

การเปรียบเทียบวิธีการในการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดิน โดยการตกตะกอน

Comparison of Methods in Soil Particle Size Analysis by Sedimentation

ฟ้าไพลิน ไชยวรรณ^{1*}, ณัฐฐนิชา พรหมภักดี¹ และ กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์¹

Fapailin Chaiwan^{1*}, Nattanicha Pompukdee¹ and Kanita Ueangsawat¹

บทคัดย่อ: วิธีการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดินมีอยู่หลากหลายวิธี แต่วิธีการที่ได้รับความนิยมมาก คือ การใช้ไฮโดรมิเตอร์ เนื่องจากเป็นวิธีการที่ทำได้สะดวก รวดเร็ว เครื่องมือที่ใช้ราคาไม่สูงมาก อีกทั้งผู้ปฏิบัติไม่จำเป็นต้องใช้ความชำนาญมาก วัตถุประสงค์ของการทดลองในครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบวิธีการและเวลาที่ใช้ในการหาปริมาณอนุภาคขนาดทรายและดินเหนียว จากเนื้อดินที่มีความแตกต่างกัน 7 ชนิด โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วย การร่อนด้วยตะแกรง การใช้ไฮโดรมิเตอร์และการใช้ปิเปต ผลการทดลองพบว่า ผลการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคทราย และ ปริมาณดินเหนียวด้วยวิธีการไฮโดรมิเตอร์และวิธีการปิเปตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 โดยปริมาณอนุภาคทรายที่ได้จากวิธีไฮโดรมิเตอร์ใกล้เคียงกับวิธีการร่อนด้วยตะแกรง แต่สูงกว่าวิธีการใช้ปิเปต สำหรับอนุภาคดินเหนียววิธีการไฮโดรมิเตอร์ให้ค่าต่ำกว่าวิธีการปิเปตอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการวิเคราะห์อนุภาคดินเหนียวที่ 2 ชั่วโมง และที่ 7 ชั่วโมง พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05

คำสำคัญ: วิธีไฮโดรมิเตอร์, วิธีการปิเปต, วิธีการร่อนด้วยตะแกรง, อนุภาคดิน

ABSTRACT: There are many methods to analyze soil particle size. The hydrometer method is in widespread for particle size analysis because it is a simply and rapid method and using the inexpensive equipment. However, the method was less precise compared to the pipette method. Thus, the purpose of this study was to compare the analysis methods for sand and clay particles and also for time used of clay particles analysis. The 7 soils different in texture was used in this study. The methods of sieving, hydrometer and the pipette were used for analysis. The results showed that the quantity of sand and clay particle analyzed by the hydrometer method and pipette method were significantly different ($P < 0.05$). The amount of sand particles analyzed by hydrometer was similar to the sieving method, but there was found a significantly higher than the pipette method. For the amount of clay particles, there was showed a significantly lower result analyzed by the hydrometer than by the pipette method. The analysis of clay particles at 2 hours and 7 hours was also found significant differences.

Keywords: hydrometer method, pipette method, sieving method, soil particles

Received August 1, 2018

Accepted December 19, 2018

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Department of Plant and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: fapailinc@gmail.com

บทนำ

เนื้อดินถือเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อดินและมีผลกระทบต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำ การระบายน้ำ การพัฒนารากและอื่น ๆ เนื่องจากเนื้อดินมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในดิน จึงอาจส่งผลกระทบต่ออัตราการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารและสารกำจัดศัตรูพืชสู่ดิน นอกจากนี้ชนิดเนื้อดินยังเป็นสมบัติที่ถูกนำไปใช้ประกอบในการตัดสินใจในการจัดอันดับชั้นดินและชุดดิน ชนิดเนื้อดินได้จากการจัดกลุ่มของดินที่มีสัดส่วนปริมาณขนาดอนุภาคดินหลัก 3 กลุ่ม คือ กลุ่ม อนุภาคทราย (sand) มีขนาด 0.05-2 มิลลิเมตร อนุภาคทรายแป้ง (silt) 0.05-0.002 มิลลิเมตร และอนุภาคดินเหนียว <0.002 มิลลิเมตร แต่ปริมาณกลุ่มอนุภาคดินสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธี โดยวิธีที่นิยมแพร่หลายคือวิธีการแยกอนุภาคด้วยการตกตะกอน (sedimentation) แล้วอ่านค่าปริมาณสารแขวนลอยในเวลาที่กำหนดตามกฎของสโตคส์ (Stock's law) ด้วยการใช้ไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และมีความถูกต้องพอที่จะยอมรับได้ (reasonable accuracy) (Bouacose, 1951) อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ด้วยการใช้ปิเปต (pipette method) ถือเป็นวิธีมาตรฐานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ (Elfaki, 2016) เช่นเดียวกันกับในประเทศไทยที่วิธีการวิเคราะห์เนื้อดินในแต่ละหน่วยงานใช้ย่อมมีความแตกต่างกันไป ทำให้บางครั้งทำให้ได้ค่าปริมาณอนุภาคดินทั้งสามกลุ่มแตกต่างกัน และอาจจะเกิดปัญหาในด้านการจัดกลุ่มดินแตกต่างกันไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมี

วัตถุประสงค์ในการทดสอบเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์อนุภาคขนาดทราย ทรายแป้งและดินเหนียวกับวิธีมาตรฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการปรับเทียบค่าการวิเคราะห์ให้ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน โดยการใช้วิธีไฮโดรมิเตอร์กับวิธีมาตรฐานคือวิธีการใช้ปิเปตในการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคกลุ่มดินเหนียว และเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคทรายกับวิธีวิเคราะห์โดยตรงคือวิธีการร่อนด้วยตะแกรงการทดลองในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบวิธีการหาปริมาณอนุภาคขนาดทรายและดินเหนียวและการใช้เวลาในการหาอนุภาคดินเหนียว ซึ่งอาจจะนำไปใช้ในการพัฒนาความถูกต้องของการวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคดินได้

สำหรับการวิเคราะห์การกระจายขนาดอนุภาคดินเพื่อหาชนิดเนื้อดินของตัวอย่างดินจำนวนมาก นิยมใช้วิธีการแยกอนุภาคเชิงกล (mechanical analysis) ด้วยหลักการการตกตะกอนของอนุภาคใด ๆ ตามกฎของสโตคส์ เป็นความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับอัตราเร็วของการจมของอนุภาคในของเหลว ดังสมการที่ 1 เมื่อ v คือ ความเร็วของการจมของอนุภาค (cm/sec)

$$v = \frac{(p_s - p_l)}{18\mu} gd^2 \quad (1) \text{ (มัตติกา, 2529)}$$

p_s = ความหนาแน่นอนุภาคดิน (g/cm³)

p_l = ความหนาแน่นของของเหลวในที่นี้คือน้ำ (g/cm³)

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาคดินที่กำลังเคลื่อนที่ผ่านของเหลว (cm)

μ = สัมประสิทธิ์ความหนืดของของเหลว (g/cm²sec)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (cm/sec²)

วิธีการศึกษา

การศึกษานี้เลือกใช้ตัวอย่างดินที่เก็บจากบริเวณต่างๆ ในภาคเหนือที่มีเนื้อดินต่างกัน 7 ชนิด

ตั้งแต่ดินเนื้อหยาบจนถึงดินเนื้อละเอียด และมีสัดส่วนของปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวต่างๆ กัน ดังนี้

Sample	clay	sand	silt	texture
1	22.11	63.78	14.11	Sandy Clay Loam
2	26.44	61.56	12.00	Sandy Clay Loam
3	32.00	32.22	35.78	Clay Loam
4	39.00	32.67	28.33	Clay Loam
5	39.89	46.22	13.89	Sandy Clay
6	41.22	12.00	46.78	Silty Clay
7	54.33	6.22	39.45	Clay

การทดลองประกอบด้วย 2 ตอน ดังนี้ (1) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียวจากวิธีการไฮโดรมิเตอร์ (ASTM 152H) และวิธีการปิเปต ที่ใช้ในเวลา 2 และ 7 ชั่วโมง โดยแต่ละวิธีดำเนินการ 3 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความสัมพันธ์เชิงเส้น (2) ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอนุภาคทรายที่วิเคราะห์จากวิธีการร่อนด้วยตะแกรงเบอร์ 325 (ขนาด 45 ไมโครเมตร) กับวิธีการใช้ไฮโดรมิเตอร์ และวิธีปิเปต ที่อ่านค่าในเวลา 40 วินาที โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design; CRD) โดยใช้เนื้อดิน 7 ชนิด และดำเนินการ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์อนุภาคทรายมาวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติด้วย ANOVA

