ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุเพื่อการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

Soil Organic Matter Estimation Test Kit Development

นามผู้วิจัย นางสาวมณีทิพย์ ขุนทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสาวนุช ถาวรพฤกษ์, ปร.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุเพื่อการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

Soil Organic Matter Estimation Test Kit Development

โดย

นางสาวมณีทิพย์ ขุนทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มณีทิพย์ ขุนทอง 2556: การพัฒนาชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุเพื่อการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสาวนุช ถาวรพฤกษ์, ปร.ด. 68 หน้า

การพัฒนาชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุเพื่อการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดินทำโดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างการหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี wet oxidation กับการใช้ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินที่พัฒนาขึ้นใหม่ จำนวน 544 ตัวอย่าง ทำการตรวจสอบความแม่นและความเที่ยงของชุดตรวจสอบโดยใช้การสุ่มตัวอย่างดิน 100 ตัวอย่าง ศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุกับขนาดอนุภาคดินและสีดิน โดยใช้ตัวอย่างดินจำนวน 544 ตัวอย่าง และสหสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดใช้ตัวอย่างดิน 41 ตัวอย่าง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินในห้องปฏิบัติการกับการใช้ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุ พบว่ามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ r^2=0.68 ($p \leq 0.05$) การสุ่มตัวอย่างดินเพื่อทดสอบความแม่นและความเที่ยง พบว่า ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดินมีความแม่นวัดจากค่าร้อยละความคลาดเคลื่อน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $\pm$1.98 และมีความเที่ยงวัดจากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์โดยมีค่าเฉลี่ย 6.85%

ผลการศึกษาสหสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอนุภาคดินและปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่า เมื่อปริมาณอนุภาคขนาดทรายเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r^2=0.04, $p \leq 0.05$) ในทางตรงข้ามเมื่อดินมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น (r^2=0.05, $p \leq 0.05$) ส่วนอนุภาคทรายแป้งไม่มีสหสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ ดินที่มีค่าสีต่ำมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง (r^2=0.15) อินทรียวัตถุมีสหสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (r^2=0.86, $p \leq 0.05$) ดังแสดงโดยสมการเส้นตรง y=0.455x+0.076

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Maneetip Khunthong 2013: Soil Organic Matter Estimation Test Kit Development. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Saowanuch Tawornpruek, Ph.D. 68 pages.

Test kit for the estimation of soil organic matter was developed using 544 soil samples to investigate the correlation between soil organic matter content examined by wet oxidation method in laboratory and the test kit newly developed. One hundred random soil samples were tested for the accuracy and precision of the test kit. A study on the correlation between soil organic matter content and soil particles size and color was also carried out on 544 soil samples in addition with the correlation between soil organic matter content and total nitrogen using 41 soil samples.

Results of the relationship between soil organic matter content examined by wet oxidation method in laboratory and the test kit showed a statistically significant correlation at r^2=0.68 ($p \leq 0.05$) for the test kit examination. The test kit had ±1.98 percentage error for accuracy test with 6.85% average relative standard deviation for precision test in the case of random sampling.

A study on the correlation between soil particle size distribution and soil organic matter content revealed that when sand-sized particle increased, organic matter content decreased significantly (r^2=0.04, $p \leq 0.05$). In a contrast, organic matter content increased significantly as clay-sized particle increased (r^2=0.05, $p \leq 0.05$), while silt-sized particle having no correlation with soil organic matter content. The low soil color value had positively significant correlation with high organic matter content (r^2=0.15, $p \leq 0.05$). Furthermore, soil organic matter content was highly positively correlated with total nitrogen content (r^2=0.86, $p \leq 0.05$) as shown simple linear regression (y=0.45x+0.076).

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.เสาวนุช ถาวรพฤกษ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สุเทพ ทองแพ กรรมการที่ปรึกษาสาขาวิชาเอก ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย และอาจารย์พิชิต พงษ์สกุล ผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ให้คำแนะนำตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โครงการพัฒนาวิชาการดินและปุ๋ยทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนการวิจัย ขอบคุณ หริ สำหรับกำลังใจและภาพประกอบการใช้คู่มือที่สวยงาม น้องแอน น้องจอยที่คอยติดตามเรื่องที่บัณฑิตให้ตลอดมาและชาวสโมสรภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่พ่อ และแม่ ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

มณีทิพย์ ขุนทอง

มีนาคม 2556

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	13
อุปกรณ์	13
วิธีการ	13
ผลและวิจารณ์	18
สรุปและข้อเสนอแนะ	28
สรุป	28
ข้อเสนอแนะ	29
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	30
ภาคผนวก	37
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	68

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการจำแนกกลุ่มเนื้อดินที่ใช้ในการศึกษา	18
2	แสดงการแบ่งระดับอินทรียวัตถุในดิน	19
3	แสดงการแบ่งระดับอินทรียวัตถุในดินจากการใช้สมุดเทียบสี	19
4	แสดงค่า Percentage error จำแนกตามกลุ่มเนื้อดิน	22
5	แสดงค่า % Relative standard deviation จำแนกตามกลุ่มเนื้อดิน	23

ตารางผนวกที่

1	สมบัติทางกายภาพของดินที่ศึกษา	39
2	แสดงผลการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบในกลุ่มดินเนื้อหยาบ	63
3	แสดงผลการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบในกลุ่มดินเนื้อปานกลาง	64
4	แสดงผลการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบในกลุ่มดินเนื้อละเอียด	66

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงขั้นตอนการใช้ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน	21
2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินในห้องปฏิบัติการและการใช้ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน	21
3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคทรายกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	24
4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียวกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	25
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (value) กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	26
6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน	27
7	แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากการใช้สมการทำนายความสัมพันธ์ (Y=0.455x +0.076) ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุกับไนโตรเจนทั้งหมด	27

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุ เพื่อการประเมินปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

Soil Organic Matter Estimation Test Kit Development

คำนำ

ดินเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานในการดำรงชีวิต ดินถือเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญ โดยมนุษย์ใช้ทำการเกษตรมาเป็นระยะเวลานาน ดินที่เหมาะกับการปลูกพืชมีองค์ประกอบโดยปริมาตร 4 ส่วน คือ 1) สารอนินทรีย์อันได้แก่ส่วนที่เป็นแร่ธาตุ ประกอบด้วยอนุภาคขนาด ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว 45% 2) อินทรียวัตถุ 5% 3) อากาศ 25% และ 4) น้ำ 25% (ยงยุทธ, 2549) ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยทั่วไปมีอินทรียวัตถุน้อยกว่าร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ถึงแม้จะมีปริมาณไม่มากแต่อินทรียวัตถุมีบทบาททั้งด้านกายภาพและเคมีและความสำคัญต่อการเพาะปลูกเป็นอย่างมาก ดังนั้นการทราบปริมาณอินทรียวัตถุจึงทำให้สามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินได้

อินทรียวัตถุ ครอบคลุมตั้งแต่ส่วนของซากพืชหรือซากสัตว์ที่กำลังสลายตัว เซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และส่วนที่ตายแล้ว ตลอดจนสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลาย หรือส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่แต่ไม่รวมถึงรากพืชหรือเศษซากพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่ย่อยสลาย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและการกระจายของอินทรียวัตถุในดินในประเทศไทยพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุที่จัดอยู่ในระดับต่ำ มีประมาณ 65 % ระดับปานกลาง มีประมาณ 3 % และระดับสูงมีปริมาณ 1% ของพื้นที่สำรวจทั้งประเทศ เมื่อแบ่งตามระดับภาคพบว่าปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่า 1.5% ได้แก่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (บุญนะ, 2535) สาเหตุที่ทำให้อินทรียวัตถุในดินของประเทศไทยมีปริมาณค่อนข้างต่ำคือ วัตถุต้นกำเนิดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีสภาพดินเป็นดินทราย ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำพืชพรรณไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีทำให้การสะสมอินทรียวัตถุในดินจึงต่ำกว่าทุกภาคของประเทศไทย (เกษมศรี, 2541)

โดยในปัจจุบันยังไม่มีวิธีในการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุโดยตรงแต่สารประกอบอินทรีย์ทุกชนิดมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ โดยทั่วไปอินทรียวัตถุมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon) ประมาณ 45-48 %โดยน้ำหนัก แต่สัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ในอินทรียวัตถุจะ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แตกต่างกันไปในดินแต่ละชนิด ปัจจุบันจึงนิยมรายงานออกมาเป็นปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ มากกว่าที่จะเป็นปริมาณอินทรียวัตถุ (Charles and Simmons, 1986; Tiessen and Moir, 1993; Schumacher *et al*., 1995; Nelson and Sommers, 1996; Soil Survey Laboratory Methods Manual, 2004)

วิธีการวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดินมีหลายวิธีแต่ที่นิยมวิธีการที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์เป็นชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินในสนาม เป็นวิธี Wet chemistry techniques ซึ่งเป็นวิธีการมาตรฐานที่ใช้อยู่ในประเทศไทย และเป็นวิธีการที่รวดเร็ว และราคาประหยัด การจัดทำชุดตรวจสอบนี้มุ่งหวังให้เกษตรกรหรือผู้ที่สนใจสามารถตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้อย่างง่ายและรวดเร็ว เพื่อนำไปสู่การอนุรักษ์และจัดการดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อจัดทำชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุกับเนื้อดิน สีดินและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. สมบัติและบทบาทของอินทรียวัตถุในดิน

1.1. ด้านกายภาพ

1.1.1 สีดิน อินทรียวัตถุในดินทำให้ดินมีสีคล้ำขึ้น สีที่เข้มนี้อาจไปมีส่วนทำให้อุณหภูมิดินโดยรวมสูงขึ้นเนื่องจากดินสีคล้ำดูดกลืน รังสีความร้อนได้ดีกว่าดินสีจาง จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรียวัตถุในดินชั้นบน (Ap) พบว่าเมื่อปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น ค่าสี (value) จะลดลง (Schulze *et al*., 2003)

1.1.2 ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน อินทรียวัตถุสามารถดูดซับน้ำไว้ได้ในปริมาณมาก ประมาณ 6–20 เท่าของน้ำหนักนอกจากนั้นยังมีโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายฟองน้ำมีช่องขนาดเล็กอยู่มาก การใส่อินทรียวัตถุลงไปในดินจึงช่วยเพิ่มความสามารถในการกักเก็บน้ำได้ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา , 2548) Emerson and McGray (2003) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับปริมาณน้ำในดินพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณอินทรีย์คาร์บอนลงไปในดิน ดินจะมีแรงดูดยึดน้ำมากขึ้น ส่งผลให้ดินมีความชื้นมากขึ้น

1.1.3 ความหนาแน่นรวมของดิน อินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดินนอกจากจะลดความหนาแน่นรวมของดินแล้วยังช่วยเพิ่มช่องขนาดใหญ่ของดินนอกจากนี้ยังพบอีกว่าการใส่อินทรียวัตถุชนิดต่างๆจะช่วยเพิ่มปริมาณน้ำและอากาศในดินทำให้ดินร่วนขึ้นและดินไม่จับตัวกันแน่น (Akiyama, 1976)

1.1.4 เพิ่มความแข็งแรงของโครงสร้างดิน อินทรียวัตถุเป็นสารเชื่อมอนุภาคดินทำให้เม็ดดินหรือโครงสร้างดินมีความคงทน อินทรียวัตถุเป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในการเกาะยึดหรือรวมตัวกับอนุภาคต่างๆในดินโดยเฉพาะอนุภาคดินเหนียวหรือเซลล์จุลินทรีย์ นอกจากนี้การสร้างสารเชื่อมโดยจุลินทรีย์ทำให้ดินเหนียวเกาะยึดกันเป็นเม็ดดิน Chany and Swift (1984) ทดลองบ่มดินด้วยสารฮิวมิก เพื่อทำการศึกษาการจับตัวกันเป็นโครงสร้างของเม็ดดิน เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าความคงทนของเม็ดดินพบว่า เม็ดดินที่จับตัวกันเป็นก้อนนั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้น จรวย (2519) ทดลองใส่อินทรียวัสดุเหลือใช้ชนิดต่างๆในชุดดินกำแพงแสน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อศึกษาการเกิดเม็ดดิน พบว่าอินทรียวัตถุเหลือใช้สามารถทำให้ดินเกิดการจับตัวกันเป็นเม็ดดินได้เพิ่มขึ้น ซึ่งจะส่งเสริมให้ดินสามารถกักเก็บความชื้นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชได้มากขึ้น นิภา (2524) ได้ทำการทดลองใส่กากตะกอนน้ำเสีย กากละหุ่งและฮิวมัส เพื่อปลูกผักกาดขาวปลีติดต่อกันเป็นเวลา 3 ปี ในชุดดินราชบุรี ผลการทดลองพบว่าอินทรียวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีแนวโน้มทำให้เกิดการจับตัวกันเป็นเม็ดดินได้เพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่และระยะเวลาที่ใส่

1.2 ด้านชีววิทยา

1.2.1 อินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่สำคัญที่สุดสำหรับจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในดิน Baldock and Nelson (1999) พบว่าหนึ่งในพื้นฐานการทำงานของอินทรียวัตถุคือการเป็นแหล่งพลังงานให้กับกระบวนการทางชีวภาพของดิน ซึ่งกระบวนการนี้จะเปลี่ยนรูปคาร์บอนจากพืชโดยสิ่งมีชีวิตในดิน ให้เข้าสู่การหมุนเวียนระหว่างคาร์บอนบนผิวดินและใต้ดิน

1.2.2 การแปรสภาพอนินทรียสารในดินจากรูปที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จุลินทรีย์บางชนิดยังมีความสามารถพิเศษในการเปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนในบรรยากาศซึ่งมีอยู่มากถึง 78% แต่อยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์โดยตรงไม่ได้ให้อยู่ในรูปสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้ โดยผ่านกระบวนการตรึงไนโตรเจนซึ่งเป็นผลที่ได้จากกิจกรรมของจุลินทรีย์พวกไรโซเบียมที่ปมรากของพืชตระกูลถั่ว จุลินทรีย์ดินบางชนิดยังสามารถควบคุมปริมาณของไส้เดือนฝอยและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืชได้ (พัชรี, 2549)

1.3 ด้านเคมี

1.3.1 เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช อินทรียวัตถุมีต้นกำเนิดมาจากพืชและสัตว์ จึงเป็นแหล่งธาตุอาหารที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช (จำลอง , 2538) การย่อยสลายอินทรียวัตถุโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ดินทำให้ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมาให้พืชสามารถนำกลับไปใช้ได้อีก ธาตุที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) อินทรียวัตถุถือเป็นแหล่งปุ๋ยไนโตรเจนในธรรมชาติที่สำคัญที่สุด (ศุภมาศ, 2527) การใช้พืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดจะทำให้พืชที่ปลูกตามมาได้รับไนโตรเจนถึง 17.6 ถึง 20.8 กิโลกรัมต่อไร่ และทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างคุ้มค่าทั้งนี้เนื่องจากการตัด กลบ เศษเหลือของพืชตระกูลถั่วเป็นปุ๋ยพืชสดเป็นการเพิ่มธาตุอาหารในดิน และช่วยให้ปฏิกิริยาต่างๆ ในดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดำเนินไปได้ดี เช่น การเปลี่ยนรูปธาตุอาหารที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์เรียกกระบวนการนี้ว่า Mineralization ในส่วนของเศษซากพืชเหล่านี้ ประกอบด้วย พอลิแซ็กคาไรด์ เช่น คาร์โบไฮเดรต น้ำตาล เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนินเมื่อถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน ผลที่ได้ส่วนหนึ่งคือน้ำตาล และธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช (สมศักดิ์, 2528) อภิพรรณ (2536) พบว่า การไถกลบถั่วเขียวและถั่วเขียวผิวดำ ทำให้เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์คาร์บอน ไนโตรเจนทั้งหมด และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ไถกลบถั่วเขียวและถั่วเขียวผิวดำที่ปลูกหลังการปลูกข้าว

