วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ ปีที่ 11 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม): 89-99, 2567
Songklanakarin Journal of Plant Science, Vol. 11, No. 2 (July-December): 89-99, 2024

Research article-ISSN: 2351-0846

เปรียบเทียบการใช้ชุดเครื่องมือ Biofunctool บางอย่างและการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการเพื่อประเมินคุณภาพดินที่มีเนื้อดินต่างกัน

Comparative of Some Biofunctool Toolkits and Laboratory Soil Analysis Method to Assess Soil Quality in Different Soil Textures

พันธุ์ทิพย์ ปานกลาง[1]* Alexis Thoumazeau[2] และ Alain Brauman[3]
Phantip Panklang[1*], Alexis Thoumazeau[2] and Alain Brauman[3]

[1]กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ 10900
[1]Division of Land Use Planning and Policy, Land Development Department, Bangkok, 10900
[2]CIRAD, UPR Systèmes de Pérennes, Montpellier, France
[3]IRD, UMR ECO&SOLS, Montpellier, France

**Corresponding author: phantip.panklang@gmail.com*
Received 15 July 2024; Revised 18 October 2024; Accepted 28 November 2024

บทคัดย่อ

ชุดเครื่องมือ Biofunctool เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินสุขภาพดินในพื้นที่ภาคสนาม เกิดจากการรวบรวมและพัฒนาภายใต้ความร่วมมือระหว่างกรมพัฒนาที่ดิน สถาบันวิจัย IRD และ CIRAD สาธารณรัฐฝรั่งเศส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการประเมินผลกระทบของการจัดการดินต่อหน้าที่และคุณภาพของดิน อย่างไรก็ตาม คุณภาพของดินมักมีความแตกต่างกันในดินที่มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน และถือเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งที่อาจส่งผลต่อการประเมินคุณภาพดิน จึงได้ทำการทดสอบการประเมินคุณภาพดินในดินที่มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน 4 ชนิด คือ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทราย ดำเนินการในพื้นที่ปลูกพริกไทย อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี (เนื้อดินละ 3 แปลง ๆ ละ 3 ซ้ำ) โดยใช้เครื่องมือ Biofunctool บางอย่างเปรียบเทียบกับวิธีการในห้องปฏิบัติการ โดยคัดเลือกเครื่องมือที่ดำเนินการได้รวดเร็วและมีราคาไม่สูง พบว่า ผลการประเมินคุณภาพดินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและการประเมินด้วยเครื่องมือ Biofunctool มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ดินร่วนมีค่าดัชนีคุณภาพดินสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทราย ตามลำดับ โดยไม่พบความแตกต่างทางสถิติของการประเมินดัชนีคุณภาพดินทั้งจากการประเมินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือ Biofunctool แสดงให้เห็นว่า สามารถใช้เครื่องมือ Biofunctool ในการประเมินคุณภาพดินร่วมกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการได้ หรืออาจใช้เครื่องมือ Biofunctool ในการประเมินคุณภาพดินในเบื้องต้นเพื่อลดค่าใช้จ่ายและระยะเวลาในการประเมินคุณภาพดิน โดยเฉพาะการศึกษากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินโดยเครื่องมือ Bait lamina และ SituResp ซึ่งชี้ให้เห็นว่า สามารถใช้เครื่องมือ Biofunctool ในการศึกษาผลกระทบที่สำคัญของปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้

คำสำคัญ: พริกไทย เนื้อดิน สุขภาพดิน ดัชนีคุณภาพดิน

Published by Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. All rights reserved.
For Permissions, please e-mail: sjps.psu@gmail.com

Abstract

The “Biofunctool” toolkit dedicated to the onsite measurement of soil health was collected and developed under the collaboration between the Land Development Department (LDD) and the French research institute: IRD and CIRAD. This tool aimed to assess the impact of agricultural practices on soil functioning and quality. However, soil quality varies according to the soil texture and constitutes one potential limitation affecting soil quality assessment. This study was undertaken on 4 different types of soil texture; loam, sandy loam, clay loam and sandy clay loam all located within the same type of plantations (pepper). All the measurements were done in Kaeng Hang Maeo district, Chantaburi province (3 plantations per soil texture with 3 replications per plantation). Soil quality was analyzed by some fast and inexpensive Biofunctool toolkit, and compared with the laboratory method. The results indicated that the soil health assessment by laboratory method and the Biofunctool follow the same trend. Loamy soil had the highest soil health index than others, followed by sandy loam, clay loam, and sandy clay loam, respectively. There was no significant difference between the soil quality index originated from both laboratory method and the Biofunctool. It showed that the Biofunctool could be used to assess soil health in conjunction with laboratory method. Alternatively, the Biofunctool could be used to perform a preliminary soil quality assessment to reduce costs and time. In particular, the study on soil organism activities done by Bait lamina and SituResp method indicated also that the Biofunctool was able to assess the significant impact of organic matter.

Keywords: Pepper, Soil texture, Soil health, Soil quality index

บทนำ

งานวิจัยด้านดินเพื่อการเกษตรโดยมากมุ่งเน้นในเรื่องการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก เนื่องจากสามารถปฏิบัติได้โดยง่าย โดยการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารดินในห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม ดินที่มีปริมาณธาตุอาหารในดินในปริมาณมาก อาจมิใช่ดินที่มีคุณภาพดีเสมอไป ดังนั้น ในการศึกษาวิจัยด้านดินเพื่อการเกษตรนั้น นักวิจัยควรมีการประเมินคุณภาพดินร่วมด้วย เนื่องจากคุณภาพดินจะเป็นตัวชี้วัดให้เห็นถึงผลิตภาพของดินเพื่อตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตในดิน (Reitsma *et al.*, 2011) ทั้งนี้ คุณภาพดินประกอบด้วยคุณภาพที่ติดตัว (inherent quality) และคุณภาพพลวัต (dynamic quality) โดยคุณภาพที่ติดตัว (inherent quality) เป็นลักษณะต่าง ๆ ของดิน เช่น เนื้อดิน องค์ประกอบของแร่ในดิน ซึ่งกำหนดโดยปัจจัยการเกิดดินและวัตถุต้นกำเนิดดิน สมบัติเหล่านี้เป็นตัวกำหนดคุณภาพที่ติดตัว ซึ่งเป็นสมบัติที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงโดยง่าย ในขณะที่คุณภาพพลวัต (dynamic quality) จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับการใช้ที่ดินและการจัดการดินในรูปแบบต่างๆ อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของคุณภาพพลวัตในดินก็มีผลจากคุณภาพที่ติดตัวของดินเช่นกัน (Padekar *et al*., 2018)

กรมพัฒนาที่ดินร่วมกับสถาบัน IRD และสถาบัน CIRAD สาธารณรัฐฝรั่งเศส ได้ร่วมกันรวบรวมและพัฒนาชุดเครื่องมือ Biofunctool สำหรับใช้ในการประเมินคุณภาพดินทางการเกษตรอย่างง่าย โดยมุ่งเน้นในเรื่องการทำหน้าที่ของดินในการผลิตพืช ได้แก่ การประเมินโครงสร้างของดิน การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนในดิน การหมุนเวียนของธาตุอาหารพืช (Brauman *et al*., 2021) อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างของลักษณะเนื้อดิน อาจเป็นข้อจำกัดหนึ่งในการวิเคราะห์คุณภาพดิน เนื่องจากลักษณะเนื้อดินที่ต่างกัน ส่งผลต่อช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศ ซึ่งส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารในดิน (Amooh and Bonsu, 2015) นอกจากนี้ เนื้อดินยังมีผลต่อปริมาณคาร์บอนและไนโตรเจนในดิน ตลอดจนการหมุนเวียนของไนโตรเจนในดิน (Hook and Burke, 2000) ส่งผลกระทบโดยตรงต่อผลผลิตพืช (Carter, 1990) การหายใจของดินหรือการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินและการย่อยสลายของสิ่งมีชีวิตในดิน (United States Department of Agriculture, 2001)

การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเกิดขึ้น เพื่อทดสอบการใช้เครื่องมือ Biofunctool จำนวน 4 เครื่องมือ ได้แก่ AggSoil, Beerkan test, Bait lamina และ SituResp ในการประเมินคุณภาพดินทางการเกษตร โดยดำเนินการในพื้นที่ปลูกพริกไทยในจังหวัดจันทบุรี เนื่องจากพริกไทยเป็นพืชสมุนไพรอันดับแรก ๆ ที่ให้ทั้งคุณประโยชน์ และสรรพคุณความเป็นสมุนไพรที่ใช้ปรุงอาหารและเป็นยาสมุนไพร ในปัจจุบันพริกไทยมีความต้องการเพิ่มขึ้นมากตามความต้องการของผู้บริโภค สินค้าเกษตรชนิดนี้ มีการรวมกลุ่มของประเทศ

ผู้ผลิตและค้าขายกัน เรียกว่า “ประชาคมพริกไทยระหว่างประเทศ” หรือ IPC: International Pepper Community เป็นกลุ่มผู้ผลิตพริกไทยป้อนตลาดโลกปีละไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 (Moh, 2017) โดยทำการทดสอบคุณภาพดินด้วยเครื่องมือ Biofunctool เปรียบกับวิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการ

1. การคัดเลือกพื้นที่และวางแผนการทดลอง

สำรวจแปลงปลูกพริกไทยในพื้นที่อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี (ระหว่าง UTM 811638-818083E และ 1434197-1438807N) และคัดเลือกแปลงพริกไทยที่มีช่วงอายุและการดูแลรักษาที่ต่างกัน ทำการวิเคราะห์และรวบรวมข้อมูลทางกายภาพของดิน ได้แก่ กลุ่มชุดดิน ลักษณะเนื้อดิน โดยทำการวิเคราะห์หาปริมาณอนุภาคเนื้อดินทราย (sand) เนื้อดินทรายแป้ง (silt) และเนื้อดินเหนียว (clay) ด้วยวิธี hydrometer (Land Development Department, 2010) และแบ่งกลุ่มแปลงปลูกพริกไทยที่มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน จำนวน 4 ชนิดดิน วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) โดยทำการศึกษาเนื้อดินละ 3 แปลง ๆ ละ 3 ซ้ำ ได้แก่ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนดินเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทราย

2. วิเคราะห์สมบัติดินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือ Biofunctool

เก็บตัวอย่างดินในเดือนพฤษภาคม 2564 ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร โดยเป็นการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดิน (undisturbed sample) ด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างดิน (core sample) (Back and Hartge, 1986) เพื่อนำไปวิเคราะห์ดินตามวิธีการ ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์สมบัติดินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการ

(1) ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) เก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกโลหะเก็บตัวอย่างดิน นำไปวิเคราะห์ความหนาแน่นของดินโดยวิธี core method (Land Development Department, 2010)

(2) สภาพการนำน้ำของดิน (saturated hydraulic conductivity) ทำการวิเคราะห์การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัวในห้องปฏิบัติการ โดยวัดจากปริมาตรของน้ำที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา (Office of Science for Land Development, 2004)

(3) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter) โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ในกรดซัลฟิวริกเข้มข้นเป็น oxidizing agent ในการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนในดินให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แล้ววิเคราะห์ไดโครเมตที่เหลือด้วยการไทเทรตด้วยสารละลายเฟอรร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตโดยใช้ออร์โทฟีแนนโทรลีนเป็นอินดิเคเตอร์ คำนวณปริมาณอินทรียวัตถุจากค่าที่สมมุติให้อินทรียวัตถุในดินมีคาร์บอนร้อยละ 58 (Walkey and Black, 1934)

(4) ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนดิน:น้ำ = 1:1 (w/w) แล้ววัดด้วยเครื่อง pH meter (Peech, 1965)

