

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด

- 1. ชุดโครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนากระบวนการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐานสากล
- 2. โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนากระบวนการตรวจวิเคราะห์ ปุ๋ย พีช ดิน และน้ำ
กิจกรรม : พัฒนาเทคนิคกระบวนการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์พีช
- 3. ชื่อการทดลอง** : การผลิตตัวอย่างพีชอ้างอิงภายใน สำหรับการวิเคราะห์พีชของห้องปฏิบัติการพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง
ชื่อการทดลองภาษาอังกฤษ : Production of internal reference plant specimens for plant analysis in the Lower Southern laboratory
- 4. คณะผู้ดำเนินงาน**
หัวหน้าการทดลอง : นางสร้อยญา ช่างพิมพ์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8
ผู้ร่วมงาน : ว่าที่ร้อยตรีพิรุณ ตีระพัฒน์ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8
นางเยาวลักษณ์ แสงแก้ว สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8

5. บทคัดย่อ

การผลิตตัวอย่างพีชอ้างอิงภายใน สำหรับการวิเคราะห์พีชของห้องปฏิบัติการพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง (Internal Reference Material หรือ Inhouse Reference Material –IRM) โดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบพีชจำนวน 3 ชนิดพีช ได้แก่ ยางพารา ปาล์มน้ำมัน และ ลองกอง โดยดำเนินการตาม Guidelines for Quality Management in Soil and Plant Laboratories, FAO และทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรในช่วงเวลาที่กำหนด วิเคราะห์หาค่าจริง (Assign Value) ของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ตามแนวทางของ International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories, AOAC

การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างพีชโดยผ่านการบด คลุกเคล้า วิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) โดยไม่ตัด outliers ออก พบว่าค่า F_{cal} ของใบยางพารา มีค่า 2.44, 1.85, และ 1.59 ตามลำดับ ใบปาล์มน้ำมัน มีค่า 2.28, 0.74 และ 1.41 ตามลำดับ และ ใบลองกอง มีค่า 2.03, 1.99 และ 0.41

ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ที่ได้จากรายการ คือ 3.02 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างใบยางพารา ปาล์มน้ำมัน และ ลองกอง มีความเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถนำไปหาค่ากำหนดให้ (Assigned Value) เพื่อเป็นตัวอย่างอ้างอิงภายในต่อไปได้

การวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในใบยางพารา ปาล์มน้ำมัน และ ลองกองที่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน เพื่อกำหนดเป็นค่า Assigned Value โดยดำเนินการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับ วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material- SRM) พบว่าปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราได้ค่าเท่ากับ 2.51 ± 0.251 , 0.24 ± 0.024 , 1.23 ± 0.123 , 1.16 ± 0.116 และ 0.20 ± 0.020 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในใบปาล์มน้ำมันได้ค่าเท่ากับ 2.26 ± 0.226 , 0.14 ± 0.014 , 0.84 ± 0.084 , 0.92 ± 0.092 และ 0.35 ± 0.035 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนใบลองกองได้ค่าเท่ากับ 2.42 ± 0.242 , 0.17 ± 0.017 , 2.10 ± 0.210 , 1.48 ± 0.148 และ 0.27 ± 0.027 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สำหรับการทดสอบความเสถียร (stability testing) ของตัวอย่างพืชทั้ง 3 ชนิด โดยทำการวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในตัวอย่างพืชละ 10 ซ้ำ ที่ระยะเวลา 3, 6, 12 และ 18 เดือน ที่ระยะเวลา 18 เดือนหรือ 1.5 ปี พบว่าค่าวิเคราะห์ที่อยู่ในช่วง ± 2 SD ของค่า Assigned Value นั้นคือปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราอยู่ในช่วง 2.475 ± 0.099 , 0.239 ± 0.008 , 1.181 ± 0.231 , 0.999 ± 0.349 และ 0.201 ± 0.017 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 2.207 ± 0.176 , 0.138 ± 0.008 , 0.768 ± 0.166 , 0.777 ± 0.243 และ 0.355 ± 0.030 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และใบลองกองอยู่ในช่วง 2.376 ± 0.094 , 0.168 ± 0.008 , 2.142 ± 0.171 , 1.207 ± 0.392 และ 0.276 ± 0.024 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของตัวอย่างใบพืชทั้งสามชนิดมีความเสถียร ดังนั้นใบยางพารา ปาล์มน้ำมัน และ ลองกอง ที่ผลิตได้จึงมีสมบัติครบถ้วนสมบูรณ์ทุกประการในการเป็นตัวอย่างพืชอ้างอิงภายใน (IRM) และสามารถสอบกลับได้ไปยังวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material- SRM) ได้ ทำให้ได้ตัวอย่างพืชอ้างอิงภายใน 3 ตัวอย่างๆละประมาณ 2 กิโลกรัม รวม 6 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นมูลค่าของวัสดุอ้างอิงรับรอง แล้วจะสามารถประหยัดงบประมาณแผ่นดินในการจัดซื้อ CRM หรือ SRM ได้ถึง 8.4 ล้านบาท (SRM ราคา 28,000 บาท/ 50 กรัม)

Abstract

Production of internal reference plant specimens (Internal Reference Material & Inhouse Reference Material-IRM) for plant analysis in the Lower Southern laboratory, conducted by using leaves of 3 plants included para-rubber, oil palm and longkong. The leaves were random sampled followed the guidelines of FAO for quality management in Soil and Plant Laboratories. Testing of homogeneity and stability in a given time period, and analyzing assigned values of the main and secondary nutrients including nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg), were conducted in accordance with the guidelines of the International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories, AOAC.

Homogeneity of the plant specimens were tested through grinding, mixing, analyzing N, P and K and the Analysis of Variance (ANOVA one-way) was applied for data analysis which without cutting outliers. It was found that the F_{cal} value of N, P, K in para-rubber leaves were 2.44, 1.85 and 1.59, respectively. While the F_{cal} value in oil palm leaves were 2.28, 0.74 and 1.41 and of longkong leaves were 2.03, 1.99 and 0.41, respectively. These values are less than the $F_{critical}$ value obtained from the table which is 3.02. It can be expressed that para-rubber, oil palm and longkong leaves were homogeneous and can be used as internal reference samples for finding the assigned value.

Determining the contents of N, P, K, Ca and Mg in these 3 homogenous plant leaves in order to set the assigned values, were conducted in parallel with the standard reference material (SRM). It was found that the contents of N, P, K, Ca and Mg in para-rubber leaves were 2.51 ± 0.251 , 0.24 ± 0.024 , 1.23 ± 0.123 , 1.16 ± 0.116 and 0.20 ± 0.020 percent, respectively. While the contents in oil palm leaves were 2.26 ± 0.226 , 0.14 ± 0.014 , 0.84 ± 0.084 , 0.92 ± 0.092 and 0.35 ± 0.035 percent, and in longkong leaves were 2.42 ± 0.242 , 0.17 ± 0.017 , 2.10 ± 0.210 , 1.48 ± 0.148 and 0.27 ± 0.027 percent, respectively.

