

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองสิ้นสุด ปี 2558

-
1. ชื่อชุดโครงการ : วิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
 2. ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์พืชและปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
กิจกรรมที่ 2 : การวิจัยและพัฒนาวิธีวิเคราะห์ เพื่อให้ได้วิธีใหม่ที่รวดเร็ว แม่นยำ
ปลอดภัยและรักษาสิ่งแวดล้อม
กิจกรรมย่อย 2.1 : การพัฒนาวิธีวิเคราะห์หาคุณสมบัติเชิงเคมี และเชิงกายภาพของปัจจัยการผลิต
โดยใช้เทคโนโลยีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี
 3. ชื่อการทดลอง 2.1.2 : ศึกษาวิธีวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน โดยเทคนิค NIRS
The Study of Chemicals and Physical properties analytical method in
Soil by Near Infrared Spectroscopy
 4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง	: นางสาวญาณธิดา จิตต์สะอาด	กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.
ผู้ร่วมงาน	: นางสาวจรีรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์	กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.
	: นางสาวสุภา โพธิ์จันทร์	กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.
	: นางพจมาลย์ ภูสาร	กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.
	: นางสาวจิตติรัตน์ ชูชาติ	กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.
	: นางสาวเจนจิรา เทเวศร์วรกุล	กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กปผ.

5. บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน โดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) เนื่องจากเป็นวิธีใหม่ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน เป็นวิธีการวัดแบบไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถทำนายค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ประหยัดเวลา ลดต้นทุนในการใช้สารเคมี และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ห้องปฏิบัติการจึงมีความสนใจศึกษาเทคนิคใหม่นี้เพื่อนำมาพัฒนาใช้ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการศึกษาในปีงบประมาณ 2555 - 2558 ณ กลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร โดยเตรียมตัวอย่างดินและวิเคราะห์ค่าทางเคมีในห้องปฏิบัติการ หาปริมาณเนื้อดินเป็นปริมาณ Sand, Silt และ clay โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยใช้วิธี Walkley and Black ปริมาณฟอสฟอรัส (P) โดยใช้วิธี Bray II และปริมาณโพแทสเซียม (K) โดยใช้วิธี Flame photometric method ที่สกัดด้วย Ammonium acetate 1 N ที่ pH 7.0 ได้ตัวอย่างดินที่มีค่าแตกต่างกัน นำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอินฟราเรดย่านใกล้ (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS) ในช่วงความยาวคลื่น 800 ถึง 2500 นาโนเมตร สร้างและปรับปรุงสมการคำนวณด้วยวิธี PLS calibration ได้สมการทำนาย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient,

R) เท่ากับ 0.83, 0.72, 0.89, 0.87, 0.63 และ 0.70 ตามลำดับ ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (Standard error of calibration, SEC) เท่ากับ 13.12, 9.94, 8.01, 0.59, 23.29 และ 0.52 ความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (Standard error of prediction, SEP) เท่ากับ 14.51, 9.96, 7.87, 0.60, 23.32 และ 0.49 ตามลำดับ การศึกษานี้สามารถนำเทคนิค NIR Spectroscopy ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณเนื้อดิน (% Sand และ %Clay) และอินทรียวัตถุ (OM) ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น (Screening) ปริมาณเนื้อดิน (%Silt) ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งปริมาณอย่างหยาบ (Rough Screening) โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง เป็นประโยชน์ต่อการให้บริการวิเคราะห์ดินได้ในระดับหนึ่ง รวมทั้งทำให้ประหยัดกำลังคน เวลา สารเคมี และงบประมาณของแผ่นดินได้ และสามารถพัฒนาผลงานวิจัยนี้ในการตรวจสอบคุณสมบัติอื่นของดินและปัจจัยการผลิตทางการเกษตรต่อไป

Abstract

The study of chemical and physical properties analytical method in soil using Near Infrared Spectroscopy (NIRS), a new popular measurement method today. These new measurement method were to develop for non-destructive evaluation techniques, to measure fast, accurately, reduce times, costs and chemical uses in order to be appropriate environmentally safe. The study in 2011 - 2015 at System Development of Soil and Water Sub Group, Agricultural Chemistry Group, Agricultural Production Science Research and Development Division. Department of Agriculture. The soil preparation and chemical properties were measured by standard method for the Texture: sand, silt and clay using a hydrometer method, organic matter (OM) using Walkley and Black method, phosphorus (P) using Bray II method, and potassium (K) using Flame photometric method (Ammonium acetate 1 N at pH 7.0 extraction). The standard method analysis results will be compared with those of NIR measurement method using correlation analysis. Measure the spectrum with wavelength region from 800 nm to 2500 nm. Partial Least Squares Regression (PLSR) was used to develop the calibration equation for prediction of soil. The correlation coefficient (R) of 0.83, 0.72, 0.89, 0.87, 0.63 and 0.70, standard error of calibration (SEC) of 13.12, 9.94, 8.01, 0.59, 23.29. 0.52 and standard error of prediction (SEP) is 14.51, 9.96, 7.87, 0.60, 23.32 and 0.49 respectively. Research has found that the NIR spectroscopy technique can be used to evaluate soil texture (sand and clay) and organic matter (OM) had a prediction in screening. Similarly to texture (silt) had a prediction in rough screening. Without destroying the sample, it is beneficial to provide soil analysis to a certain extent. This saves time and manpower, chemicals and budget earth. The development

of this research will be use to examine the properties of soils and agricultural inputs effectively further.

6. คำนำ

ดินเป็นปัจจัยสำคัญในการดำรงชีพของมนุษย์ เพราะนอกจากใช้เป็นที่อยู่อาศัยแล้วยังเป็นปัจจัยสำคัญต่ออุตสาหกรรมและการเกษตรกรรมทั้งการปลูกพืชและการเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ดินยังเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดขึ้นโดยกระบวนการทางธรรมชาติและเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่ใช้ในการผลิตพืช ดินมีคุณสมบัติแตกต่างกันไปตามปัจจัยการกำเนิดดิน สภาวะแวดล้อม ตลอดจนการใช้และจัดการพื้นที่ของมนุษย์ ประเทศไทยได้มีการใช้ทรัพยากรดินต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ดังนั้นความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีตามธรรมชาติจึงนับวันลดน้อยลง ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกต่างกัน คุณสมบัติของดินเบื้องต้นตามคู่มือการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อวิเคราะห์ กรมวิชาการเกษตร (2548) นำมาใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินมีทั้งหมด 7 รายการ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH), ความต้องการปูนของดิน (LR), การนำไฟฟ้าของดิน (EC), อินทรีย์วัตถุในดิน (OM), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน (P), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (K) และเนื้อดิน (Texture) เป็นต้น

การวิเคราะห์ดินจะมีวิธีวิเคราะห์ที่แตกต่างกันและหลากหลายมาก ซึ่งในแต่ละวิธีก็มีข้อจำกัด และความเหมาะสมกับดินแตกต่างกัน ปัจจุบันกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร รับบริการวิเคราะห์ดินมีรายการวิเคราะห์ไม่น้อยกว่า 7 รายการต่อตัวอย่างต่อราย โดยมีระยะเวลาในการให้บริการตามคำรับรองการปฏิบัติราชการของกรมวิชาการเกษตรในเรื่องการกำหนดระยะเวลาแล้วเสร็จของงานต้องดำเนินการให้แล้วเสร็จภายใน 14 วันทำการต่อราย และใช้วิธีการวิเคราะห์ดินตามวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการ ตามแผนผังการปฏิบัติงานเวลาที่ใช้ในการเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างมีเวลาประมาณ 11 วันทำการ นอกนั้นเป็นช่วงเวลากำหนดดำเนินการรับตัวอย่างและออกรายงานผลวิเคราะห์ หากตัวอย่างที่รับมาอยู่ในสภาพที่เปียกและไม่พร้อมที่จะดำเนินการวิเคราะห์ยิ่งทำให้เวลาในการวิเคราะห์ตัวอย่างลดน้อยลงไปอีก ในการวิเคราะห์ตัวอย่างแต่ละครั้งต่อรายการใช้เวลาในการวิเคราะห์ 1-2 วันทำการ ซึ่งการที่จะทำการวิเคราะห์ให้อยู่ในกรอบเวลานั้นทำได้ยากจะต้องใช้ทั้งกำลังคนและสารเคมีมาก หากสามารถหาวิธีใหม่ที่ใช้ประเมินคุณสมบัติของดินเบื้องต้นได้ จะเป็นประโยชน์มากต่อการให้บริการวิเคราะห์ดินรวมทั้งทำให้ประหยัดกำลังคน เวลา สารเคมีและ งบประมาณของแผ่นดินได้

เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในสหรัฐอเมริกา ยุโรป ญี่ปุ่น เกาหลี และจีน เป็นวิธีการวัดแบบไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถทำนายค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำ ประหยัดเวลา ลดต้นทุนในการใช้สารเคมี ทราบผลภายใน 2-3 นาที และไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ประเมินองค์ประกอบทางเคมีหรือสมบัติทางกายภาพ เช่น คุณสมบัติเชิงเคมีและเชิงคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์เคมี (จิตติมา, 2012) การพัฒนาระบบการวัดอินฟราเรดย่านใกล้สำหรับดินและปุ๋ย

หมัก (Ootake Y. et al,1980) การศึกษาและการทำนายองค์ประกอบของดินเหนียว (Viscarra et al, (1998) ; Viscarra et al, (2009)) เทคนิคนี้ใช้หลักการหาความสัมพันธ์การดูดกลืนแสงในช่วง อินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared) คือ ช่วงความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น 4000-12500 ต่อเซนติเมตร กับสารที่ต้องการประเมิน หรือสารที่สามารถเกิดอันตรกิริยากับรังสีอินฟราเรดย่านใกล้ อันตรกิริยาดังกล่าว คือ การที่โมเลกุลดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้เข้าไป ซึ่งจะมีผลต่อการสั่นของพันธะต่างๆ ในโมเลกุล ระดับการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้ของสารที่มีความยาวคลื่นต่างๆ จะปรากฏในสเปกตรัม NIRS (เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม, 2555) ซึ่งสารแต่ละชนิด เมื่อได้รับแสงจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงได้ไม่เท่ากัน ทำให้ผลที่แสดงออกมาบอกถึงความแตกต่างได้ จึงนำค่าการดูดกลืนแสงมาประมวลผลวิเคราะห์ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพที่ต้องการได้

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

เนื้อดิน (Texture)

1. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์

- 1.1 สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)
- 1.2 เครื่องบดตัวอย่างดิน
- 1.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 1.4 ตะแกรงร่อนตัวอย่าง (sieve)
- 1.5 อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างดิน ได้แก่ ถุงพลาสติก
- 1.6 ตู้อบ
- 1.7 ไฮโดรมิเตอร์
- 1.8 Petridis ขนาด 100 x 20
- 1.9 Dispersion cup
- 1.10 Mechanical stirrer
- 1.11 Sedimentation cylinder
- 1.12 Plunger
- 1.13 Desiccators
- 1.14 เทอร์โมมิเตอร์
- 1.15 นาฬิกาจับเวลา
- 1.16 เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

2. สารเคมี

- 2.1 Sodium hexametaphosphate, AR grade
- 2.2 Anhydrous sodium carbonate, AR grade

2.3 Amyl alcohol

3. ตัวอย่างดิน

อินทรีย์วัตถุ (OM)

1. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์
 - 1.1 สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)
 - 1.2 เครื่องกวนสารละลาย
 - 1.3 เครื่องบดตัวอย่างดิน
 - 1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
 - 1.5 ตะแกรงร่อนตัวอย่าง (sieve)
 - 1.6 อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างดิน ได้แก่ ถังพลาสติก
 - 1.7 Petridis ขนาด 100 x 20
 - 1.8 Automatic Zero burette ขนาด 50 มิลลิลิตร
 - 1.9 เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

2. สารเคมี

- 2.1 Potassium dichromate ($C_2Cr_2O_7$), AR grade
- 2.2 Ammonium ferrous sulfate ($(NH_4)_2FeSO_4 \cdot 6H_2O$), AR grade
- 2.3 Ferrous sulfate ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$), AR grade
- 2.4 1,10-paraphenatrolin, AR grade
- 2.5 Sulfuric acid 98% (H_2SO_4), AR grade

3. ตัวอย่างดิน

ฟอสฟอรัส (P)

1. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์
 - 1.1 สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)
 - 1.2 UV-Vis spectrophotometer
 - 1.3 เครื่องบดตัวอย่างดิน
 - 1.4 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
 - 1.5 ตะแกรงร่อนตัวอย่าง (sieve)
 - 1.6 เครื่องเขย่า
 - 1.7 อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างดิน ได้แก่ ถังพลาสติก กล่อง
 - 1.8 Petridis ขนาด 100 x 20
 - 1.9 เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

2. สารเคมี

- 2.1 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต (PO_4^{3-}) ความเข้มข้น 1000 mg/L

- 2.2 Ammonium fluoride (NH_4F), AR grade
- 2.3 Hydrochloric acid 36-38% (HCl), AR grade
- 2.4 Sulfuric acid 98% (H_2SO_4), AR grade
- 2.5 Ammonium molybdate ($(\text{NH}_4)_4\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), AR grade
- 2.6 Antimony potassium tartrate ($\text{K}(\text{OOC}(\text{CHOH})_2\text{COOSbO}) \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), AR grade
- 2.7 Ascorbic acid ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$), AR grade

3. ตัวอย่างดิน

โพแทสเซียม (K)

1. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์

- 1.1 สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)
- 1.2 Flame photometer
- 1.3 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 และ 4 ตำแหน่ง
- 1.4 เครื่องบดตัวอย่างดิน
- 1.5 ตะแกรงร่อนตัวอย่าง (sieve)
- 1.6 เครื่องเขย่า
- 1.7 อุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างดิน ได้แก่ ถุงพลาสติก กล้อง
- 1.8 Petridis ขนาด 100 x 20
- 1.9 เครื่องแก้วและวัสดุอื่นๆ ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์

2. สารเคมี

- 2.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (K) ความเข้มข้น 1000 mg/L
- 2.2 Ammonium acetate (NH_4OAc), AR grade
- 2.3 Ammonium hydroxide (NH_4OH), AR grade
- 2.4 Acetic acid (CH_3COOH), AR grade

3. ตัวอย่างดิน

วิธีการ

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมตัวอย่างดิน

ดำเนินการเหมือนห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน ตาม Guideline for quality management in soil and plant laboratories (Reeuwijk, 1998) โดยผึ่งดินให้แห้งในที่ร่มด้วยการนำดินมาเกลี่ยบนแผ่นพลาสติกที่วางอยู่บนชั้นในห้องที่มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก เป็นห้องที่สะอาดปราศจากปุ๋ย สารเคมี หรือสิ่งปนเปื้อน หลังจากดินแห้งแล้วนำไปบดด้วยเครื่องบดดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ค่าทางเคมีต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ค่าทางเคมี

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณเนื้อดิน (Texture) โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ จะได้ค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ Sand, silt และ clay วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยใช้วิธี Walkley and Black วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P) โดยใช้วิธี Bray II และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K) โดยใช้วิธี Flame photometric method ที่สกัดด้วย Ammonium acetate 1 N ที่ pH 7.0 ตามวิธีมาตรฐานของห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ (คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์, 2553)

ขั้นตอนที่ 3 การวัดการดูดกลืนแสง

โดยนำตัวอย่างดินที่มีปริมาณค่าเนื้อดินเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ที่มีค่าแตกต่างกันในช่วง ต่ำ กลาง สูง ซึ่งเป็นช่วงกว้างที่ครอบคลุมตัวอย่างที่พบและต้องการวัดเพื่อใช้งานจริง มาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยทำการเทตัวอย่างดินที่บดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 และ 2 มิลลิเมตร ใส่ลงใน Petridis ให้มีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร แล้วนำไปวัดด้วยเครื่อง NIRS โดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ย่านนี้

ขั้นตอนที่ 4 สร้างและปรับปรุงสมการเพื่อใช้ประเมิน

หาค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร กับค่าเนื้อดินเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NIRCal ของเครื่อง NIR (Buchi NIRFlex N-500, Switzerland)

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินค่า

ปรับปรุงสมการให้มีค่าความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนแสงของค่าเนื้อดินเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ถ้ามีความสัมพันธ์ (R) สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard of Calibration : SEC) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard of Error of Prediction: SEP) ต่ำ หมายถึงสามารถตอบสนองได้ดี หรือโดยสามารถพิจารณาสมการตามแนวทางการอธิบายความสามารถของสมการแคลิเบรชันด้วยค่า R (ตารางที่ 1) ของสถาบันวิจัยและค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ (เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม, 2555) แล้วนำสมการไปประเมินค่าปริมาณเนื้อดินเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ในตัวอย่างดินอื่นๆ จนแน่ใจว่าสมการมีประสิทธิภาพในการประเมิน

ตารางที่ 1 แนวทางการอธิบายความสามารถของสมการแคลิเบรชันด้วยค่า R

ค่า R	ความสามารถของสมการแคลิเบรชัน
± 0.5	ไม่ควรใช้ในการทำนาย (Not usable)
± 0.51-0.70	ความสัมพันธ์ไม่ดีพอ (Poor correlation)
± 0.71-0.80	การทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ (Rough screening)
± 0.81-0.90	การทำนายเพื่อแบ่งระดับปริมาณอย่างหยาบ หรือปริมาณค่าเบื้องต้น (Screening)
± 0.91-0.95	การทำนายเพื่องานวิจัย (Research) และงานทั่วไป
± 0.96-0.98	การทำนายเพื่อการประกันคุณภาพ (Quality assurance)
± 0.99 ขึ้นไป	ทุกงาน (Any application)

ระยะเวลาและสถานที่ ตุลาคม 2554 - กันยายน 2558 ณ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเตรียมตัวอย่างดินและวิเคราะห์ค่าทางเคมี

ผลการเตรียมตัวอย่างดินและวิเคราะห์หาปริมาณเนื้อดิน (Texture) โดยใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ จากตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 432 ตัวอย่าง ได้ผลวิเคราะห์ออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ Sand, Silt และ Clay ในช่วง 6.0 - 98.6, 0.4 - 60.0 และ 1.0 - 77.8 ตามลำดับ ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 50.61, 23.43 และ 25.96 % ตามลำดับ และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 25.23 , 13.55 และ 14.30 ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ผลการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยใช้วิธี Walkley and Black จากตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 682 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 0.03 - 4.87% ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.75% และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 1.80 (ตารางที่ 2)

ผลการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P) โดยใช้วิธี Bray II จากตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 714 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 1-121 mg/kg ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 31 mg/kg และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 29.92 (ตารางที่ 2)

ผลการเตรียมตัวอย่างและวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K) โดยใช้วิธี Flame photometric method ที่สกัดด้วย Ammonium acetate 1 N ที่ pH 7.0 จากตัวอย่างดินทั้งหมดจำนวน 624 ตัวอย่าง อยู่ในช่วง 4 - 210 mg/kg ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 76 mg/kg และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 52.82 (ตารางที่ 2)

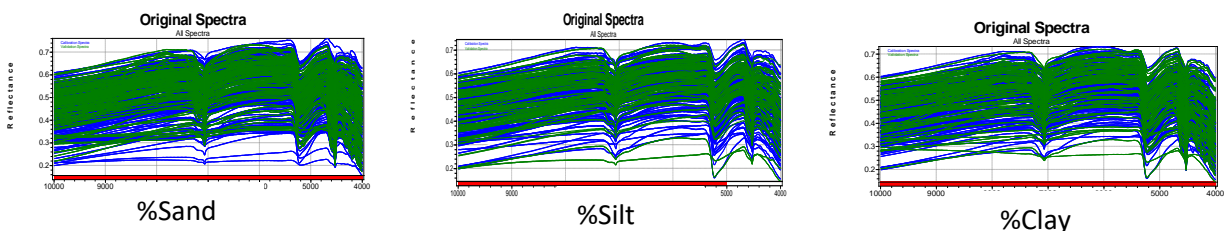
ผลการเตรียมตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณเนื้อดิน (Texture) วิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) วิเคราะห์หาปริมาณฟอสฟอรัส (P) และวิเคราะห์หาปริมาณโพแทสเซียม (K) ตัวอย่างดินที่เตรียมได้ครอบคลุมช่วงที่ใช้งานจริงในห้องปฏิบัติการปัจจุบันแต่ยังขาดความสม่ำเสมอของจำนวนตัวอย่างในแต่ละช่วง

ตารางที่ 2 ผลการเตรียมตัวอย่างดินและวิเคราะห์หาปริมาณเนื้อดิน (Sand, Silt และ Clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และ ปริมาณโพแทสเซียม (K)

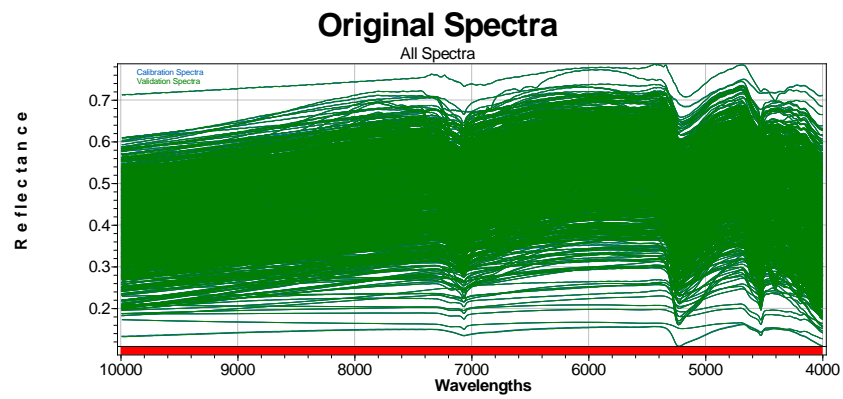
รายการวิเคราะห์	Sand	Silt	Clay	OM	P	K
จำนวนตัวอย่าง	432	432	432	682	714	624
พิสัย	6.0 - 98.6	0.4 - 60.0	1.0 - 77.8	0.03 - 4.87	1 - 121	4 - 210
ค่าเฉลี่ย	50.61	23.43	25.96	1.75	31	76
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	25.23	13.55	14.30	1.80	29.92	52.82
หน่วย	%	%	%	%	mg/kg	mg/kg

2. การวัดการดูดกลืนแสง

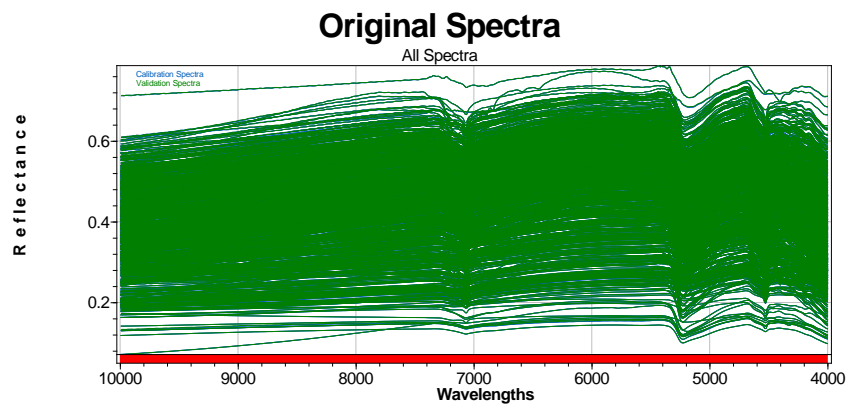
เมื่อนำตัวอย่างดินที่มีปริมาณเนื้อดิน (Texture) เป็นค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ Sand, Silt และ Clay จำนวน 432 ตัวอย่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) จำนวน 682 ตัวอย่าง ปริมาณฟอสฟอรัส (P) จำนวน 714 ตัวอย่าง และ ปริมาณโพแทสเซียม (K) จำนวน 624 ตัวอย่าง มาวัดค่าการดูดกลืนแสง โดยใช้ เครื่อง NIRS แบบวิธีสะท้อน (Reflectance) โดยใช้แสงที่มีความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร ได้สเปกตรัมของตัวอย่างดิน แสดงให้เห็นเป็นสเปกตรัมเริ่มต้น (Original spectra) ตามปริมาณเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay (ภาพที่ 1) อินทรีย์วัตถุ (OM) (ภาพที่ 2) ฟอสฟอรัส (P) (ภาพที่ 3) และโพแทสเซียม (K) (ภาพที่ 4) ตามลำดับ



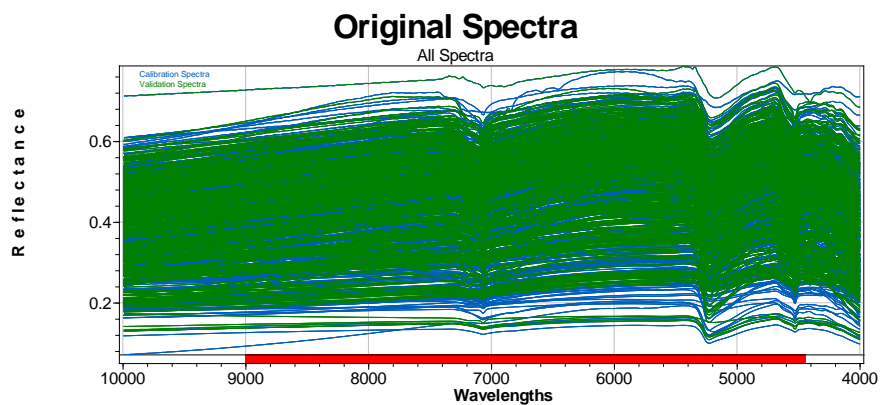
ภาพที่ 1 Original spectra ของเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay จำนวน 432 ตัวอย่าง



ภาพที่ 2 Original spectra ของปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) จำนวน 682 ตัวอย่าง



ภาพที่ 3 Original spectra ของปริมาณฟอสฟอรัส (P) จำนวน 714 ตัวอย่าง

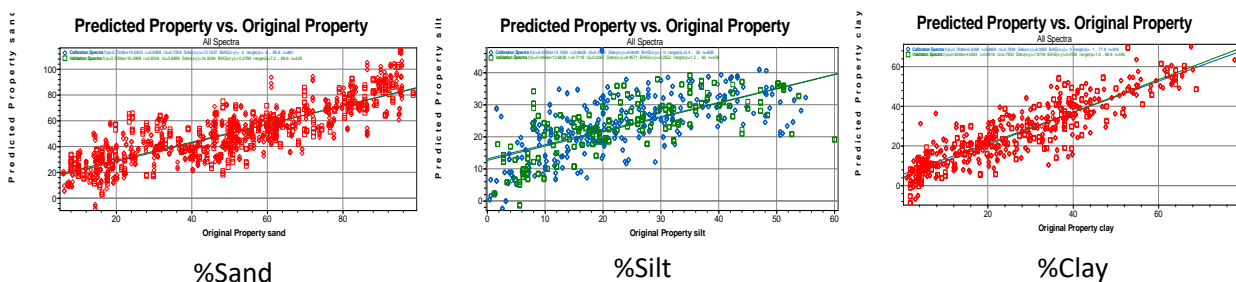


ภาพที่ 4 Original spectra ของปริมาณโพแทสเซียม (K) จำนวน 624 ตัวอย่าง

3.สร้างและปรับปรุงสมการเพื่อใช้ประเมิน

เมื่อนำสเปกตรัมที่ได้ ไปสร้างและปรับปรุงสมการ ในช่วงเริ่มต้นการสร้างสมการ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และปริมาณเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay คำนวณด้วยวิธี PLS calibration ปรับแต่งสเปกตรัมด้วย การทำ MSC full (mf) , Standard Normal Variant (SNV) และ Normalization by Closure (ncl) ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.90, 0.91 และ 0.94 ตามลำดับ ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (SEC) เท่ากับ 10.03, 4.87 และ 5.23 ตามลำดับ และความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนายค่าเนื้อดิน (SEP) เท่ากับ 9.43, 4.42 และ 5.04 ตามลำดับ นำสมการไปประเมินค่าเนื้อดิน และพิจารณาสมการตามแนวทางการอธิบายความสามารถของสมการแคลิเบรชันด้วยค่า R (ตารางที่ 1) พบว่าไม่มีความสอดคล้องกันระหว่างค่า R ที่ได้กับค่าทำนาย จึงทำการศึกษาวิธีการสร้างสมการเพิ่มเติมพบว่าค่าที่ได้ศึกษามาแล้วดังกล่าว ใช้วิธีการสร้างสมการไม่ถูกต้องเนื่องจากการตัดข้อมูลผิดปกติ (Outliers) ออกในปริมาณที่มากเกินไป จึงทำการสร้างและปรับปรุงสมการใหม่

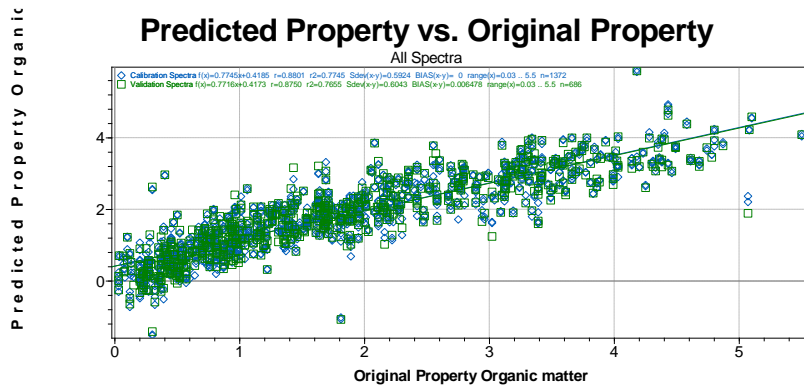
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และปริมาณเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay สมการใหม่ คำนวณด้วยวิธี PLS calibration ทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีการ Toolbox แล้วเลือกวิธีปรับแต่งสเปกตรัม (Pretreatment) ที่ตอบสนองดีที่สุด ได้เปอร์เซ็นต์ของ Sand แบบ First Derivative BCAP Gap 2, เปอร์เซ็นต์ของ Silt ด้วย Normalization between 0 to 1 และ First Derivative BCAP Gap 2 และเปอร์เซ็นต์ของ Clay ด้วย Normalization by Maxima ตามลำดับ มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.83, 0.72 และ 0.89 ตามลำดับ ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (SEC) เท่ากับ 13.12, 9.94 และ 8.01 ตามลำดับ และความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนายค่าเนื้อดิน (SEP) เท่ากับ 14.51, 9.96 และ 7.87 ตามลำดับ (ภาพที่ 5 และตารางที่ 3)



ภาพที่ 5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางเคมีจากห้องปฏิบัติการของเปอร์เซ็นต์ Sand, Silt, และ Clay และค่าจากการประเมินจากเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)

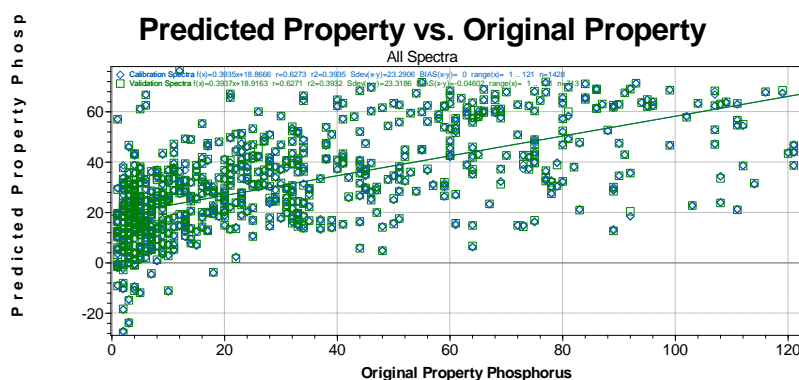
ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) คำนวณด้วยวิธี PLS calibration ทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีการ Toolbox แล้วเลือกวิธีปรับแต่งสเปกตรัม (Pretreatment) ที่ตอบสนองดี

ที่สุดได้ First Derivative มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.59 และความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนายค่าเนื้อดิน (SEP) เท่ากับ 0.60 (ภาพที่ 6 และตารางที่ 3)



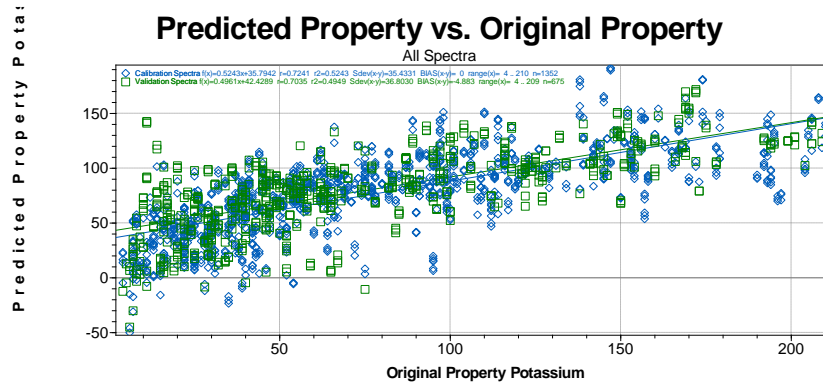
ภาพที่ 6 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางเคมีจากห้องปฏิบัติการของปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และค่าจากการประเมินจากเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และปริมาณฟอสฟอรัส (P) คำนวณด้วยวิธี PLS calibration ทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยการวิธี Toolbox แล้วเลือกวิธีปรับแต่งสเปกตรัม (Pretreatment) ที่ตอบสนองดีที่สุด ได้ค่าแบบไม่มีการปรับแต่งสเปกตรัม เนื่องจากไม่แตกต่างจากสเปกตรัมเริ่มต้น มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.63 ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (SEC) เท่ากับ 23.29 และความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนายค่าเนื้อดิน (SEP) เท่ากับ 23.32 (ภาพที่ 7 และตารางที่ 3)



ภาพที่ 7 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางเคมีจากห้องปฏิบัติการของปริมาณฟอสฟอรัส (P) และค่าจากการประเมินจากเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสง และปริมาณโพแทสเซียม (K) คำนวณด้วยวิธี PLS calibration ทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีการวิธี Toolbox แล้วเลือกวิธีปรับแต่งสเปกตรัม (Pretreatment) ที่ตอบสนองดีที่สุดได้ Normalization between 0 to 1 และ First Derivative มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.70 ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (SEC) เท่ากับ 0.52 และความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนายค่าเนื้อดิน (SEP) เท่ากับ 0.49 (ภาพที่ 8 และตารางที่ 3)



ภาพที่ 8 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าทางเคมีจากห้องปฏิบัติการของปริมาณโพแทสเซียม (K) และค่าจากการประเมินจากเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)

ตารางที่ 3 ค่าทางสถิติของสมการค่าการดูดกลืนแสงของปริมาณเนื้อดิน (%Sand, %Silt และ %Clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัส (P) และ ปริมาณโพแทสเซียม (K) ที่ประเมินจากเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS)

รายการวิเคราะห์	Wave number (cm ⁻¹)	R	SEC	SEP	Bias
เนื้อดิน (%Sand)	4000-12500	0.83	13.12	14.51	0.28
เนื้อดิน (%Silt)	4000-12500	0.72	9.94	9.96	0.26
เนื้อดิน (%Clay)	4000-12500	0.89	8.01	7.87	0.42
อินทรีย์วัตถุ (OM)	4000-12500	0.87	0.59	0.60	0.01
ฟอสฟอรัส (P)	4000-12500	0.63	23.29	23.32	0.39
โพแทสเซียม (K)	4000-12500	0.70	0.52	0.49	4.88

เมื่อนำสมการไปประเมินค่าปริมาณเนื้อดินเปอร์เซ็นต์ของ Sand, Silt และ Clay อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) พบว่าค่าที่ได้ เป็นไปตามแนวทางการอธิบายความสามารถของสมการแคลิเบรชันด้วยค่า R (ตารางที่ 1) โดยค่า R ที่ได้ของ เปอร์เซ็นต์ Sand เท่ากับ 0.83 สามารถใช้ในการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น (Screening) เปอร์เซ็นต์ Silt เท่ากับ 0.72 สามารถใช้เพื่อการแบ่งปริมาณอย่างหยาบ (Rough Screening) เปอร์เซ็นต์ Clay เท่ากับ 0.89 สามารถใช้ในการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น (Screening) อินทรีย์วัตถุ (OM) เท่ากับ 0.87 สามารถใช้ในการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น (Screening) ฟอสฟอรัส (P) เท่ากับ 0.63 ความสัมพันธ์ไม่ดีพอ และโพแทสเซียม (K) เท่ากับ 0.70 ความสัมพันธ์ไม่ดีพอ (Poor correlation)

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy-NIRS) ใช้หลักการวัดความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ และปริมาณการดูดกลืนแสง ด้วยวิธีการสะท้อนแสง (Reflection) โดยใช้แสงที่ความยาวคลื่น (wave length) 800-2500 นาโนเมตร หรือเลขคลื่น (wave number) 4000-12500 ต่อเซนติเมตร สามารถนำมาใช้ประเมินค่าปริมาณเนื้อดิน (%Sand และ %Clay) และอินทรีย์วัตถุ (OM) ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น (Screening) ปริมาณเนื้อดิน (%Silt) ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งปริมาณอย่างหยาบ (Rough Screening) ส่วนฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) สมการมีความสัมพันธ์ไม่ดีพอ (Poor correlation) และสามารถพัฒนาและปรับปรุงสมการเพื่อนำมาใช้ประเมินค่าให้ดีขึ้นโดยการเพิ่มปริมาณตัวอย่างตามประเภทเนื้อดินให้มากขึ้นและมีความสม่ำเสมอ เพื่อให้สเปกตรัมเป็นตัวแทนที่ดีของตัวอย่าง และครอบคลุมการใช้งานจริง หรือแบ่งช่วงสเปกตรัมเพื่อสร้างสมการ

ให้แคบลงจะทำให้สามารถลดค่า ความผิดพลาดมาตรฐานของการจำลอง (SEC) และความผิดพลาดมาตรฐานของการทำนายค่าเนื้อดิน (SEP) จะทำให้สมการทำนายมีความถูกต้อง แม่นยำ มากขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำเทคนิค NIR Spectroscopy ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณเนื้อดิน (%Sand และ%Clay) และอินทรีย์วัตถุ (OM) ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้น (Screening) ปริมาณเนื้อดิน (%Silt) ได้ในระดับการทำนายเพื่อการแบ่งปริมาณอย่างหยาบ (Rough Screening) โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง เป็นประโยชน์ต่อการให้บริการวิเคราะห์ดินได้ในระดับหนึ่ง รวมทั้งทำให้ประหยัดกำลังคน เวลา สารเคมี และงบประมาณของแผ่นดินได้ และสามารถพัฒนาผลงานวิจัยนี้ในการตรวจสอบคุณสมบัติอื่นของดินและปัจจัยการผลิตทางการเกษตรต่อไป

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

12. เอกสารอ้างอิง

- คู่มือการเก็บตัวอย่างดินและน้ำเพื่อวิเคราะห์. 2548. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ
- คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์. 2553. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. 2555. สถาบันวิจัยและค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.
- จิตติมา วีระนนทนาพันธ์. 2555. การใช้ประโยชน์ NIRS ในภาคอุตสาหกรรมปุ๋ยครั้งแรกในประเทศไทย. ใน *The 3rd Asian Near-Infrared Symposium , Shot Course in Thai เทคนิค Near-Infrared Spectroscopy (NIRs)*. Kasetsart University and Asian Near-Infrared Consortium. May 14-18, 2012 . Bangkok : Amari Watergate Hotel, Thailand. Pp.1-7.
- Ootake Y., K. Takeda, K. Suzuki, T. Okazaki, K. Maezuka, T. Okura, S. Park and K. Sashida.1980. Development of Near-Infrared-Measurement-System for Soil and Compost Based on SIMCA Classification and X-Leverage Method. In *3rd Asian Near-Infrared Symposium*, Kasetsart University and Asian Near-Infrared Consortium. May 14-18, 2012. Bangkok : Amari Watergate Hotel, Thailand. Pp.108-109.
- Reeuwijk, L.P. van. 1998. Guidelines for Quality Management in Soil and Plant Laboratories. FAO Soil Bulletin 74. International and Information Center. Rome.

- Viscarra Rossel, R. A., and A. B. McBratney. 1998. Laboratory evaluation of a proximal sensing technique for simultaneous measurement of soil clay and water content. *Geoderma*, 85(1), 19-39.
- Viscarra Rossel, R. A., S. R. Cattle, A. Ortega, and Y. Fouad. 2009. In situ measurements of soil color, mineral composition and clay content by vis-NIR spectroscopy. *Geoderma*, 150(3), 253-266.