1.3.2 ควบคุมการละลายของธาตุในดิน อินทรียวัตถุมีสมบัติในการช่วยควบคุมการละลายของธาตุบางชนิด เช่น อะลูมินัมและเหล็ก โดยเฉพาะในดินที่เป็นกรดจัด ซึ่งหากมีธาตุทั้งสองมากเกินไปจะเป็นพิษต่อพืชได้

1.3.3 ลดการเกิดศิลาแลง อินทรียวัตถุยังช่วยลดการเกิดศิลาแลงโดยการจับกับอะลูมินัมและเหล็ก เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนจึงช่วยปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากการตกตะกอนกับธาตุดังกล่าว เป็นการช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถใช้ประโยชน์ได้

1.3.4 ช่วยดูดซับธาตุอาหารพืช ธรรมชาติของอินทรียวัตถุที่มีลักษณะเป็นสารแขวนลอยมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (นวลศรี และคณะ, 2543) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมาจากประจุลบที่มีอยู่เป็นจำนวนมากของอินทรียวัตถุ เป็นคุณสมบัติทางเคมีที่ทำให้อินทรียวัตถุมีส่วนช่วยดูดซับธาตุอาหารพืช ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุประจุบวกไว้ให้พืชได้ใช้มากขึ้น

1.3.5 อินทรียวัตถุยังมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงพีเอช (pH) ของดินเนื่องจากอินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้สูง เมื่อมีการเพิ่มสารประกอบที่เป็นกรดหรือเบสลงไปในดิน จะเกิดปฏิกิริยาเพื่อรักษาสมดุล โอกาสที่กรดหรือเบสจะสะสมอยู่ในสารละลายดินจึงมีน้อยมากเป็นเหตุให้พีเอชของดินเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่านั้น ถ้าหากดินมีอินทรียวัตถุสะสมในปริมาณที่เหมาะสม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

1.4.1 พืชพรรณ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถผลิตชีวมวลได้ไม่เท่ากัน พืชแต่ละชนิดยังให้เศษซากพืชที่มีคุณภาพแตกต่างกันซึ่งจะถูกย่อยสลายได้เร็วช้าไม่เหมือนกัน ทั้งยังแปรสภาพไปเป็นฮิวมิกได้ในปริมาณไม่เท่ากันด้วย ดังนั้นชนิดและสภาพความหนาแน่นของพืชที่ปลูกจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดถึงระดับอินทรียวัตถุในดินแต่ละแห่งด้วย

1.4.2 ภูมิอากาศ สภาพภูมิอากาศเช่นอุณหภูมิ หรือ ปริมาณและการกระจายของฝนมีอิทธิพลอย่างมากต่อชนิดของพืช ความหนาแน่นของพืชตลอดจนอัตราความเร็วของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน

1.4.3 สมบัติของดิน สมบัติต่างๆของดิน เช่น โครงสร้างดิน เนื้อดิน พีเอช มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชและการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน หากดินมีสมบัติเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชก็ส่งผลทำให้การสร้างสารชีวมวลเกิดขึ้นได้มาก

1.4.4 ระบบการเกษตร การทำการเพาะปลูกส่วนใหญ่มักทำให้ระดับอินทรียวัตถุในดินลดลงไปจากเดิม แม้ว่าอาจจะมีการนำเอาสารอินทรีย์ใส่เพิ่มเติมเข้าไปในดินแต่มักมีปริมาณไม่มากพอ ประกอบกับการขาดการจัดการเกี่ยวกับอินทรียวัตถุที่เหมาะสมจึงไม่สามารถรักษาระดับปริมาณให้คงที่หรือสูงขึ้นได้

1.5 ปัจจัยที่ควบคุมการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน

การสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่

1.5.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิจะควบคุมปริมาณของจุลินทรีย์ดินแต่ละชนิด บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิต่ำ บางชนิดเจริญเติบโตได้ดีในอุณหภูมิสูง ความรวดเร็วในการสลายตัวของอินทรียวัตถุขึ้นอยู่กับความสามารถในการย่อยสลายของจุลินทรีย์ดินที่เจริญเติบโตได้ในช่วงอุณหภูมินั้น ๆ นอกจากนี้แล้วอุณหภูมิยังมีผลต่อปฏิกิริยาต่าง ๆ อีกด้วย โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิที่จัดว่าเหมาะสมในการสลายตัวของอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5.2 การถ่ายเทอากาศ จุลินทรีย์มีทั้งประเภทที่เจริญเติบโตได้ดี ในสภาพที่มีอากาศ (aerobic condition) และสภาพที่ไม่มีอากาศ (anaerobic condition) ดังนั้นการถ่ายเทอากาศจึงมีส่วนควบคุมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้ง 2 ประเภทนี้อย่างมาก โดยทั่วไปแล้วอินทรียวัตถุในดินจะถูกย่อยสลายได้เร็วโดยจุลินทรีย์ประเภทที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีอากาศ

1.5.3 ความชื้นในดิน จะมีส่วนควบคุมอัตราความเร็วในการสลายตัวของอินทรียวัตถุอย่างมาก เพราะการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดินนั้นขึ้นอยู่กับความชื้น นอกจากนี้ความชื้นในดินยังมีส่วนควบคุมการถ่ายเทอากาศในดินอีกด้วย ความชื้นที่เหมาะสมในการสลายตัวของอินทรียวัตถุ คือ เมื่อดินมีความชื้นประมาณร้อยละ 60-80 ของความชื้นที่ดินจะสามารถอุ้มไว้ได้

1.5.4 พีเอชของดิน การที่จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ดีนั้น จะต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสม โดยทั่วไปการย่อยสลายอินทรียวัตถุจะเกิดขึ้นในช่วงพีเอช 6-7 การใช้ปูนเพื่อลดความเป็นกรดของดินจึงทำให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุเร็วขึ้นด้วย

1.5.5 ปริมาณธาตุอาหาร การที่จุลินทรีย์ดินย่อยอินทรียวัตถุก็เนื่องจากต้องการพลังงานและคาร์บอนสำหรับสร้างเซลล์ใหม่ ในการสร้างเซลล์ใหม่ของจุลินทรีย์นั้น จุลินทรีย์ยังต้องการธาตุอาหารอื่นๆอีกหลายชนิด ดังนั้นการที่จุลินทรีย์จะทำการย่อยอินทรียวัตถุได้เร็วหรือช้าเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารต่างๆที่มีอยู่ในดินด้วย การใส่ปุ๋ยลงไปในดินจึงทำให้การสลายตัวของอินทรียวัตถุเร็วขึ้น

1.5.6 อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจน (C:N ratio) ของอินทรียวัตถุในการสร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ดิน คาร์บอนเป็นส่วนประกอบสำคัญของคาร์โบไฮเดรต ส่วนไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรตีนและสารประกอบอื่นๆ ดังนั้นการที่จุลินทรีย์จะย่อยสลายอินทรียวัตถุได้ดีนั้น ปริมาณของคาร์บอนและไนโตรเจนของอินทรียวัตถุจะต้องอยู่ในสัดส่วนที่เหมาะสม สัดส่วนนี้นิยมเรียกกันว่า C:N ratio (อ่านว่า ซี-เอ็น-เรโช) โดยทั่วไปอินทรียวัตถุที่มี C:N ratio กว้างจะสลายตัวได้ช้ากว่าอินทรียวัตถุที่มี C:N ratio แคบ เช่น ฟางข้าวและหญ้าแห้ง ซึ่งมี C:N ratio ประมาณ 80:1 จะสลายตัวได้ช้ากว่าพืชตระกูลถั่วซึ่งมี C:N ratio ประมาณ 20:1 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. หลักการพื้นฐานและวิธีการวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน

อินทรียวัตถุในดินประกอบด้วยซากพืชซากสัตว์ที่อยู่ในระหว่างการสลายตัวระยะต่าง ๆ รวมทั้งฮิวมัสในดิน เซลล์ของจุลินทรีย์ต่างๆ และสารประกอบต่างๆ ที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้น รวมทั้งสารประกอบที่มีคาร์บอนอื่นๆ เช่นถ่านหินและแกรไฟต์ เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วอินทรียวัตถุมี organic carbon อยู่ระหว่าง 48-58% โดยน้ำหนัก ดังนั้นในการเปลี่ยนค่า organic carbon เป็นอินทรียวัตถุในดิน จึงใช้ค่า 1.724 เป็นตัวคูณ ซึ่งได้มาจากการยอมรับว่าอินทรียวัตถุมีอินทรีย์คาร์บอน 58% แต่ได้มีการศึกษาพบว่าสัดส่วนของอินทรีย์คาร์บอนในอินทรียวัตถุนั้นจะแตกต่างกันไปในดินแต่ละชนิด และแม้แต่ดินชนิดเดียวกันที่อยู่ในระดับความลึกต่างกันก็จะมีค่าของอินทรีย์คาร์บอนต่างกัน จากการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของดินต่างชนิดกันและหาค่า correction factor ของวิธี Walkley–Black ที่เหมาะสมกับดินแต่ละชนิดโดยใช้เทคนิคการเผาให้แห้ง จากการศึกษาพบว่าความแตกต่างกันของขนาดดินไม่มีผลต่อปัจจัยในการหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแต่จะมีผลต่อกลไกของปฏิกิริยาในวิธี Walkley–Black (ปวรีน, 2550) ในปัจจุบันจึงนิยมรายงานผลออกมาเป็นอินทรีย์คาร์บอนมากกว่าที่จะเป็นอินทรียวัตถุ

เนื่องจากอินทรีย์คาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักของอินทรียวัตถุ ดังนั้น การวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน สามารถที่จะทำได้โดยการคาดคะเนจากการหาอินทรีย์คาร์บอน ซึ่งโดยทั่วไปการวิเคราะห์หาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนมีอยู่หลายวิธีได้แก่

2.1 เผาทำลายอินทรีย์คาร์บอนที่อุณหภูมิสูง (ignition method) (Satter and Rahman, 1965) วิธีนี้เหมาะสำหรับดินที่ไม่มีแร่คาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบ หลักการของวิธีการนี้คืออินทรีย์คาร์บอนจะถูกเผาที่อุณหภูมิสูง แล้วชั่งหาน้ำหนักของดินที่ลดลง น้ำหนักที่หายไปจะสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่มีอยู่ในดิน ค่าที่ได้จะเป็นปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (total C) แต่ถ้าในดินไม่มีสารประกอบพวกคาร์บอเนต หรือได้มีการกำจัดคาร์บอเนตออกก่อนการวิเคราะห์แล้ว ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ จะเทียบเท่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Black, 1965)

2.2 เผาตัวอย่างดินในเตาเผาที่อุณหภูมิปานกลางที่มีออกซิเจนตลอดเวลา คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะถูกดูดซับโดย แอสคาไรท์ (ascarite) แล้ววิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ โดยชั่งน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของตัวดูดซับ วิธีนี้เหมาะสำหรับดินเค็มหรือดินที่มีคลอไรด์ (Cl) สูง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 ออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนในดินด้วยกรดโครมิค ($Cr_2O_7^{2-}$) ที่มากเกินพอแล้ววิเคราะห์หา $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลือจากปฏิกิริยาโดยการไตรเตรตด้วย Fe^{2+} (Walkley and Black tritration method) วิธีนี้จะมีตัวรบกวนคือ Cl^-, Fe^{2+} และออกไซด์ของ Mn^{2+} หลักการวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธีนี้คือ ให้ตัวอย่างดินทำปฏิกิริยากับสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ที่มากเกินพอในกรด H_2SO_4 เข้มข้น ปล่อยให้เย็นและไตรเตรตหา $Cr_2O_7^{2-}$ ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาด้วยสารละลาย ferrous sulfate ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นคือ

$$Cr_2O_7^{2-} + 3C + 16H^+ \longrightarrow 4Cr^{3+} + 3CO_2 + 8H_2O$$

$$2\ Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$$

recovery ของการหาอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธีนี้จะอยู่ระหว่าง 60-86% ขึ้นกับชนิดของดิน ดังนั้น ค่าแฟกเตอร์เฉลี่ยที่ใช้คูณคือ 1.33 (75%) และในการเปลี่ยนอินทรีย์คาร์บอนเป็นอินทรียวัตถุนั้น จะถือว่าในอินทรียวัตถุในดินจะมีปริมาณคาร์บอนอยู่ 58% ดังนั้น แฟกเตอร์ที่ใช้คูณคือ 1.724

2.4 ออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนในดินด้วยกรดโครมิค แล้ววิเคราะห์หาปริมาณ Cr^{3+} ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา โดยใช้การวัดเทียบสี (colorimetric method) (James and Haby, 1971) วิธีนี้เป็นวิธีที่ดัดแปลงมาจากวิธีที่ (Walkley and Black tritration method) โดยการนำเอาเทคนิคการวัดเทียบสี (colorimetric) มาใช้แทนการไตรเตรต โดยหลักการของการวิเคราะห์คือ หลังจากที่อินทรีย์คาร์บอนในดินถูกออกซิไดซ์ด้วย $Cr_2O_7^{2-}$ ในกรดเข้มข้นแล้ว Cr^{3+} ที่เกิดขึ้นในสารละลายจะอยู่ในรูป hexaaqua $[Cr(H_2O)6]^{3+}$ ซึ่งเป็นรูปที่เสถียร และปริมาณที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอินทรีย์คาร์บอนในตัวอย่างดิน hexaaqua ion ที่เกิดขึ้นจะดูดกลืนแสงได้มากที่สุดที่ความยาวคลื่น 450 μm และ 600 μm แต่ที่ค่า 450 μm จะเป็นค่า λmax ของ dichromate ion ด้วย ดังนั้นความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการหา Cr^{3+} นั้นจะอยู่ประมาณ 600 μm

2.5 การให้ความร้อนแก่สารละลายเพื่อให้ปฏิกิริยาได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น (Schollenberger method) (Black, 1965) หลักการหาอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธีนี้จะเหมือนกับ Walkley and Black method ยกเว้นหลังจากที่ตัวอย่างดินทำปฏิกิริยากับสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ ในกรด H_2SO_4 แล้ว จะนำสารละลายไปต้มให้เดือดเพื่อให้การย่อยสลายอินทรีย์คาร์บอนในดินเป็นไปอย่างสมบูรณ์ จึงทำให้ recovery ของการหาอินทรีย์คาร์บอนเพิ่มขึ้น และช่วงแคบลงเป็น 85-90% ดังนั้น แฟกเตอร์เฉลี่ยที่ใช้คูณคือ 1.15 (100/87)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.6 การเพิ่มความเข้มข้นของตัวออกซิไดซ์ (Tyurin method) (สมศักดิ์, 2537) หลักการของวิธีนี้เหมือนกับวิธีของ Schollenberger คือ ใช้ความร้อนจากภายนอกช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่จะใช้ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ เท่ากับ 0.4N และใช้อุณหภูมิ 200^0C recoveryของวิธีนี้จะประมาณ 90% ดังนั้นแฟกเตอร์เฉลี่ยที่ใช้คูณคือ 1.11