ทั้งนี้ การเตรียมสารแขวนลอยเพื่อวิเคราะห์จำแนกขนาดอนุภาคดิน ดำเนินการโดยนำตัวอย่างดินที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (น้อยกว่า 3 %) ที่ร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2.00 มิลลิเมตร แช่ด้วยสารละลายแคลกอน 5% โดยเตรียมจาก sodium hexametaphosphate (NaHMP) 40 กรัมและ sodium carbonate (Na₂CO₃) 10 กรัม ทั้งไว้เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น แล้วนำ

ไปบรรจุในกระบอกแก้วและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร

ผลการศึกษา

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียว ระหว่างวิธีการไฮโดรมิเตอร์ และวิธีการปิเปตที่เวลา 2 ชั่วโมง

ค่าเฉลี่ยของร้อยละปริมาณอนุภาคดินเหนียว ที่วิเคราะห์ได้จากวิธีการปิเปตให้ค่าร้อยละของปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่สูงกว่าที่หาด้วยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ในทุกๆ ตัวอย่างดิน ซึ่งพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 วิธีการ มีค่าความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R²) สูงถึง 0.9156 โดยสมการความสัมพันธ์ คือ $y = 1.1588x$ เมื่อ y คือ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการปิเปต และ X คือ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ (Figure 1)

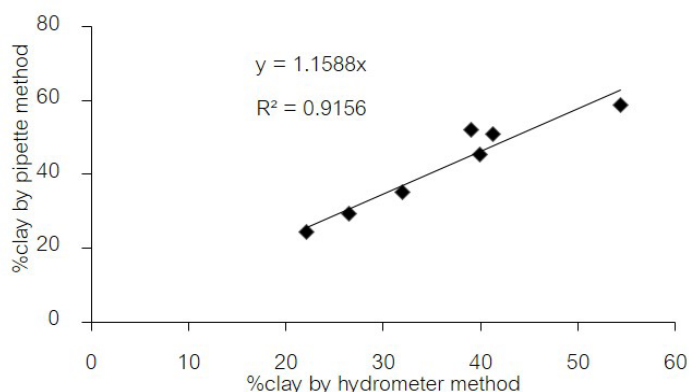


Figure 1 Correlation between mean of clay particle using hydrometer and pipette method.

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียว โดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ที่ 2 ชั่วโมง และ 7 ชั่วโมง

จากการศึกษาพบว่า ค่าร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หา ณ เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงกว่าร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หา ณ เวลา 7 ชั่วโมง ในทุก ๆ ตัวอย่างดิน ซึ่งเป็นไปตามหลักการของการตกตะกอนอนุภาคที่ผันแปรไปตามเวลา โดยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้

พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 เวลา มีค่าความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) สูงมากถึง 0.9443 โดยสมการความสัมพันธ์ คือ $y = 0.8236x$ เมื่อ y คือ ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ที่ 7 ชั่วโมง และ x คือ ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ที่ 2 ชั่วโมง (Figure 2)

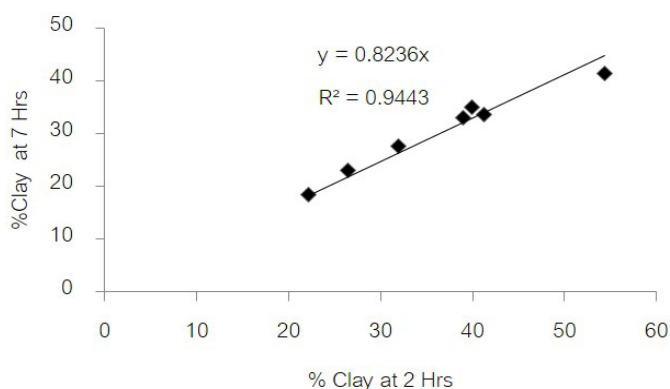


Figure 2 Correlation between mean of clay particle using hydrometer method at 2 and 7 hours.

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียว โดยวิธีการปิเปตที่ 2 ชั่วโมง และ 7 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาพบว่า ค่าร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หา ณ เวลา 2 ชั่วโมง มีค่าสูงกว่าร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หา ณ เวลา 7 ชั่วโมง ในทุก ๆ ตัวอย่างดิน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้พบว่าความสัมพันธ์

ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียว ที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 เวลา มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันโดยมีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) สูงมากถึง 0.831 โดยสมการความสัมพันธ์ คือ $y = 0.8327x$ เมื่อ y คือ ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการปิเปตที่ 7 ชั่วโมง และ x คือ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการปิเปตที่ 2 ชั่วโมง (Figure 3)

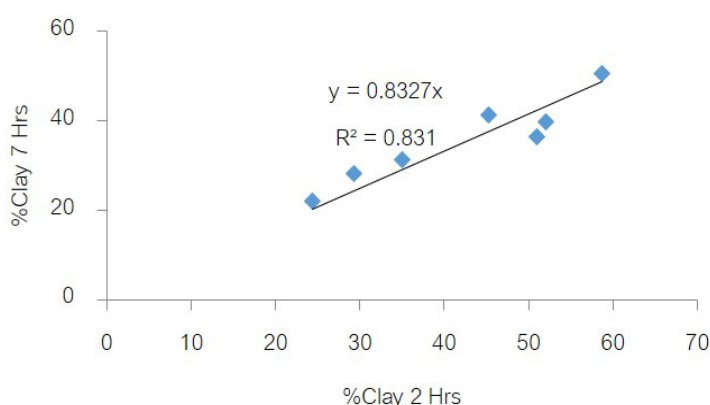


Figure 3 Correlation between mean of clay particle using pipette method at 2 hours and 7 hours.

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณอนุภาคดินเหนียว โดยวิธีการปิเปตที่ 7 ชั่วโมง และไฮโดรมิเตอร์ที่ 2 ชั่วโมง

โดยทั่วไปวิธีปิเปตที่ถือว่าเป็นวิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยตามกฎของสโตกส์ ซึ่งจากการคำนวณตามกฎของสโตกส์ อนุภาคสูงสุดของซิลต์ คือ 0.002 มิลลิเมตร จะตกตะกอนหมดที่เวลา 7 ชั่วโมง แต่วิธีนิยมปฏิบัติทั่วไปใช้เวลา 2 ชั่วโมง ดังนั้น เมื่อนำผลการศึกษาของการหาปริมาณดินเหนียวด้วยวิธีการปิเปตที่ 7 ชั่วโมง และปริมาณดินเหนียวด้วยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ที่ 2 ชั่วโมง มาหาความสัมพันธ์กัน พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) สูงมากถึง 0.934 โดยสมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.9709x$ เมื่อ y คือ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการปิเปตที่ 7 ชั่วโมง และ x คือ ร้อยละของอนุภาคดินเหนียวที่

หาโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ที่ 2 ชั่วโมง (Figure 4) ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติของปริมาณอนุภาคทราย โดยวิธีการร่อนด้วยตะแกรง วิธีการไฮโดรมิเตอร์ และวิธีการปิเปต

การเปรียบเทียบวิธีการร่อนด้วยกรงเบอร์ 325 ที่มีขนาดช่อง 45 ไมโครเมตร กับวิธีการไฮโดรมิเตอร์และวิธีการปิเปต ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าวิธีการไฮโดรมิเตอร์และวิธีการร่อนด้วยตะแกรงนั้นให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 แต่วิธีการปิเปตนั้นมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ วิธีการร่อนด้วยตะแกรงเป็นวิธีการที่ได้ค่าเฉลี่ยร้อยละของอนุภาคทรายที่มากที่สุด รองลงมา คือ วิธีการไฮโดรมิเตอร์ และวิธีการที่ได้ร้อยละอนุภาคทรายที่ต่ำที่สุด คือ วิธีการปิเปต ดังแสดงใน Table 1

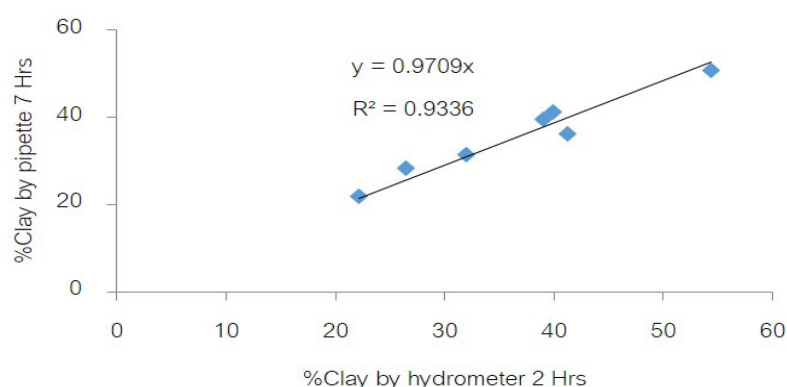


Figure 4 Correlation between mean of clay particle using hydrometer method at 2 hours and using pipette method at 7 hours

Table 1 Mean of sand particle (%) using sieving, hydrometer and pipette method

Method	Sample							Mean (%)
	1	2	3	4	5	6	7	
Sieving	65.10	65.07	40.18	30.54	43.45	14.18	9.04	38.22a
Hydrometer	63.78	61.56	32.22	32.67	46.22	12.00	6.22	36.38a
Pipette	59.67	55.00	30.00	25.00	40.67	6.33	4.00	31.52b
Mean	62.85	60.54	34.13	29.4	43.45	10.84	6.42	35.38
SD	2.83	5.11	5.35	3.96	2.78	4.05	2.53	8.39

วิจารณ์ผลการทดลอง

วิธีไฮโดรมิเตอร์และวิธีการปิเปตเป็นวิธีที่ใช้หลักการการตกตะกอนของอนุภาคในของเหลว หรือ Stokes' law จากสมการของ stokes ตัวแปรสำคัญที่ใช้จำแนกขนาดอนุภาค คือ เวลา เมื่อคำนวณการตกตะกอนของอนุภาคขนาดซิลท์ (0.05-0.002 มิลลิเมตร) หมดลงที่ระยะทาง 10 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิของเหลว 20 องศาเซลเซียส สารแขวนลอยเหลือแต่อนุภาคขนาดดินเหนียว พบว่าใช้เวลาประมาณ 7 ชั่วโมง แต่ในทางปฏิบัตินิยม

ทำการวัดอนุภาคดินเหนียวที่เวลา 2 ชั่วโมง (Grossman, 1980) และการวิเคราะห์อนุภาคทราย (>0.05 มิลลิเมตร) ด้วยวิธีตกตะกอนตรงวัดที่เวลา 40 วินาที (Grossman, 1980) ขณะที่วิธีการใช้วิธีร่อนด้วยตะแกรงถือเป็นวิธีการวิเคราะห์อนุภาคทรายที่ให้ความถูกต้องมากกว่า

จากการทดลองหาร้อยละอนุภาคดินเหนียว โดยให้วิธีการปิเปตเป็นวิธีการมาตรฐาน พบว่า อนุภาคดินเหนียวที่หาโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ได้ค่าที่ต่ำกว่าวิธีการมาตรฐานในทุก ๆ ตัวอย่างดิน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Beretta et al. (2014)

ดังนั้น หากต้องการที่จะประเมินหาอนุภาคดินโดยเฉพาะดินที่มีลักษณะหยาบหรือมีอนุภาคดินเหนียวอยู่ในตัวอย่างน้อย วิธีการบีบเปิดจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า แต่วิธีการบีบเปิดนั้นยุ่งยากและใช้เวลานานกว่า ดังนั้น ทางเลือกที่ดีกว่าคือทำการประเมินเนื้อดินโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ โดยที่หลังจากได้ผลการทดลองแล้วนำผลของอนุภาคดินเหนียวที่ได้นั้นไปแปลงเป็นค่าของวิธีการบีบเปิดโดยใช้สมการ $y = 1.1588x$ จะทำให้ได้ผลการทดลองที่มีความถูกต้องมากขึ้นได้

สำหรับเวลาที่ใช้ในการตกตะกอนของการหาปริมาณอนุภาคดินเหนียวในดิน ได้ทำการวัดปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่ 2 ชั่วโมง และ 7 ชั่วโมง ทั้ง 2 วิธีการประเมิน เนื่องจากการหาที่ 2 ชั่วโมงเป็นวิธีการที่นิยมมากกว่า เนื่องจากสะดวกกว่าในทางปฏิบัติ แต่ในทางทฤษฎีเมื่อทำการคำนวณเวลาในการตกตะกอนของอนุภาคดินเหนียวตามกฎของสโตคส์ เวลาของอนุภาคดินเหนียวที่คำนวณได้ คือประมาณ 7 ชั่วโมง พบว่า ร้อยละอนุภาคดินเหนียวที่ 2 ชั่วโมง และ 7 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 วิธีการ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Carolyn and Karl (1989) ที่ผลการทดลองหาอนุภาคดินเหนียวที่ 2 ชั่วโมง มีความแตกต่างกันทางสถิติกับที่ 6 และ 12 ชั่วโมง ดังนั้น เวลาที่ดีที่สุดและถูกต้องตามทฤษฎีในการหาปริมาณอนุภาคดินเหนียวคือ 7 ชั่วโมง (y) แต่ในทางปฏิบัติต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างนาน ดังนั้น การทำให้ผลการศึกษามีความถูกต้องมากขึ้นอาจจะใช้วิธีการแปลงค่าจากการหาที่ 2 ชั่วโมงให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยใช้สมการความสัมพันธ์ $y = 0.8236x$ เมื่อใช้วิธีการไฮโดรมิเตอร์ และ $y = 0.8327x$ เมื่อใช้วิธีการบีบเปิด

จากการทดลองหาร้อยละปริมาณอนุภาคทราย โดยวิธีการแยกอนุภาคด้วยตะแกรง (sieving method) เป็นวิธีการมาตรฐาน พบว่า ผลการทดลองที่ทำโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับวิธีการมาตรฐานมากกว่า โดยวิธีการแยกอนุภาคด้วยตะแกรงและวิธีการ

ไฮโดรมิเตอร์ให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ค่าเฉลี่ยของทั้งสองวิธีการนี้ให้ค่าสูงกว่าวิธีการบีบเปิด ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Beretta et al. (2014) ดังนั้น หากต้องประเมินหาอนุภาคทรายโดยวิธีการที่ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด ควรเลือกใช้วิธีการแยกอนุภาคด้วยตะแกรง แต่หากต้องการใช้วิธีการที่สะดวกกว่า ควรเลือกใช้วิธีการไฮโดรมิเตอร์สำหรับอนุภาคขนาดอื่นๆ เนื่องจากให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับวิธีการร่อนด้วยตะแกรงอย่างไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ

วิธีการไฮโดรมิเตอร์ถือเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็ว แต่ยังคงให้ผลการวิเคราะห์ที่แตกต่างจากที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการบีบเปิด โดยเฉพาะการหาปริมาณอนุภาคดินเหนียวโดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง ค่อนข้างจะแตกต่างจากวิธีการบีบเปิดอย่างมีนัยสำคัญพบว่า การใช้ไฮโดรมิเตอร์หาค่าปริมาณอนุภาคดินเหนียว มีความสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่หาด้วยวิธีการบีบเปิดที่ถือว่าเป็นวิธีมาตรฐานที่เวลาตามกฎของสโตคส์ คือ 7 ชั่วโมง ค่าสัมประสิทธิ์แสดงการตัดสินใจ (R^2) สูงมากถึง 0.934 ดัง Figure 4 ดังนั้น หากต้องการหาปริมาณอนุภาคดินเหนียวโดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์ที่เวลา 2 ชั่วโมง (x) ให้มีความถูกต้องมากขึ้นอาจจะใช้วิธีการปรับค่าเป็นวิธีการบีบเปิดที่เวลา 7 ชั่วโมง (y) ด้วยสมการ $y=0.971x$

สรุป

ผลการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า การหาปริมาณอนุภาคขนาดทรายด้วยวิธีการร่อนด้วยตะแกรงและวิธีการไฮโดรมิเตอร์ดีกว่าวิธีการบีบเปิด และการหาอนุภาคดินเหนียวด้วยวิธีการบีบเปิดดีกว่าวิธีการไฮโดรมิเตอร์ ทั้งนี้ค่าปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่วิเคราะห์ได้โดยวิธีการไฮโดรมิเตอร์แตกต่างกับวิธีการบีบเปิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ข้อจำกัดของการศึกษาในครั้งนี้ เนื่องจากปริมาณ

ตัวอย่างที่นำมาศึกษามีเพียง 7 ตัวอย่าง จึงทำให้ผลที่ได้อาจไม่มีความถูกต้องแม่นยำเพียงพอ ดังนั้นสำหรับการศึกษาในครั้งต่อไปควรเพิ่มปริมาณตัวอย่างเนื้อดินให้ครอบคลุมประเภทเนื้อดินทั้ง 12 ประเภท จะทำให้การทดลองนี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- มัตติกา พนมธรณีกุล. 2529. ฟิสิกส์พื้นฐานของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Beretta, A.N., A.V. Silbermann, L. Paladino, D.Torres, D.Bassahun, R. Musselli, and A.G. Lamohte. 2014. Soil texture analyses using a hydrometer: modification of the Bouyoucos method. *Ciencia Investigacion Agraria*. 263-271.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A Recalibration of the Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*. 43: 434-438.
- Carolyn, C. Bohn and K. Gebhardt. 1989. Comparison of hydrometer settling times in soil particle size analysis. *Journal of range management*. 81-83.
- Elfaki, J.T., M.A. Gafer., M. Sulieman, and M.E. Ali. 2016. Hydrometer method against Pipette method for Estimating Soil particle size distribution in Some Soil Types Selected from Central Sudan. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*. 2: 25-41.
- Grossman, J. 1980. *Physical and Chemical of Soil and Water Analysis*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.