Stability testing of these 3 plant leaf specimens were carried out by analyzing the contents of N, P, K, Ca and Mg. Ten samples of each plant leaf were analyzed at 3, 6, 12 and 18 months. During these 18 months or 1.5 year period, it was found that the analysis values were within the range of $X \pm 2$ SD of the assigned value. The value of N, P, K, Ca and Mg in para-rubber leaves were 2.475 ± 0.099 , 0.239 ± 0.008 , 1.181 ± 0.231 , 0.999 ± 0.349 and 0.201 ± 0.017 percent respectively. The values in oil palm leaves were 2.207 ± 0.176 , 0.138 ± 0.008 , 0.768 ± 0.166 , 0.777 ± 0.243 and 0.355 ± 0.030 percent, respectively. While the values in longkong leaves were 2.376 ± 0.094 , 0.168 ± 0.008 , 2.142 ± 0.171 , 1.207 ± 0.392 and 0.276 ± 0.024 percent, respectively. The result showed that components of all these 3 plant leaves are stable. Therefore, it can be concluded that the leaves of para-rubber, oil palm and longkong are fully qualified for being an IRM and can be traced back to the standard reference material (SRM).

This experiment can also be revealed that, if using these 3 reference samples leaves which weighed about 2 kilograms each or 6 kilograms in total, 8.4 million baht of the government budget can be saved annually instead of purchasing CRM or SRM which its price is 28,000 baht per 50 grams.

6. คำนำ

กรมวิชาการเกษตร โดยกองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 1-8 มีหน้าที่ให้บริการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พีช น้ำ และปุ๋ย เพื่อพัฒนางานวิจัยด้านการปรับปรุงคุณภาพและเพิ่มผลผลิตพืช ลดการใช้ปุ๋ย กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 8 เป็นตัวแทนของกรมวิชาการเกษตรที่ให้บริการวิเคราะห์พีชในส่วนภูมิภาคของภาคใต้ตอนล่าง ผลวิเคราะห์ที่ได้ต้องมีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ ดังนั้นห้องปฏิบัติการจะต้องมีการควบคุมคุณภาพภายในโดยเฉพาะการการใช้ได้วัสดุอ้างอิง (Reference material) ทดสอบควบคุมไปกับตัวอย่างเป็นขั้นตอนการดำเนินงานในการควบคุมคุณภาพเพื่อเฝ้าระวังความใช้ได้ของการทดสอบและสอบเทียบที่ดำเนินการ ตามข้อกำหนดทางวิชาการของ ISO/IEC 17025 : 2005 ข้อ 5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบ วัสดุอ้างอิงที่ใช้มีทั้งวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material, CRM) วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard reference material, SRM) ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง วัสดุอ้างอิงภายใน (Internal reference material, IRM) จัดทำโดยห้องปฏิบัติการเองใช้ควบคุมคุณภาพภายใน ในการควบคุมคุณภาพผลการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จำเป็นต้องใช้วัสดุอ้างอิงในการควบคุมผลวิเคราะห์ซึ่งต้องใช้ในปริมาณมาก ไม่สามารถใช้วัสดุอ้างอิงรับรอง หรือวัสดุอ้างอิงมาตรฐานโดยตรงได้ จึงต้องจัดทำวัสดุอ้างอิงภายในขึ้น โดยต้องคำนึงถึงเนื้อของสาร (matrix) ความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity) ความคงที่หรือเสถียรภาพ (Stability) และจำนวนของตัวอย่างที่จัดเตรียมต้องมากเพียงพอ

การผลิตตัวอย่างอ้างอิงภายใน (IRM) เพื่อควบคุมคุณภาพผลการตรวจวิเคราะห์

วัสดุอ้างอิง (Reference Material :RM) หมายถึง วัสดุหรือสารที่มีสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่า ซึ่งเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) เสถียร (stable) และผ่านการจัดเตรียมมาอย่างดีเพื่อใช้ในการสอบเทียบ (calibration) การประเมิน (assessment) วิธีวิเคราะห์ และการกำหนดค่า (assigning values) ให้กับวัสดุอื่น (ISO/IEC Guide 43-1; กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557) ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท คือ 1) วัสดุอ้างอิงภายในหรือตัวอย่างอ้างอิงภายใน (Internal Reference Material : IRM หรือ Inhouse Reference Material หรือ Quality Control Sample (QC Sample) หรือ Control Sample) หมายถึง RM ที่ห้องปฏิบัติการพัฒนาขึ้นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการ 2) วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material : CRM) หมายถึง RM ซึ่งผลิตและรับรองโดยองค์กรที่ได้รับการยอมรับในความสามารถทางด้านวิชาการ และ 3) วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material : SRM) หมายถึง CRM ซึ่งผลิตโดยสำนักงานมาตรฐานแห่งชาติ (National Bureau of Standards : NBS) (Taylor , 1987) ตามข้อกำหนดทางวิชาการของ ISO/IEC 17025 ข้อ 5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบ สอบเทียบ ระบุไว้ว่า ห้องปฏิบัติการต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานในการควบคุมคุณภาพเพื่อเฝ้าระวังความใช้ได้ของการทดสอบและสอบเทียบที่ดำเนินการ ข้อมูลที่

ได้ต้องได้รับการบันทึกไว้ในลักษณะที่สามารถตรวจสอบแนวโน้มต่างๆได้ และถ้าทำได้ต้องใช้วิธีทางสถิติในการ ทบทวนผลต่างๆ ด้วย การเฝ้าระวังนี้ต้องมีการวางแผน และทบทวน และอาจรวมถึง วิธีต่อไปนี้อีกวิธีอื่นที่ เหมาะสม คือ ก) มีการใช้วัสดุอ้างอิงรับรองเป็นประจำและ/หรือมีการควบคุมคุณภาพภายในโดยใช้วัสดุอ้างอิง หุติยภูมิ ข) การเข้าร่วมในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ หรือโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ ค) การทดสอบหรือสอบเทียบซ้ำโดยวิธีการเดิมหรือต่างวิธี ง) การทดสอบหรือสอบเทียบซ้ำอีกโดยใช้ตัวอย่างที่เก็บไว้ จ) การหาสหสัมพันธ์ของผลที่ได้สำหรับคุณลักษณะที่แตกต่างกันของตัวอย่าง จากข้อกำหนดดังกล่าวแสดงให้เห็น ว่า วัสดุอ้างอิงมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ ซึ่งจะทำให้ห้องปฏิบัติการเป็นที่ยอมรับในระดับสากล ซึ่งการพัฒนาวัสดุอ้างอิงภายในหรือตัวอย่างอ้างอิงภายในเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการ มีหลาย ขั้นตอน คือ 1) การเก็บตัวอย่าง (collecting sample) 2) การเตรียมตัวอย่าง (sample preparation) 3) การ คลุกตัวอย่าง (sample mixing) 4) การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing) 5) การหาค่า กำหนดให้ (Establishing the Assigned Value) 6) การทดสอบความคงที่หรือความเสถียร (Stability Testing) (ISO/IEC Guide 35; ISO/IEC Guide 43-1; ISO 13528 : 2005 (E) Thompson & Wood, 1993)