2.2 การวิเคราะห์สมบัติดินโดยเครื่องมือ Biofunctool

(1) Aggregate stability (AggSoil) เป็นการทดสอบเสถียรภาพของดิน คือ การประเมินพฤติกรรมโครงสร้างดินภายใต้ผลกระทบของน้ำ ลม และการจัดการที่แตกต่างกัน เสถียรภาพของดินอาจเชื่อมโยงกับสมบัติหลายประการของดิน เช่น องค์ประกอบของอินทรียวัตถุในดิน กิจกรรมทางชีวภาพของดิน ความสามารถในการแทรกซึมและความต้านทานต่อการกัดเซาะของดิน การทดสอบเสถียรภาพของดินโดยวิธี Aggregate stability นี้ เป็นการให้คะแนนความคงทนของเม็ดดินโดยการประเมินด้วยสายตา ภายหลังการจุ่มแช่เม็ดดินในน้ำ (Herrick *et al*., 2001) โดยมีวิธีการดังนี้

- สุ่มตัวอย่างเม็ดดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6-8 มิลลิเมตร ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร จำนวน 18 ตัวอย่างต่อจุดเก็บตัวอย่าง แล้วผึ่งตัวอย่างที่ได้บนถาดพลาสติกประมาณ 1 ชั่วโมง
- ใส่ตัวอย่างเม็ดดินลงในตะแกรง ๆ ละ 1 เม็ดดิน
- เติมน้ำลงในกล่อง ให้มีระดับความสูงของน้ำประมาณ 2 เซนติเมตร แล้วใส่ตะแกรงที่มีเม็ดดินลงไปในกล่องที่มีน้ำบรรจุอยู่ (Figure 1) จับเวลานาน 5 นาที เพื่อให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด (Table 1) และหาค่าเฉลี่ยจากจำนวนตัวอย่างทั้งหมดในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

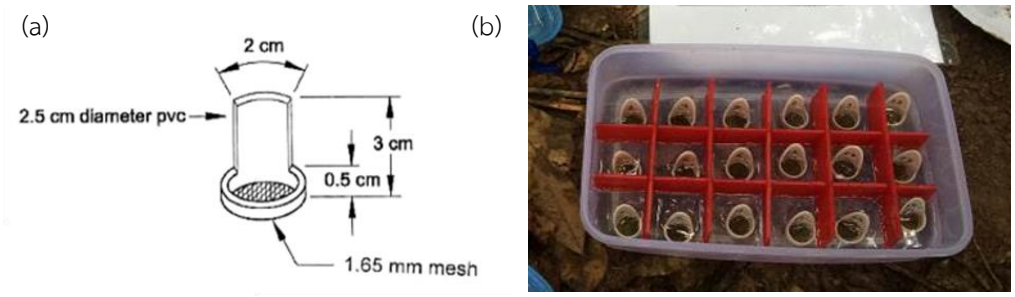

Figure 1 Size and composition of sieve (a) and the immersion of the sieve into water (b)

Table 1 Class and criteria for soil aggregate stability test

Stability class	Criteria for assignment to stability class
0	Soil too unstable to sample (falls through sieve)
1	50% of structural integrity lost within 5 seconds of insertion in water
2	50% of structural integrity lost 5-30 seconds after insertion
3	50% of structural integrity lost 30-300 seconds after insertion or <10% of soil remains on sieve after five dipping cycles
4	10-25% of soil remains on sieve after five dipping cycles
5	25-75% of soil remains on sieve after five dipping cycles
6	75-100% of soil remains on sieve after five dipping cycles

(2) Beerkan test หรือการวัดการแทรกซึมของน้ำในดิน (water infiltration) เป็นการคำนวณหาอัตราการแทรกซึมของน้ำจากปริมาตรน้ำที่กำหนดซึ่งถูกเทลงในดินผ่านพื้นที่กำหนด โดยเวลาที่น้ำแทรกซึมลงสู่ดินแต่ละครั้งจะถูกบันทึกไว้ จากนั้นคำนวณอัตราการแทรกซึมของน้ำจากค่าความชันของสมการเส้นตรงที่ได้จากช่วงที่น้ำมีการไหลซึมคงที่ (Lassabatère *et al*., 2006) (Figure 2)

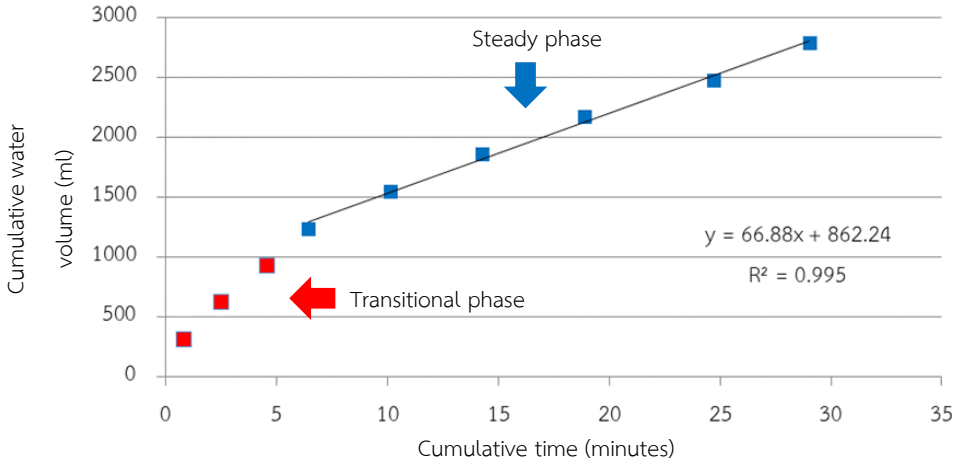

Figure 2 Water infiltration rate calculation from the slope of the steady state

(3) Bait lamina เพื่อทดสอบกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตดิน โดยการฝัง Bait lamina ซึ่งมีเซลลูโลสเป็น Substrate ลงในดินในแนวดิ่ง เนื่องจากเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเศษซากพืช การย่อยสลายของของเซลลูโลสบน Bait lamina จึงแสดงได้ถึงกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน นอกจากนี้ ตำแหน่งของการย่อยสลายที่เกิดขึ้น ยังบอกถึงกิจกรรมที่เกิดขึ้นในดินที่ระดับความลึกที่ต่างกันอีกด้วย (Van Gestel *et al.*, 2003) การเตรียม Substrate สำหรับ Bait lamina ทำได้โดยการเติมเซลลูโลสลงในสารละลายผงวุ้น 1 % จนเซลลูโลสมีความข้นหนืด นำ Substrate ที่ได้ไปใส่ในส่วนที่เป็นรูเล็ก ๆ จำนวน 16 รูบน Bait lamina รอให้ substrate แห้งดีจึงนำ Bait lamina ไปฝังลงในดิน (8 อันต่อ 1 ซ้ำ) เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ก่อนนำมาประเมินโดยการให้คะแนนการย่อยสลาย substrate ดังนี้

คะแนน 0	หมายถึง	ไม่มีการย่อยสลายเกิดขึ้น/ยังคงมี substrate อยู่เต็ม (เกิดการย่อยสลาย 0 เปอร์เซ็นต์)
คะแนน 0.5	หมายถึง	มีการย่อยสลายเกิดขึ้นบางส่วน/substrate หายไปบางส่วน (เกิดการย่อยสลาย 50 เปอร์เซ็นต์)
คะแนน 1	หมายถึง	มีการย่อยสลายเกิดขึ้น/substrate หายไปทั้งหมด (เกิดการย่อยสลาย 100 เปอร์เซ็นต์)

(4) Basal soil respiration หรือ SituResp เป็นวิธีการศึกษากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน จากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อยออกจากดิน โดยวัดจากปฏิกิริยาของไบคาร์บอเนตและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในดินที่เก็บไว้ในระบบปิดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) ทำให้เกิดสภาพเป็นกรดส่งผลให้ cresol red เปลี่ยนสีไปจากเดิม แล้วจึงวัดการเปลี่ยนสีที่เกิดขึ้นโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร (Thoumazeau *et al.*, 2017) (Figure 3)

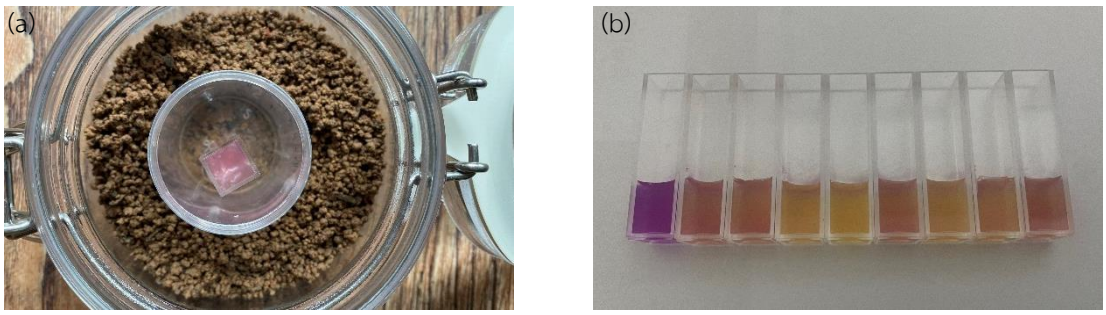

Figure 3 Gel incubation for 24 hours (a) and the examples of color changing (b)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

(1) ประเมินค่าดัชนีคุณภาพ (quality index : QI) ตามวิธีการของ Obriot และคณะ (2016) โดยมีขั้นตอน ดังนี้

- กำหนดชุดข้อมูลที่ต้องการศึกษา โดยแบ่งเป็นค่าดัชนีคุณภาพดินจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และค่าดัชนีคุณภาพดินจากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Biofunctool
- วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance: ANOVA) และคัดเลือกเฉพาะข้อมูลที่พบความแตกต่างทางสถิติมาใช้ในการคำนวณ
- คำนวณค่ามาตรฐานของตัวชี้วัด (normalized indictor score: Si) จากศักยภาพการตอบสนองของตัวชี้วัด
- วิเคราะห์องค์ประกอบของข้อมูลโดยวิธี principle component analysis (PCA) เพื่อหาค่าลักษณะเฉพาะ (eigenvalue) และค่าสัมประสิทธ์ความแปรผัน (percentage of total variability) และใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยถ่วงน้ำหนัก (weighting factor: Wi)
- คำนวณค่าดัชนีคุณภาพ (quality index: QI) ดังสมการ

$$QI = \sum_{i=1}^{n} Si \times Wi$$

โดย QI คือ ค่าดัชนีคุณภาพ (quality index)
Si คือ ค่ามาตรฐานของตัวชี้วัด (normalized indictor score)
Wi คือ ค่าปัจจัยถ่วงน้ำหนัก (weighting factor)

(2) วิเคราะห์สัดส่วนความแปรปรวนของตัวแปรโดยวิธี Redundancy analysis (RDA) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยวิธี Co-inertia analysis วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation; r) ทดสอบความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance: ANOVA) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's HSD โดยใช้โปรแกรม R-stat version 4.3.0

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. อิทธิพลของลักษณะเนื้อดินต่อสมบัติดิน

จากการประเมินสมบัติดินที่มีลักษณะเนื้อดินแตกต่างกันโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและเครื่องมือ Biofunctool พบความแตกต่างทางสถิติของผลวิเคราะห์สภาพการนำน้ำของดินและปริมาณอินทรียวัตถุที่ระดับ 0.05 โดยพบว่า ดินร่วนปนทรายมีค่าการนำน้ำของดินมากที่สุด คือ 31.01 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับดินร่วนแลดินร่วนเหนียวปนทรายซึ่งมีสภาพการนำน้ำของดินเท่ากับ 26.74 และ 14.13 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ดินร่วนเหนียวมีสภาพการนำน้ำของดินน้อยที่สุด คือ 8.98 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (Table 2) สอดคล้องกับ Cotler และ Ortega-Larrocea (2006) ซึ่งทำการศึกษาเปรียบเทียบสภาพการนำน้ำในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน และพบว่า ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว จะมีช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน อยู่ในอัตราส่วนที่น้อย จึงมีสภาพการนำน้ำในดินต่ำกว่าพื้นที่อื่น สำหรับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า ดินร่วนปนทรายมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินน้อยที่สุด คือ 1.23 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่พบในดินร่วนและดินร่วนเหนียวปนทรายซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 1.53 และ 1.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ดินร่วนเหนียว มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงสุด คือ 1.64 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) สอดคล้องกับ Somsu และคณะ (2022) ซึ่งพบว่า ในพื้นที่ปลูกข้าวที่มีลักษณะดินเป็นดินเหนียวจะมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าดินที่มีลักษณะเนื้อดินร่วน เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินเป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงในการเกาะยึดหรือรวมตัวกับอนุภาคต่าง ๆ ในดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาคดินเหนียว จะเห็นได้ว่า ลักษณะเนื้อดินที่ต่างกันส่งผลต่อสมบัติดิน จึงได้ทำการทดสอบความแปรปรวนจากความแตกต่างของลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกันต่อสมบัติดินด้วยวิธี Redundancy analysis (RDA) พบว่า 31.19% ของค่าวิเคราะห์สมบัติดินเกิดจากอิทธิพลของการจัดการดิน โดยพบว่า มีเพียง 3.53% เกิดจากลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน ในขณะที่ 32.29% เกิดจากอิทธิพลร่วมระหว่างการจัดการดินและลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน และ 32.99% เกิดจากปัจจัยอื่น (Figure 4) แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดิน มิได้เกิดจากความแตกต่างของลักษณะเนื้อดินเพียงอย่างเดียว การใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินทางการเกษตรล้วนมีความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพพลวัตของดิน ทั้งสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน เช่น ความหนาแน่นรวมของดิน ความพรุนรวมของดิน และสภาพการนำน้ำของดิน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณไนโตรเจนรวม ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และสภาพการนำไฟฟ้า ทั้งนี้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอาจมีผลทั้งในเชิงบวกและเชิงลบต่อสมบัติดินเหล่านี้ (Khunkrai, 2018)

2. ความสัมพันธ์ของการวิเคราะห์ดินโดยวิธีการห้องปฏิบัติการและชุดเครื่องมือ Biofunctool

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์ดินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและชุดเครื่องมือ Biofunctool ด้วย Co-internia analysis แสดงให้เห็นว่า ในดินที่มีองค์ประกอบเป็นอนุภาคดินเหนียว ได้แก่ ดินร่วนเหนียวและดินร่วนเหนียวปนทราย จะมีความแตกต่างกันของผลวิเคราะห์ดินที่ได้จากวิธีการในห้องปฏิบัติการและชุดเครื่องมือ Biofunctool มากกว่าดินร่วนและดินร่วนปนทราย (Figure 5) ทั้งนี้ อาจเกิดจากการที่อนุภาคดินเหนียวมีความไวต่อปฏิกิริยาทางเคมี สามารถดูดยึดธาตุอาหารพืชได้ทันที โดยเฉพาะที่เป็นไอออนบวก เช่น แคลเซียม แมกนีเซียมและโพแทสเซียม นอกจากนี้ อนุภาคดินเหนียวยังมีอิทธิพลต่อสมบัติทางกายภาพของดินโดยกระบวนการเกิดโครงสร้างขนาดเล็กของดิน (microaggregate formation) (Kome *et al*., 2019) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Pearson's correlation; r) พบว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ทางบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่ระดับนัยสำคัญ 0.001 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.86 ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยมูลไก่เพื่อปรับปรุงบำรุงดินร่วมกับการให้น้ำแบบน้ำหยด โดยไม่มีการไถพรวนดิน ส่งผลให้ความหนาแน่นของดินเพิ่มสูงขึ้น

Table 2 Soil properties in each different soil texture

Soil properties	Soil texture				F-test
	Loam	Sandy loam	Clay loam	Sandy clay loam	
Bulk density (g cm^{-3})	1.40±0.11	1.26±0.14	1.43±0.17	1.34±0.15	ns
Hydraulic conductivity (cm h^{-1})	26.74±18.02^{ab}	31.01±21.27^{a}	8.98±6.01^{b}	14.13±18.68^{ab}	*
Organic matter (%)	1.53±0.28^{ab}	1.23±0.23^{b}	1.64±0.28^{a}	1.48±0.25^{ab}	*
pH (1:1 w/w)	5.87±0.86	5.10±0.65	5.33±0.67	5.58±1.15	ns
AggSoil (score)	3.79±1.77	4.10±1.29	3.94±1.40	3.66±1.80	ns
Beerkan test (ml min^{-1})	68.56±35.72	68.78±40.11	34.00±20.17	31.44±22.42	ns
Bait lamina (score)	0.70±0.10	0.56±0.23	0.64±0.18	0.58±0.15	ns
SituResp (absorbance difference)	0.57±0.09	0.47±0.10	0.56±0.09	0.56±0.08	ns

Different letters were significantly different by Tukey' s HSD; * = significantly different at P≤0.05; ns = non-significance; The number followed ± sign indicates standard deviation

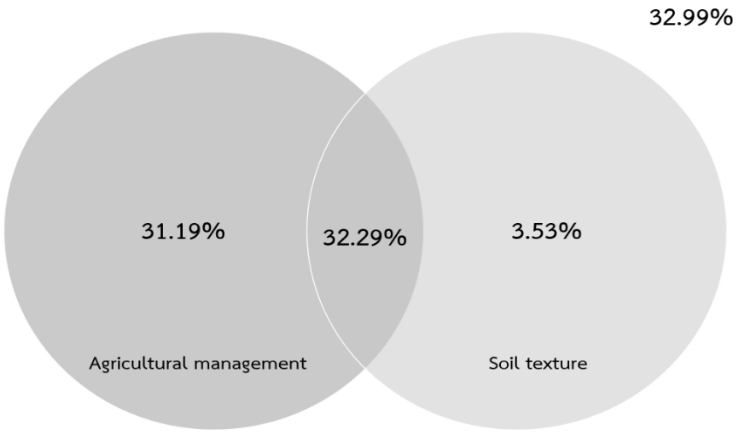

Figure 4 Redundancy analysis (RDA) of the variance in soil properties into the contributions of soil texture, agricultural management, their interaction and residual variance

สอดคล้องกับ Zheng และคณะ (2021) ซึ่งพบว่า ดินที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นอยู่ระหว่าง 15-35% จะส่งผลให้เม็ดดินมีการเกาะยึด (cohesion) เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุมีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตดินซึ่งทดสอบโดยวิธี Bait lamina และ SituResp ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.66 และ 0.68 ตามลำดับ โดยผลการวิเคราะห์กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตดินโดยวิธี Bait lamina และ SituResp มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ทางบวกกับความเป็นกรดเป็นด่างของดินระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วย โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.59 (Figure 6) เนื่องจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินส่งผลต่อการย่อยสลายของอินทรียสาร และส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Jiao *et al*., 2018) อย่างไรก็ตาม ค่าความเป็นกรดด่างของดิน เป็นปัจจัยหนึ่งในการควบคุมการเกิดกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ (Andersson and Nilsson, 2001)

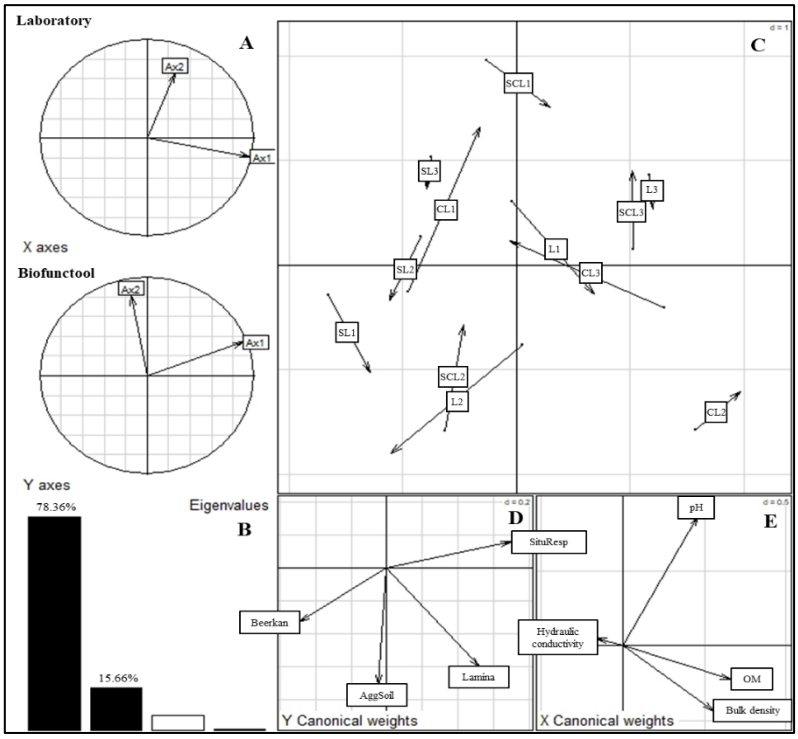

Figure 5 Results of the co-inertia analysis performed between soil analysis results from the laboratory and Biofunctool. Components of the standardized principal component analysis of the laboratory and the Biofunctool data set (A), Distribution of eigenvalues (B), Sites sampled, beginning of the arrow is the position of the site described by the laboratory data set and the end described by the Biofunctool data set (C), Distribution of soil analysis results from the laboratory (D) and Distribution

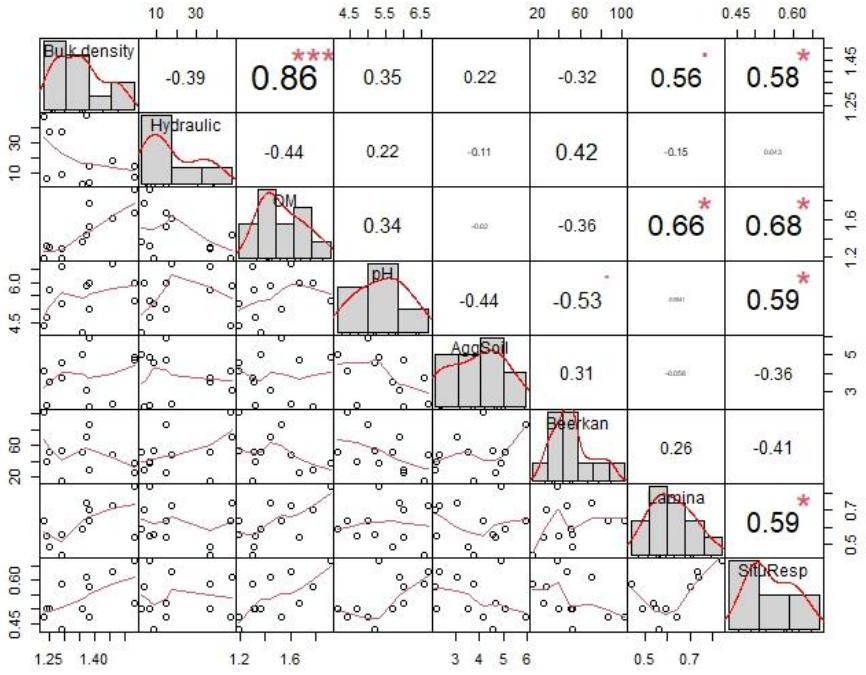

Figure 6 Correlation coefficient matrix, scatter plot, and phenotypic frequency distribution of the laboratory and the Biofunctool data set. The correlation coefficient and the level of significance are displayed as stars at the top of the diagonal; * $p \leq 0.05$, and *** $p > 0.001$.

3. ประเมินดัชนีคุณภาพดินที่มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน

การประเมินค่าดัชนีคุณภาพดิน (soil quality index: SQI) เป็นวิธีการหนึ่งในการประเมินความเชื่อมโยงระหว่างตัวแปรที่ทำการศึกษา โดยเฉพาะในกรณีที่ตัวแปรที่ทำการศึกษานั้น อาจมีบทบาทแตกต่างกัน ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ จึงได้ทำการประเมินค่าดัชนีคุณภาพดิน (soil quality index: SQI) ตามวิธีการของ Obriot และคณะ (2016) โดยประเมินค่าดัชนีคุณภาพดินระหว่างผลการวิเคราะห์ดินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและชุดเครื่องมือ Biofunctool ในดินแต่ละชนิด จากผลการทดลอง พบว่า ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของผลการประเมินดัชนีคุณภาพดินในดินแต่ละชนิด ทั้งการประเมินคุณภาพดินโดยวิธีการในห้องปฏิบัติการและการใช้ชุดเครื่องมือ Biofunctool สอดคล้องกับผลการทดสอบความแปรปรวนจากความแตกต่างของลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกันต่อสมบัติดินด้วยวิธี Redundancy analysis (RDA) ซึ่งพบว่า เพียง 3.53% ของผลการวิเคราะห์สมบัติดินเกิดจากลักษณะเนื้อดินที่แตกต่างกัน โดยพบว่า ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนมีแนวโน้มที่จะมีค่าดัชนีคุณภาพดินสูงกว่าดินชนิดอื่น อย่างไรก็ตาม พบว่า ดัชนีคุณภาพดินจากการวิเคราะห์ดินด้วยชุดเครื่องมือ Biofunctool มีค่าความแปรปรวนของข้อมูลสูงกว่าการวิเคราะห์ดินด้วยวิธีในห้องปฏิบัติการ (Figure 7) ชี้ให้เห็นว่า แม้ว่าการวิเคราะห์ดินด้วยวิธีในห้องปฏิบัติการจะมีความแม่นยำมากกว่า แต่การใช้เครื่องมือ Biofunctool ซึ่งมีราคาถูกและสามารถปฏิบัติได้ง่ายกว่า สามารถเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการวิเคราะห์ดิน โดยสามารถนำมาปรับใช้ร่วมกับวิธีการในห้องปฏิบัติการได้ ทั้งนี้ในการประเมินคุณภาพดินนั้น ควรพิจารณาสมบัติดินให้ครบทั้งด้านกายภาพ เคมีและชีวภาพ โดยเฉพาะสมบัติที่มีความสัมพันธ์ต่อการเจริญเติบโตของพืช ตลอดจนตัวบ่งชี้ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการจัดการดิน เช่น ปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่บ่งชี้ให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน การกักเก็บธาตุอาหารในดิน หรือความหนาแน่นรวมของดินซึ่งส่งผลต่อการชอนไชของรากพืช (United States Department of Agriculture, 2001)

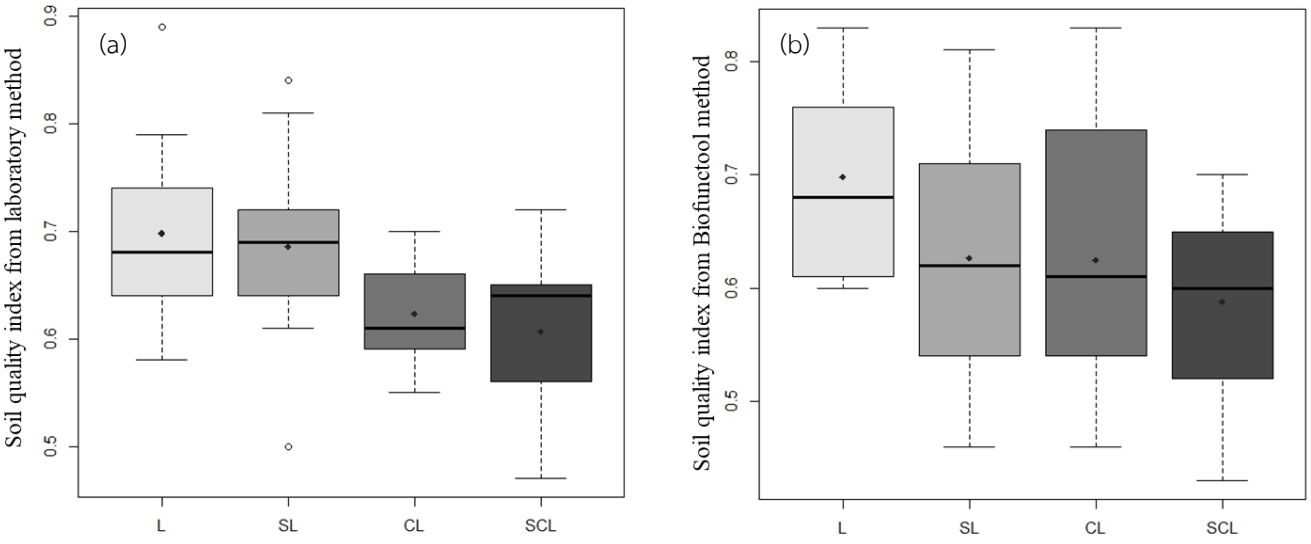

Figure 7 Soil quality index from the laboratory (a) and the Biofunctool (b) in 4 different types of soil; loam (L), Sandy loam (SL), clay loam (CL), and sandy clay loam (SCL)

สรุป

จากการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ชุดเครื่องมือ Biofunctool ในการประเมินคุณภาพดินเปรียบเทียบการใช้วิธีการในห้องปฏิบัติการในดินที่มีลักษณะเนื้อดินต่างกัน 4 ชนิด คือ ดินร่วน ดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทราย พบว่า ปัจจัยเรื่องความแตกต่างของลักษณะเนื้อดินส่งผลเพียงเล็กน้อยต่อการวิเคราะห์สมบัติดิน โดยปัจจัยดังกล่าวเป็นตัวกำหนดคุณภาพที่ติดตัว ซึ่งเป็นสมบัติที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงโดยง่าย ทั้งนี้ แม้ว่าผลวิเคราะห์ดินจากการใช้เครื่องมือ Biofunctool จะมีแนวโน้มว่ามีการกระจายตัวของข้อมูลมากกว่าผลวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ แต่จากการศึกษาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ชี้ให้เห็นว่า เครื่องมือ Biofunctool บางอย่าง สามารถใช้เพื่อบ่งบอกถึงสมบัติที่สำคัญของดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการศึกษากิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน

โดยเครื่องมือ Bait lamina และ SituResp ซึ่งพบว่า มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ในการนำเครื่องมือ Bait lamina และ SituResp มาใช้ในการวิเคราะห์กิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดิน เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการในห้องปฏิบัติการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุน ววน.) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณเกษตรกรผู้ปลูกพริกไทยในพื้นที่อำเภอแก่งหางแมว จังหวัดจันทบุรี โดยเฉพาะคุณปัทมา วงค์นพรัตน์ ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการติดต่อประสานงาน ตลอดจนสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

Amooh, M.K. and Bonsu, M. 2015. Effects of soil texture and organic matter on evaporative loss of soil moisture. Journal of Global Agriculture and Ecology 3: 152-161.

Andersson, S. and Nilsson, S.I. 2001. Influence of pH and temperature on microbial activity, substrate availability of soil-solution bacteria and leaching of dissolved organic carbon in a mor humus. Soil Biology and Biochemistry 33: 1181-1191.

Back, G.R., and K.H. Hartge. 1986. Bulk density. *In* Methods of Soil Analysis Part 1. (ed. A. Klute), pp. 363-375. Wisconsin: American Society of Agronomy.

Brauman, A., Simon, C., Panklang, P., Kouakou, A., Peerawat, M., Suvannang, N., Kolo, Y., Konate, S., Lefevre, C. and Thoumazeau, A. 2021. Biofunctool, a multifunctional approach of soil health related to soil biota activities. Proceedings of Global Symposium on Soil Biodiversity, Rome, Italy, 19-22 April 2021, pp. 224-231.

Carter, M.R. 1990. Relative measures of soil bulk density to characterize compaction in tillage studies on fine sandy loams. Canadian Journal of Soil Science 70: 425-433.

Colter, H. and Ortega-Larrocea, M.P. 2006. Effect of land use on soil erosion in tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico. Catena 65: 107-117.

Herrick, J.E., Whitford, W.G., Soyza, A.G., Zee, J.W.V., Havstad, K.M., Seybold, C.A. and Walton, M. 2001. Field soil aggregate stability kit for soil quality and rangeland health evaluations. Catena 44: 27–35.

Hook, P.B. and Burke, I.C. 2000. Biogeochemistry in a shortgrass landscape: control by topography, soil texture, and microclimate. Ecology 81: 2686-2703.

Jiao, S., Chen, W., Wang, J., Du, N., Li Q. and Wei, G. 2018. Soil microbiomes with distinct assemblies through vertical soil profiles drive the cycling of multiple nutrients in reforested ecosystems. Microbiome 6: 1-13.

Khunkrai, A. 2018. Effects of land patterns and topography on some important physical and chemical properties of soils in Thung Yai watershed, Songkhla province. Master's thesis. Prince of Songkla University.

Kome, G.K., Enang, R.K., Tabi F.O. and Yerima, B.P.K. 2019. Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: A review. Open Journal of Soil Science 9: 155-188.

Land Development Department. 2010. Work manual: Soil physical properties analysis. Bangkok: Land Development Department.

Lassabatère, L., Angulo-jaramillo, R., Soria Ugalde, J.M., Cuenca, R., Braud, I. and Haverkamp, R. 2006. Beerkan estimation of soil transfer parameters through Infiltration experiments-BEST. Soil Science Society of America Journal. 70: 521–532.

Moh, T.W.H. 2017. Pepper statistical yearbook 2016. Jakarta: International Pepper Community.

Obriot, F., Stauffer, M., Goubard, Y., Cheviron, N., Peres, G., Eden, M., Revallier, A., Vieuble-Gonod, L. and Houot, S. 2016. Multi-criteria indices to evaluate the effects of repeated organic amendent applications on soil and crop quality. Agriculture, Ecosystem and Environment. 232: 165-178.

Office of Science for Land Development. 2004. A guide for soil, water, fertilizer, plants and soil amendments analysis and the analysis for product certification. Bangkok: Land Development Department.

Padekar, D.G., Mokhale S.U., Gawande S.N. and Peshattiwar P.D. 2018. Soil quality concepts and assessment. An Asian Journal of Soil Science 13: 80-86.

Peech, M. 1965. Hydrogen Ion Activity. *In* Methods of Soil Analysis Part 2. (ed. C.A. Black), pp. 914-926. Wisconsin: American Society of Agronomy.

Reitsma, K.D., Schumacher, T.E. and Clay, D.E. 2011. Soil Quality. *In* Alternative Practices for Agronomic Nutrient and Pest Management in South Dakota (ed. D. Deneke), pp. 1-8. South Dakota: South Dakota State University.

Somsu, B., Kongyarit, A. and Suwannapetch, R. 2022. Physical and chemical quality analysis in rice paddy soil from Singhanakhon district, Songkhla province. Proceedings of the 7th National Science and Technology Conference: NSCIC 2022, Suratthani Rajabhat University, Suratthani, 10-11 March 2022, pp. 552-558.

Thoumazeau, A., Gay, F., Alonso, P., Suvannang, N., Phongjinda, A., Panklang, P., Chevallier, T., Bessou, C., Brauman, A. 2017. SituResp: A time- and cost-effective method to assess basal soil respiration in the field. Applied Soil Ecology 121: 223–230.

United States Department of Agriculture. 2001. Guidelines for soil quality assessment in conservation planning. Available from: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-04/nrcs142p2_050963.pdf. [accessed on 9 March 2024].

Van Gestel, C.A.M., Kruidenier, M. and Berg, M.P. 2003. Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity. Biology and Fertility of Soils 37: 115–123.

Walkley, A., and Black, A. 1934. An examination of the Degiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-28.

Zheng, K., Cheng, J., Xia, J. and Liu, G. 2021. Effects of soil bulk density and moisture content on the physico-mechanical properties of paddy soil in plough layer. Water 13: DOI:10.3390/w13162290.