

5. บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อจัดทำตัวอย่างดินอ้างอิงภายใน (Internal Reference Material: IRM) ที่ได้มาตรฐานสากล เพื่อลดการนำเข้าวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material: CRM) จากต่างประเทศ IRM ที่ผลิตได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการประกันคุณภาพ ควบคุมคุณภาพภายในของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินอย่างต่อเนื่องโดยนำมาวิเคราะห์ควบคู่ไปกับงานวิเคราะห์บริการประจำทุกครั้งที่ทำให้เกิดมั่นใจแก่ทั้งผู้วิเคราะห์และผู้ใช้บริการว่าผลวิเคราะห์มีความถูกต้อง แม่นยำ น่าเชื่อถือ และใช้ IRM ในการประเมินคุณภาพ ภายนอกของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินอื่นๆ นับเป็นการยกระดับมาตรฐานการวิเคราะห์ดินให้มีการประกันคุณภาพตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ทำการเตรียมตัวอย่างดิน 3 ชุดดิน คือ ชุดดินตาคลี ลพบุรี และ สตึก เป็นตัวแทนของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ การเตรียมตัวอย่างดิน การคลุกดิน การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน การหาค่ากำหนดให้ และการทดสอบความเสถียรหรือความคงที่ ตามมาตรฐานสากล โดยรายการวิเคราะห์ที่ใช้ทดสอบคือ pH อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ผลการทดลองได้ตัวอย่างดินอ้างอิง 2 ชุดดิน เป็นชุดดินลพบุรี และชุดดินสตึก ปริมาณชุดดินละ 150 กิโลกรัม ซึ่งได้ผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน มีค่ากำหนดให้ และมีความเสถียร ตามมาตรฐานสากล ดินทั้ง 2 ชุดนี้ สามารถนำไปใช้เป็นวัสดุอ้างอิง โดยใช้เป็นตัวอย่างดินควบคุมภายใน (Internal Quality Control Sample, QC sample) เพื่อควบคุมคุณภาพผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบคุณภาพดิน ทั้งภายใน และภายนอกกรมวิชาการเกษตรอย่างต่อเนื่อง เป็นการประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อวัสดุอ้างอิงรับรองจากต่างประเทศเป็นเงินถึง 9 ล้านบาท

ABSTRACT

Objectives of this study were obtaining soil Internal Reference Material (IRM) attributed to international standard to be used in laboratory. Soil IRMs have been using for internal quality assessment, testing IRM along with every batch in routine work. This will provide adequate confidence for analyst and customer to be assure on the accuracy, precision and reliability of soil analysis results. IRMs were also used for external quality assessment and have been using for quality control charts (QC charts) study. It has been raising to meet quality assurance according to ISO/IEC 17025. Three harmonized soil series,

Takhli, Lopburi and Satuk were analyzed for organic matter (OM), phosphorus (P), potassium (K), soil reaction (pH). Soil sample preparation, homogeneity testing, establishing the assigned value and stability testing of IRMs were determined according to international standard. This research obtained 150 kg of 2 reference soil samples of Lopburi and Satuk soil series. These soil samples were passed a test of textural uniformity and their stability levels met the international standard. They are suitable for adoption as the test samples and can be used as reference material as an internal control soil sample for quality control in the laboratory and to check soil quality both inside and outside the Department of Agriculture. These could save the budget for importing the certified reference materials of about 9 million baht.

คำนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญของโลกมาเป็นเวลาช้านาน ในยุคโลกาภิวัตน์ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและแข่งขันกันอย่างรุนแรงโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านการค้า จำเป็นอย่างยิ่งที่ไทยต้องพัฒนาทุกด้านให้ก้าวหน้า ทันสมัย ทันต่อเงื่อนไขหรือข้อกำหนดใหม่ๆ ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้องกับการผลิตจึงควรนำเทคโนโลยีและองค์ความรู้ใหม่ๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อให้สินค้าเกษตรมีคุณภาพได้มาตรฐาน มีความปลอดภัย และตรงตามความต้องการของผู้บริโภค จึงจะเป็นที่เชื่อถือและได้รับการยอมรับทั้งในและต่างประเทศ

สำหรับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการผลิตพืชทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพ ควรตระหนักถึงความจำเป็นในการพัฒนางานให้ก้าวสู่ระดับสากลให้ได้ วัสดุอ้างอิง (Reference Material) เป็นนวัตกรรมที่ห้องปฏิบัติการควรจัดทำเพื่อนำมาใช้ประโยชน์โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการประกันคุณภาพและเป็นแนวทางไปสู่การรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 ผลของการยอมรับตามมาตรฐานดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ประกอบการผลิตสินค้าเกษตรไทย จะทำให้ได้รับความเชื่อถือและยอมรับจากประเทศคู่ค้า ช่วยลดอุปสรรคเทคนิคทางการค้า (technical barrier to trade) ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบซ้ำ เป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศในการส่งออก

วัสดุอ้างอิง (Reference Material: RM) หมายถึง วัสดุหรือสารที่มีสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่งหรือมากกว่าซึ่งเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous) เสถียร (stable) และผ่านการจัดเตรียมมาอย่างดีเพื่อใช้ในการสอบเทียบ (calibration) การประเมิน (assessment) วิธีวิเคราะห์ และการกำหนดค่า (assigning values) ให้กับวัสดุอื่น (ISO/IEC 17043: 2010 (E); กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2557) ตามข้อกำหนดทางวิชาการของ ISO/IEC 17025: 2005 ข้อ 5.9 การประกันคุณภาพผลการทดสอบเทียบ ระบุไว้ว่า ห้องปฏิบัติการต้องมีขั้นตอนการดำเนินงานในการควบคุมคุณภาพเพื่อเฝ้าระวังความใช้ได้ของการทดสอบและสอบเทียบที่

ดำเนินการ ข้อมูลที่ได้ต้องได้รับการบันทึกไว้ในลักษณะที่สามารถตรวจสอบแนวโน้มต่างๆ ได้ และถ้าทำได้ต้องใช้วิธีทางสถิติในการทบทวนผลต่างๆ ด้วย การเฝ้าระวังนี้ต้องมีการวางแผน และทบทวน และอาจรวมถึงวิธีต่อไปนี้อีกวิธีอื่นที่เหมาะสม คือ มีการใช้วัสดุอ้างอิงรับรองเป็นประจำและ/หรือมีการควบคุมคุณภาพภายในโดยใช้วัสดุอ้างอิงทุติยภูมิ การเข้าร่วมในการเปรียบเทียบผลระหว่างห้องปฏิบัติการ หรือโปรแกรมการทดสอบความชำนาญ การทดสอบหรือสอบเทียบซ้ำโดยวิธีการเดิมหรือต่างวิธี การทดสอบหรือสอบเทียบซ้ำอีกโดยใช้ตัวอย่างที่เก็บไว้ การหาสหสัมพันธ์ของผลที่ได้สำหรับคุณลักษณะที่แตกต่างกันของตัวอย่าง จากข้อกำหนดดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า วัสดุอ้างอิงมีความสำคัญในการควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์ ซึ่งจะทำให้ห้องปฏิบัติการเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

