

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2560

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ปัจจัยการผลิตทางการเกษตรตามมาตรฐานสากล
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาระบบการตรวจวิเคราะห์ ปุ๋ย พืช ดิน และน้ำ
กิจกรรม : พัฒนาเทคนิคระบบการตรวจวิเคราะห์ และตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ดินและน้ำ
3. ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : พัฒนาวิธีวิเคราะห์เนื้อดินในดินที่มีขนาดอนุภาคต่างๆ
ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : Development of analytical methods for soil texture in various particle sizes
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : พจมาลย์ ภู่อสาร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ผู้ร่วมงาน : จีรรัตน์ กุศลวิริยะวงศ์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
สุภา โพธิจันทร์ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
จิตติรัตน์ ชูชาติ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
สงกรานต์ มะลิสอน กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร
ญาณธิดา จิตต์สะอาด กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

5. บทคัดย่อ

เปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคขนาดดินทราย ทรายแป้ง ดินเหนียว และทำนายชนิดเนื้อดิน จากการวิเคราะห์ดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต โดยการเตรียมตัวอย่างดินให้มีปริมาณอนุภาคขนาดทราย ตั้งแต่ร้อยละ 0 จนถึง 100 ประเมินความถูกต้องของการวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว จากทั้งสามวิธี โดยใช้เกณฑ์การยอมรับ % Recovery พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคขนาดต่างๆ ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ มีค่า % Recovery ผ่านเกณฑ์การยอมรับเมื่อดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 70 ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่า % Recovery ผ่านเกณฑ์การยอมรับเมื่อดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 60 และการวิเคราะห์ด้วยวิธีปิเปต มีค่า % Recovery ผ่านเกณฑ์การยอมรับเมื่อดินมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายตั้งแต่ร้อยละ 0-100 เมื่อพิจารณาค่า t-test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของการวิเคราะห์ ปริมาณอนุภาคขนาดทรายด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคขนาดทรายด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีปิเปต ยกเว้นเมื่อดินมี

ปริมาณอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 80 และเมื่อเปรียบเทียบการซึบงั่นดินเหน็ดินจากการวิเคราะห์ทั้งสามวิธี พบว่า การซึบงั่นดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °C สามารถซึบงั่นดินเหน็ดินได้ตรงกับการซึบงั่นด้วยวิธีปิเปต ร้อยละ 77 และร้อยละ 44 ตามลำดับ และเมื่อซึบงั่นดินเหน็ดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ พบว่าสามารถซึบงั่นดินชนิดเดียวกันได้ตรงกับการซึบงั่นด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ร้อยละ 88 แต่เมื่อพิจารณาที่ขั้นตอนและเวลาในการวิเคราะห์ และซึบงั่นดิน พบว่า วิธีการปิเปตมีขั้นตอนและระยะเวลาที่มากกว่าวิธีไฮโดรมิเตอร์ และวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส

Comparison three methods including Hydrometer mechanical, Hydrometer mechanical by controlled temperature at 25 °C and Pipette method was examined for determining the particle size distribution of soils. Soil samples were prepared with the difference of sand content percentage range from 0 to 100%. The accuracy of sand silt and clay contents were evaluated by using % Recovery criteria. This study found that when soil samples were composed of sand content more than 70% hydrometer mechanical method was accurately analyzed. In addition, hydrometer mechanical by controlled temperature at 25 °C method was accurately analyzed when soil samples were composed of sand content more than 70%. However, pipette method was accurately analyzed in all sand content. When considering the T values, Hydrometer mechanical and hydrometer mechanical by controlled temperature at 25 °C method were significantly different from pipette method, except when soil composing sand content more than 80%. Moreover soil textures analysis by hydrometer mechanical and hydrometer mechanical by controlled temperature at 25 °C methods were corresponded with pipette method at 77% and 44% respectively. However, soil textures analysis by hydrometer mechanical by controlled temperature at 25 °C methods were corresponded with hydrometer mechanical method at 88%. When considering the steps and time of analysis, pipette method was however more elaborate than other two methods.

