65	7.41	8.62	7.45	9.02	1.01	5.81	8.14	7.25
		7	12.05	11.07	10.36	11.04	9.54	11.62	1.35	8.06	10.74	9.54
20	O1	1	1.20	1.36	0.64	1.28	1.15	1.16	0.50	0.48	1.40	1.02
		2	2.20	2.22	1.20	2.04	1.92	1.95	0.80	0.76	2.30	1.71
		3	3.28	3.26	1.92	3.26	3.17	3.15	1.38	1.32	3.35	2.68
		4	4.68	4.68	2.94	4.95	4.85	4.86	2.65	2.57	4.63	4.09
		5	6.71	6.88	4.36	7.43	7.30	7.32	4.54	3.87	7.12	6.17
		6	8.82	9.02	5.84	10.05	9.72	9.75	6.98	6.15	10.31	8.52
		7	11.24	12.08	7.45	13.26	12.17	11.28	9.67	9.40	13.68	11.14

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
21	O2	1	1.30	0.80	0.98	1.03	1.03	1.02	1.04	0.38	1.00	0.95
		2	2.15	1.45	1.64	1.84	1.86	1.48	1.65	0.56	1.42	1.56
		3	3.32	2.40	2.46	3.10	3.14	2.20	2.64	0.80	2.38	2.50
		4	4.68	3.72	3.60	4.45	4.50	3.42	4.02	1.22	3.65	3.70
		5	6.85	5.50	5.06	6.46	6.54	5.10	6.00	1.70	5.56	5.42
		6	9.17	7.31	7.07	8.65	8.74	7.10	8.16	2.30	7.64	7.35
		7	12.02	9.27	10.48	11.03	11.05	9.26	10.64	3.05	9.86	9.62
22	P1	1	1.21	1.16	1.02	1.06	0.91	0.53	0.87	0.90	0.60	0.92
		2	2.20	2.00	1.78	1.85	1.60	0.78	1.82	1.60	1.46	1.67
		3	3.32	3.05	2.68	2.80	2.40	1.14	2.74	2.42	2.26	2.53
		4	4.76	4.36	3.82	3.98	3.44	1.72	3.92	3.42	3.32	3.64
		5	6.87	6.30	5.52	5.76	4.95	2.40	5.66	4.95	4.54	5.22
		6	9.08	8.30	7.28	7.60	6.54	3.25	7.45	6.52	5.83	6.87
		7	11.72	10.75	9.42	9.83	8.47	4.32	9.65	8.47	7.25	8.87

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
23	P2	1	0.72	ตาย	ตาย	0.55	0.37	ตาย	-	0.50	0.72	0.32
		2	1.28	,,	,,	0.96	0.65	,,	-	0.88	1.25	0.56
		3	2.10	,,	,,	1.55	1.04	,,	-	1.44	2.00	0.90
		4	3.08	,,	,,	2.30	1.56	,,	0.25	2.15	3.00	1.37
		5	4.50	,,	,,	3.40	2.30	,,	0.29	3.17	4.41	2.01
		6	6.25	,,	,,	4.68	3.15	,,	0.32	4.35	6.06	2.76
		7	8.01	,,	,,	6.04	4.07	,,	0.34	5.62	7.82	3.54
24	Q1	1	0.80	0.57	1.22	1.12	1.15	0.90	0.36	0.86	0.74	0.86
		2	1.42	1.00	2.15	1.95	2.00	1.60	0.62	1.52	1.30	1.51
		3	2.26	1.58	3.42	3.11	3.20	2.53	1.03	2.41	2.07	2.40
		4	3.42	2.43	5.18	4.72	4.84	3.82	1.54	3.64	3.12	3.63
		5	4.88	3.44	7.40	6.72	6.90	5.46	2.28	5.20	4.45	5.20
		6	6.82	4.80	10.30	9.37	9.62	7.62	3.13	6.23	6.23	7.12
		7	8.80	6.21	13.32	12.12	12.43	9.86	4.05	9.37	8.06	9.36

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
25	Q2	1	ตาย	0.97	0.60	1.05	ตาย	0.67	0.49	-	0.60	0.49
		2	,,	1.70	1.04	1.74	,,	1.22	0.85	-	1.07	0.85
		3	,,	2.57	1.70	2.70	,,	1.98	1.42	-	1.75	1.35
		4	,,	3.66	2.52	4.00	,,	2.90	2.12	-	2.60	1.98
		5	,,	5.29	3.73	5.70	,,	4.33	3.15	0.26	3.85	2.92
		6	,,	6.98	5.14	7.72	,,	5.98	4.32	0.44	5.29	3.98
		7	,,	9.04	6.64	10.71	,,	7.72	5.60	0.82	6.84	5.26
26	R1	1	1.05	-	1.00	1.16	0.90	1.15	1.16	1.10	0.86	0.93
		2	1.70	0.15	1.76	2.10	1.58	2.01	2.03	1.94	1.82	1.68
		3	2.72	0.27	2.80	3.18	2.52	3.05	3.24	3.09	2.70	2.62
		4	4.02	0.52	4.23	4.56	3.82	4.36	4.92	4.67	3.92	3.90
		5	5.73	0.84	6.04	6.58	5.47	6.30	7.00	6.67	5.66	5.59
		6	7.75	1.06	8.44	8.72	7.62	8.30	9.76	9.32	7.43	7.60
		7	10.62	1.24	10.92	11.24	9.86	10.74	12.62	12.07	9.62	9.88

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
27	R2	1	0.88	0.85	0.67	1.17	0.88	0.82	0.37	0.75	0.92	0.81
		2	1.58	1.52	1.20	2.10	1.56	1.80	0.49	1.37	1.96	1.51
		3	2.52	2.42	1.91	3.20	2.52	2.65	0.66	2.22	2.92	2.34
		4	3.80	3.68	2.90	4.56	3.80	3.90	0.88	3.25	4.23	3.44
		5	5.44	5.22	4.13	6.60	5.45	5.63	1.36	4.86	6.12	4.98
		6	7.62	7.30	5.78	8.72	7.60	7.44	1.87	6.72	8.03	6.79
		7	9.98	9.42	7.46	11.28	9.85	9.60	2.44	8.67	10.40	8.77
28	S1	1	0.82	0.83	0.82	1.05	0.67	0.23	0.98	0.91	0.86	0.80
		2	1.50	1.51	1.50	1.92	1.24	0.38	1.80	1.67	1.60	1.46
		3	2.38	2.40	2.38	3.06	1.97	0.65	2.85	2.65	2.54	2.32
		4	3.65	3.68	3.65	4.70	3.03	0.96	4.40	4.09	3.92	3.56
		5	5.18	5.23	5.18	6.67	4.30	1.44	6.22	5.80	5.56	5.06
		6	7.20	7.30	7.20	9.23	5.92	1.97	8.67	8.07	6.04	6.84
		7	9.40	9.52	9.41	12.10	7.82	2.56	11.32	10.54	10.12	9.20