ตัวอย่างดินอ้างอิงภายใน (Internal Reference Material: IRM) คือ ตัวอย่างดินอ้างอิงที่ผลิตโดยสอบย้อนกลับไปยัง RM หรือ CRM ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินที่ควรดำเนินการ ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้ประโยชน์หลายๆ ด้านในห้องปฏิบัติการโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประกันคุณภาพ IRM ที่พัฒนาได้จะเติมเต็มกระบวนการวัดให้สมบูรณ์ทำให้มีการประเมินคุณภาพโดยมีเกณฑ์กำหนด (specification) ของ RM หรือ CRM เป็นตัวชี้วัดความแม่นยำ (accuracy) และเกณฑ์กำหนดของ IRM เป็นตัวชี้วัดความเที่ยง (precision) ซึ่งประเมินรวมแล้วคือความน่าเชื่อถือ (reliability) ของข้อมูลการวิเคราะห์

กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร เคยผลิต IRM เป็นผลสำเร็จมาแล้ว โดย วราภรณ์ และคณะ (2549) ได้ผลิต IRM ในระหว่างปี 2544-2548 ได้ IRM 2 ชุดดิน คือ ชุดดินลพบุรี (Lop Buri series: Lb) และ สติก (Satuk series: Suk) ปริมาณรวม 140 กิโลกรัม และได้นำมาใช้ประโยชน์ในการประเมินคุณภาพภายใน (Internal quality assessment) ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของหน่วยงาน รวมทั้งการประเมินคุณภาพภายนอก (External quality assessment) ของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1-8 รวมทั้งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของกรมปศุสัตว์ และหน่วยงานอื่นๆ ที่สนใจ ซึ่งในขณะนี้ IRM ของทั้งสองชุดดินเหลืออยู่ในปริมาณน้อยมากอาจไม่เพียงพอในการใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต ทางกลุ่มงานฯ จึงได้ผลิต IRM ขึ้นมาอีกครั้ง เพื่อใช้ทดแทน IRM เดิมที่กำลังจะหมดไป

วิธีดำเนินการ

วิธีการ

การพัฒนาดินอ้างอิงภายในประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญ ๆ 6 ขั้นตอนคือ

1. การเก็บตัวอย่างดิน (Collecting of soil sample)

ตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการเตรียมดินอ้างอิงภายในหรือ IRM เป็นตัวอย่างดินในสภาพธรรมชาติซึ่งปราศจากสิ่งปนเปื้อนที่จะทำสมบัติของดินเปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ย ปูน ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช หรือสิ่งอื่นใดอันจะทำให้สมบัติของดินผิดไปจากสภาพเดิมตามธรรมชาติ ก่อนทำการเก็บตัวอย่างดินต้องกำหนดสมบัติของ IRM ก่อนว่า IRM ที่ต้องการเตรียมมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อใช้ทำอะไร และองค์ประกอบ (component) ที่ใช้งานมีอะไรบ้าง ในเบื้องต้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ต่างๆ ควรกำหนดสมบัติของ IRM จากข้อมูลการ

ให้บริการ ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ component หลักหรือ parameter ที่ขาดไม่ได้คือ pH ดิน (soil pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter : OM) ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) โพแทสเซียม (Potassium : K) เป็นต้น เมื่อพิจารณาในแง่ความอุดม-สมบูรณ์ของดิน สามารถแบ่งดินตามความอุดมสมบูรณ์ได้อย่างกว้างๆ เป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ กลาง และสูง ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งที่ต้องการตามที่ได้กำหนดไว้โดยเก็บดินสภาพธรรมชาติซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปูน หรือมีสิ่งปนเปื้อนอื่นใดที่จะทำสมบัติของดินผิดไปจากสภาพธรรมชาติ (หากมีสิ่งปนเปื้อนจะเป็นการเพิ่มความยากลำบากในการคลุกดินให้เป็นเนื้อเดียวกันมากยิ่งขึ้น) ทำการเก็บดินที่ความลึก 6 นิ้ว จุดเดียวแต่เก็บปริมาณมาก 200 กก./ตัวอย่าง เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน

2. การเตรียมตัวอย่างดิน (Soil sample preparation)

นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่มโดยเกลี่ยบางๆ บนแผ่นพลาสติกที่วางอยู่บนชั้นในห้องที่สะอาดปราศจากปุ๋ย ปูน สารเคมี หรือสิ่งปนเปื้อนอื่นใด เป็นห้องที่อากาศถ่ายเทได้สะดวกและตัวอย่างต้องไม่ถูกแสงแดดส่องโดยตรง ในกรณีที่ตัวอย่างมีปริมาณมากเพื่อให้ตัวอย่างแห้งเร็วขึ้นสามารถใช้พัดลมช่วยในการถ่ายเทอากาศให้ดีขึ้น และอาจจะกลับดินบ้างระหว่างผึ่งดิน หลังจากดินแห้งดีแล้ว (สัมผัสด้วยมือไม่มีความชื้น) นำตัวอย่างดินไปบดด้วยเครื่องบดดินให้ละเอียด และนำไปร่อนผ่านตะแกรง (Laboratory Test Sieve) ขนาด 0.5 มม. (Reeuwijk , 1998)

3. การคลุกดิน (Soil mixing)

การคลุกดินสามารถดำเนินการได้หลายรูปแบบ ทั้งรูปแบบที่ไม่ใช้เครื่องมือและใช้เครื่องมือในการศึกษาทำการคลุกดินโดยใช้กำลังคนคลุก (วรารคนา และคณะ, 2549) ดำเนินการตาม diagram ดังภาพที่ 1 โดยขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานในการคลุกดินโดยใช้กำลังคนอย่างเดียวยังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แบ่งตัวอย่างที่บดแล้วทั้งหมด (bulk sample) ออกเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กันโดยใช้ภาชนะตวง ดิน 100 กก. แบ่งเป็น 10 ส่วน แต่ละส่วนมีน้ำหนักประมาณ 10 กก.

2) คลุกแต่ละส่วนให้เข้ากันดีโดยคลุกดินในแผ่นพลาสติกขนาดใหญ่ที่วางบนพื้นที่สะอาดโดยเทดิน 1 ส่วน ลงกลางพลาสติก ใช้คน 1-2 คนคลุกอาจจะใช้วิธีตลบแผ่นพลาสติกไป-มา หรือใช้มือที่สะอาดและแห้งคลุกโดยตรงก็ได้ (การคลุกดินด้วยการสวมถุงมืออาจเสี่ยงต่อการปนเปื้อนจากยาง) ทำการคลุกดินแต่ละส่วนหรือแต่ละกองไปจนกว่าจะแน่ใจว่าเข้ากันดี