ครั้งนี้ นับเป็นการผลิตพืชอ้างอิงภายในตามมาตรฐานสากลครั้งแรกของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช กลุ่ม พัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 พืชอ้างอิงภายในที่ผลิตได้ นำไปใช้ประโยชน์ในการประเมินคุณภาพภายใน (internal quality assessment) ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ พืชและเป็นการบ่งชี้ขีดความสามารถในการทดสอบของห้องปฏิบัติการอย่างต่อเนื่อง โดยนำมาวิเคราะห์ควบคุมไป กับการวิเคราะห์ตัวอย่างพืชในงานประจำ ทำให้เกิดความมั่นใจแก่ผู้วิเคราะห์และผู้ให้บริการ ว่าผลวิเคราะห์มี ความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ เพื่อใช้ในการแนะนำการใช้ปุ๋ยแก่พืช ลดต้นทุนการผลิตพืช และเป็นการช่วยรักษา สภาพสิ่งแวดล้อมทางอ้อม และที่สำคัญเป็นการลดต้นทุนการวิเคราะห์ ที่ต้องนำเข้าวัสดุอ้างอิงมาตรฐานจาก ต่างประเทศ

7. วิธีดำเนินการ

7.1 อุปกรณ์ เครื่องมือวิทยาศาสตร์และสารเคมี

7.1.1 ไบยางพารา ใบปาล์มน้ำมัน และใบลองกอง

7.1.2 วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material) ได้แก่ ตัวอย่างพืชอ้างอิง SRM 1515 Apple Leaves

7.1.3 ตู้บลูมร็อน

7.1.4 ตู้ดูดควัน

7.1.5 กรรไกรตัดกิ่ง

7.1.6 เครื่องบดตัวอย่างพืช ตะแกรงขนาด 0.5 mm

7.1.7 เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง

- 7.1.8 ถุงตาข่ายเก็บตัวอย่าง
- 7.1.9 ถุงกระดาษสีน้ำตาลใช้อบตัวอย่าง ขนาด A4
- 7.1.10 ถุงพลาสติกใส ขนาด 14x22 นิ้ว 20x30 นิ้ว
- 7.1.11 ถุงกระดาษสีน้ำตาลขนาด 2.5x4.5 นิ้ว ใส่ตัวอย่างสำหรับอบก่อนการวิเคราะห์
- 7.1.12 ตู้ดูดความชื้นและโถดูดความชื้น
- 7.1.13 เครื่องแก้วชนิดต่างๆ เช่น บิวเรต 50 ml. ปีกเกอร์ ขวดปริมาตร ขวดรูปชมพู หลอดย่อย หลอดกลั่น
- 7.1.14 เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่องย่อยไนโตรเจน, เครื่องกลั่นไนโตรเจน เครื่อง UV/VIS Spectrophotometer, เครื่อง Flame Photometer, เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), เตาให้ความร้อน (hotplate)
- 7.1.15 Boric acid (H_3BO_3), AR grade
- 7.1.16 Kjeldahl tablets, AR grade
- 7.1.17 Sodium hydroxide (NaOH), commercial grade
- 7.1.18 Methyl red ($C_{15}H_{15}N_3O_2$), indicator grade
- 7.1.19 Methylene blue, indicator grade
- 7.1.20 Ethanol (C_2H_5OH), AR grade
- 7.1.21 Sulfuric acid conc. 95-97 % (H_2SO_4), AR grade
- 7.1.22 Nitric acid 65% (HNO_3), AR grade
- 7.1.23 Perchloric acid 70-72 % ($HClO_4$), AR grade
- 7.1.24 Ammonium molybdate, AR grade
- 7.1.25 Ammonium metavanadate (NH_4VO_3), AR grade
- 7.1.26 Potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4), AR grade
- 7.1.27 Strontium chloride hexahydrate ($SrCl_2 \cdot 6H_2O$), AR grade
- 7.1.28 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1000 ppm
- 7.1.29 สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 1000 ppm
- 7.1.30 สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 1000 ppm
- 7.1.31 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1000 ppm

7.2 วิธีการ

7.2.1 การเก็บตัวอย่างพืช

สำรวจหาแปลงที่ปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน และลองกองที่มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน มีจัดการที่ดี และสภาพต้นที่สมบูรณ์ ทำการเก็บตามคำแนะนำทางวิชาการ ยางพารา เก็บตัวอย่างจาก 4 ทิศทางรอบต้น เก็บใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ (นุชนารถ, 2552) ปาล์มน้ำมันเก็บตัวอย่างจากทางใบที่ 17 โดยเก็บจากใบที่อยู่กึ่งกลางของ

ทางใบ ช้างละ 6 ใบย่อย การนับทางใบต้องดูจากการเวียนของทางใบ เนื่องจากการเวียนของทางใบจะมีลักษณะ เวียนซ้ายและเวียนขวา และตัดส่วนที่อยู่ตรงกลางของทางใบย่อย ความยาวประมาณ 8-10 นิ้ว แล้วฉีกเอาก้านใบ และขอบใบทั้ง 2 ช้างออก (ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี, 2551) ลองกองเก็บตัวอย่างใบย่อยคูกกลางจากใบ ประกอบตำแหน่งที่ 2 ของกิ่งที่อยู่ในระดับล่างในระยะหลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นใบที่มีอายุประมาณ 5 เดือน (จำเป็นและคณะ, 2547) เก็บให้ได้ตัวอย่างปริมาณมากพอ ใบมีสภาพสมบูรณ์ ไม่ถูกทำลาย ซึ่งมีสถานที่เก็บ ตัวอย่างดังนี้

ชื่อตัวอย่าง	สถานที่เก็บ
ยางพารา (para-rubber : R)	ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลา จ.สงขลา
ปาล์มน้ำมัน (palm oil: P)	แปลงนายประยูร แสงแก้ว อ.สะเดา จ.สงขลา
ลองกอง (longkong : L)	แปลงนางน้อย สุวรรณกาญจน์ ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา

7.2.2 การเตรียมตัวอย่างพืช

ดำเนินการตาม Guidelines for quality management in soil and plant laboratories (Reeuwijk, 1998) โดยการล้างทำความสะอาดตัวอย่างพืชในน้ำสะอาด 2 ครั้ง แล้วตามด้วยน้ำกลั่น 1 ครั้ง เพื่อให้ปราศจาก ปุ๋ย สารเคมี ฝุ่นละออง หรือสิ่งปนเปื้อนอื่นใดที่ติดมาในใบพืช จากนั้นนำตัวอย่างใส่ตะกร้า ให้ตัวอย่างสะเด็ดน้ำ แล้วนำตัวอย่างใส่ถุงกระดาษ นำไปอบในตู้อบความร้อนขนาดใหญ่ อุณหภูมิ $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 48-72 ชม. หรือจนน้ำหนักแห้งคงที่ แล้วนำตัวอย่างที่แห้งมาบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืชใช้ตะแกรงที่มีขนาด 0.5 มม. จากนั้นนำไปคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน

การคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยการนำตัวอย่างทั้งหมดใส่ถุงพลาสติกขนาด 20 x 30 นิ้ว เขย่าไปมา หลายๆ ครั้ง และแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ หลายๆ ถุง ในถุงพลาสติกขนาด 14 x 22 นิ้ว เขย่าไปมาหลายๆ ครั้ง จากนั้น นำแต่ละส่วนย่อยๆ หลายๆ ถุง มารวมกัน แล้วนำไปใส่ในเครื่องบดตัวอย่างอีกครั้งโดยใช้ตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร ทำการคลุกเคล้าอย่างนี้ทั้งหมด 5 ครั้ง ในแต่ละชนิดพืช ซึ่งตัวอย่างใส่ถุงกระดาษ 100 กรัม จำนวน 20 ถุง จากนั้นนำไปทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

7.2.3 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างพืช

หลังจากการคลุกเคล้าตัวอย่างพืชจนมั่นใจว่าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วทุกครั้งต้องทำการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของแต่ละตัวอย่างพืช โดยดำเนินการตามแนวทางของ International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories, AOAC (Thompson & Wood, 1993) ซึ่งมี ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการดังนี้

7.2.3.1 ทำการสุ่มตัวอย่างพืชมาแต่ละชนิดจาก 20 ถุง มา 10 ถุง ซ้ำใส่ในซองกระดาษขนาดสี่ น้ำตาลขนาด 2.5x4.5 นิ้ว ประมาณ 5 กรัมจำนวน 10 ซอง

7.2.3.2 อบตัวอย่างพืชที่อุณหภูมิ $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 48 ชม.

7.2.3.3 ทำการวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยวิเคราะห์ duplicate (A&B)

นำค่าวิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของตัวอย่างย่อยของตัวแทน (representative subsamples) A&B 20 ค่า ของแต่ละตัวอย่างพืช ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติ เพื่อหาความ

แปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) โดยไม่ตัด outliers ออก (อมราและคณะ, 2545 ; Wernimont, 1996) การวิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามคู่มือการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช (ปริดาและคณะ, 2535. จำเป็น, 2536.; กลุ่มงานวิจัยเคมี, 2544.; จำเป็น, 2551)

7.2.4 การวิเคราะห์เพื่อหาค่า Assigned Value ของ Internal Reference Material และการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material- SRM)

รายการวิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
ไนโตรเจน	ใช้วิธีของ Kjeldahl
ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม	ใช้วิธีการย่อยสลายด้วยกรดผสมของไนตริก:เปอร์คลอริก (1:1 โดยปริมาตร) (wet digestion)

ทำการวิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในตัวอย่างใบพืชที่ผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว โดยแต่ละชนิดพืชแบ่งใส่ในซองกระดาษขนาด 2.5x4.5 นิ้ว จำนวน 400 ซองๆละประมาณ 5 กรัม ทำการสุมโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มาชนิดพืชละ 10 ซอง แต่ละซองทำการวิเคราะห์ 10 ซ้ำ ในแต่ละรายการวิเคราะห์ โดยดำเนินการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับการวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน SRM 1515 Apple Leaves

7.2.4.1 วิธีการวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช

- ชั่งตัวอย่างพืช 0.1xxx กรัม ใส่ใน kjeldahl tube
- เติม Mixed catalyst 1 เม็ด เติมกรดซัลฟูริก 20 มิลลิลิตร
- นำไปย่อยในเครื่องย่อยไนโตรเจน ด้วยอุณหภูมิ 350 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จนได้สารละลายใส ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- นำ kjeldahl tube ที่บรรจุสารละลายที่ย่อยแล้ว เติมน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร และนำเข้าเครื่องกลั่นไนโตรเจน ตั้งโปรแกรมให้เครื่องเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ 60 มิลลิลิตร และทำการกลั่นเป็นเวลา 5 นาที
- ใส่สารละลายบอริก ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติม Mixed indicator 5 หยด ไว้รองรับ ถ้าตัวอย่างมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีชมพูม่วงเป็นสีเขียว จนได้ปริมาตร 100-150 มิลลิลิตร
- นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก 0.05 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพูม่วง บันทึกปริมาตร
- นำไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน ตามสูตร

$$\% \text{ไนโตรเจน} = \frac{\text{ความเข้มข้นHCl (N)} \times [\text{ปริมาตรตัวอย่างที่อ่านได้ (ml)} - \text{ปริมาตรแบลงค์ (ml)}] \times 1.40067}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง (g)}}$$

7.2.4.2 วิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในพืช

การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

- ชั่งตัวอย่างพืช 1.00xx กรัม ใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 125 ml เติมกรดผสม $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4$ (1:1) 20 ml นำไปย่อยบนเตาย่อยตัวอย่างภายในตู้ดูดควัน จนได้ควันสีขาวเหนือสารละลายหรือสารละลายมีลักษณะใส ซึ่งใช้เวลาในการย่อยประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นยกออกจากเตาและตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

- ถ่ายสารละลายตัวอย่างและล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นลงใน Volumetric flask ขนาด 100 ml และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน และนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในขวดพลาสติก ขนาด 100 ml ปิดฝาไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ต่อไป

การเตรียมสารละลาย

1. น้ำยาปรับสีสำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

- ชั่ง Ammonium molybdate 25 กรัม ใส่ปิ๊กเกอร์ เติมน้ำกลั่นร้อนประมาณ 400 ml กวนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

- ชั่ง Ammonium metavanadate 1.25 กรัม ใส่ปิ๊กเกอร์ เติมน้ำกลั่นร้อนประมาณ 300 ml กวนให้ละลาย ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ถ่ายใส่ Volumetric flask 1,000 ml

- เติม HNO_3 250 ml ลงไปช้าๆ ปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน

2. SrCl_2 Solution สำหรับวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียม

- ชั่ง $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 30.4 กรัม ใส่ปิ๊กเกอร์ ละลายด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ครบ 1,000 ml

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส

- การเตรียม Standard PO_4^{2-} 100 ppm : ปิเปต Standard PO_4^{2-} 1,000 ppm จากขวดมา 10 ml ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 ml แล้วเตรียม Standard PO_4^{2-} 0, 1, 2, 3, 4, 6, 7 ppm โดยดูดมา 0, 1, 2, 3, 4, 6, 7 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml เติมน้ำยาปรับสี 10 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดกับตัวอย่าง

- การวิเคราะห์ฟอสฟอรัส : ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 3 ml ใส่ใน Volumetric flask 50 ml เติมน้ำยาปรับสี 5 ml เติมน้ำกลั่นและปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที นำไปวัดด้วยเครื่อง UV/VIS Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420nm.

- การคำนวณ

$$\% P = \frac{(concfromcurve - blank) \times MakeVol. \times TotalVol. \times 0.3261}{Weight \times Aliquot \times 10,000}$$

การวิเคราะห์โพแทสเซียมในพืช

- การเตรียม Standard K 100 ppm : ปิเปต Standard K 1,000 ppm จากขวดมา 10 ml ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 ml แล้วเตรียม Standard K 0, 2, 4, 6, 8, 10 ppm โดยดูตมา 0, 2, 4, 6, 8, 10 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดกับตัวอย่าง

- การวิเคราะห์โพแทสเซียม : ปิเปตสารละลายตัวอย่างพืชที่เตรียม 2 ml ใส่ใน Volumetric flask 50 ml เติมน้ำกลั่น และปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดด้วยเครื่อง Flame Photometer

- การคำนวณ

$$\% K = \frac{(concfromcurve - blank) \times MakeVol. \times TotalVol.}{Weight \times Aliquot \times 10,000}$$

การวิเคราะห์แคลเซียมในพืช

- การเตรียม Standard Ca 100 ppm : ปิเปต Standard Ca 1,000 ppm จากขวดมา 10 ml ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 ml แล้วเตรียม Standard Ca 0, 2, 4, 6, 8, 10 ppm โดยดูตมา 0, 2, 4, 6, 8, 10 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml เติม 2N HClO₄ 0.02 ml และเติม SrCl₂ Solution 4 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดกับตัวอย่าง

- การวิเคราะห์แคลเซียม : ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 ml ใส่ใน Volumetric flask 50 ml เติม SrCl₂ Solution 2 ml เติมน้ำกลั่น และปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ที่ความยาวคลื่น 422.67 nm.

- การคำนวณ

$$\% Ca = \frac{(concfromcurve - blank) \times MakeVol. \times TotalVol.}{Weight \times Aliquot \times 10,000}$$

การวิเคราะห์แมกนีเซียมในพืช

- การเตรียม Standard Mg 100 ppm : ปิเปต Standard Mg 1,000 ppm จากขวดมา 10 ml ใส่ Volumetric flask ขนาด 100 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 ml แล้วเตรียม Standard Mg 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 ppm โดยดูตมา 0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5 ml ใส่ใน Volumetric flask ขนาด 100 ml เติม 2N HClO₄ 0.02 ml และเติม SrCl₂ Solution 4 ml ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดกับตัวอย่าง

- การวิเคราะห์แมกนีเซียม : ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 1 ml ใส่ใน Volumetric flask 50 ml เติม SrCl₂ Solution 2 ml เติมน้ำกลั่น และปรับปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) ที่ความยาวคลื่น 285.21 nm.

- การคำนวณ

$$\% Mg = \frac{(concentration - blank) \times MakeVol. \times TotalVol.}{Weight \times Aliquot \times 10,000}$$

5. การวิเคราะห์เพื่อทดสอบความเสถียร (stability testing) ของตัวอย่างพืช ซึ่งผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและมีค่า Assigned Value แล้ว ดำเนินการโดยวิเคราะห์ไนโตรเจนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในตัวอย่างย่อย 10 ตัวอย่าง หาค่าเฉลี่ย และ Standard deviation ซึ่งสุ่มมาจากแต่ละตัวอย่างพืช ทำการวิเคราะห์เป็นระยะๆ คือ 0, 3, 6, 12 และ 18 เดือน เพื่อตรวจสอบความคงที่ของตัวอย่าง

7.2.5 การบันทึกข้อมูล

- บันทึกรายละเอียดในการเตรียมตัวอย่างพืชแต่ละขั้นตอน
- บันทึกผลวิเคราะห์พืช
- บันทึกผลวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

7.2.6 การสุ่มตัวอย่าง (Random sampling)

ดำเนินการสุ่มโดยใช้คอมพิวเตอร์สร้างเลขสุ่มขึ้นมาระหว่างเลข 1 ถึง N แล้วใช้คำสั่งให้เลือกหมายเลขตามจำนวนที่ต้องการ

7.3 เวลาและสถานที่

ระยะเวลา 1 ตุลาคม 2558 – 30 กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 8 จ.สงขลา กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

8.1. ผลการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่าง

ดำเนินการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ในใบยางพารา ใบปาล์ม น้ำมัน และใบลองกอง โดยสุ่มตัวอย่างพืชแต่ละชนิดมาใส่ของกระดาดตัวอย่าง 10 ของดำเนินการวิเคราะห์ของละ 2 ซ้ำ (A และ B) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประเมินความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing) โดยดำเนินการวิเคราะห์ตามคู่มือการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช (ปรีดาและคณะ, 2535. จำเป็น, 2536.; กลุ่มงานวิจัยเคมี, 2544.; จำเป็น, 2551) นำค่าวิเคราะห์ที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) โดยไม่ตัด outliers ออก

จากผลการวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบยางพารา ใบปาล์ม น้ำมัน และใบลองกอง นำมาวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อหาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) โดย

ไม่ตัด outliers ออก แสดงค่าความแปรปรวนระหว่างตัวอย่าง (between samples variability) และค่าความแปรปรวนภายในตัวอย่าง (within samples variability) รวมทั้งค่า F- value จากการคำนวณ (F_{cal}) และจากตารางคือค่าวิกฤต ($F_{critical}$) ของแต่ละตัวอย่าง พบว่าค่า F_{cal} ของไບียงพารา มีค่า 2.44, 1.85, และ 1.59 ตามลำดับดังตารางที่ 1 ไบปาล์มน้ำมัน มีค่า 2.28, 0.74 และ 1.41 ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 และ ไบลองกอง มีค่า 2.03, 1.99 และ 0.41 ตามลำดับ ดังตารางที่ 3 ซึ่งค่า F_{cal} ทั้งหมดน้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ที่ได้จากตาราง คือ 3.02 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างไບียงพารา ปาล์มน้ำมัน และ ลองกอง มีความเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถนำไปหาค่ากำหนดให้ (Assigned Value) เพื่อเป็นตัวอย่างอ้างอิงภายในต่อไปได้

ตารางที่ 1 แสดงค่าวิเคราะห์และค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) ของ ไบียงพารา

ช่องที่	ไนโตรเจน (%)		ฟอสฟอรัส (mg/kg)		โพแทสเซียม (%)	
	A	B	A	B	A	B
1	2.42	2.46	2319.84	2321.45	0.83	0.98
2	2.55	2.46	2325.12	2348.41	0.93	1.21
3	2.48	2.41	2324.73	2321	0.98	0.99
4	2.63	2.53	2352.14	2334.22	0.86	1.06
5	2.46	2.48	2359.59	2335.61	1.03	1.08
6	2.62	2.52	2323.37	2307.16	1.06	0.86
7	2.54	2.56	2315.29	2296.41	0.81	0.86
8	2.52	2.5	2306.24	2318.79	1.01	1.06
9	2.49	2.53	2328.58	2313.83	0.88	0.89
10	2.5	2.45	2353.38	2313.14	0.86	0.79
Mean	2.5055		2325.915		0.9515	
F-cal	2.44		1.85		1.59	
F-crit.	3.02		3.02		3.02	

F-cal < F-crit. ทั้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แสดงว่าตัวอย่างไບียงพารามีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous)

ตารางที่ 2 แสดงค่าวิเคราะห์และค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) ของไບปาล์มน้ำมัน

ชองที่	ไนโตรเจน (%)		ฟอสฟอรัส (mg/kg)		โพแทสเซียม (%)	
	A	B	A	B	A	B
1	2.21	2.3	1495.11	1504.22	0.46	0.41
2	2.33	2.34	1483.45	1506.88	0.31	0.36
3	2.23	2.2	1487.5	1513.26	0.59	0.49
4	2.29	2.25	1499.5	1489.96	0.49	0.54
5	2.18	2.28	1481.3	1501.31	0.59	0.71
6	2.27	2.23	1498.27	1495.68	0.54	0.44
7	2.23	2.22	1497.85	1477.96	0.39	0.39
8	2.33	2.27	1487.67	1474.32	0.51	0.39
9	2.26	2.26	1470.17	1490.68	0.31	0.44
10	2.31	2.3	1491.55	1475.37	0.36	0.81
Mean	2.26		1491.10		0.48	

F-cal	2.28	0.74	1.41
F-crit.	3.02	3.02	3.02

F-cal < F-crit. ทั้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แสดงว่าตัวอย่างใบปาล์มน้ำมันมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous)

ตารางที่ 3 แสดงค่าวิเคราะห์และค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) ของ ไบลองกอง

ช่องที่	ไนโตรเจน (%)		ฟอสฟอรัส (mg/kg)		โพแทสเซียม (%)	
	A	B	A	B	A	B
1	2.35	2.38	1710.56	1711.48	2.33	2.23
2	2.32	2.37	1721.72	1714.7	2.33	3.11
3	2.39	2.35	1732.56	1698.93	2.51	2.21
4	2.32	2.31	1735.69	1742.97	2.23	2.85
5	2.37	2.34	1728.13	1722.54	2.35	2.5
6	2.29	2.34	1720.44	1728.73	2.38	2.18
7	2.35	2.36	1713.76	1657.8	2.63	2.33
8	2.37	2.36	1714.04	1722	2.23	2.68
9	2.32	2.33	1723.6	1715.98	2.18	2.78
10	2.36	2.36	1733.56	1750.08	2.23	2.38

Mean	2.35	1719.96	2.43
F-cal	2.03	1.99	0.41
F-crit.	3.02	3.02	3.02

F-cal < F-crit. ทั้ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แสดงว่าตัวอย่างใบลองกองมีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous)

8.2. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช เพื่อหาค่ากำหนดให้ (Establishing Assigned Value)

จากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบยางพารา ใบปาล์มน้ำมัน และใบลองกองเพื่อหาค่ากำหนดให้ (Establishing Assigned Value) โดยการเปรียบเทียบกับวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Materials : CRM) : SRM 1515 Apple Leaves โดยดำเนินการวิเคราะห์ไปพร้อมกันเป็นชุด ใน 1 ชุดประกอบด้วย CRM 2 ซ้ำ ตัวอย่าง ใบยางพารา ใบปาล์มน้ำมัน และใบลองกอง ชนิดละ 10 ซ้ำ ชุดใดที่มีค่าวิเคราะห์ CRM อยู่นอกขอบเขต จะตัดทิ้งไป ได้จำนวน 10 ชุด (100 ซ้ำ) นำไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อกำหนดเป็นค่า Assigned Value พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราได้ค่าเท่ากับ 2.51 ± 0.251 , 0.24 ± 0.024 , 1.23 ± 0.123 , 1.16 ± 0.116 และ 0.20 ± 0.020 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 4 ในใบปาล์ม น้ำมันได้ค่าเท่ากับ 2.26 ± 0.226 , 0.14 ± 0.014 , 0.84 ± 0.084 , 0.92 ± 0.092 และ 0.35 ± 0.035 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 5 ส่วนใบลองกองได้ค่าเท่ากับ 2.42 ± 0.242 , 0.17 ± 0.017 , 2.10 ± 0.210 , 1.48 ± 0.148 และ 0.27 ± 0.027 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารในใบยางพารา และค่า Assign value

ชุดที่	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหารในใบยางพารา (10 ซ้ำต่อชุด)				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
1	2.59	0.23	1.23	1.38	0.21
2	2.47	0.24	1.37	1.46	0.19
3	2.48	0.23	1.36	1.27	0.20
4	2.56	0.25	1.15	1.10	0.19
5	2.47	0.24	1.32	1.05	0.19
6	2.52	0.24	1.11	1.04	0.19
7	2.59	0.24	1.30	1.21	0.20

8	2.52	0.24	1.24	1.20	0.21
9	2.46	0.24	1.01	0.90	0.20
10	2.48	0.24	1.18	1.00	0.20
Assigned Value	2.51	0.24	1.23	1.16	0.20
SD	0.050	0.004	0.115	0.174	0.008
Variability	0.251	0.024	0.123	0.116	0.020
Acceptable Range	2.26-2.76	0.21-0.26	1.10-1.35	1.04-1.28	0.18-0.22

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารไนโบปาล์มน้ำมันและค่า Assign value

ชุดที่	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหารไนโบปาล์มน้ำมัน (10 ชุดต่อชุด)				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
1	2.28	0.14	0.88	1.08	0.36
2	2.18	0.14	0.88	1.14	0.33
3	2.14	0.14	0.78	0.95	0.34
4	2.31	0.15	0.78	0.85	0.34

5	2.28	0.14	0.88	0.81	0.34
6	2.18	0.14	0.78	0.82	0.32
7	2.29	0.14	0.95	1.00	0.35
8	2.25	0.15	0.96	0.93	0.37
9	2.45	0.14	0.72	0.90	0.35
10	2.21	0.14	0.77	0.78	0.36
Assigned Value	2.26	0.14	0.84	0.92	0.35
SD	0.088	0.004	0.083	0.121	0.015
Variability	0.226	0.014	0.084	0.092	0.035
Acceptable Range	2.03-2.48	0.13-0.16	0.75-0.92	0.83-1.02	0.31-0.38

ตารางที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ยของธาตุอาหารไนโตรเจนและค่า Assign value

ชุดที่	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหารไนโตรเจน (10 ซ้ำต่อชุด)				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
1	2.41	0.16	2.12	1.70	0.29

2	2.41	0.17	2.28	1.80	0.26
3	2.39	0.16	2.06	1.63	0.27
4	2.50	0.18	2.04	1.39	0.27
5	2.34	0.17	2.18	1.34	0.27
6	2.42	0.17	1.99	1.35	0.26
7	2.48	0.17	2.06	1.58	0.28
8	2.42	0.17	2.10	1.55	0.30
9	2.42	0.17	2.03	1.26	0.28
10	2.38	0.17	2.14	1.21	0.28
Assigned Value	2.42	0.17	2.10	1.48	0.27
SD	0.047	0.004	0.085	0.197	0.012
Variability	0.242	0.017	0.210	0.148	0.027
Acceptable Range	2.17-2.66	0.15-0.19	1.89-2.31	1.33-1.63	0.25-0.30

8.3 ผลการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (SRM)