ในปัจจุบันวิธีการหาปริมาณอินทรียวัตถุที่นิยมการแพร่หลาย คือ วิธี Walkey and Black ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก รวดเร็ว และไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน

ดวงพร และ เทพฤทธิ์ (2542) ได้ทำการศึกษาการวัดปริมาณอินทรียวัตถุในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า การหาปริมาณอินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley and Black method (tritration) เทียบกับวิธี Walkley and Black method (colorimetric) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ r = 0.99 แต่อย่างไรก็ตามวิธีการวัดเทียบสีนั้นจะให้ความแปรปรวนระหว่างซ้ำมากกว่าวิธีการไตรเตรต ทั้งนี้เนื่องจากวิธีการเทียบสีนั้นจะให้ความละเอียดมากกว่าวิธีการไตรเตรต นอกจากนี้ในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงจะพบว่าค่าที่ได้จากการการวัดเทียบสีมีแนวโน้มที่จะมากกว่าวิธีไตรเตรต นอกจากนั้นการวัดปริมาณอินทรียวัตถุด้วยวิธี Tyurin และ Schollenberger ยังมีความสัมพันธ์ทางสถิติกับวิธี Walkley and Black method (tritration) ที่ใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการวัดอีกด้วย

Walkley (1947) กล่าวว่า ความแปรปรวนของการวิเคราะห์สามารถเกิดจากสาเหตุต่าง ๆ ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มดังนี้

1) ความแตกต่างของวิธีการย่อยตัวอย่าง (digestion) และความเข้มแข็ง (strength) ของกรด H_2SO_4 กับน้ำที่ใช้ในการทดลองที่ให้ recovery สูงสุดคือ 2:1 นอกจากนี้ ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ก็มีผลต่อ recovery โดยที่ ถ้าความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ น้อยกว่า 1N จะทำให้ recovery ต่ำลงอย่างมาก

2) องค์ประกอบของอนินทรียวัตถุในดิน โดยที่สารประกอบพวก CO_3, Cl, Fe^{2+} และออกไซด์ของ Mn^{2+} จะทำให้ค่าน้อยกว่าความเป็นจริง

3) ความแตกต่างระหว่างองค์ประกอบที่เป็นอินทรียวัตถุในดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน

ปัจจุบันได้มีนักวิจัยและนักวิทยาศาสตร์ผลิตชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน ทั้งตรวจสอบทางตรงและทางอ้อมได้แก่

6.1 Soil Quality Test Kit จัดทำโดย Ohio State University South Centers ในปี พ.ศ. 2551 ใช้ตรวจสอบปริมาณ active organic matter (AOM) และ available N โดยใช้น้ำยา 0.2M $KMnO_4$ ใน 1M $CaCl_2$ (pH 7.2) (Rafiq , 2551)

6.2 ชุดตรวจสอบ Organic matter in soil จัดทำโดย บริษัท LAMOTTE เป็นชุดตรวจสอบที่ใช้หลักการของ Walkey–Black นำมาดัดแปลงอุปกรณ์ต่าง ๆ สำหรับการใช้ในภาคสนาม (Lamotte, n.d.)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องมือมาตรฐานในการเก็บดินในสนาม
2. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและทางกายภาพ
3. เครื่องมือและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลและเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการ

1. การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บสุ่มเก็บตัวอย่างดินในบริเวณการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร จำนวน 544 ตัวอย่าง

2. การเตรียมตัวอย่างดิน

นำตัวอย่างดินที่เก็บ มาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แยกเศษก้อนกรวด เศษหินแร่และซากพืชที่มีขนาดใหญ่ออก นำมาบด แล้วร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทั่วไป บดดินให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดให้มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจน (เอิบ, 2548)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

3.1.1 การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer method) โดยรายงานเป็นเปอร์เซ็นต์ของ อนุภาคทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และอนุภาคดินเหนียว (clay) (Gee, 1979) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil texture class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Staff, 1975)

3.1.2 สีดิน (soil color) ทำการวัดตัวอย่างดินในสภาพดินชื้นโดยใช้สมุดเทียบสีดิน (Munsell soil color chart, 2000)

3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

3.2.1 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon: OC) โดยวิธีการ Walkley and Black tritration (Walkley and Black, 1934) (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542; Jackson, 1965) โดยชั่งตัวอย่างดินที่บดไว้แล้ว (ผ่านตะแกรง 0.5 มิลลิเมตร) 0.5-2 กรัม ทั้งนี้แล้วแต่ดินตัวอย่างจะมีปริมาณอินทรียวัตถุมากหรือน้อย ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) 0.167M ลงไป 5 มิลลิลิตร จากนั้นเติม กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (H_2SO_4) 10 มิลลิลิตร แกว่ง flask เบาๆ ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เติมน้ำกรอง 20 มิลลิลิตร หยด O-phenanthroline ferrous sulfate indicator (0.025 M) 3 หยด ไตรเตรต สารละลายดิน ด้วยน้ำยา ferrous sulfate (0.5M) จนกระทั่งสีของ สารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลปนแดง จดปริมาณของน้ำยา โพแทสเซียมไดโครเมตและเฟอร์รัสซัลเฟตที่ใช้ไป ทำ blank และนำปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตและเฟอร์รัสซัลเฟต ที่จดไว้คำนวนความเข้มข้นที่แท้จริงของ เฟอร์รัสซัลเฟต แล้วจึงคำนวนหาปริมาณของโพแทสเซียมไดโครเมตที่ถูก reduced นำมาคำนวนหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนแล้วคำนวนหาปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter content: OM) ในดินจากสูตร

% อินทรียวัตถุ = % organic carbon x 1.724

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2.2 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) โดยการย่อยสลายด้วย digestion mixture (H_2SO_4-Na_2SO_4-Se mixture) ในอัตราส่วน 1000:100:1 และวิเคราะห์ปริมาณโดยการกลั่นโดยวิธี Kjeldahl method (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542; Jackson, 1965)

4. ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter test kit)

4.1 ทำการสุ่มตัวอย่างดิน โดยแบ่งเป็นกลุ่มดินเนื้อหยาบ 22 ตัวอย่าง กลุ่มดินเนื้อปานกลาง 40 ตัวอย่างและกลุ่มดินเนื้อละเอียด 38 ตัวอย่าง มาตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุโดยการใช้ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

4.2 หลักการของชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดินนี้ได้ประยุกต์การหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินของ Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นวิธีที่ง่าย รวดเร็วและใช้เครื่องมือน้อย โดยวิธีดังกล่าวเป็นการออกซิไดซ์คาร์บอนอินทรีย์ด้วยสารละลายร้อนผสมของโพแทสซียมไดโครเมต (Nelson and Sommers, 1996) ขั้นตอนการหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดินนี้ มีขั้นตอนเหมือนกับการทดสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีของ Walkley and Black titration แต่การหาปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบนี้จะแตกต่างกับวิธีในห้องปฏิบัติการเล็กน้อย คือ ได้ลดทอนขั้นตอนบางขั้นตอนจากการทดลองในห้องปฏิบัติการและเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบ ปริมาณอินทรียวัตถุที่ตรวจสอบได้ด้วยชุดตรวจสอบนี้ ค่าที่ได้จะออกมาเป็นช่วงโดยมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สหสัมพันธ์ (correlation) คือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยไม่คำนึงถึงว่าตัวแปรใดเป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรตาม สหสัมพันธ์จำแนกตามตัวแปรเป็น 2 ชนิด คือ สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสองตัว จะเรียกว่าสหสัมพันธ์เชิงเดี่ยว (simple correlation) และสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรมากกว่า 2 ตัว จะเรียกสหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple correlation) ความสัมพันธ์ของสหสัมพันธ์เชิงเดี่ยวมี 2 แบบ คือ ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (straight line relationship) และความสัมพันธ์เชิงเส้นโค้ง (curvilinear relationship) (วราภรณ์, 2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple linear correlation) เป็นสถิติที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว ซึ่งตัวแปรที่จะใช้วัดความสัมพันธ์นี้จะต้องเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ โดยวิเคราะห์ว่าตัวแปรเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ ถ้ามีความสัมพันธ์กันจะมีขนาดใด และความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปในลักษณะใด คือ จะเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันหรือทางตรงกันข้าม แต่จะไม่สามารถบอกได้ว่าตัวแปรใดเป็นสาเหตุให้อีกตัวแปรหนึ่งเปลี่ยนแปลงไป ค่าที่ใช้บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัวนี้เรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อย่างง่าย (simple linear correlation) แทนด้วยสัญลักษณ์ p ในทางปฏิบัติจะหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยใช้ข้อมูลจากตัวอย่าง จึงประมาณค่า p ด้วย r โดยที่ r คือสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่าง (sample correlation coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวอย่างจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยที่

$r_{xy} = -1$ แสดงว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัว มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด แต่ความสัมพันธ์ไปในทิศทางตรงกันข้าม คือ ถ้า X เพิ่ม Y จะลด แต่ถ้า X ลด Y จะเพิ่ม

$r_{xy} = 0$ แสดงว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัวไม่มีความสัมพันธ์กัน

$r_{xy} = 1$ แสดงว่าตัวแปรทั้ง 2 ตัว มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด และความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้า X เพิ่ม Y จะเพิ่มด้วย แต่ถ้า X ลด Y จะลดด้วย (พิศมัย, 2553)

5.2 การวิเคราะห์ถดถอย (regression analysis) การวิเคราะห์การถดถอย เป็นเทคนิคการพยากรณ์ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางมากที่สุดในสาขาวิชาต่าง ๆ โดยใช้ตัวแปรอิสระ (independent variable) อย่างน้อยหนึ่งตัวไปพยากรณ์หรืออธิบายความผันแปรของตัวแปรตาม (dependent variable) ถ้าการวิเคราะห์การถดถอยประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 1 ตัว สำหรับพยากรณ์ตัวแปรตาม 1 ตัว ซึ่งวัดเป็นค่าในเชิงปริมาณ เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยอย่างง่าย (simple regression) แต่ถ้าใช้ตัวแปรอิสระมากกว่า 1 ตัว พยากรณ์ตัวแปรตามที่วัดในเชิงปริมาณ 1 ตัว เรียกว่า การวิเคราะห์การถดถอยพหุ (multiple regression) (ศิริชัย, 2550)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว คือ ตัวแปรตาม 1 ตัว กับตัวแปรอิสระ 1 ตัว เพื่อหารูปแบบความสัมพันธ์ โดยการสร้างแบบจำลอง (model) ในรูปเชิงเส้นตรง (linear) (พิศมัย, 2553)

5.3 การวิเคราะห์ความแม่น (accuracy) เป็นคุณลักษณะที่ชี้ว่าผลทดสอบมีค่าเข้าใกล้ค่าจริงหรือค่าอ้างอิง หรือค่าที่ยอมรับ เนื่องจากในทางปฏิบัติยากที่จะทราบค่าจริง จึงใช้วิธี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมรับแทน เป็นคุณลักษณะที่แสดงถึงความสอดคล้องกับค่าจริง การตรวจสอบ (Eurachem, 1998; Nata, 2009) ปัจจุบันมาตรฐานต่างๆ ให้ความหมายของ Accuracy ใน 2 นัยยะ คือรวมความถูกต้อง (trueness) ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนของระบบ (systematic error) กับความเที่ยง (precision) ที่เกิดจากความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (random error) การหาค่า trueness จะหาในรูปแบบของความเอนเอียง (bias) ทำได้ 2 แบบ คือ ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (absolute error) และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (percentage error) ค่าความคลาดเคลื่อนถ้ามีน้อย แสดงว่ามีความถูกต้องสูง (นันทนา และ นุชนาถ, 2555)

5.4 ความเที่ยง (precision) เป็นคุณลักษณะที่แสดงความสามารถในการทดสอบตัวอย่างซ้ำหลายครั้งแล้วให้ผลใกล้เคียงกัน หรือหมายถึงการทดสอบนั้นให้ผลที่ใกล้เคียงกันเมื่อทำด้วยวิธีเดียวกันภายใต้สภาวะที่ใกล้เคียงกัน มักแสดงในรูปของค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) หรือค่าความแปรปรวน (variance) หรือสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (coefficient of variation) หรือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation: RSD) (นันทนา และ นุชนาถ, 2555) ในการทดสอบความเที่ยงในห้องปฏิบัติการ สามารถคำนวนได้จาก ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ โดยค่า RSD ที่คำนวนได้ $\leq$ 10% ถือว่ายังอยู่ในค่ามาตรฐาน แต่ควรระมัดระวังจำนวนซ้ำในการประเมินความเที่ยงระหว่างห้องปฏิบัติการ (Boone *et al*., 1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

ตัวอย่างดินที่ทำการศึกษามี 3 กลุ่มเนื้อดิน ดังตารางที่ 1 (Soil survey staff, 1975) คือ กลุ่มดินเนื้อหยาบ (coarse texture) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (medium texture) และกลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine texture)

ตารางที่ 1 แสดงการจำแนกกลุ่มเนื้อดินที่ใช้ในการศึกษา

กลุ่มดิน	เนื้อดิน
เนื้อหยาบ	ดินทราย (sand), ดินทรายร่วน (loamy sand)
เนื้อปานกลาง	ดินร่วนปนทราย (sandy loam), ดินร่วน (loam), ดินร่วนเหนียว (clay loam), ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam), ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam), ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam)
เนื้อละเอียด	ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silt clay), ดินเหนียว (clay)

ที่มา : Soil Survey Staff (1975)

1. ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน

1.1 ขั้นตอนการจัดทำชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

1.1.1 การตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Walkley and Black titration เพื่อให้ทราบปริมาณอินทรียวัตถุของตัวอย่างดินก่อนนำมาจัดทำแผ่นเทียบสีที่ใช้ในชุดตรวจสอบ โดยการนำตัวอย่างดิน 544 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาปริมาณอินทรียวัตถุแล้วทำการจดบันทึกปริมาณอินทรียวัตถุในแต่ละตัวอย่างดินไว้

1.1.2 การจัดทำแผ่นเทียบสีวัดปริมาณอินทรียวัตถุในชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุ เมื่อทราบปริมาณอินทรียวัตถุจาการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการแล้ว นำตัวอย่างดินมาตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุซ้ำอีกครั้ง โดยแบ่งเป็นกลุ่มตามปริมาณอินทรียวัตถุ โดยมีระดับต่าง ๆ ดังตารางที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งระดับอินทรียวัตถุในดิน

ระดับอินทรียวัตถุ	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนตัวอย่าง
ต่ำมาก	0-0.59	56
ต่ำ	0.60-1.59	180
ปานกลาง	1.60-3.50	221
สูง	มากกว่า 3.50	87

ที่มา: ระดับและปริมาณอินทรียวัตถุใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งเดียวกับ ห้องวิเคราะห์ดินและปุ๋ย โครงการพัฒนาวิชาการ ดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา

ขั้นตอนในการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุของแต่ละระดับ ใช้วิธี Walkley and Black titration จนถึงขั้นตอนการเติมน้ำ หลังจากนั้นตั้งสารสะลายดินทิ้งไว้ให้เย็น ใช้ dropper ดูดสารละลายด้านบนใส่ลงในถาดหลุม เพื่อนำมาเปรียบเทียบสีกับสมุดเทียบสี ซึ่งแต่ละสีมีรหัสสี จดรหัสสีของสารละลายในแต่ละตัวอย่างดินไว้ ทำการบันทึกภาพโดยกล้องดิจิตอล แล้วทำการเลือกสีจากสมุดเทียบสี (Color swatch, 1994) ที่มีความเหมือนใกล้เคียงของแต่ละระดับอินทรียวัตถุไว้จำนวน 4 สี เพื่อจัดทำแผ่นเทียบสีที่ใช้ในชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุ โดยสีที่ได้จากการทดสอบแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงการแบ่งระดับอินทรียวัตถุในดินจากการใช้สมุดเทียบสี

สี	ระดับอินทรียวัตถุ	ปริมาณอินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
สีส้ม	ต่ำมาก	0-0.59
สีเหลือง	ต่ำ	0.60-1.59
สีเขียวอ่อน	ปานกลาง	1.60-3.50
สีฟ้า	สูง	มากกว่า 3.50

ที่มา: ระดับและปริมาณอินทรียวัตถุใช้หลักเกณฑ์ในการแบ่งเดียวกับ ห้องวิเคราะห์ดินและปุ๋ย โครงการพัฒนาวิชาการ ดิน ปุ๋ยและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาปฐพีวิทยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 วิธีใช้ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ขั้นตอนการใช้ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีขั้นตอนดังนี้ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้แสดงไว้ในภาคผนวก

1.2.1 ตวงดินโดยใช้ช้อนตวง 1 ช้อนพูน เคาะเบา ๆ กับพื้น 3 ครั้ง ปาดหน้าดินให้เรียบแล้วใส่ดินลงในขวดทำปฏิกิริยา ดังภาพที่ 1 ก

1.2.2 ตวงน้ำยาเบอร์ 1 ด้วยหลอดดูดน้ำยาเบอร์ 1 ดูด 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดทำปฏิกิริยา เอียงขวดไปมาให้ดินเข้ากับน้ำยา โดยจับบริเวณปากขวด ดังภาพที่ 1 ข

1.2.3 ใส่น้ำยาเบอร์ 2 ลงในขวดทำปฏิกิริยา 1 หลอด แล้วเอียงขวดไปมาโดยจับบริเวณปากขวด ทิ้งไว้ 15 นาที ดังภาพที่ 1 ค

1.2.4 ตวงน้ำกรองเบอร์ 3 ใส่ลงในขวดทำปฏิกิริยา 10 มิลลิลิตร โดยใช้หลอดดูดน้ำ 5 มิลลิลิตร 2 ครั้ง เอียงขวดไปมาให้สารละลายเข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที หรือจนกว่าสารละลายเย็น ดังภาพที่ 1 ง

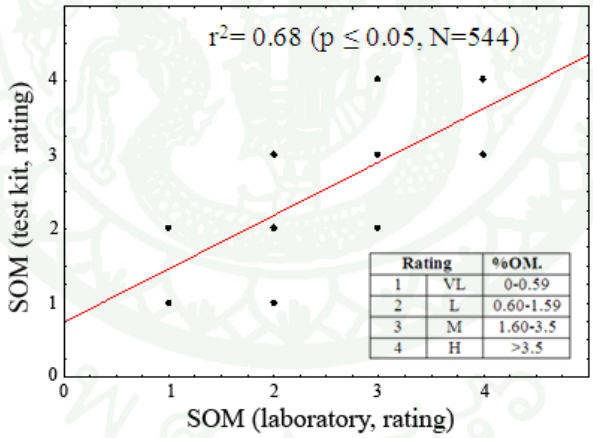
1.2.5 ดูดสารละลายใสด้านบน 0.5 มิลลิลิตร ด้วยหลอดดูดน้ำสี ใส่ลงในถาดหลุม ดังภาพที่ 1 จ

1.2.6 เปรียบเทียบสีของสารละลายกับแผ่นเทียบสี ดังภาพที่ 1 ฉ

1.3 การทดสอบการใช้ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน เมื่อได้แถบสีวัดปริมาณอินทรียวัตถุในดินแล้ว ทำการทดสอบการใช้ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยใช้ตัวอย่างดินเดิมจำนวน 544 ตัวอย่าง มาทดสอบหาปริมาณอินทรียวัตถุ โดยแบ่งปริมาณอินทรียวัตถุที่ได้จากห้องปฏิบัติการเป็น 4 ระดับโดยใช้เกณฑ์เดียวกันกับการแบ่งในแถบสี นำผลการทดสอบที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับการตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ ผลการทดสอบปรากฏว่าการหาปริมาณอินทรียวัตถุในห้องปฏิบัติการ กับการใช้ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดินมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่า r^2=0.68 ผลการทดสอบแสดงดังภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการใช้ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินในห้องปฏิบัติการและการใช้ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.4 ความแม่น (accuracy) ของชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ทำการทดสอบความแม่นของชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดิน ด้วยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (นันทนา และ นุชนาถ, 2555) โดยการสุ่มตัวอย่างดิน 100 ตัวอย่าง แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มเนื้อดิน คือ กลุ่มดินเนื้อหยาบ 22 ตัวอย่าง กลุ่มดินเนื้อปานกลาง 40 ตัวอย่าง กลุ่มดินเนื้อละเอียด 38 ตัวอย่าง มาหาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (percentage error) จากสมการ (2) ได้ผลดังตารางที่ 4

$$E = \overline{X} - X_t \qquad (1)$$

$$E_r = \frac{\overline{X} - Xt}{Xt} \times 100 \qquad (2)$$

โดยที่ E = ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

E_r = เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของการทดสอบ

X_t = ค่าอ้างอิง

จากผลการวิเคราะห์ความแม่นของชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ด้วยเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของ กลุ่มดินเนื้อหยาบเท่ากับ 4.83 กลุ่มดินเนื้อปานกลาง เท่ากับ 0.88 กลุ่มดินเนื้อละเอียด เท่ากับ 0.22 และมีค่าเฉลี่ยทั้งสามกลุ่มดินที่ 1.98 แสดงว่าชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความถูกต้องมาก เพราะมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนน้อย (นันทนา และ นุชนาถ, 2555)

ตารางที่ 4 แสดงค่า Percentage error จำแนกตามกลุ่มเนื้อดิน

กลุ่มดิน	จำนวนตัวอย่าง	Percentage error
เนื้อหยาบ	22	4.83
เนื้อปานกลาง	40	0.88
เนื้อละเอียด	38	0.22
เฉลี่ย	100	1.98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.5 ความเที่ยง (precision) ของชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ทำการทดสอบความเที่ยงโดยการหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation: RSD) จากสมการ (1) (นันทนา และ นุชนาถ, 2555) โดยใช้ตัวอย่างดินเดียวกับการทดสอบความแม่น ได้ผลดังตารางที่ 5

$$\%RSD = \frac{SD}{\overline{X}} \times 100 \qquad (1)$$

ตารางที่ 5 แสดงค่า % Relative standard deviation จำแนกตามกลุ่มเนื้อดิน

กลุ่มดิน	% Relative standard deviation
เนื้อหยาบ	8.91
เนื้อปานกลาง	5.89
เนื้อละเอียด	5.87
เฉลี่ย	6.89

จากกผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสัมประสิทธิ์การกระจาย พบว่า กลุ่มดินเนื้อหยาบมีค่า RSD มากที่สุดคือ 8.91% รองลงมาคือกลุ่มดินเนื้อปานกลาง คือ 5.89% และกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่า RSD น้อยที่สุดคือ 5.87% เมื่อนำมาเฉลี่ยทั้งสามกลุ่มเนื้อดินค่า RSD อยู่ที่ 6.89% จากข้อมูลส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ แสดงว่าทั้ง 3 กลุ่มดินมีความเที่ยงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม คือ %RSD $\leq$10 (Boone *et al*., 1999)

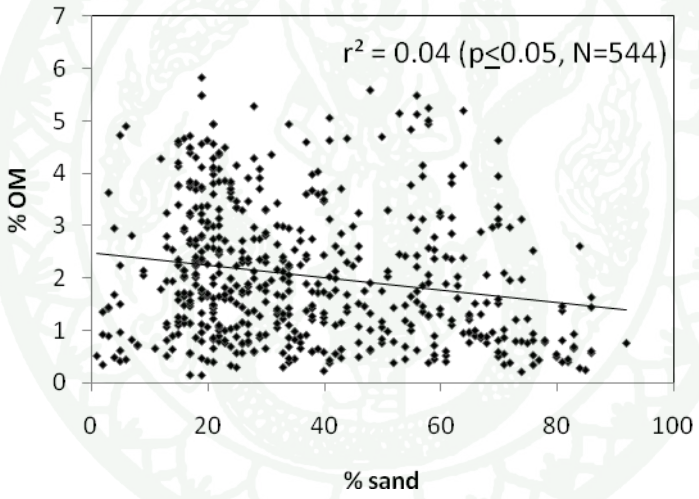
2. ความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรียวัตถุกับกลุ่มขนาดอนุภาคดิน สีดินและปริมาณไนโตรเจนรวม

2.1 ความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรียวัตถุกับกลุ่มขนาดอนุภาคดิน

จากการวิเคราะห์กลุ่มอนุภาคดิน ในห้องปฏิบัติการด้วย วิธีไฮโดรมิเตอร์ (hydrometer) ในดิน 544 ตัวอย่าง แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 และภาพที่ 3 พบว่า ดินมีอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบอยู่ในพิสัยร้อยละ 1-92 อนุภาคทรายแป้ง อยู่ในพิสัยร้อยละ 4-66 และอนุภาคดินเหนียว อยู่ในพิสัยร้อยละ 0-74 ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในพิสัย 0.14-5.80

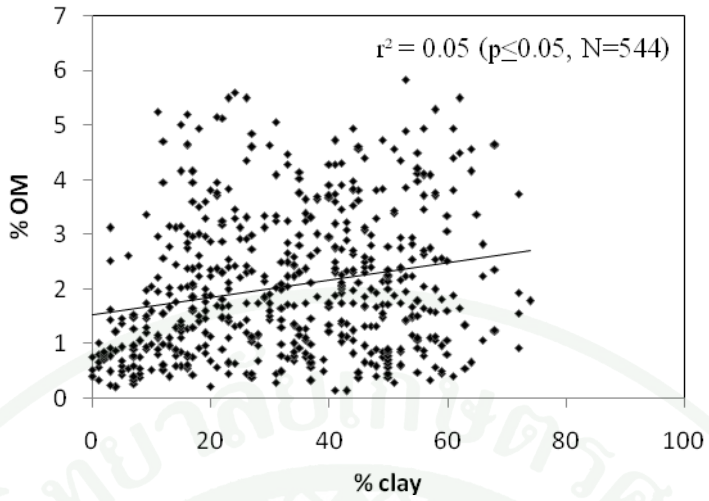
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการวิเคราะห์กลุ่มอนุภาคดินพบว่าอนุภาคทรายมีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน แสดงในภาพที่ 3 คือ เมื่อดินมีอนุภาคทรายเพิ่มมากขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุลดลง การเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรียวัตถุขึ้นอยู่กับสองกลไก กลไกแรกคือพันธะระหว่างผิวของอนุภาคดินเหนียวและกระบวนการย่อยสลายอินทรียวัตถุ กลไกที่สอง คือ ในดินที่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมาก มีศักยภาพที่ก่อให้เกิดเม็ดดิน เม็ดดินขนาดใหญ่สามารถป้องกันการเกิดกระบวนการเปลี่ยนอินทรียสารให้เป็นอนินทรียสาร (mineralization) ของโมเลกุลอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์ (Rice, 2002) ภายใต้ภูมิอากาศเดียวกัน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเนื้อละเอียด (ดินเหนียว) จะมีปริมาณมากกว่าในดินเนื้อหยาบ (ดินทราย) 2-4 เท่า (Prasad and Power, 1997) ในทางตรงกันข้าม เมื่อดินมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวมากขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แสดงในภาพที่ 4 ส่วนปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน



ภาพที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคทราย (%) กับปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ในดิน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

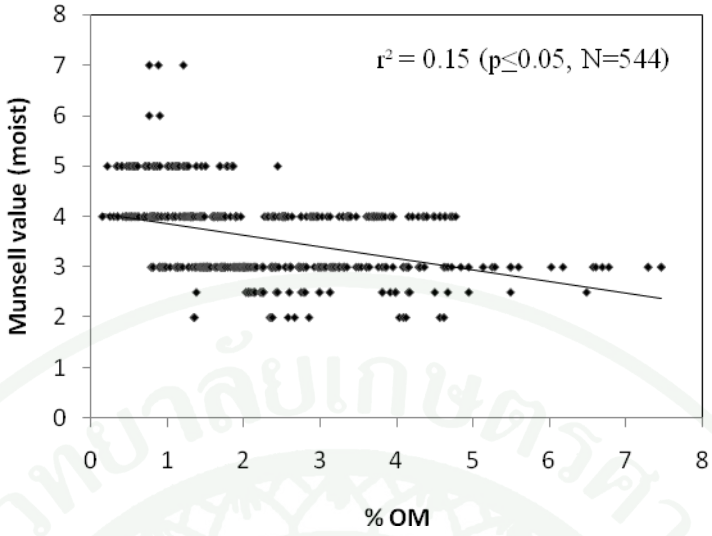


ภาพที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคดินเหนียว (%) กับปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ในดิน

2.2 อิทธิพลของปริมาณอินทรียวัตถุต่อสีดิน

จากการวัดสีดินในสภาพชื้น (moist) ด้วยสมุดเทียบสีดิน (Munsell soil color chart, 2000) พบว่า ค่าสี (value) อยู่ในพิสัย 2-7 ดินที่มีค่าสีต่ำลง ปริมาณอินทรียวัตถุมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลการทดลองสอดคล้องกับการศึกษาของ Schulze และคณะ(Schulze *et al*., 1993) แสดงในภาพที่ 5 ซึ่งโดยทั่วไปแล้วดินที่มีสีน้ำตาลเข้มมักมีปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารในปริมาณมาก (Peverill *et al*., 1999) นอกจากนี้แล้ว สีน้ำตาลเข้มและสีดำของอินทรียวัตถุในดินยังส่งผลถึงสมบัติในเรื่องการดูดซับความร้อนของดินซึ่งเป็นผลดีต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Baldock and Nelson, 1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



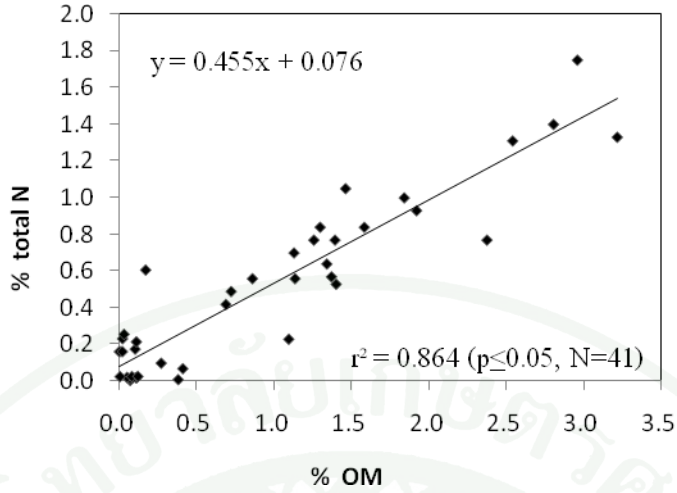
ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (value) กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (%)

2.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรียวัตถุกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

จากการสุ่มตัวอย่างดิน 41 ตัวอย่าง จากตัวอย่างดินทั้งหมดมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)ในดิน พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในพิสัย 0.6-1.75 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มขึ้นตามปริมาณอินทรียวัตถุ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่า r^2=0.86 แสดงดังภาพที่ 6 เนื่องจากโดยส่วนใหญ่แล้วธาตุอาหารจากอินทรียวัตถุได้มาจากกระบวนการ Mineralization ของตัวอินทรียวัตถุเอง ดังนั้นอินทรียวัตถุจึงเป็นแหล่งธาตุอาหารสำคัญของพืช (Wolf and Syder, 2003) อินทรียวัตถุเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลัก (macronutrients) ของพืช เนื่องจากพบปริมาณไนโตรเจน (N) และกำมาถัน (S) มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ ในอินทรียวัตถุ (Duxbury *et al*., 1989; Baldock and Nelson, 1999) โดย 40-50 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนอินทรีย์ (Organic N) สามารถจำแนกชนิดและปริมาณได้คือ กรดอะมิโน (amino acid) และ amino sugar (Baldock and Nelson, 1999)

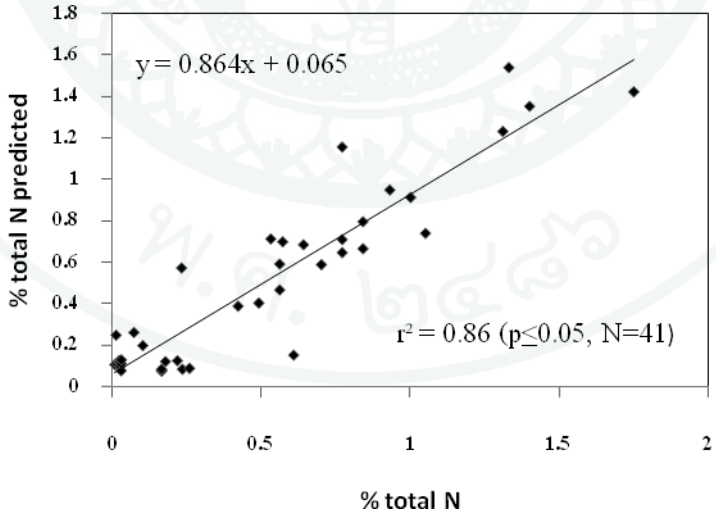
แต่อย่างไรก็ตาม จากภาพที่ 6 พบว่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินไม่ได้มีแหล่งที่มาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพียงอย่างเดียว ไนโตรเจนในดินยังมาจาก ไนโตรเจนที่ได้จากการตรึงแก๊สไนโตรเจนจากอากาศ ไนโตรเจนที่ได้จากบรรยากาศและไนโตรเจนที่ได้จากปุ๋ย (มุกดา, 2544)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%total N) กับปริมาณอินทรียวัตถุ (%) ในดิน

เมื่อนำสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน กับปริมาณอินทรียวัตถุ จากการหาความสัมพันธ์ของสองตัวแปร โดยปริมาณอินทรียวัตถุเป็นตัวแปรต้น และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเป็นตัวแปรตาม (y=0.455x+0.076) มาใช้ทำนายปริมาณไนโตรเจนรวมในดิน ได้ผลดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากการใช้สมการทำนายความสัมพันธ์ (y=0.455x+0.076) ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุกับไนโตรเจนทั้งหมด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุ (soil organic matter test kit) เมื่อนำชุดตรวจสอบอินทรียวัตถุในดินมาทดลองใช้กับตัวอย่างดินเดียวกับที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุที่ตรวจสอบด้วยชุดตรวจสอบ กับปริมาณอินทรียวัตถุที่ได้จากห้องปฏิบัติการมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r^2=0.68) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เมื่อทำการหาค่าความแม่น (accuracy) และความเที่ยง (precision) ของชุดตรวจสอบ โดยทำการสุ่มตัวอย่างดิน 100 ตัวอย่าง แบ่งตามประเภทกลุ่มเนื้อดินออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มดินเนื้อหยาบ กลุ่มดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อละเอียด พบว่ากลุ่มดินเนื้อหยาบ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย เท่ากับ 4.83 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เท่ากับ 8.51 กลุ่มดินเนื้อปานกลางมีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย เท่ากับ 0.88 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เท่ากับ 5.89 กลุ่มดินเนื้อละเอียด มีค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย เท่ากับ 0.22 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ เท่ากับ 5.87 ในกรณีของความแม่นทั้งสามกลุ่มเนื้อดินถือว่ามีความแม่นในการทดสอบเนื่องจากค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยน้อย และในกรณีของความเที่ยง ทั้งสามกลุ่มเนื้อดินมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ไม่เกิน 10% ซึ่งถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบในห้องปฏิบัติการและในภาคสนาม

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มอนุภาคดินและปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่า ปริมาณอนุภาคทรายแปรผกผันกับปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ เมื่อปริมาณอนุภาคทรายเพิ่มขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุลดลง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว แปรผันตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ เมื่อปริมาณอนุภาคดินเหนียวเพิ่มมากขึ้น ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่วนปริมาณอนุภาคทรายแป้งไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ

สีดิน จากการวัดตัวอย่างดินด้วยสมุดเทียบสีดินในสภาพชื้น พบว่า ค่าสี (value) แปรผกผันกับปริมาณอินทรียวัตถุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% คือ เมื่อค่าสีต่ำลง ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ทำการสุ่มตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณอินทรียวัตถุมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และสามารถใช้ปริมาณอินทรียวัตถุในการคาดคะเนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินได้จากสมการความสัมพันธ์ Total N=(0.455xOM) + 0.767 โดยผลจากการคาดคะเนด้วยสมการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีค่า r^2=0.86

ข้อเสนอแนะ

ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในใช้ดินสามารถประเมินปริมาณอินทรียวัตถุได้ใกล้เคียงกับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จึงเป็นประโยชน์ในการสำรวจและจำแนกดินที่จำเป็นต้องใช้ผลของปริมาณอินทรียวัตถุเป็นเกณฑ์ในการจำแนกดิน นอกจากนี้ยังสามารถประเมินปริมาณไนโตรเจนรวมได้ จึงสะดวกในการประเมินคุณภาพของดิน

ควรระมัดระวังในการใช้ชุดตรวจสอบเนื่องจากมีสารเคมีที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนและเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม หลังการใช้ชุดตรวจสอบไม่ควรเทสารเคมีที่เหลือลงในแม่น้ำลำคลองและควรเก็บชุดตรวจสอบให้พ้นมือเด็ก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **ดินเพื่อประชาชน**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกษมศรี ซับซ้อน. 2541. **ปฐพีวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 4. นานาสิ่งพิมพ์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. **พจนานุกรมปฐพีวิทยา**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ , กรุงเทพฯ.

จรวย อิ่มเอมกมล. 2519. **การศึกษาเบื้องต้นเพื่อทำให้เกิดเม็ดดินในดินกำแพงแสน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จำลอง กกรัมย์. 2538. ปุ๋ยอินทรีย์. **กสิกร** 68 (1): 77-79.

ชัยทัศน์ ไพรินทร์. 2536. **การจัดการดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น , ขอนแก่น.

ดวงพร ตุลาพิทักษ์, เทพฤทธิ์ ตุลาพิทักษ์. 2542. **การศึกษาเปรียบเทียบวิธีวัดปริมาณอินทรียวัตถุของดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญนะ อาทันทนะ. 2535. **ปริมาณและการกระจายอินทรียวัตถุของดินในประเทศไทย**. ฝ่ายวิจัยเพื่อการจำแนกดิน กองสำรวจเพื่อการจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

บุญชม ศรีสะอาด. 2547. **วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัยเล่ม 1**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปัทมา วิตยากร. 2524. ข้อคิดเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากส่วนเหลือทิ้งจากการเพาะปลูก. **แก่นเกษตร** 9 (1): 17-22.

ปวีรีน สุวรรณอินทร์. 2550. **การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ของดินต่างชนิดกันและการ กำหนดค่า correlation factor ของวิธี Walkley-Black โดยใช้เทคนิคเผาให้แห้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2551. **คู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นันทนา กันยานุวัฒน์ และ นุชนาท นาคำ. 2555. **แนวทางตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีทดสอบทางเคมี**. สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, กรุงเทพฯ

นิตยา ดังไธสง. 2545. **อิทธิพลของวัสดุอินทรีย์ที่มีคุณภาพแตกต่างกันต่อการเปลี่ยนรูปไนโตรเจนและการสะสมอินทรียวัตถุในดินนาเนื้อทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

นิภา พนาพิทักษ์กุล. 2524. **ผลของอินทรียวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืช.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นวลศรี กาญจนกูล, สุวรรณีย์ ภูธรธราช และ ขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. 2543. **ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในประเทศไทย** . กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

พัชรี ธีรจินดาขจร. 2549. ดินดีเมื่อมีอินทรียวัตถุ. **ศูนย์บริการวิชาการ**. 14 (3): 11-16.

พิศมัย หาญมงคลพิพัฒน์. 2553. **หลักสถิติ 1**. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2545. **ปุ๋ยอินทรีย์.** สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2549. **อินทรียวัตถุในดินหัวใจห้องหนึ่งของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

วราภรณ์ สุขสุชะโน. 2553. **สถิติสำหรับวิทยาศาสตร์**. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, พระนครศรีอยุธยา.

วิเชียร ฝอยพิกุล. 2541. **เทคนิคและการใช้ดิน-ปุ๋ย-น้ำ**. เล่ม 2. ม.ป.ท.

ศิริชัย กาญจนวาสี. 2550. **การวิเคราะห์พหุระดับ**. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา. 2527. ปุ๋ยอินทรีย์กับดินและพืช. **ดินและปุ๋ย** 6: 155 – 166.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2537. **การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา .

สมศักด์ วังใน. 2528. **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนันต์ ปินตารักษ์ และ อภิชัย ธีรธร. 2531. การใช้พืชเศรษฐกิจเพื่อเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน. **พัฒนาที่ดิน** 26 (277): 7-17.

อภิพรรณ พุกภักดี. 2536. ถั่วเขียว องค์ประกอบที่ยั่งยืนในระบบการปลูกพืช**,** น. 99-105. *ใน* **รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการเรื่องงานวิจัยถั่วเขียวครั้งที่ 5**. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, หนองคาย.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อานัฐ ตันโช. 2549. **การวิเคราะห์และประเมินผลสำเร็จของการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอินทรียวัตถุ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมักและวัสดุปรับปรุงดินในประเทศไทย**. แหล่งที่มา: http://www.ldd.go.th/pldweb/tech/meet7/book3/+2.doc, 11 มิถุนายน 2549.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2548. **การสำรวจดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Akiyama, Y., P.Verapattananirun, and V. Sasiprara. 1976. Effect of organicmatterial application to heavy clay paddy soil on improvement of the soil and crop production, pp. 55-79. *In* **Soil and Rice**. Int. Rice Res. Inst., Los Banos Laquna, Philippines.

Baldock, J. A. and P. N. Nelson 1999**.** Soil Organic Matter. pp. B25-B84. *In* M. E. Sumner**,** ed**.** **Handbook of SoilScience**. CRC Press Boca Raton, USA.

Black, C.A. 1965. **Method of Soil Analysis Part 2.** American Society of Agronomy Inc. Wisconsin, USA.

Boone, R. D., David F. Grigal, Phillip Sollins, Robert J. Ahrens, and David E. Armstrong. 1999. Soil sampling, Preparation, Archiving, and Quality Control. pp. 3-28. *In* G.P. Roberson, D.C. Coleman, C.S.Bledsoe, P.Sollins, eds. **Soil Method for Long-Term Ecological Research**. Oxford University Press, New York

Chaney, K. and R. S. Swift. 1984. Studies on aggregate stability. II. The effect of humic substances on the stability of re-formed aggregates. **Soil Science** 37: 337- 343.

Charles, M.J. and M.S. Simmons. 1986. Methods for the determination of carbon in soils and sediments. **Analyst** 111: 385-390.

_____. 1994. **Color swatch patr2**. Kawadeshoboshinsha. Tokyo, Japan

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Diekhoff, George. 1992. **Statistics for the social and behavioral sciences: Univariate, bivariate, multivariate.** Wm. C. Brown Publishers Dubuque, IA.

Duxbury, J.M., M.S. Smith, J.W. Doran, C. Jordan, L. Szott, and E. Vance. 1989. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients, pp.33-37. *In* **Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems**. University of Hawaii Press, Manoa.

Emerson, W. W. and McGarry, D. 2003. Organic carbon and soil porosity. **Australian Journal of Soil Research** 41: 107-118.

Eurachem Guide. 1998. **The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics**. Available Source: http://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/valid.pdf, February 9, 2012.

Gee, G. W., and J. W. Bauder. 1979. Particle size analysis by hydrometer: a simplified method for routine textural analysis and a sensitivity test of measured parameters. **Soil Sci Soc** 43: 1004-1007.

Jackson, K.L. 1965. **Soil Chemical Analysis: Advance Course**. Dept. of Soil Sci, Univ. of Wisconsin, Madison, WI.

_____.n.d. **Soil Organic Matter in Soil Test Kit**. Lamotte Company. Maryland, USA.

_____. 2000. **Munsell Soil Color Chart**. Macbeth Division of Kollmorgen Intrument Corporation. New Winsor, NY.

National Association *of* Testing Authorities*:* NATA. 2009. **Guideline for the validation of chemical test methods**. Australia National Association of Testing Authorities, Australia.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, total organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. *In* **Methods of Soil Analysis Part 3**. Madison, WI.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Oades, and G. Uehara. 1989. **Dynamics of soil organic in tropical ecosystems**. Department of Agronomy and Soil Science College of Tropical Agriculture and Human Resource University of Hawaii, USA.

Prasad, R. & Power, J.F. 1997. **Soil fertility management for sustainable agriculture**. Lewis Publishers, New York, USA.

Peverill, K. I., Sparrow, L. A., and Reuter, D. J. 1999. **Soil Analysis An Interpretation Manual**. CSIRO Publishing, Collingwood.

Rafiq Islam. 2008. **Soil Quality Test Kit**. Ohio State University South Center. Piketon, Ohio.

Rice, C.W. 2002. Organic matter and nutrient dynamics. **Encyclopedia of soil science**. (2002): 925–928.

Satter, M.A. and Rahman. M.M. 1987. **Techniques of Soil Analysis.** Pak Press, Mymensingh, Bangladesh.

Schumacher, B.A., A.J. Neary, C.J. Palmer. 1995. **Laboratory Methods for Soil and Foliar Analysis in Long Term Environmental Monitoring Programs**. U.S. EPA, Las Vagas, NY.

Schulze, D. G., J. L. Nagel, G. E. Van Scoyoc, T. L. Henderson, M. F. Baumgardner, and D. E. Stott. 1993. The significance of organic matter in determining soil color. pp. 71-90. *In* J. M. Bigham and E. J. Ciolkosz., eds. **Soil color**. Special Publication No. 31. Soil Science Society of America. Madison, WI.

Sims, J.R. and Hakey, V.A. 1971. Simplified Colorimetric determination of soil organic matter. **Soil Sci**, 112: 137-141.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy**: A Basic System of Soil Classification for Marking and Interpreting Soil Survey. U.S. Dept. Agri., Govt. Printing Office, Washington D.C.

Soil Survey Staff. 2004. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Investigation Report No. 43. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.

Tissen, H., and J.O. Moir. 1993. Total and organic carbon. pp. 187-211. *In* M.E. Carter., ed. **Soil Sampling and Methods of Soil Analysis**. Lewis Publisher, Ann Arbor, MI.

Theng, B.K.G., K.R. Tate, P. Sollins, N. Moris, N. Nadkarni, and R.I. Tate . 1989. Consitiation of organic matter in temperate and tropical soil**,** pp. 5-31. *In* D.C. coleman, J.M. Oades, and G. Uehara., eds. **Dynamics of soil organic in tropical ecosystems**. NifTAL Project University of Hawai, USA.

Walkley, A. 1947. A Critical Examination of A Rapid Method for Determining organic Carbon in Soil-Effect of Variation in Digestion Conditions and Inorganic Soil Constituents. **Soil Sci**. 63: 251-264.

Walkley, A. and Black, I. A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci**. 37: 29–37.

Wolf, B. and Snyder, G. H. 2003. **Sustainable Soils: The place of organic matter in sustaining soils and their productivity**. Food Products Press of The Haworth Press, New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

1) น้ำยาทำปฏิกิริยาเบอร์ 1
2) น้ำยาเร่งปฏิกิริยาเบอร์ 2
3) น้ำกรองเบอร์ 3
4 ขวดทำปฏิกิริยา
5) ตะแกรงร่อนดิน
6) ถาดหลุม
7) หลอดดูดน้ำยาเบอร์ 1
8) หลอดดูดน้ำกรอง
9) หลอดดูดน้ำสี
10) แผ่นพลาสติกปาดดิน
11) ช้อนตวงดิน
12) แปรงล้างขวด
13) แถบสีมาตรฐาน
14) หนังสือคู่มือ
15) กล่องบรรจุ

หมายเหตุ: ชุดตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุสามารถใช้ได้ 10 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 สมบัติทางกายภาพของดินที่ศึกษา

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
1	19	38	43	C	2.5YR4/4	0.14	1	1
2	17	42	41	SiC	7.5YR5/4	0.15	1	2
3	74	22	4	SL	5YR3/2	0.21	1	2
4	40	40	20	L	7.5YR5/4	0.22	1	2
5	85	12	3	LS	7.5YR4/3	0.24	1	1
6	84	9	7	LS	10YR6/6	0.27	1	1
7	25	24	51	C	10YR4/3	0.29	1	2
8	33	36	31	CL	2.5YR5/6	0.29	1	2
9	24	39	37	CL	7.5YR4/4	0.33	1	2
10	76	17	7	LS	10YR7/2	0.34	1	1
11	2	41	57	SiC	2.5Y4/3	0.34	1	2
12	71	28	1	SL	10YR5/3	0.34	1	1
13	41	14	45	C	2.5YR4/6	0.37	1	2
14	52	21	27	SCL	10YR7/4	0.38	1	1
15	72	20	8	SL	7.5YR5/3	0.38	1	2
16	58	15	27	SCL	5YR5/6	0.38	1	2
17	34	16	50	C	10YR4/2	0.39	1	1
18	21	66	13	SiL	10YR3/3	0.39	1	2
19	81	12	7	LS	10R3/4	0.39	1	1
20	82	18	0	LS	5YR4/2	0.39	1	2
21	61	39	0	SL	7.5YR4/3	0.40	1	2
22	5	47	48	SiC	2.5Y3/3	0.41	1	2
23	20	19	61	C	7.5YR3/2	0.41	1	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
24	77	18	5	LS	10YR5/3	0.43	1	2
25	41	42	17	L	7.5YR4/3	0.43	1	2
26	6	44	50	SiC	2.5Y4/3	0.44	1	2
27	59	18	23	LS	7.5YR5/4	0.45	1	2
28	54	15	31	SCL	10YR5/3	0.45	1	1
29	82	10	8	SL	10YR5/1	0.45	1	2
30	35	39	26	L	5YR4/4	0.45	1	1
31	34	39	27	L	5YR5/4	0.46	1	2
32	19	22	59	C	5Y5/1	0.46	1	1
33	43	12	45	C	2.5YR4/6	0.47	1	2
34	4	41	55	SiC	7.5YR4/3	0.48	1	2
35	46	22	32	SCL	10R4/8	0.49	1	2
36	80	17	3	LS	10YR5/3	0.49	1	2
37	1	40	59	SiC	10YR4/3	0.49	1	3
38	70	25	5	SL	7.5YR5/4	0.50	1	2
39	13	48	39	SiCL	10YR5/4	0.51	1	2
40	1	40	59	SiC	2.5Y4/2	0.51	1	2
41	61	27	12	SL	7.5YR3/4	0.51	1	2
42	76	14	10	SL	10YR5/2	0.52	1	2
43	59	41	0	SL	7.5YR4/3	0.53	1	2
44	80	12	8	LS	7.5YR4/2	0.54	1	2
45	71	23	6	SL	5YR5/6	0.55	1	1
46	42	42	16	L	7.5YR5/3	0.55	1	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
47	17	20	63	C	2.5Y4/1	0.55	1	1
48	33	46	21	L	2.5YR2.5/4	0.57	1	2
49	17	25	58	C	7.5YR4/3	0.57	1	1
50	86	13	1	LS	10YR5/3	0.57	1	2
51	25	38	37	CL	2.5YR4/4	0.57	1	2
52	26	24	50	C	10YR6/1	0.57	1	2
53	70	15	15	SL	5YR5/6	0.58	1	2
54	40	44	16	L	5YR4/3	0.58	1	2
55	28	24	48	C	10YR4/2	0.58	1	2
56	38	48	14	L	7.5YR5/4	0.59	1	1
57	38	48	14	L	7.5YR5/3	0.59	1	2
58	86	9	5	LS	5YR4/6	0.60	2	2
59	61	32	7	SL	7.5YR6/3	0.60	2	2
60	28	20	52	C	10YR5/3	0.60	2	1
61	48	40	12	L	7.5YR4/3	0.61	3	2
62	5	43	52	SiC	2.5Y4/3	0.61	2	2
63	56	28	16	SL	7.5YR4/4	0.62	2	2
64	43	34	23	L	2.5YR3/6	0.63	2	2
65	43	20	37	CL	2.5YR4/6	0.63	2	2
66	14	36	50	C	7.5YR4/4	0.63	2	1
67	48	28	24	SCL	7.5YR5/6	0.63	2	2
68	39	14	47	C	5YR3/4	0.64	2	1
69	30	47	23	L	7.5YR4/2	0.65	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
70	36	18	46	C	7.5YR4/3	0.65	2	1
71	83	16	1	LS	7.5YR5/4	0.65	2	2
72	21	42	37	CL	10YR4/3	0.65	2	2
73	11	25	64	C	10YR4/3	0.65	2	2
74	54	26	20	SCL	2.5Y5/3	0.69	2	2
75	83	12	5	LS	5YR4/2	0.69	2	2
76	24	42	34	CL	7.5YR4/3	0.69	2	2
77	34	38	28	CL	7.5YR4/3	0.69	2	2
78	8	42	50	SiC	7.5YR4/3	0.70	2	2
79	59	39	2	SL	7.5YR5/3	0.71	2	2
80	8	53	39	SiCL	10YR3/3	0.72	2	2
81	26	41	33	CL	5YR4/4	0.74	2	2
82	21	35	44	C	7.5YR5/3	0.74	2	3
83	50	16	34	SCL	10YR3/1	0.75	2	2
84	68	15	17	SL	5YR4/6	0.75	2	2
85	75	18	7	SL	7.5YR4/3	0.75	2	2
86	92	6	2	S	5Y5/1	0.75	2	2
87	27	37	36	CL	10YR4/3	0.75	2	2
88	23	40	37	CL	10YR5/3	0.75	2	2
89	26	25	49	C	2.5Y5/2	0.75	2	2
90	65	35	0	SL	10YR5/3	0.76	2	2
91	46	46	8	L	7.5YR4/4	0.76	2	2
92	36	48	16	L	7.5YR5/3	0.76	3	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%[1])	Unit[2/]	Unit[3/]
93	78	19	3	LS	10YR4/2	0.77	2	2
94	52	16	32	SCL	2.5YR4/8	0.78	2	2
95	19	25	56	C	10YR4/2	0.79	2	2
96	22	28	50	C	2.5Y4/3	0.79	2	2
97	74	12	14	SL	10YR4/2	0.79	2	2
98	27	39	34	CL	7.5YR4/3	0.79	2	2
99	73	20	7	SL	10YR4/4	0.79	2	2
100	13	27	60	C	7.5YR4/3	0.81	2	2
101	76	23	1	LS	7.5YR4/2	0.81	2	2
102	81	17	2	LS	5YR5/4	0.81	2	2
103	70	14	16	SL	10YR5/2	0.81	2	2
104	78	20	2	LS	5YR4/3	0.81	2	2
105	23	66	11	SiL	5Y3/1	0.81	2	2
106	7	49	44	SiC	10YR4/3	0.82	2	2
107	21	32	47	C	10YR4/2	0.82	2	2
108	35	46	19	L	10YR4/3	0.82	2	2
109	50	14	36	SC	2.5YR4/8	0.83	2	2
110	67	18	15	SL	5YR4/6	0.85	2	2
111	29	37	34	CL	10YR4/3	0.86	2	2
112	21	30	49	C	2.5Y4/1	0.86	2	2
113	18	32	50	C	7.5YR4/2	0.86	2	2
114	34	14	52	C	10YR5/3	0.86	2	2
115	71	27	2	SL	5YR3/2	0.86	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color		OM	
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
116	25	19	56	C	10YR4/2	0.88	2	2
117	68	28	4	SL	7.5YR4/3	0.88	2	2
118	36	50	14	SiL	7.5YR5/3	0.88	2	2
119	3	45	52	SiC	10YR3/2	0.89	2	2
120	22	28	50	C	10YR4/3	0.89	2	2
121	66	20	14	SL	5YR5/4	0.89	2	2
122	67	26	7	SL	7.5YR3/2	0.89	2	2
123	59	32	9	SL	7.5YR4/3	0.89	2	2
124	14	38	48	C	10YR4/3	0.89	2	2
125	37	41	22	L	7.5YR3/3	0.91	2	2
126	29	60	11	SiL	5Y3/2	0.91	2	2
127	30	52	18	SiL	7.5YR5/2	0.92	2	2
128	2	63	35	SiCL	7.5YR3/2	0.92	2	3
129	15	13	72	C	7.5YR5/4	0.93	2	2
130	83	14	3	LS	7.5YR2.5/2	0.93	2	2
131	27	18	55	C	10YR3/2	0.93	2	2
132	76	19	5	LS	10YR5/3	0.94	2	2
133	64	27	9	SL	10YR5/4	0.94	2	2
134	5	49	46	SiC	10YR3/2	0.96	2	2
135	65	22	13	SL	7.5YR4/3	0.96	2	3
136	69	24	7	SL	10YR3/4	0.96	2	2
137	19	22	59	C	2.5Y4/3	0.96	2	2
138	65	22	13	SL	5YR4/6	0.96	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
139	51	30	19	L	10YR5/6	0.98	2	2
140	35	37	28	CL	7.5YR4/2	0.98	2	2
141	55	35	10	SL	10YR4/4	1.00	2	2
142	66	22	12	SL	5YR3/2	1.00	2	3
143	22	46	32	CL	5YR3/3	1.00	2	2
144	48	18	34	SCL	2.5YR4/8	1.00	2	2
145	71	28	1	SL	10YR5/4	1.01	2	2
146	24	34	42	C	7.5YR4/3	1.03	2	2
147	32	41	27	L	5YR3/3	1.05	2	2
148	50	42	8	L	7.5YR4/3	1.06	2	2
149	25	20	55	C	10YR3/2	1.06	2	2
150	13	21	66	C	10YR4/2	1.06	2	2
151	22	20	58	C	10YR3/2	1.06	2	2
152	20	20	60	C	10YR4/2	1.06	2	2
153	22	34	44	C	10YR4/2	1.06	2	2
154	46	18	36	SC	2.5YR4/8	1.07	2	2
155	55	32	13	SL	10YR4/4	1.10	2	2
156	34	39	27	CL	10YR5/3	1.10	2	2
157	22	23	55	C	10YR4/2	1.10	2	2
158	42	32	36	L	10YR3/2	1.10	2	2
159	62	27	11	SL	7.5YR4/3	1.10	2	2
160	15	28	57	C	10YR4/2	1.10	2	2
161	27	58	15	SiL	5Y3/2	1.12	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
162	19	58	23	SiL	5Y2.5/1	1.12	2	3
163	13	44	43	SiC	7.5YR4/3	1.13	2	2
164	17	40	43	SiCL	5YR4/3	1.13	2	2
165	32	41	27	L	7.5YR4/2	1.13	2	2
166	17	25	58	C	10YR3/2	1.13	2	2
167	26	46	28	CL	7.5YR3/3	1.15	2	2
168	40	18	42	C	10YR4/2	1.15	2	2
169	43	46	11	L	5Y3/2	1.15	2	2
170	50	15	35	SC	5YR4/4	1.17	2	2
171	15	31	54	C	7.5YR4/2	1.17	2	2
172	54	18	28	SCL	2.5YR3/6	1.18	2	2
173	62	19	19	SL	7.5YR5/1	1.19	2	2
174	38	36	26	L	5YR3/2	1.20	2	2
175	73	18	9	SL	7.5YR4/3	1.20	2	2
176	65	26	9	SL	7.5YR2.5/2	1.20	2	2
177	75	21	4	LS	7.5YR2.5/2	1.22	2	3
178	21	64	15	SiL	5Y3/1	1.22	2	2
179	33	27	40	C	7.5YR4/6	1.22	2	2
180	16	16	68	C	10YR4/2	1.24	2	2
181	40	16	44	C	2.5YR5/8	1.24	2	2
182	15	17	68	C	10YR4/2	1.25	2	2
183	38	26	36	CL	10YR4/2	1.27	2	2
184	65	28	7	SL	7.5YR3/1	1.27	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
185	58	26	16	SL	10YR3/3	1.27	2	3
186	29	36	35	CL	7.5YR3/3	1.27	2	2
187	58	28	14	SL	7.5YR4/2	1.29	2	2
188	65	20	15	SL	2.5YR3/3	1.30	2	3
189	60	23	17	SL	7.5YR3/1	1.30	2	2
190	34	49	17	L	10YR4/3	1.30	2	2
191	32	36	32	CL	10YR4/3	1.30	2	3
192	67	24	9	SL	10YR2/2	1.30	2	2
193	33	20	47	C	10YR3/2	1.32	2	3
194	48	28	24	SL	7.5YR4/6	1.32	2	2
195	40	14	46	C	10YR4/2	1.33	2	2
196	19	33	48	C	10YR5/3	1.33	2	2
197	27	39	34	CL	7.5YR4/3	1.34	2	2
198	21	16	63	C	10YR2/1	1.34	2	2
199	2	58	40	SiCL	10YR2/1	1.35	2	3
200	57	28	15	SL	2.5YR3/2	1.36	2	2
201	44	31	25	L	10YR5/3	1.36	2	2
202	32	34	34	CL	10YR3/4	1.37	2	2
203	81	14	5	LS	7.5YR2.5/2	1.37	2	2
204	28	30	42	C	10YR5/2	1.37	2	2
205	37	20	43	C	10YR4/3	1.37	2	2
206	32	50	18	SiL	5YR3/3	1.41	2	2
207	60	17	23	SCL	2.5YR4/3	1.41	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
208	3	44	53	SiC	10YR3/2	1.42	2	3
209	38	39	23	L	5YR3/3	1.42	2	3
210	21	64	15	SiL	5Y2.5/2	1.42	2	2
211	34	24	42	C	10YR5/2	1.42	2	2
212	52	18	30	SCL	2.5YR4/8	1.43	2	2
213	3	44	53	SiC	10YR4/3	1.44	2	2
214	44	30	26	L	7.5YR3/1	1.44	2	2
215	86	11	3	LS	7.5YR4/2	1.44	2	2
216	26	42	32	CL	5YR3/3	1.44	2	2
217	47	16	37	SC	10YR4/3	1.46	2	2
218	81	14	5	LS	7.5YR3/2	1.46	2	2
219	57	34	9	SL	7.5YR5/2	1.46	2	2
220	17	64	19	SiL	5Y3/1	1.46	2	2
221	16	35	49	C	2.5Y4/2	1.48	2	3
222	54	39	7	SL	10YR4/2	1.48	2	2
223	21	25	54	C	7.5YR4/6	1.48	2	3
224	38	40	22	L	7.5YR5/4	1.48	2	3
225	21	56	23	SiL	5Y3/1	1.49	2	2
226	5	41	54	SiC	10YR3/3	1.50	2	2
227	70	21	9	SL	7.5YR4/2	1.51	2	3
228	46	24	30	SCL	10YR2/2	1.51	2	2
229	66	16	18	SL	7.5YR3/1	1.51	2	2
230	25	21	54	C	10YR4/2	1.51	2	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
231	17	28	55	C	10YR6/4	1.51	2	2
232	68	25	7	SL	7.5YR4/2	1.53	2	2
233	30	21	49	C	5YR4/6	1.54	2	3
234	56	32	12	SL	5Y4/1	1.54	2	2
235	17	11	72	C	7.5YR4/2	1.56	2	2
236	15	27	58	C	10YR3/1	1.58	2	2
237	23	58	19	SiL	5Y3/2	1.60	3	2
238	70	20	10	SL	10YR4/3	1.60	3	3
239	24	46	30	CL	10YR4/2	1.60	3	3
240	63	20	17	SL	7.5YR5/2	1.61	3	3
241	21	22	57	C	2.5Y3/1	1.61	3	2
242	19	21	60	C	10YR4/2	1.61	3	3
243	86	11	3	LS	7.5YR5/3	1.63	3	3
244	22	46	32	CL	7.5YR2.5/3	1.65	3	3
245	55	28	17	SL	5YR3/3	1.65	3	2
246	33	35	32	CL	7.5YR4/2	1.65	3	3
247	16	28	56	C	2.5Y3/2	1.65	3	2
248	20	18	62	C	10YR3/1	1.65	3	3
249	41	46	13	L	10YR3/3	1.66	3	3
250	4	42	54	SiC	2.5Y2.5/1	1.68	3	3
251	44	34	22	L	10YR4/4	1.68	3	3
252	23	37	40	C	10YR4/2	1.68	3	2
253	20	32	48	C	10YR4/2	1.68	3	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color		OM	
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
254	32	22	46	C	2.5YR3/4	1.68	3	2
255	17	60	23	SiL	5Y3/2	1.70	3	2
256	26	40	34	CL	7.5YR3/3	1.70	3	2
257	15	64	21	SiL	5Y3/2	1.70	3	2
258	20	34	46	C	2.5Y4/3	1.70	3	2
259	19	32	49	C	7.5YR3/3	1.72	3	2
260	16	34	50	C	2.5Y3/2	1.72	3	3
261	39	28	33	CL	2.5YR3/1	1.72	3	3
262	27	33	40	C	10YR4/2	1.73	3	2
263	40	30	30	CL	2.5Y5/3	1.73	3	2
264	38	18	44	C	2.5YR2.5/8	1.74	3	2
265	56	18	26	SCL	2.5YR4/8	1.74	3	3
266	47	44	9	L	10YR4/2	1.75	3	2
267	24	40	36	CL	10YR3/2	1.75	3	3
268	26	22	52	C	10YR3/2	1.75	3	2
269	30	28	42	C	10YR4/2	1.75	3	3
270	34	24	42	C	7.5YR4/2	1.75	3	2
271	50	22	28	SCL	5YR3/3	1.75	3	3
272	42	44	14	L	5Y3/2	1.77	3	2
273	19	62	19	SiL	5Y3/1	1.77	3	2
274	12	14	74	C	10YR4/1	1.78	3	2
275	19	26	55	C	7.5YR3/1	1.78	3	3
276	29	49	22	L	5YR3/2	1.82	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
277	23	18	59	C	2.5Y3/2	1.82	3	2
278	27	44	29	CL	10YR5/4	1.84	3	3
279	25	46	29	CL	10YR6/3	1.85	3	3
280	57	26	17	CL	10YR5/4	1.85	3	3
281	63	20	17	SL	5YR3/1	1.85	3	3
282	30	32	38	CL	2.5Y3/1	1.87	3	3
283	18	36	46	C	10YR4/2	1.87	3	2
284	61	20	19	SL	7.5YR3/3	1.89	3	3
285	39	41	20	L	7.5YR4/2	1.89	3	3
286	37	22	41	C	10YR3/2	1.89	3	3
287	27	22	51	C	2.5Y3/1	1.89	3	3
288	21	18	61	C	5YR2.5/1	1.89	3	3
289	48	22	30	SCL	5YR4/4	1.90	3	3
290	58	29	13	SL	10YR5/3	1.90	3	2
291	34	24	42	C	10YR3/1	1.92	3	3
292	13	15	72	C	10YR3/2	1.94	3	3
293	14	38	48	C	10YR4/2	1.94	3	3
294	72	17	11	SL	7.5YR4/3	1.96	3	3
295	31	16	53	C	5YR4/4	1.96	3	3
296	74	17	9	SL	7.5YR3/2	1.97	3	3
297	24	32	44	C	10YR5/3	1.99	3	3
298	33	44	23	L	10YR5/1	1.99	3	2
299	24	18	58	C	10YR4/2	1.99	3	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%[1])	Unit[2/]	Unit[3/]
300	28	25	47	C	7.5YR2.5/1	1.99	3	3
301	42	26	32	CL	10YR3/2	1.99	3	3
302	18	40	42	C	10YR3/2	2.01	3	3
303	16	34	50	C	10YR4/2	2.01	3	2
304	21	60	19	SiL	5Y2.5/2	2.01	3	2
305	63	24	13	SL	10YR4/3	2.02	3	3
306	41	28	31	CL	2.5YR3/2	2.02	3	2
307	51	34	15	L	7.5YR3/3	2.02	3	3
308	16	42	42	SiC	10YR4/2	2.04	3	2
309	9	58	33	SiCL	2.5Y2.5/1	2.05	3	3
310	18	26	56	C	5YR3/2	2.06	3	3
311	34	49	17	L	5Y3/1	2.06	3	2
312	58	26	16	SL	7.5YR4/3	2.06	3	3
313	68	22	10	SL	2.5Y3/2	2.06	3	2
314	18	40	42	C	10YR3/2	2.08	3	3
315	22	46	32	CL	10YR3/3	2.09	3	3
316	71	12	17	SL	10YR3/4	2.09	3	3
317	42	21	37	CL	10YR3/2	2.13	3	3
318	33	22	45	C	10YR2/2	2.13	3	3
319	28	30	42	C	5YR3/3	2.13	3	3
320	51	26	23	SCL	10YR3/2	2.13	3	3
321	9	42	49	SiC	10YR4/2	2.14	3	4
322	16	55	29	SiCL	7.5YR4/3	2.14	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color		OM	
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
323	16	34	50	C	10YR3/2	2.14	3	3
324	32	16	52	C	10YR3/2	2.16	3	3
325	34	41	25	L	5YR3/3	2.21	3	3
326	25	41	34	CL	10YR4/2	2.23	3	3
327	45	22	33	CL	2.5YR2.5/3	2.23	3	3
328	18	32	50	C	2.5Y2.5/1	2.23	3	3
329	5	42	53	SiC	2.5Y3/1	2.24	3	4
330	36	46	18	L	5Y3/2	2.25	3	3
331	22	24	54	C	2.5Y3/1	2.25	3	3
332	18	40	42	C	2.5Y4/2	2.26	3	3
333	20	30	50	C	2.5Y3/2	2.26	3	3
334	27	32	41	C	2.5Y4/1	2.30	3	3
335	44	30	26	L	10YR4/4	2.30	3	3
336	30	48	22	CL	5YR3/3	2.30	3	3
337	26	39	35	CL	10YR3/2	2.30	3	3
338	18	38	44	C	10YR3/2	2.32	3	3
339	18	36	46	C	10YR3/2	2.32	3	3
340	33	40	27	CL	10YR4/3	2.33	3	3
341	19	38	43	C	2.5Y4/2	2.33	3	3
342	29	27	44	C	10YR4/2	2.35	3	3
343	15	17	68	C	10YR3/2	2.35	3	3
344	18	32	50	C	10YR3/2	2.35	3	3
345	62	18	20	SCL	5YR4/6	2.36	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
346	59	24	17	SL	10YR3/2	2.37	3	3
347	26	38	36	CL	10YR3/2	2.37	3	3
348	27	21	52	C	2.5YR2.5/2	2.37	3	3
349	46	33	21	L	10YR5/4	2.37	3	3
350	19	40	41	SiC	10YR3/2	2.37	3	3
351	37	22	41	C	5Y3/1	2.37	3	3
352	64	20	16	SL	10YR3/2	2.38	3	3
353	61	16	23	SCL	2.5Y3/1	2.40	3	3
354	30	24	46	C	7.5YR4/2	2.40	3	3
355	18	30	52	C	10YR4/2	2.40	3	3
356	33	20	47	C	2.5Y3/1	2.40	3	3
357	54	28	18	SL	10YR4/3	2.42	3	3
358	56	20	24	SCL	2.5YR3/6	2.43	3	3
359	37	37	26	L	7.5YR4/1	2.44	3	3
360	40	26	34	CL	10YR3/2	2.44	3	3
361	53	33	14	SL	7.5YR3/2	2.45	3	3
362	22	44	34	CL	7.5YR4/2	2.45	3	3
363	43	24	33	CL	2.5YR4/4	2.49	3	3
364	19	40	41	SiC	10YR3/2	2.50	3	3
365	26	42	32	SiCL	10YR3/2	2.50	3	3
366	22	32	46	C	2.5Y3/2	2.50	3	3
367	76	21	3	LS	10YR3/1	2.52	3	3
368	24	16	60	C	10YR3/2	2.52	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
369	59	18	23	SCL	5YR3/2	2.54	3	3
370	14	32	54	C	2.5Y2.5/1	2.54	3	3
371	22	20	58	C	10YR3/2	2.54	3	3
372	35	18	47	C	10YR4/2	2.54	3	3
373	24	22	54	C	2.5Y3/1	2.54	3	3
374	58	30	12	SL	10YR3/1	2.57	3	3
375	21	20	59	C	2.5Y3/1	2.57	3	3
376	13	53	34	SiCL	7.5YR4/3	2.59	3	3
377	20	34	46	C	10YR4/2	2.59	3	3
378	84	10	6	LS	10YR3/1	2.61	3	3
379	42	21	37	CL	5YR4/4	2.61	3	3
380	46	36	18	L	5Y4/1	2.61	3	2
381	18	26	56	C	5Y3/1	2.63	3	3
382	32	24	44	C	10YR2/2	2.64	3	3
383	17	50	33	SiCL	5Y2.5/2	2.66	3	3
384	36	20	44	C	7.5YR3/3	2.71	3	3
385	26	18	56	C	7.5YR3/2	2.71	3	3
386	23	39	38	CL	7.5YR3/2	2.71	3	3
387	17	56	27	SiCL	5Y2.5/1	2.73	3	2
388	18	40	42	C	10YR4/2	2.73	3	4
389	38	46	16	L	5Y3/2	2.75	3	3
390	21	22	57	C	10YR3/2	2.75	3	3
391	29	30	41	C	2.5Y2.5/1	2.75	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
392	28	20	52	C	10YR4/2	2.75	3	4
393	19	40	41	SiC	10YR3/2	2.78	3	3
394	22	28	50	C	5Y4/1	2.78	3	3
395	59	28	13	SL	2.5YR2.5/1	2.78	3	3
396	13	52	35	SiCL	5Y2.5/2	2.80	3	3
397	19	27	54	C	2.5Y4/1	2.81	3	3
398	30	4	66	C	7.5YR3/2	2.81	3	3
399	62	22	16	SL	10YR3/2	2.85	3	3
400	43	24	33	CL	7.5YR5/4	2.85	3	3
401	30	48	22	L	5Y3/2	2.87	3	3
402	67	13	20	SL	7.5YR4/2	2.88	3	3
403	16	41	43	SiC	5YR3/2	2.90	3	3
404	56	19	25	SCL	7.5YR2.5/2	2.92	3	3
405	36	38	26	L	7.5YR2.5/2	2.92	3	3
406	4	44	52	SiC	10YR3/1	2.95	3	3
407	16	30	54	C	10YR3/2	2.95	3	3
408	34	26	40	CL	2.5Y2.5/1	2.95	3	3
409	72	11	17	SL	7.5YR4/2	2.97	3	3
410	69	20	11	SL	10YR5/4	2.97	3	3
411	28	53	19	SiL	7.5YR3/2	2.97	3	3
412	20	40	40	C	2.5Y3/2	2.97	3	3
413	21	32	47	C	7.5YR2.5/2	2.99	3	3
414	45	20	35	CL	2.5YR3/6	2.99	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
415	33	40	27	L	7.5YR3/3	2.99	3	3
416	22	40	38	CL	2.5Y3/2	3.00	3	3
417	32	50	18	SiL	5Y3/2	3.00	3	3
418	70	14	16	SL	10YR5/3	3.02	3	3
419	20	20	60	C	2.5YR2.5/3	3.05	3	3
420	20	34	46	C	10YR3/2	3.07	3	3
421	19	38	43	C	10YR3/2	3.09	3	3
422	70	16	14	SL	7.5YR2.5/2	3.12	3	3
423	57	18	25	SCL	10YR2/2	3.12	3	4
424	41	30	29	CL	5YR2.5/2	3.12	3	3
425	74	23	3	LS	10YR2/1	3.12	3	4
426	22	32	46	C	10YR3/1	3.14	3	3
427	62	25	13	SL	7.5YR2.5/2	3.16	3	4
428	55	30	15	SL	5YR3/2	3.16	3	3
429	60	18	22	SCL	7.5YR4/3	3.18	3	3
430	17	42	41	SiC	10YR3/2	3.19	3	3
431	19	38	43	C	2.5Y3/2	3.23	3	3
432	46	18	36	SC	10YR4/3	3.24	3	3
433	17	50	33	SiCL	5Y3/1	3.24	3	3
434	13	56	31	SiCL	5Y2.5/2	3.24	3	3
435	60	18	22	SCL	7.5YR4/4	3.25	3	3
436	26	26	48	C	10YR4/2	3.29	3	3
437	30	46	24	L	7.5YR4/1	3.29	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color		OM	
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
438	51	30	19	L	2.5YR4/6	3.29	3	3
439	30	44	26	L	10YR3/2	3.31	3	3
440	22	41	37	CL	5Y3/1	3.31	3	3
441	25	44	31	CL	5Y3/1	3.35	3	3
442	18	22	60	C	2.5Y3/1	3.35	3	3
443	25	46	29	CL	5Y2.5/2	3.35	3	3
444	19	16	65	C	2.5Y3/1	3.36	3	3
445	70	21	9	SL	5YR2.5/1	3.36	3	3
446	20	44	36	CL	2.5Y3/1	3.38	3	3
447	15	34	51	C	2.5Y3/2	3.40	3	3
448	32	17	51	C	5YR4/4	3.43	3	3
449	40	36	24	L	2.5Y3/2	3.47	3	3
450	27	31	42	C	10YR4/2	3.47	3	4
451	25	19	56	C	10YR3/2	3.47	3	3
452	40	42	18	L	7.5YR3/3	3.50	3	4
453	24	32	44	C	10YR3/2	3.53	4	3
454	39	44	17	L	10YR2/2	3.60	4	4
455	37	44	19	L	10YR2/2	3.60	4	3
456	21	38	41	C	2.5Y3/2	3.60	4	3
457	3	52	45	SiC	10YR2/2	3.63	4	4
458	24	40	36	CL	5YR5/4	3.64	4	4
459	40	22	38	CL	10YR3/2	3.64	4	4
460	38	22	40	C	7.5YR2.5/1	3.67	4	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color	OM		
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
461	18	44	38	SiC	10YR4/2	3.69	4	3
462	43	36	21	L	10YR3/2	3.71	4	4
463	29	31	40	C	10YR3/2	3.71	4	3
464	24	18	58	C	2.5YR2.5/3	3.71	4	3
465	19	25	56	C	10YR2/1	3.71	4	3
466	19	40	41	SiC	10YR3/2	3.74	4	4
467	17	11	72	C	10YR3/1	3.74	4	3
468	15	50	35	SiCL	5Y2.5/2	3.76	4	3
469	55	24	21	SCL	2.5Y2.5/1	3.77	4	4
470	15	27	58	C	2.5Y4/1	3.77	4	3
471	21	18	61	C	2.5Y3/1	3.81	4	3
472	18	34	48	C	2.5Y3/2	3.81	4	3
473	17	38	45	C	2.5Y4/3	3.81	4	3
474	62	18	20	SCL	10YR2/1	3.81	4	4
475	24	32	44	C	2.5Y3/1	3.81	4	3
476	24	53	23	SiL	5Y3/2	3.84	4	3
477	17	34	49	C	2.5Y4/3	3.84	4	4
478	22	34	44	C	7.5YR3/2	3.84	4	3
479	23	24	53	C	5Y3/1	3.86	4	3
480	27	31	42	C	7.5YR3/2	3.91	4	4
481	57	26	17	SL	7.5YR4/1	3.95	4	4
482	62	17	21	SCL	7.5YR4/6	3.95	4	4
483	70	18	12	SL	10YR2/1	3.95	4	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color		OM	
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(……%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
484	38	18	44	C	5Y3/2	3.98	4	4
485	21	24	55	C	2.5Y3/1	3.98	4	4
486	39	26	35	CL	7.5YR2.5/2	4.03	4	4
487	29	40	31	CL	10YR3/1	4.08	4	4
488	22	22	56	C	2.5Y3/1	4.08	4	4
489	21	22	57	C	2.5Y3/1	4.08	4	4
490	21	24	55	C	10YR4/2	4.12	4	4
491	19	25	56	C	7.5YR4/2	4.12	4	4
492	15	50	35	SiCL	5Y2.5/2	4.13	4	3
493	64	21	15	SL	7.5YR3/3	4.15	4	4
494	57	26	17	SL	7.5YR4/2	4.15	4	4
495	27	33	40	C	10YR4/2	4.15	4	4
496	25	11	64	C	10YR4/2	4.15	4	3
497	15	44	41	SiC	5Y2.5/1	4.17	4	3
498	15	30	55	C	2.5Y3/1	4.20	4	4
499	12	55	33	SiCL	10YR3/1	4.28	4	4
500	21	38	41	C	2.5Y3/2	4.29	4	4
501	28	32	40	CL	10YR3/1	4.29	4	4
502	18	40	42	C	10YR4/2	4.31	4	4
503	15	50	35	SiCL	5Y2.5/2	4.34	4	3
504	31	43	26	L	7.5YR3/2	4.36	4	4
505	22	26	52	C	10YR4/2	4.36	4	4
506	22	32	46	C	2.5Y3/1	4.39	4	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture	Soil color		OM	
	sand	silt	clay	Class[1/]	Hue Value/Chroma	Lab	Lab	Test Kit
	(…….%.....)					(%)	Unit[2/]	Unit[3/]
507	17	22	61	C	2.5Y3/2	4.39	4	4
508	17	50	33	SiCL	5Y2.5/2	4.48	4	4
509	23	22	55	C	10YR3/1	4.50	4	4
510	17	21	62	C	5Y2.5/1	4.50	4	4
511	19	36	45	C	2.5Y3/2	4.56	4	4
512	15	21	64	C	10YR3/1	4.56	4	4
513	21	28	51	C	2.5Y3/1	4.56	4	4
514	37	36	27	CL	10YR3/1	4.60	4	4
515	11	44	45	SiC	5Y2.5/1	4.62	4	3
516	15	40	45	C	5Y3/1	4.62	4	4
517	41	29	30	CL	5YR2.5/2	4.63	4	4
518	20	12	68	C	2.5Y3/2	4.63	4	4
519	70	14	16	SL	10YR3/2	4.63	4	4
520	44	40	16	L	7.5YR4/2	4.67	4	4
521	16	16	68	C	10YR3/2	4.67	4	4
522	50	38	12	L	2.5YR3/3	4.70	4	4
523	17	42	41	SiC	5Y2.5/2	4.72	4	4
524	5	46	49	SiC	10YR3/2	4.73	4	4
525	46	40	14	L	7.5YR3/1	4.75	4	3
526	55	18	27	SCL	10YR7/4	4.84	4	4
527	6	41	53	SiC	10YR2/1	4.90	4	4
528	58	24	18	SL	2.5Y3/2	4.94	4	4
529	34	22	44	C	10YR4/2	4.94	4	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Code	Particle size distribution			Texture Class[1/]	Soil color Hue Value/Chroma	OM Lab (%)	OM Lab Unit[2/]	OM Test Kit Unit[3/]
	sand	silt	clay					
	(……%.....)							
530	21	23	56	C	10YR2/1	4.94	4	4
531	21	18	61	C	2.5Y2.5/1	4.94	4	4
532	58	27	15	SL	10YR2/1	5.01	4	4
533	41	28	31	CL	10YR3/4	5.06	4	4
534	56	22	22	SCL	2.5YR3/4	5.13	4	4
535	53	26	21	SCL	7.5YR2.5/3	5.15	4	4
536	64	20	16	SL	7.5YR3/4	5.20	4	4
537	58	31	11	SL	10YR3/1	5.25	4	4
538	28	14	58	C	10YR3/1	5.28	4	4
539	19	58	23	SiL	7.5YR3/3	5.49	4	4
540	56	18	26	SCL	2.5Y2.5/1	5.49	4	4
541	19	19	62	C	10YR3/2	5.49	4	4
542	48	28	24	L	2.5Y3/1	5.59	4	4
543	19	28	53	C	7.5YR2.5/1	5.83	4	4
544	22	14	64	C	5Y2.5/1	5.84	4	4

หมายเหตุ:

[1/]Texture class		[2/]OM Lab Unit	[3/]OM Test Kit Unit
S=Sand	LS=loamy sand	1=0-0.59 %	1=0-0.59 %
SL=sandy loam	L=loam	2=0.60-1.59 %	2=0.60-1.59 %
CL=clay loam	SCL=sandy clay loam	3=1.60-3.50 %	3=1.60-3.50 %
SiL=silt loam	SiCL=silty clay loam	4>3.50 %	4>3.50 %
SiC=silt clay	C=clay		

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 2 แสดงผลการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบในกลุ่มดินเนื้อหยาบ

ตัวอย่างที่	ปริมาณอินทรียวัตถุจากห้องปฏิบัติการ		ผลการตรวจสอบด้วยชุดตรวจสอบ			
	กรัมต่อกิโลกรัม	ระดับตามแผ่นเทียบสี	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4
1	0.45	1	1	1	1	1
2	0.24	1	1	1	1	1
3	0.34	1	1	1	1	1
4	0.27	1	1	1	1	1
5	0.39	1	1	1	2	1
6	0.43	1	1	1	1	1
7	0.49	1	1.5	1.5	1.5	1
8	0.39	1	1	1	1	1
9	1.44	2	2.5	2.5	2.5	2
10	0.69	2	2	1.5	2	1.5
11	0.65	2	2	2	2	3
12	1.22	2	2.5	2.5	2.5	2.5
13	0.60	2	1.5	1.5	2	1.5
14	0.94	2	2	2	2	2
15	0.81	2	1.5	2	2	1.5
16	0.57	2	1.5	2	2	1.5
17	0.93	2	2	2	2	1
18	1.46	2	2.5	2	2	2
19	2.61	3	3.5	3.5	3.5	3.5
20	1.63	3	3	3	3	3
21	3.12	3	3.5	3.5	3.5	3.5
22	2.52	3	3.5	3.5	3.5	3.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 แสดงผลการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบในกลุ่มดินเนื้อปานกลาง

ตัวอย่างที่	ปริมาณอินทรียวัตถุจากห้องปฏิบัติการ		ผลการตรวจสอบด้วยชุดตรวจสอบ			
	กรัมต่อกิโลกรัม	ระดับตามแผ่นเทียบสี	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4
1	0.21	1	1	1	1	1
2	0.38	1	1	1	1	1
3	0.50	1	1	1	1	1
4	0.38	1	1	1	1	1
5	0.34	1	1	1.5	1	1
6	0.45	1	1	1	1	1
7	0.38	1	3	1	1.5	1.5
8	0.45	1	1	1	1	1
9	0.49	1	1.5	1.5	1	1
10	0.39	1	1.5	1.5	1	1
11	1.00	2	2	2	2	2
12	0.89	2	2	2	2	2
13	0.88	2	2	2	2	2
14	1.30	2	2.5	2	2	2.5
15	0.91	2	2	2	1.5	2
16	0.79	2	2	1.5	1.5	2
17	1.44	2	2.5	1.5	2	2.5
18	0.69	2	1.5	2	1.5	1.5
19	1.15	2	2	2	2	2
20	1.37	2	2.5	2.5	2.5	2.5
21	2.30	3	3	3	3	3.5
22	1.75	3	3	3	3	3
23	2.09	3	3	3	3	3
24	2.71	3	3	3	3	3
25	1.82	3	3	3	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปริมาณอินทรียวัตถุจากห้องปฏิบัติการ		ผลการตรวจสอบด้วยชุดตรวจสอบ			
	กรัมต่อกิโลกรัม	ระดับตามแผ่นเทียบสี	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4
26	2.45	3	3	3	3	3
27	1.65	3	3	2.5	2.5	3
28	2.23	3	3	3	3	3
29	1.65	3	3	2.5	2.5	3
30	2.37	3	3.5	3	3	3
31	7.46	4	4	4	4	4
32	5.15	4	4	4	4	4
33	3.95	4	4	4	4	4
34	4.15	4	4	4	4	4
35	5.13	4	3.5	3.5	3.5	3.5
36	5.49	4	4	4	4	4
37	6.35	4	4	4	4	4
38	6.57	4	4	4	4	4
39	4.48	4	4	4	4	4
40	4.13	4	4	4	4	4

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 แสดงผลการตรวจสอบปริมาณอินทรียวัตถุในดินด้วยชุดตรวจสอบในกลุ่มดินเนื้อละเอียด

ตัวอย่างที่	ปริมาณอินทรียวัตถุจากห้องปฏิบัติการ		ผลการตวจสอบด้วยชุดตรวจสอบ			
	กรัมต่อกิโลกรัม	ระดับตามแผ่นเทียบสี	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4
1	0.15	1	1	1	1	1
2	0.29	1	1	1	1	1
3	0.37	1	1	1	1	1
4	0.46	1	1	1	1	1
5	0.55	1	1	1.5	1	1
6	0.57	1	1	1.5	1	1
7	0.57	1	1	1.5	1	1
8	0.79	2	2	2	1.5	2
9	0.81	2	2	2	2	1.5
10	0.82	2	1.5	2	1.5	1.5
11	0.88	2	2	2	2	1.5
12	0.89	2	1.5	2	2	1.5
13	0.93	2	2	2	2	1.5
14	1.10	2	2	2	2	1.5
15	1.17	2	2	2	2	1.5
16	1.25	2	2	2	2	1.5
17	2.54	3	3	3	3	3
18	1.99	3	3	3	3	3
19	2.14	3	3	3	3	3
20	2.32	3	3	3	3	3
21	2.32	3	3	3	3	3
22	2.33	3	3	3	3	3
23	2.35	3	3	3	3	3
24	2.52	3	3.5	3	3.5	3.5
25	2.54	3	3.5	3	3	3.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ 4 (ต่อ)

ตัวอย่างที่	ปริมาณอินทรียวัตถุจากห้องปฏิบัติการ		ผลการตวจสอบด้วยชุดตรวจสอบ			
	กรัมต่อกิโลกรัม	ระดับตามแผ่นเทียบสี	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4
26	2.57	3	3.5	3	3.5	3.5
27	2.81	3	3.5	3	3.5	3.5
28	4.12	4	4	4	4	4
29	4.12	4	4	4	4	4
30	4.29	4	4	4	4	4
31	4.39	4	4	4	4	4
32	4.39	4	4	4	4	4
33	4.94	4	4	4	4	4
34	5.28	4	4	4	4	4
35	5.49	4	4	4	4	4
36	5.83	4	4	4	4	4
37	6.49	4	4	4	4	4
38	2.25	3	3	3	3	3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวมณีทิพย์ ขุนทอง

เกิดวันที่ 9 ธันวาคม 2528

สถานที่เกิด อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ประวัติการศึกษา วท.บ. (ภูมิศาสตร์) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน สำนักศิลปากรที่ 3 พระนครศรีอยุธยา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์