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
29	S2	1	0.80	0.27	0.75	0.65	0.90	0.93	0.84	0.81	0.33	0.70
		2	1.50	0.44	1.42	1.20	1.70	1.71	1.57	1.52	0.55	1.30
		3	2.40	0.76	2.27	1.90	2.72	2.70	2.50	2.45	0.94	2.07
		4	3.68	1.13	3.48	2.95	4.15	4.16	3.86	3.76	1.40	3.17
		5	5.23	1.70	4.96	4.20	5.92	5.93	5.50	5.35	2.10	4.54
		6	7.30	2.32	6.92	5.75	8.24	8.25	7.66	7.45	2.86	6.31
		7	9.53	3.02	9.04	7.62	10.78	10.62	10.02	9.76	3.74	8.24
30	T1	1	1.00	0.25	0.96	1.12	0.87	0.81	0.73	0.74	0.75	0.80
		2	1.84	0.42	1.70	2.06	1.63	1.53	1.37	1.40	1.42	1.48
		3	2.92	0.72	2.73	3.27	2.60	2.47	2.22	2.25	2.27	2.37
		4	4.50	1.06	4.14	5.04	4.00	3.78	3.40	3.46	3.47	3.65
		5	6.38	1.60	5.90	7.15	5.70	5.40	4.85	4.94	4.95	5.21
		6	8.90	2.18	8.25	9.98	7.95	7.52	6.75	6.90	6.92	7.26
		7	11.62	2.84	10.77	13.04	10.42	9.86	8.85	9.02	9.04	9.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
31	T2	1	0.80	0.69	0.67	ตาย	0.50	ตาย	0.88	0.87	0.85	0.58
		2	1.51	1.31	1.31	,,	0.93	,,	1.67	1.65	1.66	1.12
		3	2.43	2.12	2.13	,,	1.50	,,	2.70	2.65	2.68	1.80
		4	3.74	3.22	3.22	,,	2.31	,,	4.15	4.08	4.12	2.76
		5	5.32	4.63	4.63	,,	3.30	,,	5.92	5.82	5.80	3.94
		6	7.41	6.43	6.42	,,	4.61	,,	8.28	8.14	8.13	5.50
		7	9.72	8.45	8.43	,,	6.03	,,	10.82	10.64	10.42	7.20
32	U1	1	0.93	0.80	0.78	-	0.74	0.79	0.98	0.93	0.98	0.77
		2	1.66	1.52	1.45	-	1.41	1.47	1.82	1.71	1.79	1.42
		3	2.67	2.44	2.30	0.26	2.25	2.34	2.90	2.70	2.83	2.30
		4	4.05	3.74	3.58	0.56	3.46	3.65	4.50	4.16	4.38	3.56
		5	5.77	5.33	5.07	1.05	4.92	5.18	6.38	5.93	6.24	5.10
		6	8.07	7.44	6.98	1.42	6.90	6.90	8.90	8.25	8.71	7.06
		7	10.54	9.72	9.26	1.95	9.02	9.45	11.62	10.64	11.25	9.27

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
33	U2	1	0.37	0.70	0.76	0.22	0.77	0.57	0.24	0.77	0.68	0.56
		2	0.62	1.33	1.44	0.36	1.44	1.08	0.27	1.32	1.36	1.02
		3	1.09	2.16	2.31	0.63	2.31	1.68	0.56	2.16	2.21	1.68
		4	1.57	3.28	3.54	0.94	3.57	2.41	0.94	3.25	3.38	2.54
		5	2.36	4.72	5.04	1.42	5.10	3.34	1.60	4.82	4.92	3.70
		6	3.23	6.55	7.04	1.93	7.12	4.42	2.47	6.61	6.76	5.12
		7	4.21	8.62	9.20	2.52	9.32	5.70	3.62	8.42	8.76	6.71

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	V	1	0.98	0.95	0.86	0.65	0.84	1.24	1.02	0.96	0.85	0.93
		2	3.40	2.95	2.21	1.78	3.82	3.57	3.41	1.86	2.84	3.65
		3	5.36	5.02	4.56	3.24	5.64	5.68	6.65	3.74	4.73	4.96
		4	7.02	6.18	5.38	4.54	6.72	8.90	7.12	5.02	5.62	6.27
		5	9.01	7.21	6.75	6.38	8.10	10.52	8.84	7.86	7.00	7.96
		6	9.50	8.95	7.80	7.57	8.63	10.75	9.25	8.10	7.57	8.68
		7	10.28	10.00	9.52	8.91	9.64	12.45	11.07	10.25	9.62	10.19
2	W1	1	0.51	ตาย	0.63	ตาย	0.28	ตาย	ตาย	0.43	ตาย	0.21
		2	1.28	,,	1.85	,,	1.45	,,	,,	1.18	,,	0.64
		3	2.45	,,	2.12	,,	1.78	,,	,,	2.34	,,	0.96
		4	3.65	,,	3.05	,,	3.15	,,	,,	3.42	,,	1.36
		5	5.11	,,	4.30	,,	2.65	,,	,,	4.75	,,	1.87
		6	5.72	,,	5.40	,,	3.00	,,	,,	5.12	,,	2.14
		7	6.50	,,	6.82	,,	3.12	,,	,,	6.07	,,	2.50

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	W2	1	0.47	0.36	ตาย	ตาย	ตาย	ตาย	0.35	ตาย	ตาย	0.13
		2	1.07	0.95	,,	,,	,,	,,	1.28	,,	,,	0.37
		3	2.54	1.27	,,	,,	,,	,,	3.12	,,	,,	0.77
		4	3.82	2.46	,,	,,	,,	,,	3.98	,,	,,	1.14
		5	4.02	3.65	,,	,,	,,	,,	4.62	,,	,,	1.36
		6	5.10	4.72	,,	,,	,,	,,	3.20	,,	,,	1.45
		7	6.20	5.12	,,	,,	,,	,,	3.62	,,	,,	1.66
4	X1	1	0.47	ตาย	0.48	ตาย	ตาย	0.50	0.42	0.49	0.62	0.33
		2	0.92	,,	1.02	,,	,,	1.20	2.10	1.02	1.42	0.85
		3	1.64	,,	1.83	,,	,,	2.76	3.52	1.96	2.10	1.50
		4	2.16	,,	3.78	,,	,,	3.82	4.05	3.68	3.00	2.07
		5	3.00	,,	3.42	,,	,,	4.15	4.82	3.52	3.92	2.54
		6	3.82	,,	4.00	,,	,,	5.27	3.50	4.12	4.54	2.80
		7	4.12	,,	4.48	,,	,,	6.30	3.85	4.58	5.60	3.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	X2	1	0.45	ตาย	ตาย	ตาย	0.20	0.32	ตาย	ตาย	0.43	0.16
		3	1.45	,,	,,	,,	0.95	0.90	,,	,,	1.27	0.50
		3	2.42	,,	,,	,,	1.22	1.30	,,	,,	2.20	0.79
		4	3.02	,,	,,	,,	1.52	1.55	,,	,,	2.87	1.00
		5	3.98	,,	,,	,,	1.75	1.86	,,	,,	3.75	1.26
		6	5.01	,,	,,	,,	2.00	2.12	,,	,,	4.82	1.55
		7	6.12	,,	,,	,,	2.50	2.50	,,	,,	6.02	1.86

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	Y	1	1.02	0.85	0.92	1.13	0.70	1.26	1.10	0.82	0.90	0.97
		2	2.28	1.98	2.18	2.34	1.78	2.76	2.45	1.88	2.15	2.20
		3	6.82	6.15	6.28	7.36	4.54	7.28	6.82	5.72	5.54	6.27
		4	9.04	8.72	7.76	9.62	6.38	8.92	9.02	8.62	7.86	8.44
		5	9.28	9.45	7.95	10.28	7.58	9.05	9.64	8.79	8.00	8.90
		6	11.07	11.15	9.12	11.62	8.92	9.27	11.28	10.02	9.26	10.19
		7	12.15	12.25	10.57	12.65	9.25	10.05	12.00	10.85	10.01	11.08
2	Z1	1	0.87	0.68	1.25	0.86	1.10	1.24	0.62	1.12	1.10	0.98
		2	2.06	1.78	2.78	2.05	2.36	2.75	1.72	3.36	2.35	2.24
		3	5.12	4.14	4.82	4.42	4.93	5.32	5.02	3.62	5.47	4.76
		4	7.72	7.65	5.93	6.05	7.84	7.86	8.05	5.00	7.76	7.09
		5	8.44	8.65	5.95	6.24	8.26	7.98	8.56	5.10	7.85	7.45
		6	10.36	10.25	6.25	6.24	9.35	8.95	10.62	5.12	9.35	8.50
		7	11.27	11.15	8.95	8.92	10.20	9.15	10.98	7.28	10.10	9.77