3) ดำเนินการคลุกดินตามข้อ 2) จนครบทุกกอง

4) เกลี่ยดินแต่ละกองเป็นแบนราบลงให้เป็นวงกลมความหนาประมาณ 1-2 นิ้ว

5) แบ่งดินออกเป็น 4 ส่วน เท่าๆ กัน

6) นำแต่ละส่วนจากแต่ละกองทั้ง 10 กอง มารวมกัน จะได้ดิน 4 กอง

7) คลุกดินแต่ละกองในข้อ 6) ให้เข้ากันเป็นอย่างดี

- 8) ดำเนินการตามข้อ 4) และ 5) จนครบทุกกอง
- 9) นำแต่ละส่วนจากข้อ 8) ของดินทั้ง 4 กองมาคลุกรวมกัน จะได้ดิน 4 กอง
- 10) คลุกดินแต่ละกองให้เข้ากันดี
- 11) เกลี่ยดินแต่ละกองให้แบนราบลงเช่นเดียวกับข้อ 4)
- 12) แบ่งดินแต่ละกองให้เป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน
- 13) นำแต่ละส่วนจากแต่ละกองมาคลุกรวมกัน จะได้ดิน 2 กอง
- 14) คลุกดินแต่ละกองให้เข้ากันดี
- 15) นำดินทั้ง 2 กอง มาคลุกรวมกันจนดินเป็นเนื้อเดียวกันได้ homogenized bulk sample เพื่อนำไปทดสอบต่อไป

4. การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing)

หลังจากคลุกดินจนมั่นใจว่าเข้ากันดีแล้ว นำตัวอย่างไปทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันโดยดำเนินการตามแนวทางของ International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories, AOAC (วารางคณา และคณะ, 2549; Thompson & Wood, 1993) ซึ่งมีขั้นตอนและวิธีดำเนินการ ดังนี้

4.1 แบ่งตัวอย่างทั้งหมด (bulk sample) ออกเป็นตัวอย่างย่อย (subsample) ตัวอย่างละเท่าๆ กันทั้งหมด 50 subsample

4.2 สุ่มตัวอย่างมา 10 subsamples เพื่อนำไปวิเคราะห์

4.3 ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบ (component) ของดินที่สำคัญๆ ซึ่งคาดว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ เช่น pH ดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter : OM) ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) โพแทสเซียม (Potassium : K) ทำการวิเคราะห์แต่ละ component โดยวิเคราะห์ duplicate จะได้ค่าวิเคราะห์ของ representative subsamples 20 subsamples

4.4 นำค่าวิเคราะห์ 20 ค่าไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) แบบทางเดียวโดยไม่ตัด Outliers ออก (อมรา และคณะ, 2545; Wernimont, 1996) –ในการทดสอบทางสถิติหากการทดสอบไม่ผ่านต้องทำการคลุกดินใหม่ แล้วนำมาทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและวิเคราะห์ผลทางสถิติซ้ำอีก ต้องดำเนินการอย่างนี้ซ้ำๆ จนกว่าผลวิเคราะห์สถิติจะผ่าน

5. การหาค่ากำหนดให้ (Establishing the Assigned Value)

ตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นเมื่อผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันแล้วต้องนำมาหาค่ากำหนดให้ (Assigned Value) โดยการเปรียบเทียบโดยตรงกับวัสดุอ้างอิงรับรอง (Direct Comparison with Certified Reference Materials) (Thompson & Wood, 1993) วิธีนี้เป็นวิธีการวิเคราะห์วัสดุทดสอบควบคู่ไปกับวัสดุอ้างอิงรับรองที่เหมาะสมโดยใช้วิธีที่เหมาะสมภายใต้สภาวะการทำซ้ำ (repeatability conditions) วิธีนี้เป็น การสอบเทียบ (calibrated) กับ CRM ซึ่งส่งผลทำให้มีการสอบย้อนกลับโดยตรง (direct traceability) และ ประเมินค่าความไม่แน่นอน (uncertainty) สำหรับค่า Assigned Value แก่วัสดุทดสอบ CRM จะต้องมีความ

เหมาะสมทั้ง matrix และช่วงความเข้มข้นต่างๆ ของ analyte ซึ่งใกล้เคียงกับวัสดุทดสอบ โดยดำเนินการ ดังนี้

5.1 ทำการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบที่ต้องการหาค่า Assigned Value ใน CRM และ IRM โดยดำเนินการไปพร้อมกันเป็นชุด ใน 1 ชุดประกอบด้วย CRM 1 ซ้ำ (ตัวอย่าง) และ IRM 10 ซ้ำ ค่าวิเคราะห์ IRM ที่จะนำไปใช้หาค่า Assigned Value คือค่าวิเคราะห์ซึ่งอยู่ในชุดที่มีค่าวิเคราะห์ CRM อยู่ในช่วงของ Certified Value \pm Uncertainty เท่านั้น ชุดใดมีค่า CRM อยู่นอกขอบเขตดังกล่าวต้องตัดทิ้งไป เมื่อได้ค่าวิเคราะห์ IRM ครบ 100 ซ้ำ แล้วจึงนำไปหาค่า Assigned Value

5.2 นำค่าวิเคราะห์ IRM ทั้งหมดไปหาค่าเฉลี่ย (\bar{x}) และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

5.3 ค่าเฉลี่ยที่ได้คือ Assigned Value

5.4 ประเมินค่าความไม่แน่นอนหรือความแปรปรวนของการวัด โดยใช้หลักเกณฑ์การยอมรับ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ CRM เพื่อใช้ในการทวนสอบ ซึ่งมีเกณฑ์การยอมรับ $\pm 10\%$ ของค่าจริง (true value) (นักวิเคราะห์มีอาชีพทางเคมี, 2549)

6. การทดสอบความเสถียรหรือความคงที่ (Stability Testing)

ตัวอย่างที่ผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันและมี Assigned Value แล้วสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการได้ และระหว่างที่นำมาใช้งานควรมีการทดสอบความเสถียรหรือความคงที่ของตัวอย่างในระยะ เวลา 6, 12 และ 18 เดือน และทดสอบต่อไปเรื่อยๆ เป็นระยะๆ เพื่อให้แน่ใจว่าองค์ประกอบของตัวอย่างมีความเสถียรและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ โดยดำเนินการดังนี้ (วรางคณา และคณะ 2549; ประภาศรี และครรชิต, 2547)

6.1 สุ่มตัวอย่างมา 5 ตัวอย่าง จากแต่ละชุดดิน

6.2 ทำการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ในตัวอย่างที่สุ่มโดยใช้เงื่อนไขเดียวกันกับการวัดซ้ำ (repeatability)

6.3 คำนวณค่าเฉลี่ยและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของ pH, OM, P และ K โดยไม่ต้องตัด outliers ออก

6.4 ทำการทดสอบความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ย 2 กลุ่ม (กลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบความเสถียร และกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน)

6.5 ถ้าค่าเฉลี่ยในการทดสอบความเสถียร อยู่ในช่วงของ mean \pm 2SD ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันแสดงว่า pH, OM, P และ K มีค่าเสถียร

7. การศึกษาแผนภูมิคุณภาพ (Control chart)

โดยนำข้อมูลผลการวิเคราะห์ของซึ่งวิเคราะห์ไปพร้อมกับตัวอย่างที่ให้บริการทุก batch ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบ single measurement ในแต่ละ batch ผลการวิเคราะห์ 15 ครั้ง นำมาสร้าง Control Chart แบบ x chart โดยนำค่าวิเคราะห์มาหาค่าเฉลี่ยและ standard deviation: SD โดยการสร้าง Control Charts มีขั้นตอนดังนี้

7.1 ทดสอบ IRM ในช่วงเวลาแตกต่างกัน

7.2 สร้างแกน x ให้เป็นลำดับครั้ง หรือ batch หรือเวลาในการวัด เพื่อให้ค่าเฉลี่ยเป็นที่น่าเชื่อถือ ควรดำเนินการในระยะยาวโดยทั่ว ๆ ไปควรเป็น 15 ครั้งต่อเนื่องกันเป็นลำดับ (อย่างน้อยต้องไม่ต่ำกว่า 7 ครั้ง) และแกน y เป็นแกนของผลวิเคราะห์

7.3 หาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด (\bar{x})

7.4 หาค่า standard deviation (SD)

7.5 กำหนดขอบเขตของการยอมรับ (Reeuwijk, 1998 ; Taylor , 1987)

Central line	=	\bar{x}	
Upper Warning Limit (UWL)	=	$\bar{x} + 2SD$	} ระดับสัญญาณ
Lower Warning Limit (LWL)	=	$\bar{x} - 2SD$	
Upper Control Limit (UCL)	=	$\bar{x} + 3SD$	} ระดับควบคุม
Lower Control Limit (LCL)	=	$\bar{x} - 3SD$	

7.6 plot ข้อมูลลงบนกราฟ และประเมินผล

เวลาและสถานที่

ระยะเวลาในการทำวิจัย ปีงบประมาณ 2556-2557 ณ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. การเก็บตัวอย่างดิน (Collecting of soil sample)

เนื่องจากตัวอย่างดินที่ส่งมาขอรับบริการมีความหลากหลาย ความอุดมสมบูรณ์อาจมีตั้งแต่ต่ำไปจนถึงสูงขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดของดิน (parent materials) การจัดการ การใช้ประโยชน์ และแหล่งที่มาของตัวอย่าง ดังนั้นห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินจึงควรพัฒนา IRM ที่มีสมบัติครอบคลุมงานที่ให้บริการ ซึ่งกำหนดสมบัติของ IRM ตามระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือ สูง กลาง และต่ำ โดยเลือกชุดดินตาคลี ลพบุรี และสตึก เป็นตัวแทนของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ ซึ่งมีที่มาของตัวอย่างดิน ดังนี้

ชื่อชุดดิน	สถานที่เก็บ
ตาคลี (Takhli series: Tk)	อำเภอ ภูผาม่าน จังหวัด ขอนแก่น
ลพบุรี (Lop Buri series: Lb)	ตำบล โคกตูม อำเภอ เมือง จังหวัด ลพบุรี
สตึก (Satuk series: Suk)	อำเภอ เมือง จังหวัด ขอนแก่น

โดยทำการเก็บตัวอย่างดินจากแหล่งที่ต้องการตามที่ได้กำหนดไว้โดยเก็บดินสภาพธรรมชาติซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปูน หรือมีสิ่งปนเปื้อนอื่นใดที่จะทำให้สมบัติของดินผิดไปจากสภาพธรรมชาติ เก็บดินที่ความลึก 6 นิ้ว จุดเดียวแต่เก็บปริมาณมาก 200 กก./ตัวอย่าง เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน

2. การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing)

หลังจากเตรียมตัวอย่างดินและคลุกดินจนมั่นใจว่าเข้ากันดีแล้ว นำตัวอย่างไปทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันโดยดำเนินการตามแนวทางของ International Harmonized Protocol for Proficiency Testing of (Chemical) Analytical Laboratories, AOAC (วารางคณา และคณะ, 2549; Thompson & Wood, 1993) โดยวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ของชุดดินตาคลี (Tk) ลพบุรี (Lb) และสตึก (Suk) ได้ผลวิเคราะห์ดังตารางที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

เมื่อนำผลวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ของชุดดินตาคลี (Tk) ลพบุรี (Lb) และสตึก (Suk) ไปวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อหาความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) ได้ดังตารางที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ ผลปรากฏว่า ผลวิเคราะห์ P ของดินตาคลี (Tk) ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (ตารางที่ 4) ถึงแม้ว่าจะมีการคลุกดินใหม่แล้ว เนื่องจากชุดดินตาคลีมีเนื้อปูนปนอยู่ในปริมาณมาก จึงมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส การสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมาจากดินจึงไม่สม่ำเสมอ ทำให้ไม่สามารถคลุกดินให้เป็นเนื้อเดียวกันได้แม้ดำเนินการคลุกหลายครั้งและละเอียดอย่างไรก็ไม่สามารถทำให้ P ในชุดดินตาคลีเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงต้องตัดชุดดินนี้ออกจากการทดสอบ ส่วนชุดดินลพบุรีและสตึกผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน

3. การหาค่ากำหนดให้ (Establishing the Assigned Value)

จากการนำตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นและผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว คือชุดดินลพบุรี และชุดดินสตึก มาหาค่ากำหนดให้ ของค่าวิเคราะห์ pH, OM, P และ K โดยวิเคราะห์ IRM จำนวน 100 ซ้ำ เปรียบเทียบโดยตรงกับวัสดุอ้างอิงรับรอง (Direct Comparison with Certified Reference Materials) ใน 1 ชุดประกอบด้วย CRM 1 ซ้ำ พบว่า ชุดดินลพบุรีมี pH ดินที่เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline) อินทรีย์วัตถุสูงปานกลาง ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงมาก คือ pH ดิน อยู่ในช่วง 7.403 – 7.770 อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 2.838 – 3.189 % ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 171.103 – 209.550 ppm และ 135.000 – 147.000 ppm ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยหรือ assigned value ของ pH, OM, P และ K เท่ากับ 7.671, 3.032 %, 194.760 ppm และ 141.300 ppm ตามลำดับ ส่วนชุดดินสตึกมี pH ดินที่เป็นกรดจัด (strongly acid) อินทรีย์วัตถุต่ำ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำมากถึงต่ำ คือ pH ดิน อยู่ในช่วง 5.290 – 5.483 อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 0.050 – 0.060 % ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในช่วง 2.365 – 4.406 ppm และ 23.500 – 36.400 ppm ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยหรือ Assigned Value ของ pH, OM, P และ K เท่ากับ 5.378, 0.549 %, 3.182 ppm และ 30.336 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 7) โดยค่าวิเคราะห์ที่นำมาใช้หา assigned value นั้นมีค่าวิเคราะห์ CRM อยู่ในช่วงของ Certified Value \pm Uncertainty/Acceptable

range (ตารางที่ 8) เมื่อนำไปใช้ในการประกันคุณภาพของห้องปฏิบัติการ ค่าวิเคราะห์ของ IRM ต้องอยู่ในช่วงของ acceptable range หรือ assigned value \pm uncertainty จึงจะถือว่าค่าวิเคราะห์ที่ได้นำเชื่อถือ และยอมรับได้

4. การทดสอบความเสถียรหรือความคงที่ (Stability Testing)

จากการนำตัวอย่างที่พัฒนาขึ้นและผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว คือชุดดินลพบุรี และชุดดินสติก มาทดสอบความเสถียรหรือความคงที่ในช่วงเวลา 6, 12 และ 18 เดือน พบว่า ค่า pH, OM, P และ K ของทั้งสองชุดดินมีค่าเฉลี่ยในการทดสอบความเสถียร อยู่ในช่วงของ $\bar{x} \pm 2SD$ ของการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (ตารางที่ 9 และ 10) แสดงว่า เมื่อเวลาผ่านไป 18 เดือนแล้วค่าวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ของทั้งสองชุดดินยังมีความเสถียรอยู่ และจะยังคงทดสอบต่อไปเรื่อยๆ เป็นระยะๆ เพื่อให้แน่ใจว่าองค์ประกอบของตัวอย่างมีความเสถียรและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

5. การศึกษาแผนภูมิคุณภาพ (Control chart)

หลังจากเตรียม IRM ที่ผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน หาค่า assigned value ทดสอบความเสถียร และหลังจากนำมาใช้ประโยชน์แล้ว ได้มีการศึกษาแผนภูมิคุณภาพ (Control Chart) โดยนำข้อมูลผลการวิเคราะห์ของซึ่งวิเคราะห์ไปพร้อมกับตัวอย่างที่ให้บริการทุก batch ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบ single measurement ในแต่ละ batch ผลการวิเคราะห์ 15 ครั้ง นำมาสร้าง Control Chart แบบ x chart เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการยอมรับความน่าเชื่อถือ เพื่อให้ค่า Uncertainty แคบลงและมีความแม่นยำมากขึ้น จึงปรับเปลี่ยนโดยนำ Warning Limits มาใช้แทน Assigned Value \pm Uncertainty (ตารางที่ 11 และ 12) ดังตัวอย่างในภาพที่ 2 เป็นตัวอย่าง Control Chart ของฟอสฟอรัสใน IRM-Lb โดยนำข้อมูลผลการวิเคราะห์ P ของ IRM-Lb ซึ่งวิเคราะห์ไปพร้อมกับตัวอย่างที่ให้บริการทุก batch ซึ่งเป็นการวิเคราะห์แบบ single measurement ในแต่ละ batch ผลการวิเคราะห์ 15 ครั้ง นำมาสร้าง Control Chart โดยนำค่าวิเคราะห์มาหาค่าเฉลี่ยซึ่งมีค่า 198.046 ppm และ standard deviation: SD มีค่า 6.465 ดังนั้น

	Central line	=	\bar{x}	=	198.046
	Warning Limits	=	$\bar{x} \pm 2SD$	=	198.046 \pm 12.930
หรือ	Upper Warning Limit	=	$\bar{x} + 2SD$	=	198.046 + 12.930 = 210.976
	Lower Warning Limit	=	$\bar{x} - 2SD$	=	198.046 - 12.930 = 185.116
และ	Control Limits	=	$\bar{x} \pm 3SD$	=	198.046 \pm 19.395
หรือ	Upper Control Limit	=	$\bar{x} + 3SD$	=	198.046 + 19.395 = 217.441
	Lower Control Limit	=	$\bar{x} - 3SD$	=	198.046 - 19.395 = 178.651

จากภาพที่ 2 จะเห็นได้ว่า มีผลวิเคราะห์ 1 จุด ที่อยู่นอกช่วง Lower Warning Limit แต่ยังไม่เกิน Lower Control Limit แสดงว่า ผลวิเคราะห์ยังเชื่อถือได้ แต่ถ้ามีผลวิเคราะห์เกิน 2 จุด อยู่นอกช่วง Warning Limits และ 1 จุด อยู่นอกช่วง Control Limits รวมทั้งมีจุด 7 จุดหรือมากกว่าที่เป็นชุด (series) อยู่เหนือ หรือใต้ Central line หรือมีแนวโน้มที่สูงขึ้นหรือต่ำลง แสดงว่าผลวิเคราะห์เริ่มไม่น่าเชื่อถือ ต้องมีการตรวจสอบ (AOAC , 1991)

สรุปผลการทดลองและคำแนะนำ

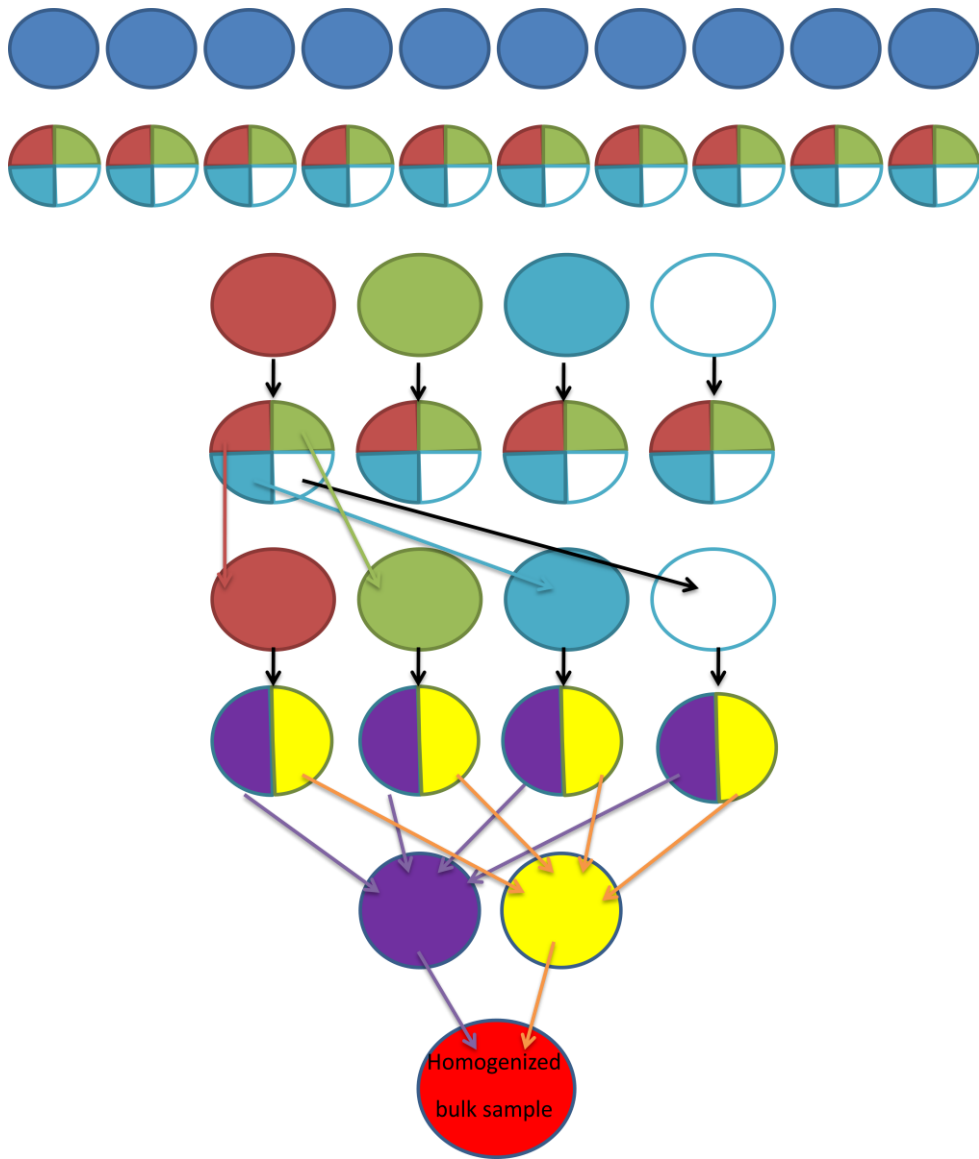
จากการพัฒนาตัวอย่างดินอ้างอิงภายในของกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ โดยเลือกชุดดินตาคลี (Takhli series: Tk) ลพบุรี (Lop Buri series: Lb) และ สตึก (Satuk series: Suk) เป็นตัวแทนของดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ ตามลำดับ เก็บตัวอย่างดินจากแหล่งธรรมชาติซึ่งไม่มีการใส่ปุ๋ย ใส่ปูน หรือมีสิ่งปนเปื้อนอื่นใดที่จะทำสมบัติของดินผิดไปจากสภาพธรรมชาติ ปริมาณชุดดินละ 200 กก./ตัวอย่าง เพื่อให้เพียงพอต่อการใช้งาน ตัวอย่างดินที่ได้ ได้ผ่านการเตรียมตัวอย่างดิน (Soil sample preparation) การคลุกดิน (Soil mixing) การทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing) การหาค่ากำหนดให้ (Establishing the Assigned Value) และการทดสอบความเสถียรหรือความคงที่ (Stability Testing) ตามมาตรฐานสากล โดยรายการวิเคราะห์ที่ใช้ทดสอบคือ pH ดิน (soil-pH) อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ผลปรากฏว่า ผลวิเคราะห์ P ของชุดดินตาคลี ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ถึงแม้ว่าจะมีการคลุกดินใหม่หลายครั้งแล้ว เนื่องจากชุดดินตาคลีมีเนื้อปูนปนอยู่ในปริมาณมาก จึงมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส การสกัดฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ออกมาจากดินจึงไม่สม่ำเสมอ จึงต้องตัดชุดดินนี้ออกจากการทดสอบ ส่วนชุดดินลพบุรีและสตึกผ่านการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน การผลิต IRM ในครั้งนี้จึงประสบผลสำเร็จเพียงสองชุดดิน คือ ชุดดินลพบุรีและสตึก ปริมาณรวม 150 กิโลกรัม ซึ่งได้ผ่านการทดสอบความเสถียรไปแล้วในระยะเวลา 18 เดือน และจะทดสอบต่อไปเรื่อยๆ เป็นระยะๆ เพื่อให้แน่ใจว่าองค์ประกอบของตัวอย่างมีความเสถียรและยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และหลังจากนำมาใช้ประโยชน์แล้ว ได้มีการศึกษาแผนภูมิคุณภาพ (Control Chart) และสามารถใช้ Warning Limits จาก Control Chart เป็นเกณฑ์ในการยอมรับความน่าเชื่อถือ ทำให้ค่า Uncertainty แคบลงและมีความแม่นยำมากขึ้น

IRM ที่ผลิตขึ้นได้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินของหน่วยงาน และหน่วยงานยังไม่ได้รับการแต่งตั้งเป็นทางการให้เป็นหน่วยงานสำหรับผลิตดินอ้างอิงระดับชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเกี่ยวกับการประกันคุณภาพและเป็นแนวทางไปสู่การรับรองตามมาตรฐานสากล ISO/IEC 17025 ลดการนำเข้าวัสดุอ้างอิงรับรอง (Certified Reference Material: CRM) จากต่างประเทศซึ่งมีราคาแพงมาก และเพื่อใช้ทดแทน IRM เดิมที่มีอยู่เดิมและกำลังจะหมดไปได้เป็นอย่างดี

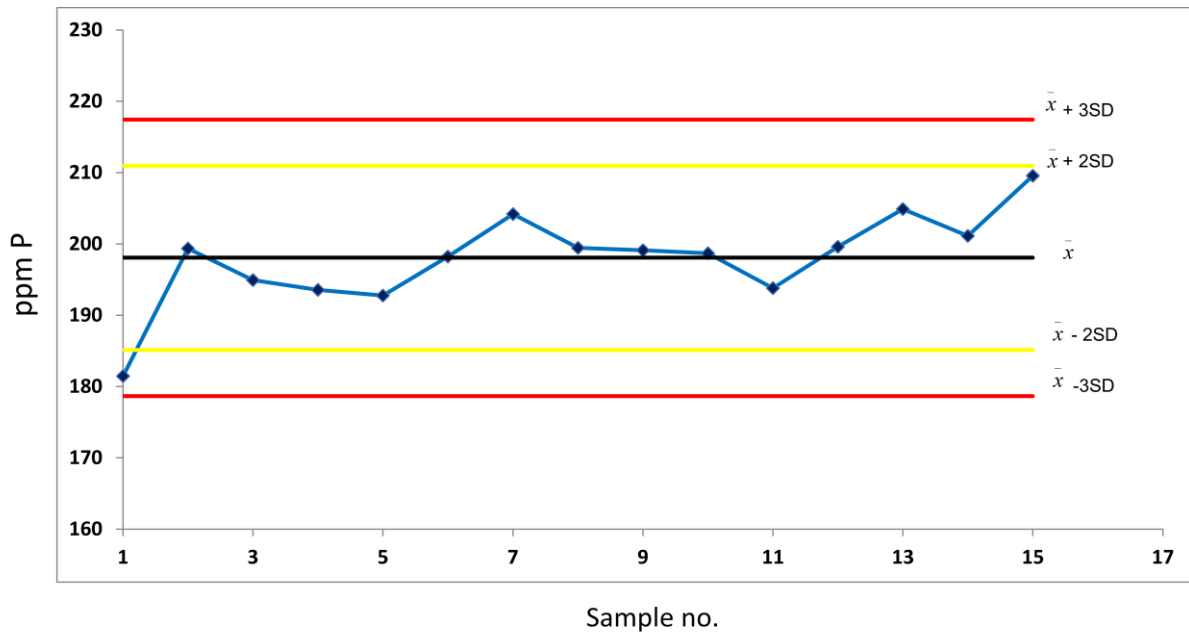
เอกสารอ้างอิง

- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2557. วัสดุอ้างอิงคืออะไร? แหล่งที่มา
<http://webdb.dmsc.moph.go.th/rm/>, สืบค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2557.
- นักวิเคราะห์หมีออซีฟ. 2549. เอกสารการฝึกอบรม รุ่นที่ 4. 22 กันยายน 2549-24 กุมภาพันธ์ 2550.
สำนักพัฒนาศักยภาพนักวิทยาศาสตร์ห้องปฏิบัติการกรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี. Module 1 หน้า 4-55.
- ประภาศรี ภูเสถียร และครรชิต จุดประสงค์. 2547. การทดสอบความชำนาญของห้องปฏิบัติการวิเคราะห์
ปุ๋ย. เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ. 24-25 มิถุนายน 2547 กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัย
พัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.
- วรางคณา สระบัว สรรเพชญ์ อิมพัจน์ และไกรสร ตาวงศ์. 2549. การผลิตตัวอย่างดินอ้างอิงภายในและ
การนำไปใช้ประโยชน์. ผลงานวิจัยดีเด่นประจำปี 2548 ประเภทงานวิจัยประยุกต์ กรมวิชาการ
เกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 35-48.
- AOAC. 1991. Quality Assurance Principal for Analytical Laboratories. Second edition. VA.
P. 25-26
- ISO/IEC 17043: 2010 (E). Conformity assessment – General requirements for proficiency
testing.
- ISO/IEC 17025: 2005 (E). General Requirement for the Competence of Testing and
Calibration Laboratories.
- Reewijk, L.P. van. 1998. Guideline for Quality Management in Soil and Plant Laboratories.
FAO Soil Bulletin 74. International and Information Center. Rome.
- Taylor, J.K. 1987. Quality Assurance of Chemical Measurement. Lewis Publisher, Inc.,
Chelsea, Michigan. 328 p.
- Thomson, 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.). Intralaboratory Studies. Fifth printing. AOAC.

ภาคผนวก



ภาพที่ 1 Diagram การคลุกดิน



ภาพที่ 2 Control Chart ของฟอสฟอรัส ใน IRM-lb

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ของชุดดินตาคลี (Tk) ในการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing)

Soil sample no.	pH		OM		P		K	
	xiA	xiB	xiA	xiB	xiA	xiB	xiA	xiB
1	7.195	7.541	4.087	4.187	14.549	15.408	73.000	75.100
2	7.412	7.523	4.120	3.988	12.714	15.242	76.200	76.100
3	7.466	7.521	4.187	4.170	14.037	15.373	76.600	73.100
4	7.489	7.524	4.021	4.087	12.744	15.662	72.800	75.400
5	7.507	7.519	4.137	4.187	14.515	14.819	75.400	75.900
6	7.496	7.544	4.203	4.104	14.445	14.599	76.500	75.400
7	7.521	7.527	4.187	4.137	14.440	14.912	73.800	73.900
8	7.492	7.519	4.087	4.137	15.561	13.188	74.000	75.500
9	7.512	7.533	4.137	4.137	14.101	14.496	76.100	74.000
10	7.507	7.493	4.104	4.054	15.039	14.096	72.900	74.700
\bar{x}	7.492		4.123		14.497		74.820	
SD	0.076		0.058		0.850		1.281	

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ของชุดดินลพบุรี (Lb) ในการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing)

Soil sample no.	pH		OM		P		K	
	xiA	xiB	xiA	xiB	xiA	xiB	xiA	xiB
1	7.195	7.497	3.020	2.990	204.951	201.939	138.000	143.000
2	7.573	7.587	3.020	2.820	210.762	207.448	141.000	145.000
3	7.554	7.694	3.020	2.990	206.209	189.484	139.000	142.000
4	7.715	7.691	3.120	3.020	207.577	203.952	142.000	143.000
5	7.705	7.721	3.020	2.990	208.385	196.004	140.000	139.000
6	7.705	7.725	3.020	2.890	203.593	201.858	142.000	142.000
7	7.739	7.594	3.050	2.950	198.228	179.155	142.000	141.000
8	7.709	7.608	2.940	2.940	206.104	187.407	142.000	139.000
9	7.717	7.581	2.990	2.970	205.300	196.561	144.000	139.000
10	7.402	7.671	2.940	2.920	192.336	199.190	143.000	140.000
\bar{x}	7.619		2.981		200.322		141.300	
SD	0.134		0.064		8.128		1.895	

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K ของชุดดินสติ๊ก (Suk) ในการทดสอบความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogeneity Testing)

Soil sample no	pH		OM		P		K	
	xiA	xiB	xiA	xiB	xiA	xiB	xiA	xiB
1	5.527	5.398	0.600	0.590	3.235	3.845	33.900	33.300
2	5.387	5.380	0.600	0.570	3.235	3.539	32.900	33.800
3	5.372	5.375	0.550	0.590	2.994	3.447	32.000	34.700
4	5.388	5.358	0.550	0.550	3.027	3.614	32.000	32.200
5	5.340	5.376	0.590	0.520	3.317	3.666	31.400	32.700
6	5.380	5.350	0.550	0.590	3.356	3.248	32.500	32.400
7	5.361	5.348	0.520	0.550	3.082	3.369	33.600	33.300
8	5.364	5.353	0.540	0.570	3.115	3.209	32.600	33.100
9	5.362	5.373	0.540	0.590	3.147	3.633	33.500	33.400
10	5.386	5.370	0.570	0.550	3.402	3.493	33.000	32.400
\bar{x}	5.377		0.564		3.349		32.935	
SD	0.038		0.025		0.232		0.783	

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) ของ pH, OM, P และ K ของชุดดินตากลี (Tk)

parameter	SOV	df	SS	MS	F	F-critical
pH	Among sample	9	0.0392	0.0044	1.61	3.02
	Within sample	10	0.0701	0.0070		
	total	19	0.1093			
OM	Among sample	9	0.0378	0.0042	1.62	3.02
	Within sample	10	0.0258	0.0026		
	total	19	0.0636			
P	Among sample	9	1.5037	0.1617	7.33	3.02
	Within sample	10	12.2218	1.2222		
	total	19	13.7255			
K	Among sample	9	13.7720	1.5302	1.14	3.02
	Within sample	10	17.4000	1.7400		
	total	19	31.1720			

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) ของ pH, OM, P และ K ของ
ชุดดินลพบุรี (Lb)

parameter	SOV	df	SS	MS	F	F-critical
pH	Among sample	9	0.2156	0.0240	1.42	3.02
	Within sample	10	0.1687	0.0169		
	total	19	0.3843			
OM	Among sample	9	0.03878	0.0042	1.03	3.02
	Within sample	10	0.0402	0.0040		
	total	19	0.0780			
P	Among sample	9	602.3147	66.9043	1.02	3.02
	Within sample	10	652.9625	65.2962		
	total	19	1255.2772			
K	Among sample	9	20.2000	2.2444	2.14	3.02
	Within sample	10	48.0000	4.8000		
	total	19	68.2000			

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance-ANOVA) ของ pH, OM, P และ K ของ
ชุดดินสติก (Suk)

parameter	SOV	df	SS	MS	F	F-critical
pH	Among sample	9	0.0176	0.0020	1.92	3.02
	Within sample	10	0.0102	0.0010		
	total	19	0.0278			
OM	Among sample	9	0.0054	0.0006	1.15	3.02
	Within sample	10	0.0069	0.0007		
	total	19	0.0123			
P	Among sample	9	0.2787	0.0310	2.39	3.02
	Within sample	10	0.7417	0.0742		
	total	19	1.0204			
K	Among sample	9	6.1905	0.6878	1.26	3.02
	Within sample	10	5.4550	0.5455		
	total	19	11.6455			

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K เพื่อหา Assigned Value ของชุดดินลพบุรี (Lb) และชุดดินสตึก (Suk)

Soil sample no.	ชุดดินลพบุรี (Lb)*				ชุดดินสตึก (Suk)*			
	pH	OM	P	K	pH	OM	P	K
1	7.481	3.026	191.443	137.400	5.472	0.552	3.174	29.900
2	7.565	3.042	192.779	137.000	5.423	0.552	3.094	30.160
3	7.669	3.059	204.906	136.800	5.412	0.550	3.126	29.620
4	7.682	3.016	195.689	138.200	5.377	0.548	3.031	29.920
5	7.674	3.026	184.910	138.600	5.380	0.544	3.067	30.820
6	7.690	3.035	188.267	138.600	5.371	0.560	3.436	30.600
7	7.679	3.033	197.571	138.400	5.365	0.548	3.205	29.720
8	7.678	3.020	197.017	138.400	5.373	0.556	3.209	30.980
9	7.687	3.015	197.834	139.400	5.360	0.552	3.093	29.660
10	7.691	2.995	194.328	139.800	5.369	0.542	3.344	30.220
11	7.639	3.062	192.784	139.200	5.376	0.546	3.311	30.240
12	7.694	3.059	195.108	139.600	5.363	0.546	3.294	31.880
13	7.716	3.019	194.415	139.800	5.370	0.544	3.240	30.360
14	7.677	3.055	193.738	139.600	5.368	0.540	3.095	29.780
15	7.687	3.022	198.776	138.600	5.365	0.534	3.264	32.680
16	7.699	3.019	187.479	139.400	5.377	0.544	3.151	29.280
17	7.702	3.049	198.988	139.000	5.370	0.564	3.254	29.940
18	7.713	3.039	201.843	141.200	5.370	0.548	3.024	29.820
19	7.710	3.063	191.523	142.400	5.351	0.548	3.089	31.200
20	7.680	2.982	195.804	141.600	5.354	0.566	3.131	29.940
\bar{x}	7.671	3.032	194.760	139.150	5.378	0.549	3.182	30.332
SD	0.086	0.080	9.621	2.607	0.039	0.021	0.401	1.553
%RSD	1.127	2.648	4.940	1.873	0.732	3.748	12.611	5.120
Uncertainty**	0.767	0.303	19.476	13.915	0.538	0.055	0.318	3.033
Acceptable range***	6.904- 8.528	2.729- 3.335	175.284- 214.236	125.235- 153.065	4.840- 5.916	0.494- 0.604	2.864- 3.500	27.299- 33.365

* ผลวิเคราะห์ทุก parameter เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 5 ซ้ำ

** Burrman, P. 1996.

*** $\bar{x} \pm \text{Uncertainty}$

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์วัสดุอ้างอิงรับรอง (CRM)

Rep	pH	OM (%)*	P (ppm)*	K (ppm)*
1	5.800	1.73	23.992	131
2	5.840	1.74	21.723	135
3	5.810	1.74	23.180	140
4	5.810	1.74	21.538	142
5	5.800	1.74	20.130	126
6	5.834	1.81	22.112	134
7	5.802	1.78	22.477	132
8	5.812	1.81	22.732	131
9	5.806	1.79	20.790	132
10	5.804	1.81	20.790	134
\bar{x}	5.812	1.769	21.946	133.700
SD	0.014	0.034	1.194	4.596
Certified Value	5.81	1.82 ± 0.09	21.2 ± 3.6	171.6 ± 46.8
Acceptable range	5.81	1.73 – 1.91	17.6 – 24.8	124.8 - 218.4

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความเสถียร (Stability Testing) ของชุดดินสติก (Suk)

Soil sample no.	6 เดือน				12 เดือน				18 เดือน			
	pH	OM	P	K	pH	OM	P	K	pH	OM	P	K
1	5.45	0.55	3.32	23.5	5.50	0.54	3.19	32.2	5.478	0.57	3.239	31.8
2	5.38	0.53	3.30	33.7	5.48	0.54	3.14	34.4	5.427	0.57	2.919	33.8
3	5.39	0.53	3.37	32.2	5.48	0.54	3.20	32.4	5.422	0.57	2.841	31.7
4	5.36	0.54	3.15	31.8	5.43	0.54	3.00	32.0	5.395	0.57	3.053	32.7
5	5.34	0.54	3.30	32.0	5.42	0.57	3.30	31.7	5.384	0.54	3.076	33.2
6	5.34	0.54	3.90	33.3	5.428	0.55	3.14	33.6	5.376	0.55	3.131	33.4
7	5.36	0.54	3.79	34.8	5.38	0.57	3.11	31.9	5.361	0.54	2.824	31.9
8	5.35	0.57	3.81	33.3	5.42	0.57	2.95	33.8	5.368	0.57	3.040	30.5
9	5.32	0.57	3.83	32.8	5.41	0.53	2.91	35.1	5.378	0.54	3.069	30.4
10	5.34	0.57	3.84	31.9	5.427	0.57	3.32	34.3	5.335	0.5	2.974	32.4
\bar{x}	5.36	0.54	3.56	31.93	5.442	0.55	3.13	33.1	5.392	0.552	3.017	32.180
Assigned Value	5.37 ±	0.56 ±	3.34 ±	32.93 ±	5.37 ±	0.56 ±	3.34 ±	32.93 ±	5.377 ±	0.564 ±	3.349 ±	32.935
+2SD	0.07	0.05	0.46	1.56	0.07	0.05	0.46	1.56	0.077	0.050	0.464	+1.566
Acceptable Range	5.30 -	0.51-	2.88 -	31.36 -	5.30 -	0.51 -	2.885-	31.36 -	5.300 -	0.514 -	2.885 -	31.369 -
Conclusion	5.45 stable	0.61 stable	3.81 stable	34.50 stable	5.45 stable	0.61 stable	3.81 stable	34.50 stable	5.454 stable	0.614 stable	3.813 stable	34.501 stable

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K เพื่อศึกษา control chart ของชุดดินลพบุรี (Lb)

Soil sample no.	ชุดดินลพบุรี (Lb)			
	pH	OM	P	K
1	7.708	2.963	181.450	139.000
2	7.714	3.000	199.367	140.000
3	7.700	3.000	194.923	138.000
4	7.699	3.030	193.552	139.000
5	7.727	3.030	192.770	141.000
6	7.749	3.064	198.225	139.000
7	7.738	3.080	204.190	141.000
8	7.725	3.013	199.448	140.000
9	7.721	2.963	199.122	139.000
10	7.695	3.064	198.679	136.000
11	7.718	3.064	193.805	141.000
12	7.722	3.064	199.612	142.000
13	7.736	3.013	204.876	146.000
14	7.744	3.047	201.121	147.000
15	7.714	2.963	209.550	147.000
\bar{x}	7.721	3.024	198.046	141.000
SD	0.016	0.040	6.465	3.273
Warning Limit*	7.689 - 7.753	2.944 - 3.104	185.116 - 210.976	134.454 - 147.546
Control Limit**	7.673 - 7.801	2.904 - 3.144	178.651 - 217.441	131.181 - 150.819

* $\bar{x} \pm 2SD$

** $\bar{x} \pm 3SD$

ตารางที่ 12 ผลการวิเคราะห์ pH, OM, P และ K เพื่อศึกษา control chart ของชุดดินสติก (Suk)

Soil sample no.	pH	OM	P	K
1	5.402	0.590	2.981	31.800
2	5.381	0.550	2.743	32.300
3	5.366	0.550	2.866	31.400
4	5.339	0.570	3.010	32.200
5	5.376	0.550	3.128	30.600
6	5.359	0.550	3.363	31.900
7	5.335	0.550	3.500	31.200
8	5.386	0.550	3.398	30.600
9	5.350	0.530	3.173	31.600
10	5.349	0.520	3.033	32.200
11	5.374	0.600	3.209	30.900
12	5.394	0.590	3.209	31.100
13	5.340	0.550	2.906	30.600
14	5.350	0.570	3.115	31.200
15	5.374	0.600	3.092	33.400
\bar{x}	5.365	0.561	3.115	31.533
SD	0.021	0.024	0.206	0.784
Warning Limit*	5.323 - 5.407	0.513 - 0.609	2.703 - 3.527	29.965 - 33.101
Control Limit**	5.302 - 5.428	0.489 - 0.633	2.497 - 3.733	31.181 - 33.885

* $\bar{x} \pm 2SD$

** $\bar{x} \pm 3SD$