จากการวิเคราะห์ SRM 1515 Apple Leaves ควบคุมไปกับใบยางพารา ปาล์ม น้ำมัน และลองกอง เพื่อกำหนดเป็น Assign value โดยวิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จำนวน 10 ชุด ชุดละ 2 ซ้ำ ได้ค่ารับรองอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดในใบรับรองดังตารางที่ 7 ตารางที่ 7 แสดงค่าวิเคราะห์ธาตุอาหาร (SRM Apple Leaves 1515) ของห้องปฏิบัติการเทียบกับ วัสดุอ้างอิงรับรอง

รายการ	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหารใน SRM Apple Leaves 1515				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
ค่าวิเคราะห์ของห้อง lab	2.178	0.151	1.587	1.511	0.274
Certified Value	2.25	0.159	1.61	1.526	0.271
Uncertainty	±0.19	±0.011	±0.02	±0.015	±0.008
Acceptable Range	2.06 – 2.44	0.148 – 0.17	1.59 – 1.63	1.511 -1.541	0.263-0.279

8.4 ผลการวิเคราะห์เพื่อทดสอบความเสถียร (stability testing)

จากการวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในใบยางพารา ใบปาล์ม น้ำมัน และใบลองกอง ในตัวอย่างพืชละ 10 ซ้ำ ที่ระยะเวลา 3, 6, 12 และ 18 เดือน เพื่อทดสอบความเสถียร

(stability testing) ของตัวอย่างพืชอ้างอิง ซึ่งค่าวิเคราะห์ทั้งหมดยังอยู่ในช่วง mean ± 2 SD ของค่า Assigned Value ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงของ Acceptable Range แสดงว่าธาตุอาหารในตัวอย่างพืชทั้ง 3 ชนิด มีความเสถียรดังตารางที่ 8-10 โดยเฉพาะเมื่อเวลาผ่านไป 18 เดือนหรือ 1.5 ปี ค่าวิเคราะห์ทั้งหมดยังอยู่ในช่วง Acceptable Range คือมีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราอยู่ในช่วง 2.475 ± 0.099 , 0.239 ± 0.008 , 1.181 ± 0.231 , 0.999 ± 0.349 และ 0.201 ± 0.017 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 2.207 ± 0.176 , 0.138 ± 0.008 , 0.768 ± 0.166 , 0.777 ± 0.243 และ 0.355 ± 0.030 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และใบลองกองอยู่ในช่วง 2.376 ± 0.094 , 0.168 ± 0.008 , 2.142 ± 0.171 , 1.207 ± 0.392 และ 0.276 ± 0.024 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 8 แสดงผลการทดสอบความเสถียรของใบยางพารา ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหาร (10 ซ้ำ)				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
3	2.586	0.234	1.232	1.377	0.211
6	2.468	0.236	1.367	1.458	0.187
12	2.520	0.240	1.240	1.202	0.210
18	2.475	0.239	1.181	0.999	0.201
Assigned Value	2.512	0.239	1.228	1.160	0.198
$\pm 2SD$	0.099	0.008	0.231	0.349	0.017
Acceptable Range	2.413-2.611	0.231-0.247	0.997-1.458	0.812-1.509	0.182-0.215

ตารางที่ 9 แสดงผลการทดสอบความเสถียรของใบปาล์มน้ำมัน ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหาร (10 ซ้ำ)				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
3	2.277	0.138	0.880	1.081	0.364
6	2.184	0.143	0.884	1.145	0.334
12	2.252	0.145	0.961	0.925	0.370
18	2.207	0.138	0.768	0.777	0.355
Assigned Value	2.258	0.141	0.838	0.925	0.346
$\pm 2SD$	0.176	0.008	0.166	0.243	0.030

Acceptable Range	2.082-2.434	0.134-0.149	0.672-1.004	0.682-1.168	0.316-0.376
------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

ตารางที่ 10 แสดงผลการทดสอบความเสถียรของใบลองกอง ที่ระยะเวลาต่างๆ

ระยะเวลา (เดือน)	ค่าเฉลี่ยธาตุอาหาร (10 ซ้ำ)				
	ไนโตรเจน (%)	ฟอสฟอรัส (%)	โพแทสเซียม (%)	แคลเซียม (%)	แมกนีเซียม (%)
3	2.406	0.164	2.117	1.695	0.291
6	2.412	0.169	2.278	1.797	0.260
12	2.419	0.171	2.101	1.546	0.295
18	2.376	0.168	2.142	1.207	0.276
Assigned Value	2.416	0.169	2.100	1.479	0.274
±2SD	0.094	0.008	0.171	0.395	0.024
Acceptable Range	2.322-2.510	0.161-0.177	1.929-2.271	1.084-1.874	0.250-0.298

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการผลิตตัวอย่างอ้างอิงภายใน (Internal Reference Material หรือ Inhouse Reference Material –IRM) สำหรับการวิเคราะห์พืชของห้องปฏิบัติการพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง จำนวน 3 ชนิดพืช ได้แก่ ฝรั่ง พาล์มน้ำมัน และ ลองกอง โดยดำเนินการตาม Guidelines for Quality Management in Soil and Plant Laboratories, FAO ทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและความเสถียรในช่วงเวลาที่กำหนด วิเคราะห์หาค่าจริง (Assign Value) ของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ตามแนวทางของ International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories, AOAC สรุปผลได้ดังนี้

9.1 การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันของตัวอย่างพืชโดยผ่านการบด คลุกเคล้า วิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และนำค่าที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติหาความแปรปรวน (Analysis of Variance – ANOVA แบบทางเดียว) โดยไม่ตัด outliers ออก พบว่าค่า F_{cal} ของใบฝรั่ง พาล์มน้ำมัน มีค่า 2.44, 1.85, และ 1.59 ตามลำดับ ใบพาล์มน้ำมัน มีค่า 2.28, 0.74 และ 1.41 ตามลำดับ และ ใบลองกอง มีค่า 2.03, 1.99 และ 0.41 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่า $F_{critical}$ ที่ได้จากรายการ คือ 3.02 แสดงให้เห็นว่าตัวอย่างใบฝรั่ง พาล์มน้ำมัน และ ลองกอง มีความเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถนำไปหาค่ากำหนดให้ (Assigned Value) เพื่อเป็นตัวอย่างอ้างอิงภายในต่อไปได้

9.2 การหาค่ากำหนดให้ (Establishing the Assigned Value โดยดำเนินการวิเคราะห์ควบคู่ไปกับวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material- SRM) : SRM 1515 Apple Leaves พบว่าปริมาณไนโตรเจน

ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราได้ค่าเท่ากับ 2.51 ± 0.251 , 0.24 ± 0.024 , 1.23 ± 0.123 , 1.16 ± 0.116 และ 0.20 ± 0.020 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในใบปาล์มน้ำมันได้ค่าเท่ากับ 2.26 ± 0.226 , 0.14 ± 0.014 , 0.84 ± 0.084 , 0.92 ± 0.092 และ 0.35 ± 0.035 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนใบลองกองได้ค่าเท่ากับ 2.42 ± 0.242 , 0.17 ± 0.017 , 2.10 ± 0.210 , 1.48 ± 0.148 และ 0.27 ± 0.027 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

9.3 การทดสอบความเสถียร (stability testing) ของตัวอย่างพืชทั้ง 3 ชนิด โดยทำการวิเคราะห์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในตัวอย่างพืชละ 10 ซ้ำ ที่ระยะเวลา 3, 6, 12 และ 18 เดือน ที่ระยะเวลา 18 เดือนหรือ 1.5 ปี พบว่าค่าวิเคราะห์อยู่ในช่วง ± 2 SD ของค่า Assigned Value นั่นคือปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราอยู่ในช่วง 2.475 ± 0.099 , 0.239 ± 0.008 , 1.181 ± 0.231 , 0.999 ± 0.349 และ 0.201 ± 0.017 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในช่วง 2.207 ± 0.176 , 0.138 ± 0.008 , 0.768 ± 0.166 , 0.777 ± 0.243 และ 0.355 ± 0.030 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และใบลองกองอยู่ในช่วง 2.376 ± 0.094 , 0.168 ± 0.008 , 2.142 ± 0.171 , 1.207 ± 0.392 และ 0.276 ± 0.024 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าส่วนประกอบของตัวอย่างใบพืชทั้งสามชนิดมีความเสถียร

9.4 สรุปได้ว่าใบยางพารา ปาล์มน้ำมัน และ ลองกอง ที่ผลิตได้มีสมบัติครบถ้วนสมบูรณ์ทุกประการในการเป็นตัวอย่างพืชอ้างอิงภายใน (IRM) และสามารถสอบกลับได้ไปยังวัสดุอ้างอิงมาตรฐาน (Standard Reference Material- SRM) ได้

9.5 ได้ตัวอย่างพืชอ้างอิงภายใน 3 ตัวอย่างๆละประมาณ 2 กิโลกรัม รวม 6 กิโลกรัม ซึ่งเมื่อคิดเป็นมูลค่าของวัสดุอ้างอิงรับรอง แล้วจะสามารถประหยัดงบประมาณแผ่นดินในการจัดซื้อ CRM หรือ SRM ได้ถึง 8.4 ล้านบาท (SRM ราคา 28,000 บาท/ 50 กรัม)

9.6 ในการคลุกเคล้าตัวอย่างพืชเมื่อบดและผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร แล้ว ควรแบ่งเป็นส่วนย่อยๆ หลายๆส่วน และทำการเขย่าในถุงที่มีอากาศโปร่งในแต่ละส่วนที่ย่อยก่อน แล้วจึงนำส่วนย่อยมาคลุกเคล้ารวมกันอีกครั้งในเครื่องบดตัวอย่าง ดีกว่าการคลุกเคล้าถุงใหญ่เพียง 1-2 ถุง

9.7 ในการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์แต่ละครั้งควรนำตัวอย่างไปอบก่อนแล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้นก่อนที่จะทำการชั่งตัวอย่าง เพื่อให้ได้น้ำหนักที่แท้จริงของตัวอย่าง และผลการวิเคราะห์จะไม่คลาดเคลื่อน

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

10.1 ได้วัสดุอ้างอิงภายในของพืช ให้กับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร เพื่อควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์และลดต้นทุนการวิเคราะห์การใช้วัสดุอ้างอิงภายในแทนการใช้วัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified reference material, CRM) ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ช่วยให้ประหยัดงบประมาณของประเทศได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งการวิเคราะห์โดยใช้ IRM ควบคุมคุณภาพผลวิเคราะห์ สามารถแก้ไขปัญหาความผิดปกติที่อาจเกิดขึ้นในระบบการวิเคราะห์ก่อนที่จะออกรายงานผลและเป็นการยกระดับมาตรฐานการวิเคราะห์ให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล

10.2 ได้เทคนิคการเตรียมตัวอย่างพืชอ้างอิงอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถนำวิธีการนี้ไปใช้เตรียมตัวอย่างพืชอ้างอิงภายในในพืชชนิดอื่น หรือวัสดุอ้างอิงภายในอื่นๆ เพื่อใช้ควบคุมคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการได้

10.3 กลุ่มเป้าหมายที่จะนำไปใช้ประโยชน์คือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร และห้องปฏิบัติการสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8

11. คำขอขอบคุณ

ในการผลิตตัวอย่างพืชอ้างอิงภายในในครั้งนี้จะไม่สามารถได้ตัวอย่างและข้อมูลการวิจัยเป็นผลสำเร็จได้ หากไม่ได้รับความร่วมมือ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสงขลาที่อนุเคราะห์ให้ใบยางพารา เกษตรกร (นายประยูร แสงแก้ว อ.สะเดา จ.สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์ใบปาล์มน้ำมัน และนางน้อย สุวรรณกาญจน์ ต.ควนลัง อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา ที่ให้ความอนุเคราะห์ใบลองกอง) และเจ้าหน้าที่วิเคราะห์ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืช กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 ที่ช่วยในการวิเคราะห์ ทำให้งานทดลองนี้สำเร็จได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณทุกท่านที่กรุณาสละเวลาในการช่วยเหลือในครั้งนี้ และร่วมงานทดลองไปได้ด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

ISBN: 974-436-054-2. 164 หน้า

จำเป็น อ่อนทอง. 2536. หลักการและเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช. ศูนย์วิจัยพืชสวนสุราษฎร์ธานี สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. 125 หน้า.

จำเป็น อ่อนทอง, สุรชาติ เพชรแก้ว, จรัสศรี นวลศรี, มงคล แซ่หลิม, และสายใจ กิมสงวน. 2547 วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบลองกองสำหรับประเมินสถานะธาตุอาหารพืช. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 26 : 1-12.

จำเป็น อ่อนทอง. 2551. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ.สงขลา. 225 หน้า.

นุชนารถ กังพิสดาร. 2552. การจัดการสวนยางพาราอย่างยั่งยืน: ดิน น้ำ และธาตุอาหารพืช.

สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 210 หน้า.

ปรีดา พากเพียร, พิชิต พงษ์สกุล และวิศิษฐ์ โขลิตกุล. 2535. การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี. 15 หน้า.

ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2551. เอกสารคู่มือปาล์มน้ำมันชุดที่ 1. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในสวนปาล์มน้ำมัน. กรมวิชาการเกษตร. ISBN: 974-436-433-5. 34 หน้า

อมรา วงษ์พุทธพิทักษ์ กนกพร อธิสุข และทิพวรรณ นิ่งน้อย. 2545. การทดสอบความชำนาญของ

ห้องปฏิบัติการ (Laboratory Proficiency Testing) เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง “การทดสอบ
ความชำนาญของห้องปฏิบัติการ” 10 กันยายน 2545 ณ กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร.

Reeuwijk, L.P. van. 1998. Guidelines for Quality Management in Soil and Plant Laboratories.
FAO Soil Bulletin 74. International and Information Center. Rome.

Thompson, M. and R. Wood, 1993. International Harmonized Protocol for Proficiency Testing
of (Chemical) Analytical Laboratories. Journal of AOAC International. Vol.76 no.4

Wernimont, G.T. 1996. Use of Statistic to Develop and Evaluate Analytical Methods. W.
Spendley (ed.). Intralaoratory Studies. Fifth printing. AOAC.

13. ภาคผนวก

-