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	Z2	1	0.62	0.45	0.84	0.72	0.48	0.45	0.46	0.47	0.45	0.55
		2	1.64	1.35	1.96	1.78	1.44	1.35	1.45	1.35	1.42	1.53
		3	5.32	2.26	3.44	4.54	4.02	2.48	2.02	3.51	1.57	3.13
		4	7.52	5.27	5.74	6.67	6.35	4.28	5.13	6.89	1.78	5.51
		5	7.82	6.53	5.78	7.82	7.60	4.52	6.22	7.05	1.80	6.13
		6	9.25	8.12	5.82	8.92	9.25	4.62	7.65	8.72	1.95	7.14
		7	10.15	9.36	6.28	9.20	10.15	5.78	8.02	9.25	3.04	7.79
4	Z3	1	1.20	0.40	1.16	1.18	1.22	1.45	1.38	1.28	1.15	1.16
		2	2.68	1.47	2.38	2.68	2.70	3.12	3.06	3.35	2.48	2.66
		3	3.44	3.86	6.06	7.72	5.46	8.62	8.54	8.90	8.48	6.79
		4	3.75	6.65	7.36	10.27	6.65	10.46	10.78	10.67	11.48	8.67
		5	3.90	6.70	7.40	10.56	6.65	10.68	10.85	10.95	11.52	8.80
		6	4.00	7.68	7.45	11.06	7.15	11.68	11.26	12.65	12.18	9.45
		7	4.25	8.15	8.00	11.15	7.85	12.07	11.92	13.26	12.86	9.94

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	Z4	1	0.38	0.70	1.25	1.12	0.83	1.42	0.24	1.08	0.35	0.82
		2	1.25	1.72	2.78	2.50	2.12	2.01	1.02	2.42	1.12	2.00
		3	3.32	4.04	5.81	7.12	5.62	7.12	1.32	6.38	1.80	4.72
		4	6.21	6.48	8.27	9.84	9.10	8.84	3.70	8.05	3.43	7.00
		5	6.25	7.15	8.35	10.02	9.75	9.25	6.45	9.05	3.25	7.72
		6	6.35	8.62	9.10	11.00	11.25	10.25	8.21	10.22	3.45	8.70
		7	6.95	9.15	10.02	11.35	11.72	10.32	8.52	10.76	4.12	9.21

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	AA	1	1.10	1.14	0.97	1.25	1.98	1.08	1.85	0.71	1.20	1.25
		2	2.42	2.50	2.20	3.28	2.85	2.36	2.78	1.75	3.00	2.57
		3	7.02	7.72	6.78	8.64	7.77	8.65	8.66	6.00	7.96	7.68
		4	9.46	9.75	9.72	11.03	10.76	10.74	11.12	10.25	10.15	10.33
		5	9.52	9.88	9.82	11.62	10.82	11.26	11.25	12.45	10.35	10.77
		6	10.24	10.45	11.12	12.52	11.67	12.24	13.04	14.65	11.06	11.88
		7	10.92	11.12	12.03	12.82	12.17	12.87	13.85	15.10	11.94	12.54
2	AB1	1	1.07	0.98	0.82	0.64	0.65	0.62	0.61	0.64	1.06	0.78
		2	2.36	2.24	1.98	1.24	1.52	1.50	1.52	1.42	2.28	1.78
		3	7.72	5.12	6.12	1.72	4.26	4.85	3.78	4.45	4.52	4.72
		4	9.40	8.04	6.21	3.95	4.56	6.82	4.52	4.67	7.75	6.21
		5	10.52	8.24	8.84	4.02	4.72	7.82	7.85	7.35	8.10	7.50
		6	12.36	8.24	8.92	4.18	4.72	9.25	9.82	8.45	9.05	8.33
		7	12.74	8.24	9.28	4.65	4.72	10.02	10.24	9.06	9.92	8.76

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	AB2	1	1.92	0.68	0.21	1.08	0.65	0.66	0.57	0.56	0.67	0.77
		2	2.72	1.624.5	0.65	2.36	1.28	1.64	1.34	1.42	1.62	1.63
		3	6.257.4	6	3.26	3.34	2.72	4.85	3.62	2.20	4.72	3.95
		4	8	5.38	5.10	3.40	3.15	4.95	3.95	2.48	5.42	4.59
		5	9.85	7.80	7.20	3.50	4.06	6.82	4.02	2.60	7.28	5.90
		6	11.32	9.42	8.51	3.82	6.23	6.92	4.12	2.75	7.75	6.76
		7	11.52	9.80	8.71	3.95	6.35	7.02	4.35	2.84	7.98	6.95
4	AB3	1	0.67	0.65	0.94	0.97	0.93	0.90	0.87	0.96	1.22	0.90
		2	1.78	1.76	2.20	2.36	2.18	2.18	2.10	2.32	2.67	2.17
		3	3.06	5.68	5.72	7.28	5.08	5.08	4.75	5.08	5.75	5.26
		4	3.62	7.95	7.86	9.35	6.65	6.65	6.07	7.65	7.88	7.23
		5	3.95	7.98	8.21	9.52	6.87	6.87	6.36	7.98	7.92	7.45
		6	4.12	8.02	8.54	9.95	7.05	7.05	8.05	7.99	8.35	7.83
		7	5.12	9.15	10.35	11.07	8.62	8.62	8.47	8.87	9.28	8.90

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 3			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	AB4	1	0.95	0.60	0.53	0.55	0.85	1.28	0.32	0.80	0.72	0.73
		2	1.24	1.35	2.10	3.92	1.02	5.62	1.80	4.82	2.45	2.70
		3	2.45	1.75	2.58	5.51	2.18	8.02	3.26	6.87	5.80	4.27
		4	3.26	2.10	3.18	5.62	3.24	8.15	4.85	6.95	6.03	4.82
		5	5.46	3.15	4.20	7.15	5.36	9.12	7.62	7.05	6.15	6.14
		6	6.52	4.28	4.62	7.18	6.42	9.20	7.96	7.18	6.28	6.63
		7	7.15	5.78	4.95	7.21	7.05	9.25	8.02	7.25	7.05	7.08

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	BB	1	1.07	1.03	0.43	0.78	0.71	1.06	1.02	0.70	1.00	0.86
		2	2.46	2.26	0.76	1.92	1.76	2.44	2.12	1.72	2.14	1.95
		3	6.62	7.02	1.26	7.26	2.74	6.45	7.72	4.73	5.50	5.47
		4	8.80	8.95	7.32	9.54	3.06	9.06	10.82	7.75	7.62	8.10
		5	9.05	9.00	8.04	10.05	3.25	9.15	11.65	7.95	7.65	8.42
		6	9.27	9.82	8.15	11.52	3.65	10.28	11.86	9.35	8.72	9.18
		7	9.90	10.20	8.45	12.06	4.02	10.68	12.15	9.72	8.95	9.57
2	BC1	1	0.65	0.82	0.73	0.83	0.54	1.26	1.05	1.03	0.53	0.83
		2	1.65	1.98	1.84	1.98	1.56	2.78	2.36	2.24	2.79	2.13
		3	5.20	4.26	4.31	3.92	3.21	7.06	6.04	5.07	5.72	4.97
		4	7.62	6.34	5.13	4.44	3.72	8.66	7.42	6.45	7.68	6.38
		5	7.82	6.42	5.20	5.54	3.80	8.75	7.45	6.52	7.82	6.59
		6	8.05	6.73	5.36	5.62	4.82	9.36	7.45	6.75	8.00	6.90
		7	8.65	7.12	5.78	6.14	5.30	9.74	7.95	7.32	8.65	7.40

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	BC2	1	0.70	0.71	0.38	0.63	0.42	0.72	0.74	0.35	0.32	0.55
		2	1.74	1.82	1.25	1.65	1.34	1.78	1.86	1.25	1.24	1.55
		3	4.32	4.61	2.63	2.45	4.05	3.47	2.10	2.70	2.72	3.23
		4	6.63	8.37	3.32	5.11	6.75	4.43	4.28	3.62	3.05	5.06
		5	7.82	9.01	3.40	5.72	7.00	4.50	5.35	3.75	3.62	5.57
		6	8.92	9.21	3.82	6.62	7.25	4.52	6.82	4.01	3.68	6.09
		7	9.25	9.78	4.17	6.90	7.56	4.52	7.10	4.60	4.02	6.43
4	BC3	1	0.82	1.05	1.06	1.03	1.03	0.98	1.30	1.27	1.25	1.08
		2	1.96	2.24	2.36	2.28	2.26	2.06	2.95	2.82	2.66	2.40
		3	2.00	4.32	5.72	6.41	3.72	4.70	6.85	4.37	5.38	4.83
		4	2.60	6.12	8.06	8.85	4.38	6.28	9.05	4.82	6.32	6.27
		5	2.85	6.72	8.75	9.06	4.40	6.30	9.28	4.90	6.85	6.56
		6	3.05	7.26	11.05	9.82	4.45	6.98	9.35	5.26	7.25	7.16
		7	3.35	7.42	11.35	9.95	4.45	6.98	9.48	5.38	7.25	7.29

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	BC4	1	0.32	0.33	0.80	0.83	0.73	1.02	0.35	1.25	0.75	0.71
		2	1.12	1.24	1.90	2.10	1.60	2.12	0.62	2.78	1.86	1.70
		3	1.21	3.33	4.28	7.20	4.06	6.35	1.60	3.20	3.42	3.85
		4	4.20	4.52	4.56	10.72	4.86	8.36	5.36	4.40	4.52	5.72
		5	5.32	5.44	4.60*	11.75	4.89	8.46	7.45	5.26	4.63	6.42
		6	6.82	5.46	4.60	13.20	5.01	9.22	8.42	7.26	5.20	7.24
		7	7.07	5.85	5.20	13.57	5.28	9.78	8.75	7.82	5.92	7.69

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1	CC	1	0.65	0.42	0.53	0.87	0.68	0.66	0.65	0.38	0.35	0.58
		2	1.43	1.27	1.35	1.72	1.50	1.64	1.48	0.95	0.98	1.37
		3	5.12	4.51	5.25	6.50	2.00	3.78	5.72	2.48	2.48	4.20
		4	8.82	9.00	9.35	10.03	2.52	8.36	10.43	8.26	6.50	8.14
		5	10.45	11.98	11.60	12.05	4.02	10.45	13.10	11.28	8.95	10.43
		6	11.58	14.28	12.85	13.12	4.52	11.38	14.23	13.75	11.20	11.87
		7	12.05	16.42	13.18	14.25	4.78	12.05	16.02	11.18	11.58	12.84
2	CD1	1	1.05	0.95	0.97	1.18	1.20	1.25	1.36	1.16	1.40	1.17
		2	2.15	1.87	1.96	2.22	2.37	2.40	2.80	2.25	2.98	2.33
		3	7.12	5.26	6.45	5.34	7.45	6.52	7.48	6.76	6.68	6.56
		4	9.78	8.85	9.45	11.15	8.05	10.28	10.78	10.30	8.86	9.72
		5	11.38	10.07	11.90	12.35	9.85	12.85	12.98	10.58	10.45	11.37
		6	12.10	13.78	14.65	14.78	10.72	15.20	14.68	13.86	13.10	13.65
		7	12.75	15.98	16.45	16.86	11.36	17.02	16.48	15.98	15.60	15.39

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
3	CD2	1	0.87	0.65	0.35	0.54	0.98	0.75	0.72	0.52	0.50	0.65
		2	1.72	1.63	1.20	1.54	1.87	1.71	1.68	1.28	1.02	1.52
		3	6.15	5.02	5.00	6.72	6.95	5.80	5.75	3.86	3.57	5.42
		4	9.20	8.15	9.20	10.82	7.85	9.40	10.98	9.04	7.47	9.12
		5	11.00	9.90	11.70	12.15	8.12	10.65	12.65	10.15	10.42	10.75
		6	12.00	13.28	14.12	14.05	8.95	12.67	13.95	13.56	12.87	12.83
		7	12.54	15.86	16.06	16.00	10.72	13.12	16.30	15.40	14.42	14.50
4	CD3	1	1.05	1.18	0.95	1.28	1.18	1.08	1.16	1.16	1.07	1.12
		2	2.15	2.53	1.83	2.42	2.38	2.24	2.36	2.30	2.18	2.26
		3	7.20	7.74	5.20	7.62	7.50	7.70	6.58	7.08	6.82	7.05
		4	9.72	9.95	9.06	9.96	9.85	9.72	10.28	10.85	9.62	9.90
		5	11.20	12.06	11.72	13.65	13.26	12.58	13.98	12.87	12.18	12.61
		6	11.78	15.12	12.87	14.08	13.70	13.90	15.72	13.10	12.60	13.65
		7	12.60	17.18	14.80	15.07	16.98	17.20	18.10	14.15	14.02	15.57

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.19 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	วันที่	ความยาวของต้นกล้าถั่วเขียว (ซม.)									เฉลี่ย (ซม.)
			ถุงที่ 1			ถุงที่ 2			ถุงที่ 3			
			ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
5	CD4	1	0.78	0.85	0.74	0.92	0.90	0.85	1.01	0.78	0.82	0.85
		2	1.43	1.75	1.62	1.80	1.65	1.58	2.18	1.70	1.72	1.71
		3	5.82	6.02	5.04	6.68	5.10	4.87	6.28	6.12	6.35	5.81
		4	8.95	9.12	8.05	7.48	6.36	7.15	9.98	9.86	9.32	8.52
		5	10.68	11.87	11.62	12.18	11.98	12.37	12.68	12.56	12.10	12.00
		6	11.86	14.85	12.80	13.72	13.51	13.89	14.48	12.98	12.51	13.40
		7	12.78	16.18	14.83	14.78	16.50	17.00	17.78	14.02	14.00	15.32

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.20 ผลของสารต่อการเร่งการเจริญเติบโตของต้นถั่วเขียวโดยใช้ฮอร์โมน

ลำดับที่	สาร	น้ำหนักของต้นกล้าถั่วเขียว (กรัม)									เฉลี่ย (กรัม)
		ถุงที่1			ถุงที่2			ถุงที่3			
		ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1.	E	-	0.32	0.34	0.32	0.22	0.18	0.39	0.36	0.42	0.28
2.	N1	1.38	1.25	1.05	1.40	1.44	1.45	1.34	1.42	1.39	1.35
3.	N2	1.19	1.15	1.12	1.01	0.92	1.18	0.26	0.78	0.99	0.96
4.	O1	0.89	0.97	0.72	1.42	1.28	1.16	0.93	0.82	1.52	1.08
5.	O2	0.65	0.42	0.82	1.00	0.96	1.01	0.91	0.87	0.36	0.78
6.	S1	0.87	0.80	1.20	1.22	1.42	0.99	0.89	1.13	0.43	0.99
7.	S2	0.78	1.25	0.74	0.36	0.43	0.58	1.11	0.64	0.21	0.68

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.20 (ต่อ)

ลำดับที่	สาร	น้ำหนักของต้นกล้าถั่วเขียว (กรัม)									เฉลี่ย (กรัม)
		ถุงที่1			ถุงที่2			ถุงที่3			
		ต้นที่1	ต้นที่2	ต้นที่3	ต้นที่4	ต้นที่5	ต้นที่6	ต้นที่7	ต้นที่8	ต้นที่9	
1.	CC	0.76	0.62	0.89	0.87	0.46	0.77	1.02	0.50	0.54	0.71
2.	CD1	0.84	0.74	0.70	0.75	0.81	1.04	0.54	0.89	0.45	0.75
3.	CD2	0.74	0.72	0.75	0.72	0.75	0.82	0.75	0.82	0.44	0.72
4.	CD3	0.86	0.80	0.86	0.82	0.97	0.95	0.80	0.91	0.80	0.86
5.	CD4	0.80	0.75	0.83	0.76	0.88	0.90	0.78	0.83	0.75	0.81

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากค่าเฉลี่ยความสูงวันที่ 7 คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การชะลอการเจริญเติบโตและเปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโตได้ผลดังตาราง 2.21

โดยสัญลักษณ์เรียงลำดับอักษร (A – CD4)

ตาราง 2.21 เปอร์เซ็นต์การชะลอและการเร่งการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเขียว

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
A	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เรียบ -เส้นกลางใบชัดเจน
B1	82.52	-รากแขนงเล็ก -ปลายรากเน่า	-เตี้ย	-เป็นจุด -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
B2	87.62	-รากแขนงเล็ก -ปลายรากเน่า	-เตี้ย	-เป็นจุด -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
C1	95.63	-รากแขนงเล็ก -ปลายรากเน่า	-เตี้ย	-เป็นจุด -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
C2	93.68	-รากเน่า	-เตี้ย	-ใบแห้ง
D1	59.46	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-เตี้ย -อ้วน	-เป็นจุด -ใบเรียบ -เส้นกลางใบชัดเจน
D2	87.62	-รากแขนงเล็ก	-เตี้ย -เล็ก	-เป็นคลื่นเล็กน้อย เส้นกลางใบไม่ชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
E	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน
F1	26.01	-รากแขนงปานกลาง -แข็งแรง	-สูง	- มีจุดสีน้ำตาล - ใบร่วง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
F2	35.53	-รากแขนงปานกลาง -ไม่ค่อยแข็งแรง	- สูง	- มีจุดสีน้ำตาล - ใบร่วง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
G1	90.29	-รากเน่า	-เตี้ย	- ไม่งอกใบ
G2	97.28	-รากเน่า	-เตี้ย	- ไม่งอกใบ
H1	96.69	- รากเน่า	- เตี้ย	- ไม่งอกใบ
H2	90.67	- รากเน่า	- เตี้ย	- ไม่งอกใบ
I1	11.84	- รากแขนงเล็ก	- สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - ใบแห้ง - เส้นกลางใบชัดเจน
I2	68.54	- รากแขนงเล็ก	- เตี้ย	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - ใบมีขนาดเล็ก - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
J1	69.51*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - ใบแห้ง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน

*เปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
J2	66.60	-รากแขนงเล็ก	- เตี้ย	- บางต้นตาย - ขอบใบแห้งเหี่ยว - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
K1	29.51	-รากแขนงเล็ก	- สูง	- ใบเล็กกลม - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน - บางต้นตาย
K2	87.57	-รากแขนงเล็ก	- เตี้ย	- ส่วนมากตาย -เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
L1	44.66*	-รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	-สูง	-เรียวเล็ก - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน
L2	24.07	- รากแขนงเล็ก	- เตี้ย	-ใบแห้ง - เป็นคลื่นมาก - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
M1	35.53*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
M2	19.41*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ปลายใบแห้ง - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน

*เปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
N1	122.9*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบใหญ่เรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
N2	85.24*	-รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบแห้งงอ - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน
O1	116.31*	-รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบใหญ่เรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
O2	86.79*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบใหญ่เรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
P1	72.23*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
P2	31.26	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	- เตี้ย	- ออกได้ระยะหนึ่งใบ เริ่มเหี่ยวแห้ง - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
Q1	81.74*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบเรียบเรียวยาว - เส้นกลางใบชัดเจน
Q2	2.13*	-รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย -ใบแห้ง

*เปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
R1	91.84*	- รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบยาวเรียวเรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
R2	70.29*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
S1	78.64*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบยาวเรียวเรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
S2	60.00*	-รากแขนงใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- เป็นคลื่นมาก - ขอบใบส่วนปลายใบงอเข้า
T1	84.46*	- รากใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบยาวเรียว - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน
T2	39.80*	- รากใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ขอบใบส่วนปลายแห้งงอเข้า - มีจุดสีน้ำตาลปนอยู่ - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
U1	80.00*	- รากใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบยาวเรียว - เป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน
U2	30.29*	- รากใหญ่ - แข็งแรง	- สูง	- ใบยาวเรียว - เป็นคลื่นเล็กน้อย - ขอบใบแห้งงอเข้ามา - เส้นกลางใบชัดเจน

*เปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
V	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบชัดเจน
W1	75.46	-รากแขนงขนาดปานกลาง -แข็งแรง	-สูงปานกลาง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -ใบร่วง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
W2	83.71	-รากแขนงเล็ก -แข็งแรง	-เตี้ย	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -ใบร่วง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
X1	68.49	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-เตี้ย	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -ใบร่วง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
X2	81.74	-รากแขนงปานกลาง -แข็งแรง	-สูงปานกลาง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -ใบร่วง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
Y	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นเรียบ -เส้นกลางใบชัดเจน
Z1	11.82	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
Z2	29.69	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
Z3	10.28	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นเล็กน้อย -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
Z4	16.87	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ใบร่วง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางไม่ชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
AA	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นเรียบ -เส้นกลางใบชัดเจน
AB1	30.14	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
AB2	44.57	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
AB3	29.02	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ขอบใบแห้ง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
AB4	43.54	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-เป็นจุดสีน้ำตาล -ใบร่วง -เป็นคลื่นมาก -เส้นกลางไม่ชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
BB	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-ใบเรียบยาว - เส้นกลางใบชัดเจน
BC1	22.67	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบนาดเล็กมาก - เป็นคลื่นมาก - มีจุดสีน้ำตาลปนอยู่ที่ใบ - ใบร่วง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
BC2	32.81	-รากแขนงเล็ก -ไม่ค่อยแข็งแรง	- เตี้ย	- ใบเป็นคลื่นเล็กน้อย - ใบร่วง - มีจุดสีน้ำตาลปนอยู่ที่ใบ - ใบร่วง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
BC3	23.82	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบเป็นคลื่นมาก - ใบร่วง - มีจุดสีน้ำตาลปนอยู่ที่ใบ - ใบร่วง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน
BC4	19.64	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบขนาดเล็ก - ใบเป็นคลื่นมาก - มีจุดสีน้ำตาลปนอยู่ที่ใบ - ใบร่วง - เส้นกลางใบไม่ชัดเจน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.21 (ต่อ)

สาร	%การชะลอการเจริญเติบโต	ลักษณะของต้นกล้าถั่วเขียว		
		ราก	ลำต้น	ใบแท้
CC	0	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	-ใบเป็นคลื่นเล็กน้อย
CD1	19.85*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบเรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
CD2	12.92*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบเป็นคลื่นเล็กน้อย - เส้นกลางใบชัดเจน
CD3	21.26*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบเรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน
CD4	19.31*	-รากแขนงใหญ่ -แข็งแรง	-สูง	- ใบเรียบ - เส้นกลางใบชัดเจน

*เปอร์เซ็นต์การเร่งการเจริญเติบโต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.5 การตรวจหาไอออนของคลอเรตในเนื้อลำไย

2.5.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้

1. สารละลาย potassium chlorate ประมาณ 0.1 N

ชั่ง $KClO_3$12.25 กรัม ละลายในน้ำที่ปราศจากไอออนใส่ลงในขวดปริมาตร ขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 cm^3

2. สารละลายมาตรฐาน sodium thiosulphate pentahydrate 0.1 N

ชั่งน้ำหนัก $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 24.82 กรัม และ Na_2CO_3 0.1 กรัม ละลายในน้ำที่ปราศจากไอออนที่ต้มให้เดือดตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง ใส่ลงในขวดปริมาตร ขนาด 1000 cm^3 ปรับปริมาตร

3. สารละลายน้ำแป้ง

ชั่งน้ำหนักของ starch soluble 0.2 กรัม ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 15 cm^3 แล้วเทลงในน้ำกลั่นซึ่งต้มให้เดือดปริมาตร 10 cm^3 แล้วต้มต่อไปประมาณ 2-3 นาทีให้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น จึงนำไปใช้ เตรียมสารละลายนี้ใหม่ทุกครั้งที่ใช้ทดลองเพื่อให้ได้ผลการทดลองที่ดีที่สุด

4. สารละลาย sulfuric acid 1 M

ตวงกรด H_2SO_4 เข้มข้น ปริมาตร 5.60 cm^3 แล้วค่อยๆเทลงในขวดปริมาตร ขนาด 100 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ประมาณ 60 cm^3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 cm^3

5. สารละลาย silver nitrate 0.5 M

ชั่ง $AgNO_3$ 8.49 กรัม ละลายในน้ำกลั่นใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

6. สารละลาย nitric acid 6 M

ตวงกรด HNO_3 เข้มข้น 65% ปริมาตร 20.77 cm^3แล้วค่อยๆเทลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ประมาณ 50 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

2.5.2 การทำสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ด้วย KIO_3

ชั่ง KIO_3 0.3558 กรัมเติม KI 0.1 กรัม ละลายในน้ำปราศจากไอออน ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรเป็น 100 cm^3จากนั้นปิเปตสารละลายมา 25.00 cm^3เติมกรด H_2SO_4 1 M 3 cm^3 แล้วนำมาไทเทรตด้วยสารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ จนได้สารละลายสีเหลืองใส จากนั้นเติมน้ำแป้ง 3 cm^3 แล้วไทเทรตต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสารละลายใสไม่มีสี แล้วทำซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกปริมาตรเพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ต่อไป

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้

$$IO_3^- + 5I^- + 6H^+ \longrightarrow 3I_2 + 3H_2O$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$3 \times [2\, S_2O_3^{2-} + I_2 \longrightarrow S_4O_6^{2-} + 2\, I^-]$

ดังนั้นปฏิกิริยารวมเป็นดังนี้

$IO_3^- + 6\, S_2O_3^{2-} + 6\, H^+ \longrightarrow I^- + 3\, S_4O_6^{2-} + 3\, H_2O$

จากปฏิกิริยา IO_3^- เปลี่ยนเป็น I^- รับ 6 อิเล็คตรอนและมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของ I ดังนี้

$IO_3^- + 6e^- \longrightarrow I^-$

เพราะฉะนั้น 1 mol ของ KIO_3 จะมี 6 equivalent (eq)

1 millimol ของ KIO_3 จะมี 6 milliequivalent (meq)

สารละลาย KIO_3 100 ml มี KIO_3 = 0.3558 g

สารละลาย KIO_3 25 ml มี KIO_3 $= \frac{0.3558 \times 25}{100} = 0.08895$ g

$= 0.08895 \times 10^3$ mg

$= \frac{0.08895 \times 1000 \times 6}{214.00}$ meq

$= 2.4939$ meq

(น้ำหนักโมเลกุลของ KIO_3 = 214.00)

ใช้สารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ 23.60 ml ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KIO_3 = 2.4939 meq

ดังนั้นสารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ 1.00 ml ทำปฏิกิริยาพอดีกับ KIO_3 $= \frac{2.4939 \times 1.00}{23.60}$ meq

$= 0.1056$ meq/ml

$\therefore$ normality ของ $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ = 0.1056 meq/ml

สำหรับการทำสารละลายมาตรฐานของ $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ ครั้งที่ 2 และ 3 คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ ด้วยวิธีการเช่นเดียวกันได้ผลดังตาราง 2.22

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.22 ผลการทำสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ โดยสารละลาย KIO_3

ครั้งที่	น้ำหนัก KIO_3 (g)	ปริมาตรสารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$				ความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ (meq/ml)
		เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	เฉลี่ย	
1	0.3558	0.00 0.00 0.00	23.75 23.55 23.50	23.75 23.55 23.50	23.60	0.1056
2	0.3568	0.70 2.68 11.20	23.50 26.20 34.65	22.80 23.52 23.45	23.25	0.1075
3	0.3619	7.10 5.74 9.76	30.75 29.10 32.10	23.65 23.36 22.34	23.12	0.1097
				∴ เฉลี่ย		0.1076

2.5.3 วิธีหา sensitivity ในการหาคลอเรตโดยใช้ $Na_2S_2O_3.5H_2O$

ปิเปตสารละลาย $KClO_3$ ประมาณ 0.1 N มา 25.00 cm^3 เติมสารละลายกรด HCl เข้มข้น 10 cm^3 เติม $NaHCO_3$ ประมาณ 0.3 กรัม และ KI 1.00 กรัม ทันที เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5-10 นาที แล้วนำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 0.1076 N จนได้สารละลายสีเหลืองใส จากนั้นเติมน้ำแป้ง 3 cm^3 แล้วไทเทรตต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสารละลายใสไม่มีสี ทำซ้ำ 3 ครั้ง หลังจากนั้นเจือจางสารละลาย $KClO_3$ 0.1 N ให้เป็น 0.05 N โดยการเติมน้ำเท่าตัว แล้วทำการไทเทรตเช่นเดียวกับวิธีที่กล่าวมาแล้ว ทำการเจือจางสารละลายลงไปเรื่อยๆ ไทเทรตจนไม่พบคลอเรต ทำแบลงค์ในเวลาเดียวกัน ทำเช่นเดียวกัน โดยเปลี่ยนจากสารละลาย $KClO_3$ 25 cm^3 มาเป็นน้ำกลั่น 25 cm^3 ได้ผลดังตาราง 2.23

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.23 ผลการไทเทรตหาsensitivity ในการหาคลอเรตโดยใช้ $Na_2S_2O_3 .5H_2O$

ครั้งที่	ความเข้มข้นของ$KClO_3$ โดยประมาณ	ปริมาตร $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ ที่ใช้(ml)				ปริมาตรของ blank (ml)	ปริมาตรของ $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ ใช้จริง ๆ	ความเข้มข้นของ $KClO_3$ (meq/ml)
		เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	เฉลี่ย			
1	0.1	2.55 1.30 1.12	34.25 32.15 31.62	31.70 30.85 30.50	31.02	0.30	30.72	0.1322
2	0.05	0.00 16.70 1.50	16.70 33.40 18.25	16.70 16.70 16.75	16.72	0.30	16.42	0.0707
3	0.025	0.12 7.95 16.00	7.95 16.00 24.50	7.83 8.05 8.50	8.13	0.30	7.83	0.0337
4	0.0125	0.00 4.12 7.30	4.12 7.30 10.50	4.12 3.18 3.20	3.50	0.30	3.20	0.0137
5	6.25×10^{-3}	15.67 4.20 5.20	16.25 5.20 6.20	0.58 1.00 1.00	0.86	0.30	0.56	2.41×10^{-3}
6	3.12×10^{-3}	6.20 6.77 7.60	6.77 7.60 8.20	0.57 0.83 0.60	0.67	0.30	0.37	1.29×10^{-3}
7	1.56×10^{-3}	8.20 8.60 9.12	8.60 9.12 9.57	0.40 0.52 0.45	0.46	0.30	0.16	6.88×10^{-4}
8	$7.81 \times 10^{-4*}$							

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

*เมื่อหยดสารละลายน้ำแป้ง พบว่าสารละลายน้ำแป้ง ไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ดังนั้นที่ความเข้มข้นดังกล่าวไม่มีคลอเรต

- **การคำนวณหา normality ของสารละลาย $KClO_3$**

สารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ เข้มข้น 0.1076 N ปริมาตร 30.72 ml

ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $KClO_3$ 25.00 ml

$\therefore$ จำนวน meq ของ $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ = 0.1076 x 30.72 meq

= จำนวน meq ของ $KClO_3$

$$= \frac{0.1076 \times 30.72}{25.00}$$

$\therefore$ normality ของ $KClO_3$ = 0.1322 meq/ml

การคำนวณหาความเข้มข้นของคลอเรต

จากสมการ $ClO_3^- + 6e^- \longrightarrow Cl^-$

(+5) (-1)

1 mol ของ $KClO_3$ จะมี 6 equivalent(eq)

1 millimol ของ $KClO_3$ จะมี 6 milliequivalent(meq)

$$\frac{MW.KClO_3}{6} \text{ gm} = 1 \text{ equivalent}$$

$$\frac{122.55}{6} \text{ gm} = 1 \text{ equivalent}$$

20.43 gm = 1 equivalent

ความเข้มข้นของคลอเรตที่น้อยที่สุดที่หาได้ = 20.43 eq x 0.000688 meq = 0.014 mg/ml

2.5.4 วิธีหาปริมาณของคลอเรตที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับน้ำลำไย

ปิเปตน้ำลำไย 25 cm^3 เติมสารละลาย $KClO_3$ 0.1332 N 10 cm^3 เติมกรด HCl (เข้มข้น) 10 cm^3 เติม $NaHCO_3$ ประมาณ 0.3 กรัม และ KI 1.0 ทันที ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 5 - 10 นาที หลังจากนั้นนำไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน $Na_2S_2O_3.5H_2O$ เข้มข้น 0.1076 N จนได้สารละลายสีเหลืองใส เติมสารละลายน้ำแป้ง 3 cm^3 ไทเทรตต่อจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นสารละลายใสไม่มีสี แล้วทำซ้ำ 3 ครั้งทำการเจือจางสารละลาย $KClO_3$ ลงไปเรื่อยๆจนไม่พบว่ามีคลอเรตได้ผลดังตาราง 2.24

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 2.24 ผลการหาปริมาณของคลอเรตที่เหลือจากการทำปฏิกิริยากับน้ำลำไย

ครั้งที่	ความเข้มข้นของ$KClO_3$ (meq)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ ที่ใช้(ml)				ความเข้มข้นของ $KClO_3$ ที่เหลือ (meq)**
		เริ่มต้น	สุดท้าย	ใช้ไป	เฉลี่ย	
1	0.1	8.00	16.10	8.10	8.7	0.936
		16.10	26.10	10.00		
		26.10	34.10	8.00		
2	0.05	6.90	11.34	4.44	4.43	0.470
		11.34	15.65	4.31		
		15.65	20.20	4.55		
3	0.025	20.20	22.30	2.10	2.12	0.228
		22.30	24.40	2.10		
		24.40	26.55	2.15		
4	0.0125	27.00	27.82	0.82	0.73	0.078
		27.82	28.60	0.78		
		28.60	29.20	0.60		
5	6.25×10^{-3}	29.25	29.60	0.35	0.32	0.034
		29.60	29.90	0.30		
		29.90	30.20	0.30		
6	3.12×10^{-3}	30.20	30.30	0.10	0.10	0.011
		30.30	30.40	0.10		
		30.40	30.50	0.10		
7	1.56×10^{-3}*					

* เมื่อหยดสารละลายน้ำแป้งลงไป พบว่าสารละลายไม่เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

** การคำนวณหาความเข้มข้นของคลอเรตในน้ำลำไย

สารละลาย $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ เข้มข้น 0.1076 N ปริมาตร 8.70 ml

ทำปฏิกิริยาพอดีกับ $KClO_3$ 10.00 ml

$\therefore$ จำนวน meq ของ $Na_2S_2O_3 .5H_2O$ = 0.1076 N x 8.70 ml

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

= จำนวน meq ของ $KClO_3$ที่เหลือ

= 0.936 meq

2.5.5 วิธีพิสูจน์น้ำลำไยทำปฏิกิริยากับคลอเรตได้คลอไรด์

ปิเปตสารละลาย $KClO_3$ 0.1 N 5 cm^3 นำมารวมกับน้ำลำไย 5 cm^3 กรองเอาตะกอนที่เกิดขึ้นออก ทำสารละลายให้เป็นกรดด้วยกรดไนตริก* แล้วเติมสารละลาย $AgNO_3$ พบว่ามีตะกอนของ AgCl เกิดขึ้น นำสารละลายคลอเรตมาทำแบบเดียวกัน ไม่พบตะกอนของ AgCl

2.5.6 วิธีการพิสูจน์ว่าคลอไรด์ไม่มีในน้ำลำไย

นำน้ำลำไยมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย$AgNO_3$ในกรดเกิดตะกอนขึ้นเล็กน้อย เมื่อนำน้ำลำไยมาใส่กรด HNO_3ก็มีตะกอนเล็กน้อย ซึ่งไม่สามารถกรองออกได้ด้วย กระดาษกรอง whatman no. 1 เติมสารละลาย $AgNO_3$ เพิ่ม สังเกตผลที่ได้ ไม่พบตะกอนของ AgCl

2.5.7 การตรวจหาคลอเรตในน้ำคั้นลำไย

นำน้ำคั้นจากเนื้อลำไยที่ใช้สาร $KClO_3$ เร่ง มา 10 cm^3 มาทำให้เป็นกรดด้วยกรด HNO_3 และเติมสารละลาย $NaNO_2$ 5 หยด สังเกต ได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น หลังจากหยดสารละลาย $AgNO_3$ 10 หยดปรากฏว่าไม่เกิดตะกอนเพิ่มขึ้นเลย คือสารละลายยังคงเป็นลักษณะของลำไยเหมือนเดิม แสดงว่าในเนื้อของลำไยไม่มีสารคลอเรตปนอยู่ หรือไม่มีการดูดสารคลอเรตไปที่เนื้อของลำไย นำสารละลายน้ำลำไย มาทำเช่นเดียวกันไม่พบตะกอน

2.6 การพิสูจน์องค์ประกอบของสารที่ทำให้ลำไยออกนอกฤดู

สมบัติทั่วๆไปของ unknown1 ที่สังเกตได้

1. ผงละเอียด
2. สีชมพู
3. ติดไฟด้วยไม้ขีดขณะลุกเป็นไฟ

สมบัติทั่วๆไปของ unknown2 ที่สังเกตได้

1. ผงไม่ละเอียด
2. สีส้มปนขาวเล็กน้อย
3. ติดไฟด้วยไม้ขีดขณะลุกเป็นไฟ

---

*การทำสารละลายให้เป็นกรด ทำหลังจากเกิดตะกอน AgCl ก็ได้ผลเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.6.1 วิธีตรวจหาไอออนคลอเรต (ClO_3^-) ในสาร unknown 1 และ unknown 2 [23]

2.6.1.1 การเตรียมสารละลายที่ใช้

1. สารละลาย nitric acid 6 M

ปิเปตสารละลายกรด HNO_3 65 % 41.55 cm^3 ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ที่มีน้ำกลั่นอยู่ประมาณ 50 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

2. สารละลาย potassium nitrite 6 M

ชั่ง KNO_2 51.00 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

3. สารละลาย silver nitrate 0.5 M

ชั่ง $AgNO_3$ 8.50 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ใส่ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

4. สารละลาย sulfuric acid 1 M

ปิเปตสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 5 cm^3 ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ที่มีน้ำอยู่ประมาณ 30 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3

2.6.1.2 วิธีการหาตัวทำละลายของสาร unknown 1 , 2 และเปอร์เซ็นต์การละลาย

Unknow 1 (สารสีชมพู)

ชั่งน้ำหนักสาร 1.07 กรัม ละลายใน CH_2Cl_2 ครั้งละ 10 cm^3 ตรวจดูโดย Thin Layer Chromatography : TLC จนกว่าจะไม่มีสารละลายออกมา ถ้ามองสีไม่ชัดเจนด้วยตาเปล่าให้นำไปวางใน iodine tank จะทำให้มองเห็นสีชัดเจน นำสารส่วนที่ละลายใน CH_2Cl_2 มารวมกันและ evaporate ให้แห้งได้สารที่เป็นของแข็งชั่งน้ำหนักได้ 0.28 กรัม นำไปวัด I.R. โดยใช้ KBr ได้ผลดังรูป 2.6

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารละลายใน CH_2Cl_2

$$\% \text{ สารละลายใน } CH_2Cl_2 = \frac{0.28}{1.07} \times 100$$

$$= 26\%$$

นำสารที่เหลือจากการละลายด้วย CH_2Cl_2 มาละลายน้ำ 10 cm^3 3-4 ครั้ง สารที่เหลือนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 °C เวลาประมาณ 2-3 ชม. ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอนของสารได้ 0.32 กรัม ดังนั้น สารละลายในน้ำ = 1.07-0.28-0.32 =0.47 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์สารละลายในน้ำ

$$\% \text{ สารละลายในน้ำ} = \frac{0.47}{1.07} \times 100 = 44\%$$

วิธีทดสอบ

วิธีที่ 1

1.ตวงสารส่วนที่ละลายในน้ำ 1 cm^3 ใส่ในหลอดทดลอง ทำให้เป็นกรด ด้วยกรด HNO_3 6 M เติมสารละลาย KNO_2 6 M จำนวน 5 หยด สังเกตลักษณะของสารละลายเป็นสารละลายใส

2.เติมสารละลาย น้ำ Cl_2 และตามด้วย CCl_4 2 cm^3 เขย่าแรงๆ สังเกตได้สารละลายแยกชั้นเป็น 2 ชั้น โดยชั้นล่างขุ่นขาวซึ่งเป็น CCl_4 ส่วนชั้นบนเป็นสารละลายใสซึ่งเป็นชั้นของน้ำ

3. นำสารละลาย $KClO_3$ ทำแบบเดียวกันชั้นของ CCl_4 ขุ่นขาวเหมือนกัน พบว่าสารละลายแยกเป็น 2 ชั้น เช่นเดียวกัน

4.ทำเช่นเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน KIO_3 ได้สารละลายสีม่วงของ I_2 ในชั้นของ CCl_4

วิธีที่ 2

1. ตวงสารที่ละลายในน้ำ 1 cm^3 ใส่ในหลอดทดลอง ทำให้เป็นกรด ด้วยกรด HNO_3 6 M เติมสารละลาย KNO_2 6 M จำนวน 5 หยด สังเกตลักษณะของสารละลายเป็นสารละลายใส

2. หยดสารละลาย $AgNO_3$ 0.5 M 10 หยด เกิดตะกอนขาวดูดส่วนที่เป็นสารละลายทิ้งไปแล้ว reduceด้วย zinc powder และกรดH_2SO_4 แล้ว oxidise ด้วยน้ำคลอรีนได้ชั้นของ CCl_4 ขุ่นขาว

3.นำสารละลาย $KClO_3$ ทำแบบเดียวกันได้ตะกอนขาวของ AgClแล้ว reduceด้วย zincpowder และกรดH_2SO_4 แล้ว oxidise ด้วยน้ำคลอรีนได้ชั้นของ CCl_4 ขุ่นขาว

4.นำส่วนที่ละลายใน CH_2Cl_2 ที่เป็นของแข็ง 0.05 กรัมมาทำเป็น suspension ในน้ำและทดสอบหาคลอเรต เช่นเดียวกับวิธีที่ 1 และ 2 ผลที่ออกมาเหมือนกัน

5.ทำเช่นเดียวกันกับสารละลายมาตรฐาน KIO_3 ได้สารละลายสีม่วงของ I_2 ในชั้นของ CCl_4

Unknow2(สารสีส้ม)

ชั่งน้ำหนักสาร 1.04 กรัม ละลายใน CH_2Cl_2 ครั้งละ 10 cm^3 ตรวจดูโดย Thin Layer Chromatography : TLC จนกว่าจะไม่มีสารละลายออกมา ถ้ามองสีไม่ชัดเจนด้วยตาเปล่าให้นำไปวางใน iodine tank จะทำให้มองเห็นสีชัดเจน นำสารส่วนที่ละลายใน CH_2Cl_2 มารวมกันและ evaporate ให้แห้งได้สารที่เป็นของแข็งชั่งน้ำหนักได้ 0.40 กรัม นำไปวัด I.R. โดยใช้ KBr ได้ผลดังรูป 2.7 ทำเช่นเดียวกับ unknown1 พบว่า สารที่ละลายใน CH_2Cl_2 เท่ากับ 38%และสารที่ละลายในน้ำเท่ากับ 49 % ทั้งสองส่วนเมื่อนำมาวิเคราะห์หาคลอเรตพบว่าได้ผลเช่นเดียวกัน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติทั่วไปของสารที่อยู่ใน unknown 1 ที่ไม่ละลายน้ำและ CH_2Cl_2

1. ผงละเอียดสีชมพู
2. ของแข็งจมน้ำ
3. ไม่ติดไฟ

สมบัติทั่วไปของสารที่อยู่ใน unknown 2 ที่ไม่ละลายน้ำและ CH_2Cl_2

1. ผงสีชมพูปนขาว
2. ของแข็งจมน้ำ
3. ไม่ติดไฟ

2.6.1.3 วิธีหาไอออนบวก(cation)ว่าเป็นโซเดียมไอออน(Na^+)หรือโพแทสเซียมคลอเรต(K^+)โดยวิธี Flame Test[23]

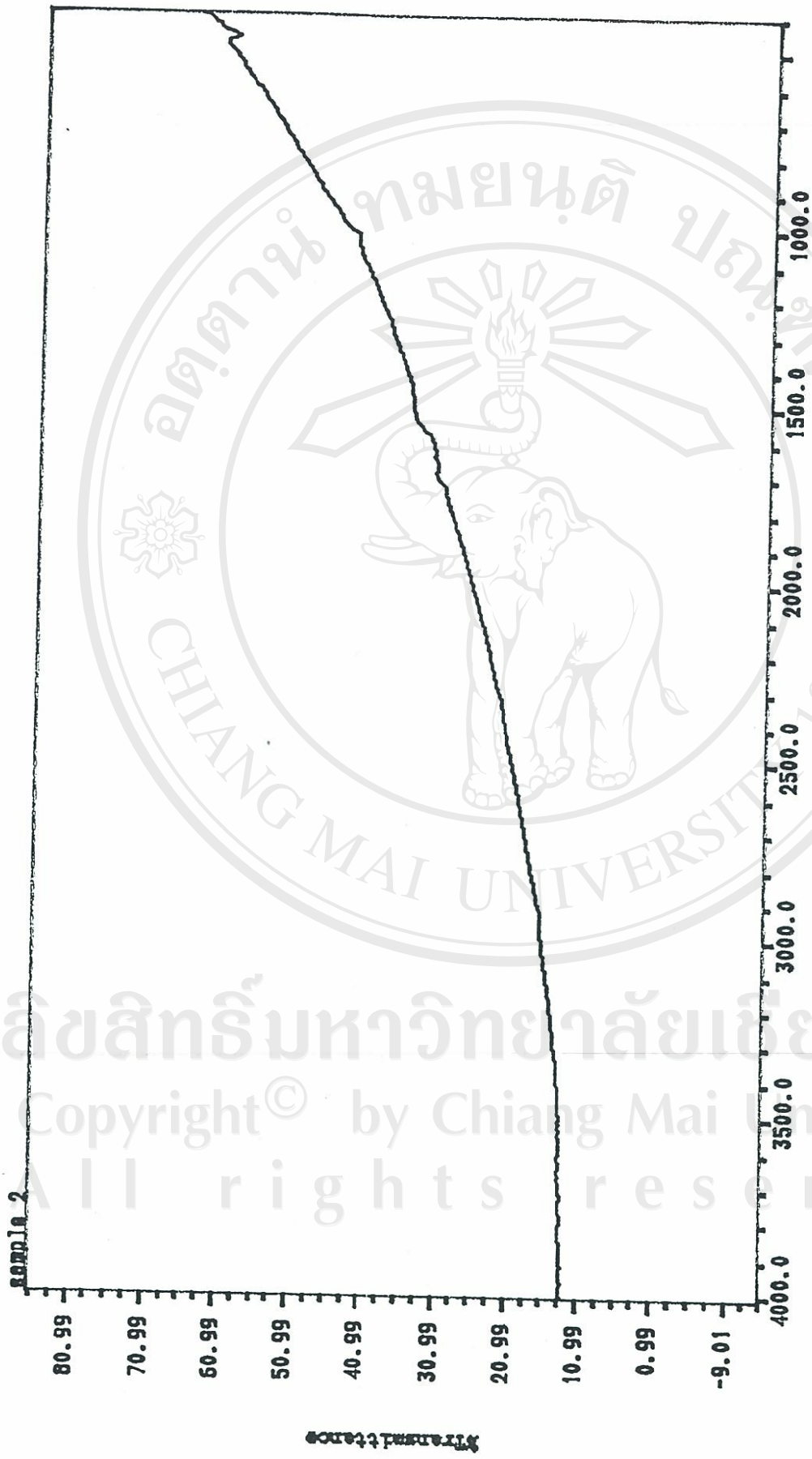
1. จุดตะเกียงบุนเสนปรับให้อากาศเข้าได้เปลวไฟสีน้ำเงิน
2. จุ่มล้างลวดนิโครมด้วยกรด HNO_3 เข้มข้นเผาในเปลวไฟ แล้วจุ่มลงในสาร unknown 1 ส่วนที่ละลายในน้ำ แหย่ในเปลวไฟ พบว่า เปลวไฟเป็นสีม่วงอ่อนๆ
3. นำสารละลาย $KClO_3$ ทำแบบเดียวกัน พบว่า ได้เปลวไฟสีม่วงอ่อนๆ เช่นเดียวกัน
4. นำสารละลาย $NaClO_3$ ทำแบบเดียวกัน พบว่า ได้เปลวไฟสีเหลือง

สำหรับ unknown 2 ทำเช่นเดียวกันและก็ได้ผลเช่นเดียวกันคือเปลวไฟสีม่วงอ่อนๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

รูป 2.6 I.R. spectrum unknown 1ที่ละลายใน CH_2Cl_2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูป 2.7 I.R. spectrum unknown 2 ที่ละลายใน CH_2Cl_2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved