

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์

- 3.1.1 ขุยมะพร้าว
- 3.1.2 ฟางข้าว
- 3.1.3 ผักตบชวา
- 3.1.4 แป้งมันสำปะหลัง
- 3.1.5 เครื่องชั่ง (Balance)
- 3.1.6 เตาให้ความร้อน (Hotplate)
- 3.1.7 บีกเกอร์ (Beaker)
- 3.1.8 กะละมัง
- 3.1.9 ฐานรับน้ำหนักกลิ้งโทรทรรศน์
- 3.1.10 บล็อกแบบของการทำวัสดุตัวอย่าง
- 3.1.11 กระจกพลาสติก
- 3.1.12 ถังพลาสติกขนาด 6x14 นิ้ว
- 3.1.13 เครื่องปั่น
- 3.1.14 ตะกร้า
- 3.1.15 กรรไกร
- 3.1.16 ทัพพี
- 3.1.17 ชุดทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ
- 3.1.18 ต้มน้ำหนัก (Load)
- 3.1.19 นาฬิกาจับเวลา
- 3.1.20 ไม้บรรทัด
- 3.1.21 สว่าน
- 3.1.22 เครื่องกลั่นด้วยไอน้ำ เครื่องกลั่นหาไนโตรเจนและโปรตีน ยี่ห้อ BUCHI Distillation B-324
- 3.1.23 เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer) Shimadzu รุ่น AA 6200
- 3.1.24 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-VIS spectrophotometer) Spectronic รุ่น GenesysTM 5 USA
- 3.1.25 ปีเปต (Pipette)
- 3.1.26 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- 3.1.27 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
- 3.1.28 กรวย (Funnel)

- 3.1.29 กระจกบอทวง (Cylinder)
- 3.1.30 แท่งคนสาร (Stirring rod)
- 3.1.31 บิวเรตต์ (Burette)
- 3.1.32 ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)
- 3.1.33 คีม (Tong)
- 3.1.34 เครื่องย่อย (Digestion apparatus)
- 3.1.35 กระดาษกรองเบอร์ 5 (Filter paper No.5)
- 3.1.36 การวัดแบบใช้เปลวไฟ (Flame photometer)
- 3.1.37 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 น้ำกลั่น (Distilled ater)
- 3.2.2 อินดิเคเตอร์รวม (Mixed indicator)
- 3.2.3 อินดิเคเตอร์บอริก (Boric- indicator solution)
- 3.2.4 สารเร่งรวม (Catalyst mixture)
- 3.2.5 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (Sodium Hydroxide)
- 3.2.6 สารละลายมาตรฐานซัลฟิวริก (Sulfuric)
- 3.2.7 แอมโมเนียมฟลูออไรด์ (Ammonium fluoride)
- 3.2.8 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid)
- 3.2.9 น้ำยาสกัด Bray II
- 3.2.10 กรดบอริก (Boric acid)
- 3.2.11 กรดแอสคอร์บิก (Ascorbic acid solution)
- 3.2.12 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 100 ppm (Std. 100 ppm P)
- 3.2.13 Intermediate standard solution (5 ppm P)
- 3.2.14 แอมโมเนียมอะซิเตต (Ammonium acetate)
- 3.2.15 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมความเข้มข้น 1000 ppm (Std. 1000 ppm K)

3.3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.3.1 เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยให้ครบ

3.3.1.1 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา มาตัดให้เป็นชิ้นเล็กแล้วทำการบดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่นเสร็จแล้วนำไปตากแดด

3.3.2 การกำหนดอัตราส่วนผสมของกระถางเพาะชำชีวภาพจากวัสดุท้องถิ่น

ในการวิจัยได้กำหนดอัตราส่วนผสมของกระถางเพาะชำชีวภาพจากวัสดุท้องถิ่นออก

เป็นอัตราส่วนผสมได้ระหว่างกาวแบ่งเปียกขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.2.1 กลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบ

ในการกำหนดตัวอย่างจะกำหนดตามชนิดของวัสดุที่นำมาทำกระถางแต่ละชนิดมีรายละเอียดดังนี้

กลุ่มตัวอย่างที่ 1 เป็นขุยมะพร้าว ประกอบด้วยอัตราส่วนผสมระหว่างขุยมะพร้าว: กาวแบ่งเปียก โดยน้ำหนักดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนผสม	1:2	จำนวน	13 ตัวอย่าง
- อัตราส่วนผสม	1:3	จำนวน	13 ตัวอย่าง
- อัตราส่วนผสม	1:4	จำนวน	13 ตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นฟางข้าว ประกอบด้วยอัตราส่วนผสมระหว่างฟางข้าว: กาวแบ่งเปียก โดยน้ำหนัก ดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนผสม	1:2	จำนวน	13 ตัวอย่าง
- อัตราส่วนผสม	1:3	จำนวน	13 ตัวอย่าง
- อัตราส่วนผสม	1:4	จำนวน	13 ตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ 3 เป็นผักตบชวา ประกอบด้วยอัตราส่วนผสมระหว่างผักตบชวา: กาวแบ่งเปียก โดยน้ำหนัก ดังต่อไปนี้

- อัตราส่วนผสม	1:2	จำนวน	13 ตัวอย่าง
- อัตราส่วนผสม	1:3	จำนวน	13 ตัวอย่าง
- อัตราส่วนผสม	1:4	จำนวน	13 ตัวอย่าง

3.3.3 วิธีการผลิตตัวอย่างกระถางจากวัสดุท้องถิ่น

หลังจากเตรียมอุปกรณ์และวัสดุต่างๆในการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้วในวิธีการผลิตขึ้นวัสดุตัวอย่างจากวัสดุท้องถิ่นมีวิธีการผลิต ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.3.1 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา ไปตากแดดเพื่อไม่ให้มีความชื้นหลงเหลืออยู่ในวัสดุดังกล่าว

3.3.3.2 นำแป้งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำคนให้เข้ากัน จากนั้นก็นำไปต้ม โดยใช้เตาให้ความร้อน แล้วใช้ทัพพีคนจนแป้งมันสำปะหลังและน้ำให้เข้ากันจนใสจะได้กาวแบ่งเปียก ที่งัวให้เย็น โดยใช้อัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลัง : น้ำ คือ 1:7

3.3.3.3 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา : กาวแบ่งเปียก นำมาผสมกันโดยกำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กิโลกรัม) ของแต่ละตัวอย่าง เช่น อัตราส่วน 1 : 2 คือ ขุยมะพร้าว 0.02 kg. และกาวแบ่งเปียก 0.04 kg. แล้วคลุกเค้าให้เข้ากัน

3.3.3.4 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา ที่ผสมกันแล้วตามข้อที่ 3 หลังจากนั้นก็นำมาขึ้นบล็อกตัวแบบที่จัดเตรียมไว้ โดยใส่เข้าไปในบล็อกตัวแบบจนเต็ม เกลี่ยให้เท่ากันแล้วปิดฝาให้สนิท

3.3.3.5 หลังจากนั้นใช้ฐานรับน้ำหนักของกล่องโทรทรรศน์มาวางทับฝาของบล็อกตัวแบบ จากนั้นก็ใช้แรงคนโดยการขึ้นเหยียบฐานรับน้ำหนักตัวแบบทิ้งไว้ประมาณ 2 นาที เปิดฝาตัวแบบออกเสร็จแล้วก็ค่อยแกะตัวแบบออกก็จะได้ตัวอย่างตามที่ต้องการขนาด $1.5 \times 7.5 \times 10 \text{ cm}^3$ คัดแรงกดต่อพื้นที่ เท่ากับ $10.85 \times 10^4 \text{ N/m}^2$

3.3.3.6 นำตัวอย่างที่ได้ไปบ่มและฝังในที่ร่มทิ้งประมาณ 28 วัน หลังจากนั้นก็นำตัวอย่างจากวัสดุในท้องถิ่นไปทดสอบค่าความแข็งแรง ค่าการดูดกลืนน้ำและวิเคราะห์ธาตุต่อไป

3.3.4 วิธีการผลิตกระถางเพาะชำชีวภาพจากวัสดุท้องถิ่น

หลังจากเตรียมอุปกรณ์และวัสดุต่างๆ ในการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้วในวิธีการผลิตขึ้นกระถางเพาะชำชีวภาพจากวัสดุท้องถิ่นมีวิธีการผลิต ดังขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.4.1 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าวและผักตบชวา ไปตากแดดเพื่อไม่ให้มีความชื้นหลงเหลืออยู่ในวัสดุดังกล่าว

3.3.4.2 นำแ่งมันสำปะหลังมาผสมกับน้ำคนให้เข้ากัน จากนั้นก็นำไปต้ม โดยใช้เครื่องสอทเพลท แล้วใช้ทัพพีคนจนแ่งมันสำปะหลังและน้ำให้เข้ากันจนใสจะได้กาวแ่งเปียก ทิ้งไว้ให้เย็น โดยใช้อัตราส่วนของแ่งมันสำปะหลัง :น้ำ คือ 1:7 (200:1,400)

3.3.4.3 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าวและผักตบชวา :กาวแ่งเปียก นำมาผสมกันโดยกำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนัก (กิโลกรัม) ของแต่ละตัวอย่าง โดยเราจะใช้อัตราส่วน 1:3 และ 1:4 เช่น อัตราส่วน 1:3 คือ ขุยมะพร้าว 0.04 kg. และกาวแ่งเปียก 0.12kg. แล้วคลุกเค้าให้เข้ากัน

3.3.4.4 นำขุยมะพร้าว ฟางข้าวและผักตบชวา ที่ผสมกันแล้วตามข้อที่ 3 หลังจากนั้นก็นำมาขึ้นรูปนำถุงพลาสติกมาใส่ในกระถางที่เราเตรียมไว้ จากนั้นนำขุยมะพร้าวที่ผสมเสร็จแล้วใส่ลงไปให้เต็ม อย่าให้ล้นกระถางใส่ให้พอดี

3.3.4.5 หลังจากนั้นนำกระถางอีกใบซึ่งมีขนาดเล็กกว่าใบที่ใช้ขึ้นรูปเพื่อใช้อัดพื้นกระถางให้แน่นและใช้มือกดขอบกระถางให้แน่น ปรับแต่งขอบให้สวยงามจากนั้นก็ดึงกระถางใบเล็กออกก่อน แล้วค่อยดึงถุงพลาสติกขึ้นมาและแกะถุงพลาสติกออกจากกระถาง ก็จะได้กระถางเพาะชำชีวภาพจากวัสดุท้องถิ่น

3.3.4.6 นำกระถางที่ได้ไปบ่มและฝังในที่ร่มทิ้งประมาณ 28 วัน หลังจากนั้นก็นำไปใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการ

3.3.5 วิธีการทดสอบสมบัติเชิงกล

3.3.5.1 การทดสอบการดูดซับน้ำ

การทดสอบการดูดซับน้ำของวัสดุเป็นสมบัติที่ใช้ตรวจสอบความสามารถในการดูดซับน้ำหรืออมน้ำไว้ในเนื้อของวัสดุ วัสดุที่มีการดูดซับน้ำมากจะเกิดการอ่อนตัวและแตกหักได้ง่าย

วิธีการทดสอบการดูดซับน้ำของวัสดุ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

- 1) เตรียมตัวอย่างที่ต้องการทดสอบ
- 2) นำไม้บรรทัดมาวัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของ

ตัวอย่าง

- 3) การหาน้ำหนักของวัสดุที่แห้ง (W_d) โดยการนำเอาตัวอย่างที่เรารีด

ขนาดแล้วไปชั่งในเครื่องชั่งแบบ Triple-beam balance เราเรียกน้ำหนักของวัสดุที่ได้นี้ว่า น้ำหนักของวัสดุที่แห้ง (W_d)

4) การหาน้ำหนักของวัสดุที่อมน้ำ (W_s) มีขั้นตอนดังนี้

- เมื่อได้น้ำหนักของวัสดุที่แห้งแล้ว จากนั้นนำตัวอย่างไปแช่ใน

กะละมังที่มีน้ำปริมาตร 2,000 mL เป็นเวลา 2 นาที

- หลังจากนั้นเราก็นำตัวอย่างที่แช่น้ำขึ้นมาและปล่อยให้ให้น้ำ

ส่วนเกินที่ผิวของวัสดุออก แล้วนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนัก เราเรียกน้ำหนักของตัวอย่างที่ได้นี้ว่า น้ำหนักที่อมน้ำ (W_s)

สูตรคำนวณ:

การทดสอบการดูดซับน้ำของวัสดุ เพื่อพิจารณาความสามารถในการดูดซับน้ำหรือดูดกลืนน้ำของวัสดุ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ มาหาค่าการดูดซับน้ำ โดยคำนวณจากสูตร

$$\text{ร้อยละของการดูดซับน้ำ } w = \frac{w_s - w_d}{w_d} \times 100$$

W คือ ร้อยละของการดูดซับน้ำ

W_s คือ น้ำหนักของวัสดุที่อมน้ำ

W_d คือ น้ำหนักของวัสดุที่แห้ง

3.3.5.2 การทดสอบความแข็งแรง

ความแข็งแรง (strength) คือ ความสามารถของวัสดุในการต้านทานหรือรับแรง โดยปราศจากความเสียหาย ความเสียหายในที่นี้อาจอยู่ในรูปของการแตกหักเสียหายอันเนื่องมาจากแรงเค้นที่สูงหรือจากการเสียรูปที่มากเกินไป ซึ่งจะหาค่าได้ในรูปของแรงเค้นสูงสุด (maximum stress) ที่ทำให้วัสดุเกิดความเสียหาย โดยสามารถแบ่งออกได้หลายชนิดความแข็งแรง ทั้งนี้แล้วแต่รูปแบบของแรงที่กระทำ

วิธีการทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมตัวอย่างสำหรับทดสอบพร้อมวัดขนาด (ความกว้าง ความยาว และความหนา) ของตัวอย่างแต่ละประเภท (ขุยมะพร้าว ฟางข้าว และผักตบชวา) จำนวน 45 ชิ้น

2) ทำเครื่องหมายกากบาทบนตัวอย่าง แล้วนำส่วนมาเจาะเป็นรูตรงกลางของกากบาทเพื่อนำมาประกอบเข้ากับชุดทดสอบความแข็งแรงของวัสดุ

3) นำตัวอย่างมาทำการทดสอบความแข็งแรง (แรงดึง) โดยใช้ชุดทดสอบที่สร้างขึ้น จากนั้นก็นำไปวางไว้บนโต๊ะที่เตรียมไว้ ให้อยู่ระหว่างกลาง

4) จากนั้นก็นำตุ้มน้ำหนักมาใส่ทีละอัน ซึ่งเว้นระยะห่างประมาณ 2 นาที เพื่อดูความเปลี่ยนแปลง นำตุ้มน้ำหนักใส่จนตัวอย่างถึงจุดแตกหัก แล้วนำไปส่งน้ำหนัก บันทึกผล

5) จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาความแข็งแรง (strength)

สูตรคำนวณ:

การทดสอบหาค่าความแข็งแรงของวัสดุ เพื่อพิจารณาความสามารถในการรับน้ำหนักของวัสดุ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ มาหาค่าความแข็งแรงของกระถางเพาะชำชีวภาพ โดยคำนวณจากสูตร

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

σ คือ ความสามารถในการรับน้ำหนักของวัสดุ (นิวตัน/ตารางเมตร)

P คือ น้ำหนักที่กระทำต่อวัสดุ (นิวตัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร)

3.3.6 วิธีการทดสอบสมบัติทางเคมี

3.3.6.1 การวิเคราะห์หาไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)

1) ชั่งตัวอย่างที่ป่นละเอียดและตากให้แห้งจำนวน 2 g. (± 0.01 บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในKjeldahl digestion flaskเติม catalyst mixture ประมาณ 1 g และเติม conc. H_2SO_4 10 ml ผสมให้เข้ากัน

2) ทำ blank โดยใช้ catalyst mixture จำนวน 1 g และเติม conc. H_2SO_4 10 ml

3) นำตัวอย่างและ blank ไปย่อยในเตาย่อยโดยใช้อุณหภูมิประมาณ $360^\circ C - 400^\circ C$ จนกระทั่งได้สารละลายใสและมีสีฟ้าควบคุมกับตัวอย่างใช้เวลาประมาณ 2-3 hr

4) ปิดเครื่อง ทิ้งไว้จนกระทั่งเย็นจึงนำออกจากเตาย่อย เติมน้ำกลั่นประมาณ 10 ml (อย่าเติมน้ำกลั่นในขณะที่ตัวอย่างยังร้อนอยู่) จะเกิดความร้อน

5) ทิ้งไว้ให้เย็นจึงปรับปริมาตรโดยเทสารละลายตัวอย่างผ่านกรวยกรองลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 ml และใช้น้ำกลั่นล้าง digestion flask ทีละน้อยๆ 3-4 ครั้ง เพื่อล้างตัวอย่างที่ติดค้างใน digestion flask ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดพลาสติก

6) เปิดสารละลายที่ได้จากการปรับปริมาตร (ควรทำ blank ก่อนตัวอย่าง) ปริมาตร 10 ml ใส่ distillation flask เติมสารละลาย 40% NaOH 10 ml สวม distillation flask เข้ากับเครื่องกลั่น

7) นำขวดรูปชมพู่ขนาด 125 ml ซึ่งมี 2% H_3BO_3 -indicator บรรจุอยู่ 10 ml มารองรับใต้ condenser ของเครื่องกลั่น. โดยให้ปลายของ condenser จุ่มลงในสารละลาย H_3BO_3 -indicator

8) กลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายในขวดรูปชมพู่ที่รองรับใต้ Condenser เพิ่มขึ้นถึงระดับ 75 ml

9) นำสารละลายที่กลั่นได้ไปไทเทรตกับ std. 0.005 N H_2SO_4 ที่จุดยุติ สารละลายจะมีสีม่วง-แดง จดปริมาตรของ std. 0.02N H_2SO_4 ที่ใช้ titrate เพื่อคำนวณหา Total N ในตัวอย่าง

หมายเหตุ:

1) การวิเคราะห์แต่ละชุดควรกลั่นสารละลายมาตรฐาน(std.) $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 100 ppm ปริมาตร 10 ml ด้วย เพื่อคำนวณหาค่า recovery ของเครื่องกลั่น

2) ระหว่างการกลั่นควรจุ่มปลายของ condensorลงในสารละลาย boric acid indicator เพื่อป้องกันการสูญหายของ NH_3 ที่ได้จากการกลั่น (Houba et al., 1988)

สูตรคำนวณ:

$$\text{Total (\%)} = \frac{(\text{ml std. H}_2\text{SO}_4 \text{ Sample} - \text{ml std. H}_2\text{SO}_4 \text{ Blank}) \times N \text{ std. H}_2\text{SO}_4 \times 0.014 \times \text{Final volume (ml)} \times 100}{\text{aliq. (ml)} \times \text{wt. of soil (g)}}$$

3.3.6.2 การวิเคราะห์หาExtractable P

1) ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียดและตากให้แห้งจำนวน 2g. (± 0.01 บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml ปิดเตนนํ้ายาสกัด Bray II 50 ml ใส่ตัวอย่างจากนั้นปิดด้วยจุกยาง เขย่า 60 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายตัวอย่างไว้ในขวดพลาสติก

2) ปิดเตนสารละลายตัวอย่างปริมาตร 5 ml. ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml เติม 2% H_3BO_3 5 ml, Murphy's reagent 2 ml และเติม 2.5% Ascorbic acid solution 1 ml

3) ปรับปริมาตรเป็น 25 ml ด้วยนํ้ากลั่นปิดจุก เขย่าสารละลายให้เข้ากัน จะได้สารละลายสีน้ำเงิน

- ถ้าความเข้มของสีของสารละลายตัวอย่างดินเกินสีของ working standard ให้ทำใหม่โดยลดปริมาตรสารละลายตัวอย่าง

- ถ้าความเข้มของสีของสารละลายตัวอย่างดินเจือจางมากให้เพิ่มปริมาตรสารละลายตัวอย่าง

4) ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที จึงนำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 820 nm.

5) เตรียม working standard 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm. P โดยปิดเตนสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 5 ppm. มา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วดำเนินการเหมือนตัวอย่างทุกประการ

สูตรคำนวณ:

$$\text{Extr. P (ppm.)} = \frac{\text{ppm. from curve} \times \text{Final volume (ml.)} \times \text{Extractant (ml.)}}{\text{aliq. (ml.)} \times \text{wt. of soil (g.)}}$$

3.3.6.3 การวิเคราะห์หาExchangeable K

1) ชั่งตัวอย่างที่ปั่นละเอียดและตากให้แห้งจำนวน 5g. (± 0.01 บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน) ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ml

2) ปิเปตน้ำยาสกัด 1 N 1 N NH₄OAc pH 7 ปริมาตร 50 ml

ใส่ตัวอย่าง

3) ปิดด้วยจุกยาง เขย่าด้วยเครื่อง 30 นาที แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 เก็บสารละลายตัวอย่างไว้ในขวดพลาสติก

4) นำสารละลายที่กรองได้ไปตรวจวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียม (K) โดยเปรียบเทียบกับ working standard ด้วย flame photometer หรือ atomic absorption spectrophotometer โดยที่ wave length ตามที่วิธีการวิเคราะห์แต่ละธาตุกำหนด

5) เตรียม working standard 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm. K โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสความเข้มข้น 10 ppm. มา 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ml ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 25 ml แล้วดำเนินการเหมือนตัวอย่างทุกประการ

สูตรคำนวณ:

$$\text{Exch. K (ppm.)} = \frac{\text{ppm. from curve} \times \{\text{Final volume (ml)}\} \times \text{Extractant (ml.)}}{\{\text{aliq. (ml.)}\} \times \text{wt. of soil (g)}}$$