6. คำนำ

เนื้อดิน (soil texture) เป็นคุณสมบัติของดินที่เกิดจากสมบัติโดยรวมของอนุภาคทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ซึ่งแสดงถึงความหยาบความละเอียดของดิน ถ้าดินมีปริมาณกลุ่มขนาดทรายมาก จะจัดเป็นดินประเภทเนื้อหยาบ (coarse texture class) เนื่องจากประกอบด้วยอนุภาคขนาดใหญ่เช่นเม็ดทรายซึ่งมีขนาดใหญ่ จึงมีช่องว่างให้น้ำซึมผ่านอย่างรวดเร็ว แต่ถ้าดินมีปริมาณกลุ่มขนาดดินเหนียวมากจะเป็นประเภทเนื้อละเอียด (fine textural class) เนื่องจากประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็กมาก จึงไม่มีน้ำช่องว่างให้น้ำซึมผ่าน และถ้าดินมีปริมาณกลุ่มขนาดดินเหนียวกับปริมาณกลุ่มขนาดทรายในสัดส่วนที่ไม่แสดงสมบัติเด่นชัดไปทางทรายหรือดินเหนียวจะจัดเป็นประเภทเนื้อปานกลาง (medium textural class) ส่วนใหญ่มีส่วนผสมเป็นอนุภาคขนาดปาน

กลาง เช่น ทรายแป้ง เป็นส่วนใหญ่ จึงมีความเหมาะสมในการปลูกพืชส่วนใหญ่เนื่องจากน้ำซึมผ่านได้ไม่รวดเร็ว จนเกินไป สามารถเก็บกับความชื้นได้ดี

การวิเคราะห์เนื้อดินมีหลายวิธีได้แก่ วิธีสัมผัส (Feel method) โดยใช้ความรู้สึกจากการปั้นดินกับน้ำซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ต้องการความถูกต้องมาก และปฏิบัติภายในพื้นที่ และวิธีที่ใช้ภายในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ วิธีปิเปต (Pipette method) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้ผลถูกต้องแม่นยำดีมาก แต่มีความยุ่งยากพอสมควร และวิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer mechanical method) ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้ครั้งละจำนวนมาก รวดเร็ว ได้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ จึงได้ทำการเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์เนื้อดินระหว่าง วิธีปิเปตกับ วิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์ ว่าในแต่ละวิธีวิเคราะห์มีข้อจำกัด และสามารถจำแนกชนิดดินได้เหมือนหรือแตกต่างกันหรือไม่ เนื่องจากชนิดดินที่ต่างกัน จะมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพดินให้เหมาะสมกับพืชชนิดนั้นๆ

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

- 1 ตู้อบ
- 2 เครื่องชั่งไฟฟ้า ทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- 3 ถ้วยปั่นตัวอย่าง (Dispersion cup)
- 4 เครื่องปั่นตัวอย่าง (Mechanical stirrer)
- 5 ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
- 6 กระบอกวิเคราะห์เนื้อดิน (Sedimentation cylinder)
- 8 พักเจอร์ (Plunger)
- 9 ปีกเกอร์ 600 มิลลิลิตร
- 10 ถ้วยหาความชื้น (moisture can)
- 11 ตะแกรงร่อนขนาด 0.053 มิลลิเมตร
- 12 กระบอกตวงขนาด 100 และ 1000 มิลลิลิตร
- 13 ปีเปตขนาด 25 มิลลิลิตร
- 14 แท่งแก้วคนตัวอย่าง
- 15 เทอร์โมมิเตอร์
- 16 ขวดฉีดน้ำกลั่น
- 17 นาฬิกาจับเวลา

- สารเคมี

1. Sodium hexametaphosphat
2. Anhydrous sodium carbonate
3. Amyl alcohol

- วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

1.1 เตรียมชนิดดินอนุภาคขนาดทราย

เตรียมจากทรายละเอียด จำนวน 4400 กรัม นำมาล้างด้วยน้ำกลั่นจนน้ำที่ล้างใส นำไปตากลมให้แห้ง แล้วนำมาร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 2 มิลลิเมตร และนำไปใช้ในการเตรียมตัวอย่างดินที่มีอนุภาคทรายระดับต่าง ๆ (ภาพที่ 1)

1.2 เตรียมชนิดดินอนุภาคขนาดทรายแบ่งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

นำตัวอย่างดิน จำนวน 4400 กรัม มาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อนขนาด 0.053 มิลลิเมตร (53 ไมโครเมตร 270 เมท) นำดินส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงไปนำไปใช้ในผสมตัวอย่างชนิดดินอนุภาคขนาดทรายที่ระดับต่างๆ (ข้อ 1.1; ภาพที่ 1)

1.3 จัดเตรียมตัวอย่างดินที่มีอนุภาคขนาดทราย ร้อยละ 0-100

ทำการผสมระหว่างดินอนุภาคขนาดทราย กับดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (ตารางที่ 1) หลังจากนั้นใส่รวมกันในถุงพลาสติกขนาดใหญ่ เขย่าให้เข้ากัน

2. นำตัวอย่างดินที่เตรียมได้จากข้อ 1.3 มาวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต (Glendon W.G. and Dani O, 2002) จำนวน 7 ซ้ำ

2.1 วิธีไฮโดรมิเตอร์

2.1.1 อบตัวอย่างดินที่จัดเตรียมไว้ที่ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 17-24 ชั่วโมง

2.1.2 นำไปทิ้งให้เย็นใน Desiccator แล้วชั่งตัวอย่างดิน 50 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (ซ้าย) และดินอนุภาคขนาดทราย (ขวา)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมระหว่างดินอนุภาคขนาดทราย กับดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

ปริมาณอนุภาคขนาด ทราย (%)	น้ำหนักดินอนุภาคขนาด ทราย (กรัม)	น้ำหนักดินอนุภาคขนาด ทรายแป้งผสมกับอนุภาค ขนาดดินเหนียว (กรัม)	น้ำหนักรวม (กรัม)
0	0	800	800
10	80	720	800
20	160	640	800
30	240	560	800
40	320	480	800
50	400	400	800
60	480	320	800
70	560	240	800
80	640	160	800
90	720	80	800

100

800

0

800

2.1.3 เติมน้ำยา Calgon 5 % จำนวน 100 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ใช้แท่งแก้วคนแล้วทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที

2.1.4 ถ่ายสารละลายตัวอย่างดินจากบีกเกอร์ใส่ใน Dispersion cup นำไปปั่นด้วยเครื่อง Mechanical stirrer นาน 5 นาที

2.1.5 ถ่ายดินจาก Dispersion cup ใส่ใน Sedimentation cylinder แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น โดยหย่อน Hydrometer ลงในสารละลายตัวอย่างดิน แล้วปริมาตรให้ได้ 1130 มิลลิลิตร

2.1.6 เตรียม Blank โดยเติมน้ำยา Calgon 5 % ลงไป 100 มิลลิลิตร ใน Sedimentation cylinder แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นโดยหย่อน Hydrometer ลงในสารละลาย แล้วปริมาตรให้ได้ 1130 มิลลิลิตร

2.1.7 ทำการวัด Blank โดยยก Plunge ขึ้น-ลง 30 วินาทีแล้วหย่อน Hydrometer ลง จับเวลา 40 วินาที อ่านบันทึกค่า Hydrometer Reading (HR) แล้วบันทึกอุณหภูมิ (T) ดังสมการที่ 1

2.1.8 ทำการวัด ตัวอย่างดิน กระทำเช่นเดียวกับการข้อ 2.1.7 ค่าที่ได้นำไปหาปริมาณดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (%Silt+Clay) ดังสมการที่ 1

2.1.9 เมื่อครบเวลา 2 ชั่วโมง อ่านบันทึกค่า Hydrometer Reading (HR) แล้วบันทึกอุณหภูมิ อ่านบันทึกเป็นค่า T ค่าที่ได้นำไปหาปริมาณดินอนุภาคขนาดดินเหนียว (%Clay) ของ Blank และตัวอย่างดินตามลำดับ ดังสมการที่ 2

2.1.10 คำนวณหาปริมาณดินอนุภาคขนาดดินทราย (สมการที่ 3) และอนุภาคทรายแป้ง (สมการที่ 4)

$$\% \text{ Silt+Clay} = ((\text{Hydrometer Reading (HR)} + \text{Temperature correction}) - \text{Blank}) \times 2 \quad (1)$$

$$\% \text{ Clay} = ((\text{Hydrometer Reading (HR)} + \text{Temperature correction}) - \text{Blank}) \times 2 \quad (2)$$

$$\% \text{ Sand} = 100 - (\% \text{ Silt+Clay}) \quad (3)$$

$$\% \text{ Silt} = (\% \text{ Silt+Clay}) - \% \text{ Clay} \quad (4)$$

2.2 วิธีปฏิบัติ

2.2.1 ชั่งดิน 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์เติม calgon (Sodium hexametaphosphate ผสมกับ sodium carbonate) ลงไปในตัวอย่าง จำนวน 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

2.2.2 ถ่ายดินจากบีกเกอร์ใส่ใน Dispersion cup นำไปปั่นด้วย high speed stirrer ประมาณ 5 นาที

2.2.3 ถ่ายดินจาก Dispersion cup ลงในกระบอกตวงขนาด 1000 มิลลิลิตร ผ่านกรวยกรองที่มีตะแกรงร่อนขนาด 0.053 มิลลิเมตร ตัวอย่างดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (%Silt+Clay) จะผ่านลงไปในกระบอกตวง ล้างต่อไปด้วยน้ำกลั่นจนตัวอย่างดินดินอนุภาคขนาดทรายแป้งผสมกับ

อนุภาคขนาดดินเหนียว (%Silt+Clay) ออกจากดินอนุภาคขนาดทราย (Sand) จนหมด ปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร

2.2.4 ถ่ายดินอนุภาคขนาดทราย ที่แยกได้ลงใน moisture can ที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณดินอนุภาคขนาดทราย (% Sand) ดังสมการที่ 5

2.2.5 ตัวอย่างที่อยู่ในกระบอกตวงจะเป็นตัวอย่างดินอนุภาคขนาดทรายแบ่งผสมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (%Silt+Clay) ตัวอย่างดินอนุภาคขนาดดินเหนียว (% Clay) จะแขวนลอยอยู่ ใช้ ปิเปตดูดตัวอย่างดินอนุภาคขนาดดินเหนียว (% Clay) อยู่ในสภาพสารแขวนลอย 20 มิลลิลิตร โดยเวลาที่ใช้จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสารละลาย (ตารางที่ 2) ใส่ลงใน moisture can ที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบที่อุณหภูมิ 105°C นาน 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักอนุภาคดินเหนียว

2.2.6 เตรียม Blank โดยการเติม calgon 10 มิลลิลิตร ในกระบอกตวงปรับปริมาตรให้เป็น 1000 มิลลิลิตร ใช้ ปิเปต ดูดตัวอย่าง 20 มิลลิลิตร ใส่ลงใน moisture can ที่ทราบน้ำหนัก นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนัก ดังสมการที่ 6

ตารางที่ 2 เวลาที่ใช้ดูดตัวอย่างดินอนุภาคขนาดดินเหนียว (% Clay)

อุณหภูมิ (°C)	ชั่วโมง	นาที	วินาที
23	3	52	-
23.5	3	50	-
24	3	47	5
24.5	3	35	-
25	3	32	5
25.5	3	30	-
26	3	27	-
26.5	3	25	-
27	3	20	-
27.5	3	15	-
28	3	10	-
28.5	3	7	5
29	3	5	-
29.5	3	2	5
30	3	-	-
30.5	3	57	5
31	3	55	-

2.2.7 วัดตัวอย่างดิน เช่นเดียวกับการข้อ 2.2.6 ค่าที่ได้นำไปซึ่งหาน้ำหนักตัวอย่างดินอนุภาคขนาดดินเหนียว (% Clay) ดังสมการที่ 6

2.2.8 คำนวณหาปริมาณดินอนุภาคทรายแป้ง (สมการที่ 7)

$$\% \text{ Sand} = (\text{น้ำหนักดินทราย (Sand) ที่อบแห้งแล้ว} \times 100) / 10 \quad (5)$$

$$\% \text{ Clay} = (5000 \times (\text{น้ำหนักตัวอย่างดิน \% Clay} - \text{น้ำหนัก Blank})) / 10 \quad (6)$$

$$\% \text{ Silt} = 100 - (\% \text{ Sand} + \% \text{ Clay}) \quad (7)$$

3. การบันทึกข้อมูล

บันทึกปริมาณดินอนุภาคทราย ดินอนุภาคทรายแป้งและดินอนุภาคดินเหนียว และการจำแนกเนื้อดิน - เวลาและสถานที่

เวลา เริ่มต้น 1 ตุลาคม 2558 สิ้นสุด 30 กันยายน 2560

สถานที่ ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยระบบตรวจสอบคุณภาพดินและน้ำ กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี

กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

นำผลการวิเคราะห์เนื้อดินตามปริมาณอนุภาคขนาดทราย มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบอนุภาคขนาดทราย อนุภาคขนาดทรายแป้ง และ อนุภาคขนาดดินเหนียว ระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต

ร้อยละ อนุภาค ขนาด ทราย	วิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์				วิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °C				วิธีปิเปต			
	อนุภาค ขนาด ทราย	อนุภาค ขนาด ทรายแป้ง	อนุภาค ขนาดดิน เหนียว	เนื้อดิน	อนุภาค ขนาด ทราย	อนุภาค ขนาด ทรายแป้ง	อนุภาค ขนาดดิน เหนียว	เนื้อดิน	อนุภาค ขนาด ทราย	อนุภาค ขนาด ทรายแป้ง	อนุภาค ขนาดดิน เหนียว	เนื้อดิน
0	10.3	53.3	36.4	Silty	11.7	49.3	39.0	silty	0.5	60.2	39.3	Silty clay
SD	0.3	0.8	0.8	clay loam	3.0	2.8	0.9	clay loam	0.2	1.8	1.9	
10	17.9	47.1	35.0	Silty	22.3	41.7	36.0	silty	9.6	61.8	28.6	Silty
SD	1.7	1.9	1.2	clay loam	4.9	5.3	0.8	clay loam	0.8	6.7	6.9	clay loam
20	27.2	42.1	30.6	Clay loam	31.9	35.1	33.0	Clay loam	16.8	63.9	19.3	Silty loam
SD	1.1	1.7	0.8		1.6	2.2	1.0		1.6	1.9	1.9	
30	35.6	36.2	28.2	Clay loam	37.7	31.9	30.4	Clay loam	31.9	43.1	25.0	Loam
SD	1.9	1.4	0.9		3.1	2.4	1.0		1.2	4.8	4.1	
40	46.1	30.4	23.4	Loam	42.8	28.9	28.3	Clay loam	41.3	39.3	19.4	Loam
SD	2.3	1.7	1.2		2.2	2.5	1.5		1.9	2.7	1.6	
50	55.8	22.1	22.1	Sandy	54.4	23.1	22.5	Sandy	52.4	34.7	12.9	Sandy loam
SD	2.3	1.4	1.4	clay loam	1.4	1.6	0.8	clay loam	1.5	3.4	2.7	
60	68.1	17.0	14.9	Sandy loam	61.2	19.9	18.9	Sandy loam	57.4	34.4	8.2	Sandy loam
SD	1.4	1.3	1.6		3.5	2.4	1.6		1.2	1.3	1.4	

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบอนุภาคขนาดทราย อนุภาคขนาดทรายแป้ง และ อนุภาคขนาดดินเหนียว ระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต (ต่อ)

ร้อยละ อนุภาค ขนาด ทราย	วิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์				วิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์ โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส				วิธีปิเปต			
	อนุภาค ขนาดทราย	อนุภาค ขนาด ทรายแป้ง	อนุภาค ขนาดดิน เหนียว	เนื้อดิน	อนุภาค ขนาดทราย	อนุภาค ขนาด ทรายแป้ง	อนุภาค ขนาดดิน เหนียว	เนื้อดิน	อนุภาค ขนาด ทราย	อนุภาค ขนาด ทรายแป้ง	อนุภาค ขนาดดิน เหนียว	เนื้อดิน
70	72.5	15.9	11.6	Sandy loam	71.5	15.4	13.1	Sandy loam	71.2	19.6	9.2	Sandy loam
SD	0.8	0.9	1.0		2.3	1.9	1.2		1.4	0.9	0.6	
80	79.2	12.0	8.8	Sandy loam	80.2	9.5	10.3	Loamy sand	77.8	9.3	12.9	Sandy loam
SD	0.3	0.0	0.3		2.2	2.2	0.8		1.5	5.8	5.7	
90	87.0	8.6	4.4	Sand	86.6	6.9	6.5	Loamy sand	88.0	9.1	2.9	Sand
SD	0.7	0.7	0.0		0.8	0.7	0.7		0.4	2.7	2.7	
100	99.8	0.0	0.2	Sand	99.8	0.2	0.0	Sand	97.7	2.3	0.0	Sand
SD	0.0	0.0	0.0		0.1	0.1	0.0		0.6	0.6	0.0	

เมื่อพิจารณาค่าร้อยละอนุภาคขนาดทราย ของวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส อนุภาคขนาดทรายที่ร้อยละ 0 ซึ่งได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 10.3-11.7 ส่วนวิธีปิเปต อนุภาคขนาดทรายที่ร้อยละ 0 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.5 เมื่อทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายที่ร้อยละ 10 วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียสซึ่ง วิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 17.9-22.3 ส่วนวิธีปิเปตที่ อนุภาคขนาดทรายที่ร้อยละ 10 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 9.6 แต่เมื่อพิจารณาการทำนายชนิดเนื้อดินนั้น พบว่าทั้ง 3 วิธีทำนายได้เป็นชนิดเดียวกันคือ Silty clay loam และจากการรับวิเคราะห์ตัวอย่างดินในปิงบประมาณ 2560 พบตัวอย่างดินที่มีร้อยละอนุภาคขนาดทราย อยู่ในช่วง 0-20 % เพียงร้อยละ 0.15 จากตารางที่ 3

1. คำนวณหาค่า % Recovery จากสูตร

$$\% \text{ Recovery} = \frac{\text{ค่าที่วิเคราะห์ได้}}{\text{ค่าอ้างอิง}} \times 100$$

โดยคำนวณหาค่า % Recovery ของอนุภาคขนาดทราย แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่า % Recovery ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต

ร้อยละอนุภาคขนาดทราย	% Recovery		
	วิธีไฮโดรมิเตอร์	วิธีไฮโดรมิเตอร์ คุมอุณหภูมิ	วิธีปิเปต
0	100.0	100.0	100.0
10	179.0	223.0	96.6
20	136.0	159.5	84.2
30	118.7	125.7	106.2
40	115.3	107.0	103.2
50	111.6	108.8	104.9
60	113.5	102.0	95.7
70	103.6	102.1	101.7
80	99.0	100.3	97.3
90 %	96.7	96.2	97.9
100 %	99.8	99.8	97.7

เกณฑ์การยอมรับ 90-107%

เมื่อพิจารณา % Recovery ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากวิธีไฮโดรมิเตอร์ แสดงให้เห็นว่า ดินที่มีปริมาณอนุภาคขนาดทราย ที่ร้อยละ 10-60 ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ แต่ที่ร้อยละ 70-100 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และพบเช่นเดียวกับ เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส คือที่ร้อยละ 10-50 % Recovery ไม่ผ่านเกณฑ์การยอมรับ แต่ที่ร้อยละ 60-100 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ แต่เมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีปิเปต % Recovery ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จาก ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด คือ ตั้งแต่ร้อยละ 0-100

2. เปรียบเทียบค่าจากการวิเคราะห์กับค่าจริงโดยใช้ t-test

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{sd / \sqrt{n}}$$

เมื่อ	$\bar{x}$	=	ค่าเฉลี่ยผลวิเคราะห์ของชุดทดสอบ
	μ	=	ค่าอ้างอิง
	n	=	จำนวนซ้ำ
	sd	=	standard deviation ของชุดทดสอบ

แสดงผลค่า t-test ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากการเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์กับวิธีปิเปต และเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส กับวิธีปิเปต ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่า t-test ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากการเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์กับวิธีปิเปต และเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส กับวิธีปิเปต

ร้อยละอนุภาค ขนาดทราย	t test	
	ความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ กับวิธีปิเปต	ความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส กับวิธีปิเปต
0	**	**
10	**	**
20	**	**
30	**	**
40	**	**
50	*	*
60	**	**
70	*	*
80	ns	ns
90	*	*

100

**

**

หมายเหตุ	ns	ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ
	**	มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ 99 %
	*	มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ 95 %

เมื่อพิจารณาค่า t-test ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากการเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์กับ วิธีปิเปต และเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส กับวิธีปิเปต ที่ทุกร้อยละอนุภาคขนาดทราย มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่ 80%

และเมื่อพิจารณาค่า t-test ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากวิธีปิเปต พบว่า อนุภาคขนาดทรายที่ร้อยละ 0-100 ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชาตรี และ นฤมล (2539) ศึกษาเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินแบบใหม่คือ Syringe กับวิธีมาตรฐานคือ วิธีปิเปต และ วิธีไฮโดรมิเตอร์ โดยทำการทดลองกับดิน 3 ประเภท คือ ดินเนื้อละเอียด ดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อหยาบ พบว่า การประเมินประเภทเนื้อดินให้ผลการประเมินที่เหมือนกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Day (1965) Andres et al. (2014) และ รัตนา และ สิริ (2534) ว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบผลวิเคราะห์ทั้ง วิธีปิเปต และ วิธีไฮโดรมิเตอร์ มีสหสัมพันธ์ต่อกันและกันสูงมากพอที่จะใช้แทนกันได้

เมื่อพิจารณาการทำนายเนื้อดินเปรียบเทียบระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบการทำนายเนื้อดินเปรียบเทียบระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต

ร้อยละอนุภาค ขนาดทราย	วิธีไฮโดรมิเตอร์	วิธีไฮโดรมิเตอร์	
		โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส	วิธีปิเปต
0%	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay
10%	Silty clay loam	Silty clay loam	Silty clay loam
20%	Clay loam	Clay loam	Silty loam
30%	Clay loam	Clay loam	Loam
40%	Loam	Clay loam	Loam
50%	Sandy clay loam	Sandy clay loam	Sandy loam
60%	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam
70%	Sandy loam	Sandy loam	Sandy loam
80%	Sandy loam	Loamy sand	Sandy loam
90%	Sand	Loamy sand	Sand
100%	Sand	Sand	Sand

แสดงให้เห็นว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ กับวิธีปิเปต แสดงให้เห็นว่าสามารถทำนายชนิดเนื้อดินได้ชนิดเดียวกันร้อยละ 77 ส่วน วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส กับวิธีปิเปต แสดงให้เห็นว่าสามารถทำนายชนิดเนื้อดินได้ชนิดเดียวกันร้อยละ 44 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ กับวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าสามารถทำนายชนิดเนื้อดินได้ชนิดเดียวกันร้อยละ 88

การเปรียบเทียบระยะเวลาในการวิเคราะห์ แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบขั้นตอน และระยะเวลาในการวิเคราะห์ระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดย
ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต

ขั้นตอนที่	วิธีไฮโดรมิเตอร์	วิธีไฮโดรมิเตอร์	วิธีปิเปต
ควบคุมอุณหภูมิ 25°C			
1	อบดิน 105°C 17-24 ชั่วโมง	อบดิน 105°C 17-24 ชั่วโมง	อบดิน และถั่วอบความชื้น 105°C 17-24 ชั่วโมง
2	ชั่งดิน 50 กรัม 30 นาที	ชั่งดิน 50 กรัม 30 นาที	ชั่งดิน 10 กรัม 30 นาที
3	เติมน้ำยากระจายตัวเนื้อดิน 100 มล. 5% Calgon* 30 นาที	เติมน้ำยากระจายตัวเนื้อดิน 100 มล. 5% Calgon* 30 นาที	เติมน้ำยากระจายตัวเนื้อดิน 100 มล. 5% Calgon* 10 นาที
4	วางทิ้งไว้ 20 นาที	วางทิ้งไว้ 20 นาที	เขย่า ข้ามคั้น 12 ซม.
5	เวลาปั่นด้วยเครื่องปั่น 2 ชั่วโมง	เวลาปั่นด้วยเครื่องปั่น 2 ชั่วโมง	เวลาปั่นด้วยเครื่องปั่น 2 ชั่วโมง
6	เวลาคนให้เข้ากัน 10 นาที	เวลาคนให้เข้ากัน 10 นาที	เวลาคนให้เข้ากัน 10 นาที
7	วัดด้วยไฮโดรมิเตอร์รอบที่ 1 ที่ 40 วินาที	วัดด้วยไฮโดรมิเตอร์รอบที่ 1 ที่ 40 วินาที	-
8	ทิ้งไว้เพื่อวัดด้วยไฮโดรมิเตอร์ รอบที่ 2 2 ชั่วโมง	ทิ้งไว้เพื่อวัดด้วยไฮโดรมิเตอร์ รอบที่ 2 2 ชั่วโมง	ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างความลึก 10 ซม. เวลาตามตารางที่ 2
9	-	-	อบถั่วอบความชื้นที่มีตัวอย่างดิน ที่ติดตะแกรงร่อนขนาด 270 mesh และตัวอย่างดินที่ดูดจากปิเปต 105°C 17-24 ชั่วโมง
10	-	-	ทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น 30 นาที
11	-	-	ชั่งถั่วอบความชื้น 10 นาที
12	คำนวณผล 30 นาที	คำนวณผล 30 นาที	คำนวณผล 30 นาที
รวมขั้นตอน	9 ขั้นตอน	9 ขั้นตอน	11 ขั้นตอน
และระยะเวลา ในการวิเคราะห์	21.20-28.20 ชั่วโมง	21.20-28.20 ชั่วโมง	38-52 ชั่วโมง

หมายเหตุ 1. 5% Calgon คือ Sodium hexamataphosphate กับ sodium carbonate anhydrous

2. วิเคราะห์ได้ 20 ตัวอย่าง/รอบ

สอดคล้องกับ Andres et al. (2014) คือวิธีปิเปตมีขั้นตอนและระยะเวลายาวนานกว่า วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะไม่เหมาะกับการใช้งานในห้องปฏิบัติการ

การเปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระหว่าง 3 วิธี พบว่าทั้ง 3 วิธีไม่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบต้นทุนการวิเคราะห์ระหว่างวิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต

ลำดับที่	รายละเอียด	วิธีไฮโดรมิเตอร์	วิธีไฮโดรมิเตอร์	วิธีปิเปต
			ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	
1	ค่าเสื่อมราคาของเครื่องมือ (E)	17.19	17.19	17.19
2	ค่าสารเคมีและวัสดุวิทยาศาสตร์ (C)	139.69	139.69	4129.09
3	ค่าใช้จ่ายด้านสาธารณูปโภค (U)	113.27	113.27	113.27
4	ค่าจัดเตรียมเอกสาร (D)	33.91	33.91	33.91
5	ค่า Safety factor (F)	1.2	1.2	1.2
6	รวมต้นทุนการวิเคราะห์ (บาท) $((E+C+U) \times F) + D$	358.09	358.09	4345.37

ดังนั้น ต้นทุนวิธีปิเปต มากกว่า วิธีการวัดเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์ และเชิงกลด้วยไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส อยู่ $4345.37 - 358.09 = 3987.28$

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่อยู่ในช่วงร้อยละ 0-10 วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส มีค่าต่างกับวิธีปิเปต แต่เมื่อพิจารณาการทำนายชนิดเนื้อดินนั้น พบว่าทั้ง 3 วิธีทำนายได้เป็นชนิดเดียวกันคือ Silty clay loam และจากการรับวิเคราะห์ตัวอย่างดินในปั๊มประมาณ 2560 พบตัวอย่างดินที่มี ร้อยละอนุภาคขนาดทราย อยู่ในช่วงร้อยละ 0-20 เพียงร้อยละ 0.15 ส่วน % Recovery ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากวิธีไฮโดรมิเตอร์ แสดงให้เห็นว่า อนุภาคขนาดทรายที่ร้อยละ 70-100 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ ส่วนวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ที่ร้อยละ 60-100 ผ่านเกณฑ์การยอมรับ และวิธีปิเปต ผ่านเกณฑ์การยอมรับทั้งหมด คือ ตั้งแต่ร้อยละ 0-100 เมื่อพิจารณาค่า t-test ของ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย ที่ได้จากการเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์กับวิธีปิเปต และเปรียบเทียบวิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส กับวิธีปิเปต ที่ ร้อยละอนุภาคขนาดทราย มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่ร้อยละ 80 แต่เมื่อพิจารณาที่ขั้นตอนและเวลาในการวิเคราะห์ วิธีการปิเปตมีขั้นตอนและระยะเวลาที่มากกว่า วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส ดังนั้นสามารถคัดเลือกวิธีวิเคราะห์เนื้อดินระหว่าง วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต คือวิธีไฮโดรมิเตอร์

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถคัดเลือกวิธีวิเคราะห์เนื้อดินระหว่าง วิธีไฮโดรมิเตอร์ วิธีไฮโดรมิเตอร์โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส และวิธีปิเปต คือวิธีไฮโดรมิเตอร์

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณนางสาวศุภกัญจน์ ล้วนมณี ผู้อำนวยการกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา และนายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ นักวิชาการเกษตรชำนาญการที่ให้ข้อมูล และเข้าเยี่ยมชมเพื่อศึกษาการใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์เนื้อดินด้วยวิธีปิเปต

12. เอกสารอ้างอิง

- คู่มือวิธีวิเคราะห์ดินทางเคมีและฟิสิกส์. 2553. กลุ่มวิจัยเกษตรเคมี สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- ชาติรี สระแสงดา และ นฤมล บุญเกษม. 2539. การเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณขนาดอนุภาคดินโดยวิธี Syringe กับวิธี Pipette และวิธี Hydrometer. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 106 หน้า.
- รัตนา อ่อนสนธิ และ สิริ สุวรรณเขตนิคม. 2534. วิธีวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์. กลุ่มงานวิเคราะห์ดินและน้ำ กองเกษตรเคมี. กรุงเทพฯ.
- Andres, N.B., Ana V.S., Leonardo P., Deborah T., Daniel B., Raquel M. and Adriana G-L. 2014. Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. Ciencia e Investigacion. 41(2): 263-271.
- Day, P.R. 1965. Particle Fraction and Particle-Size Analysis, pp. 545-567. In C.A. Black et al.(ed.).Methods of soil analysis, Part 1. Agronomy Mo. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Glendon W. G. and Dani O. 2002. Specific Methods of Particle-Size Analysis. pp. 264-288 In Warren A. Dick, Methods of Soil Analysis Part 4 Physical Methods Publish by: Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA