



# รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ Permanganate Oxidizable Carbon เพื่อใช้ในการวัดปริมาณอินทรีย์วัตถุในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน  
DEVELOPMENT OF PERMANGANATE OXIDIZABLE CARBON  
ANALYTICAL METHOD OF SOIL ORGANIC MATTER FOR SOIL  
FERTILITY EVALUATION

โดย

ศุภธิดา อ่ำทอง

2553



## รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เรื่อง การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ Permanganate Oxidizable Carbon เพื่อใช้ในการวัดปริมาณอินทรีย์วัตถุในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

DEVELOPMENT OF PERMANGANATE OXIDIZABLE CARBON ANALYTICAL  
METHOD OF SOIL ORGANIC MATTER FOR SOIL FERTILITY EVALUATION

ได้รับการจัดสรรงบประมาณวิจัย ประจำปี 2552

จำนวน 126,000 บาท

หัวหน้าโครงการ นางสาวศุภจิตา อ่ำทอง

งานวิจัยเสร็จสิ้นสมบูรณ์

19 /เม.ย./2553

การพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ Permanganate Oxidizable Carbon เพื่อใช้ในการวัดปริมาณอินทรีย์วัตถุในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

DEVELOPMENT OF PERMANGANATE OXIDIZABLE CARBON  
ANALYTICAL METHOD OF SOIL ORGANIC MATTER FOR SOIL  
FERTILITY EVALUATION

ศุภธิดา อ่ำทอง

SUPHATHIDA AUMTONG

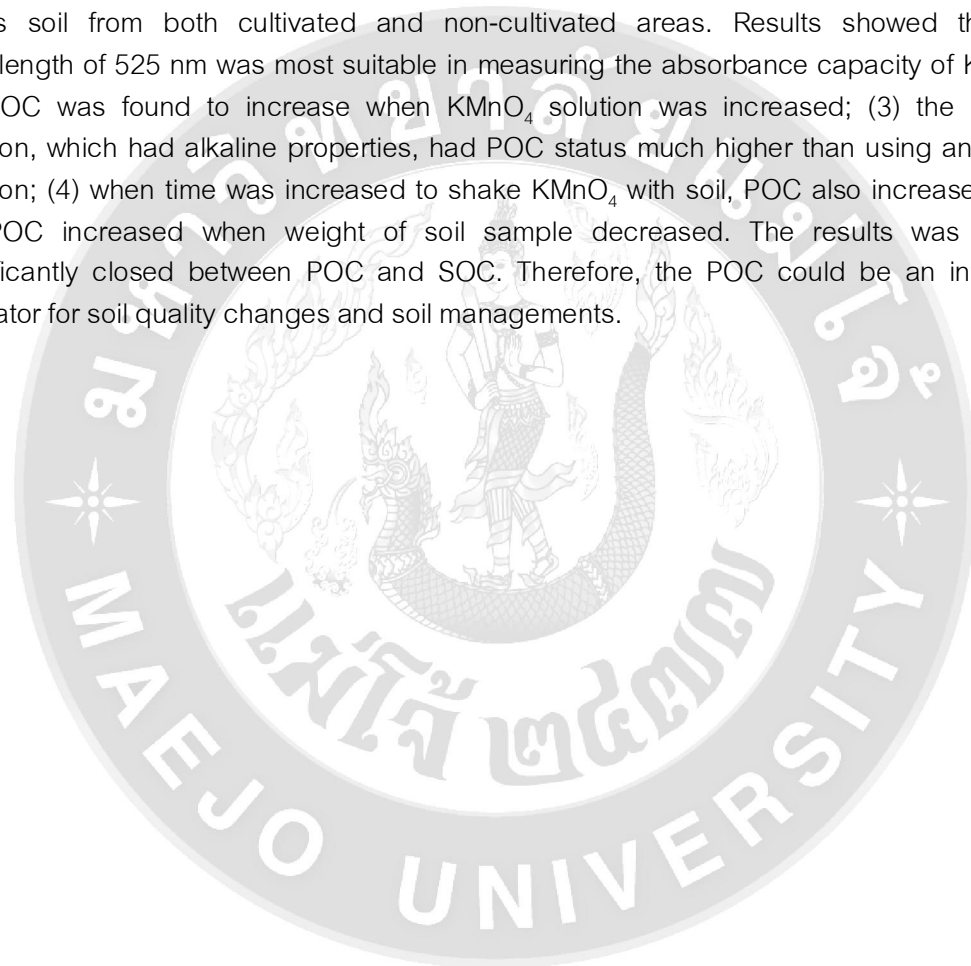
ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทคัดย่อ

ส่วนของอินทรีย์วัตถุที่เปลี่ยนแปลงได้ง่ายของอินทรีย์คาร์บอน(Soil Organic Carbon, SOC) ที่อยู่ในรูปของ Permanganate Oxidizable Carbon (POC) เป็นส่วนที่มีการตอบสนองที่ไวต่อการจัดการของดิน การศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ POC และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ POC และSOC โดยตัวอย่างดินมาจากพื้นที่การใช้ที่ดินต่าง ๆ โดยมีทั้งทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรแล้วทำการวิเคราะห์POC และ SOC ผลการศึกษาพบว่า การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อ POC ในชุดดินสันทรายที่ผ่านการทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรพบว่า (1)ช่วงแสง 525 นาโนเมตรเหมาะสมที่สุดในการอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ  $\text{KMnO}_4$  (2)POC เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  (3)สารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่มีสภาพเป็นด่างวิเคราะห์ค่า POC ได้สูงกว่าสารละลายที่เป็นกรด (4)เมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่า  $\text{KMnO}_4$  กับดินจะทำให้ POC เพิ่มขึ้น (5)ค่า POC จะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของตัวอย่างดินลดลง ความสัมพันธ์ระหว่าง SOC และ POC ในดินตัวอย่างจากพื้นที่ที่มีความหลากหลายทั้งที่เป็นพื้นที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรมีสหสัมพันธ์กันทางตรงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังนั้น POC มีศักยภาพเพื่อใช้เป็นดัชนีวัดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดินและการจัดการดิน

## ABSTRACT

Labile carbon fraction of soil organic carbon (SOC) as Permanganate Oxidizable Carbon (POC) may provide a sensitive indication of soil quality in response to management practices. In this study, the relationships between POC and SOC from various land use types that included agricultural soils and non-agricultural soils. Experiment 1, which was a study of the various factors that affected POC, was conducted by using Sansai series soil from both cultivated and non-cultivated areas. Results showed that (1) wavelength of 525 nm was most suitable in measuring the absorbance capacity of  $\text{KMnO}_4$ ; (2) POC was found to increase when  $\text{KMnO}_4$  solution was increased; (3) the  $\text{KMnO}_4$  solution, which had alkaline properties, had POC status much higher than using an acidic solution; (4) when time was increased to shake  $\text{KMnO}_4$  with soil, POC also increased; and (5) POC increased when weight of soil sample decreased. The results were shown significantly closed between POC and SOC. Therefore, the POC could be an intensive indicator for soil quality changes and soil managements.



## กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนงบประมาณทุนอุดหนุนวิจัยในปีงบประมาณ 2552

ขอขอบคุณคุณพิทวัส สุสิงสา ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินและการทดลองต่าง ๆ ซึ่งมีส่วนช่วยทำให้งานวิจัยดำเนินการไปได้ลุล่วงและสำเร็จด้วยดี ตลอดจนนักศึกษาทุกคนที่ทำงานภายใต้วิชาปัญหาพิเศษ

ขอขอบคุณภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และสถานที่ที่ใช้ดำเนินงานวิจัย จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ผู้วิจัย

เมษายน 2553



## สารบัญ

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| บทคัดย่อ .....                                                                              | 3  |
| ABSTRACT.....                                                                               | 4  |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                                        | 5  |
| สารบัญตาราง .....                                                                           | 7  |
| สารบัญภาพ.....                                                                              | 8  |
| คำนำ.....                                                                                   | 9  |
| นิยามศัพท์.....                                                                             | 11 |
| วัตถุประสงค์ .....                                                                          | 12 |
| การตรวจเอกสาร .....                                                                         | 12 |
| อุปกรณ์และวิธีการ .....                                                                     | 16 |
| อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....                                                   | 19 |
| สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....                                                                | 19 |
| การวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                    | 20 |
| สถานที่ศึกษา.....                                                                           | 20 |
| ผลการศึกษาและวิจารณ์.....                                                                   | 20 |
| 1.การศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ POC เพื่อใช้วิเคราะห์ในสภาพห้องปฏิบัติการ..... | 20 |
| 2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์คาร์บอน(Soil organic carbon, SOC) กับวิธี POC .....     | 31 |
| สรุป.....                                                                                   | 34 |
| เอกสารอ้างอิง .....                                                                         | 35 |

## สารบัญตาราง

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Table1. The methodology of POC.....                                | 12 |
| Table 2, Sites of soil samples for this study.....                 | 17 |
| Table3. สรุปค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์ POC ..... | 31 |



## สารบัญภาพ

|                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figure1. Effect of concentration of $\text{KMnO}_4$ on POC content. ....                                                                                                                                                                                    | 13 |
| Figure2. Effect of soil weight on POC concentration. ....                                                                                                                                                                                                   | 14 |
| Figure3. The relationship between POC and TOC from paddy soils. ....                                                                                                                                                                                        | 16 |
| Figure4. Scanning of maximum of wavelength of $\text{KMnO}_4$ solution. ....                                                                                                                                                                                | 21 |
| Figure 5. Effect of wavelength on amount of POC determination ....                                                                                                                                                                                          | 22 |
| Figure 6. Effect of concentration on amount of POC. ....                                                                                                                                                                                                    | 23 |
| Figure 7. Effect of pH of $\text{KMnO}_4$ solution on amount of POC. ....                                                                                                                                                                                   | 24 |
| Figure 8. Effect of time of shaking on amount of POC. ....                                                                                                                                                                                                  | 26 |
| Figure 9. Effect of the timing in the light on amount of POC. ....                                                                                                                                                                                          | 27 |
| Figure 10. Effect of the $\text{CaCl}_2$ on the amount of POC. ....                                                                                                                                                                                         | 28 |
| Figure 11. Effect of the weight of soil sample on amount POC. ....                                                                                                                                                                                          | 29 |
| Figure12. Effect of size aggregates of soil sample on amount of POC. ....                                                                                                                                                                                   | 30 |
| Figure 13. The relationship between POC and SOC in soils. ....                                                                                                                                                                                              | 32 |
| Figure 14. The relationships between POC and SOC in soils from various land use types<br>,and shown by correlation ( r ) of Afforestation (A), Fallow Area (B), Teak Plantation (C),<br>Fruit Plantation (D), Field Crop(E), and Secondary Forest (F). .... | 33 |



## คำนำ

การใช้ที่ดินแบบต่าง ๆ เพื่อกิจกรรมการเกษตรสำหรับประเทศไทยนั้น ควรได้รับการสนใจและเฝ้าติดตามผลที่เกิดขึ้นตามมาเป็นอย่างยิ่ง เพราะนับวันการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรยิ่งจะมีการใช้กันอย่างเข้มข้นคือในรอบระยะเวลา 1 ปีของการเพาะปลูกพืช เกษตรกรจะใช้พื้นที่มีการปลูกพืชเพียงชนิดเดียว และใช้กันอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค จึงมีการใช้ปัจจัยการผลิตต่าง ๆ นอกจากนั้นการจัดการดินนั้นอีกหลากหลายรูปแบบ เช่น การไถสำหรับการเตรียมดิน การทำเทือกสำหรับการทำนาดำ การเผาเพื่อกำจัดวัชพืช สิ่งเหล่านี้เป็นการเร่งทำลายโครงสร้างของเม็ดดิน และจะเป็นการเร่งการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุให้เร็วขึ้น จะเห็นได้ว่าการจัดการแบบต่าง ๆ ที่มีต่อดิน มีมากมายหลายวิธีการ และส่งผลการเสื่อมสภาพของดินในที่สุด

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้โดยทั่วไปนั้นคือปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter (SOC by wet acid dichromate oxidation) นั้นอาจไม่สามารถประเมินความอุดมสมบูรณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องมาจากการใช้ที่ดินได้ในระยะเวลานั้นๆ การที่วัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุจะเห็นการเปลี่ยนแปลงยาก เพราะปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เป็นส่วนที่คงที่หรือยากต่อการเปลี่ยนแปลงแล้ว (stable soil organic matter) ยังคงอยู่ในดินก่อนหน้านี้และมีปริมาณที่มากด้วย (Gregorich et al., 1994) แต่เหมาะสำหรับอาจจะใช้ได้ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระยะยาว (Chan et al., 2002) แต่ยังมีองค์ประกอบของอินทรีย์วัตถุอีกกลุ่มหนึ่งที่มีลักษณะตรงกันข้ามกับประเภทแรกเนื่องจากลักษณะของอินทรีย์วัตถุประเภทนี้มีส่วนต่อการเปลี่ยนแปลง (labile fraction of organic matter) เช่น จุลินทรีย์ (microbial biomass) ,ซากอินทรีย์ส่วนเบา (light fraction) หรือสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำ (dissolved organic matter) (Ghani et al., 2003) ส่วนของอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ เหล่านี้มีการตอบสนองอย่างรวดเร็ว เมื่อจัดการหรือการใช้ที่ดินที่เปลี่ยนแปลง

Permanganate oxidizable carbon (POC) สามารถประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุอันเนื่องมาจากการใช้ที่ดิน และเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลานั้นคือประมาณ 1-5 ปีได้ เช่นเดียวกับ labile fraction of organic matter ชนิดอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว (Blair et al., 1995) ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าอินทรีย์วัตถุส่วนนี้มีศักยภาพที่จะใช้เพื่อการประเมินปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีเปลี่ยนแปลงเนื่องจากการใช้ที่ดิน เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นใน

ระยะเวลาสั้น POC เป็นอินทรีย์วัตถุในส่วนที่เรียกว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปที่ย่อยสลายง่าย (labile fraction of organic matter) เช่น พวคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน กรดอินทรีย์ เป็นต้น การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน POC จึงอาจจะใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงในขั้นเริ่มต้นของการเสื่อมโทรมของดิน (soil degradation) หรือตัวชี้วัดในเรื่องการปรับปรุงบำรุงดิน (soil improvement) เพราะเป็นวิธีง่ายและสะดวกและมีศักยภาพที่ไว (sensitivity) ต่อการเปลี่ยนแปลงของใช้ที่ดิน (Weil et al., 2003) และมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ที่ถูกลงกว่าเพื่อเป็นดัชนีวัดผลกระทบที่มีต่อคุณภาพและตลอดจนปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินอันเนื่องมาจากการใช้ดินและที่ดินและรูปแบบการเกษตรแบบต่าง ๆ การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดินนั้นสามารถวิเคราะห์ได้หลายวิธีแต่วิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดคือวิธี wet acid dichromate oxidation แต่พบว่าสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือกรดซัลฟลูริกและโพแทสเซียมไดโครเมต เป็นสารที่มีอันตรายต่อผู้ทำการทดลอง และมีราคาสูงเนื่องจากนำเข้ามาจากต่างประเทศ อีกทั้งเป็นสารที่ก่อมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและยากต่อการกำจัด จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่หาแนวทางในการประเมินคุณภาพดินแบบประหยัด ปลอดภัย และถูกต้อง โดยพบว่าวิธี permanganate oxidized carbon (POC) ก็เป็นอีกตัวชี้วัดหนึ่งที่มีศักยภาพในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยที่สารเคมีที่ใช้คือโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $\text{KMnO}_4$ ) หรือที่เราเรียกว่าต่างทับทิม ซึ่งเป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ทำงานและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Lucas, 2004) อีกทั้งราคาไม่แพงเนื่องจากหาซื้อได้ง่ายตามท้องตลาด จึงเป็นที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง การวิเคราะห์ POC จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจเป็นอย่างยิ่งต่อการนำไปใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งต้องมีการศึกษาศักยภาพของวิธีการดังกล่าวเพิ่มเติม

## นิยามศัพท์

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

อินทรีย์วัตถุ (organic matter) หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จาก ซากพืช ซากสัตว์และสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน รวมถึงอินทรีย์สารที่รากพืชปลดปล่อยออกมา และจุลินทรีย์สังเคราะห์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อินทรีย์คาร์บอน(organic carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุถึง 58 เปอร์เซ็นต์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนตามการเปลี่ยนแปลงหรือการสลายตัวคือส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่าย (labile carbon fractions) คือมีการสลายตัวและปลดปล่อยธาตุอาหารได้เร็ว ได้แก่ มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอนและไนโตรเจน และอินทรีย์วัตถุส่วนที่เสถียร (stable carbon fractions) คือส่วนที่ใช้เวลาในการย่อยสลายนาน ได้แก่ กรดฮิวมิก (Parton *et al.*, 1987)

Permanganate oxidized carbon (POC) เป็นอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ออกซิไดซ์ในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่มีสถานะเป็นด่างไม่เฉพาะเจาะจงอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายหรือยากแต่เรียกอินทรีย์คาร์บอนส่วนนี้ว่า อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ละลายได้ง่ายในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต หรือ POC (Tirol-Padre and Ladha., 2004)

Soil organic carbon (SOC) เป็นอินทรีย์คาร์บอนของดินทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายและส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก

Total organic carbon (TOC) เป็นอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดของดินทั้งส่วนที่ย่อยสลายได้ง่ายและส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก

### วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เพื่อศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ POC และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ POC และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโดยวิธี Wet acid dichromate oxidation เพื่อเสนอศักยภาพของอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่เรียกว่า POC เป็นดัชนีประเมินคุณภาพดิน

### การตรวจเอกสาร

#### ปัจจัยทางด้านเทคนิคที่มีผลต่อการวิเคราะห์ค่า POC

ในช่วงสิบกว่าปีมานี้ได้มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ศึกษาการออกซิไดซ์คาร์บอนด้วยวิธี POC ซึ่งแต่ละท่านก็มีวิธีในการวิเคราะห์ POC ที่แตกต่างกัน จึงทำให้ค่า POC ที่วิเคราะห์ได้นั้นมีค่าแตกต่างกันไปด้วย (ดังตาราง 1) โดยมีประเด็นที่แตกต่างกันดังนี้

Table1. The methodology of POC.

| POC Method                      | Soil mass<br>(g) | KMnO <sub>4</sub><br>(M) | Wavelength<br>(nm) | Shaking<br>(min) | POC<br>(g/kg) |
|---------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------|------------------|---------------|
| Blair et al. (1995)             | 15 mg C          | 0.333                    | 565                | 60               | 1.02-3.99     |
| (Murage et al., 2000)           | 15 mg C          | 0.333                    | 565                | 1440             | 14.84-19.59   |
| Weil et al. (2003)(lab)         | 5                | 0.02                     | 550                | 2                | 0.43-0.49     |
| _____ (field-kit)               | 5                | 0.02                     | 550                | 2                | 0.38-0.45     |
| Whitbread et al. (2003)         | 15 mg C          | 0.333                    | 565                | 60               | 0.44-5.3      |
| Lucas (2004)                    | 2.5              | 0.02                     | 550                | 2                | 0.37-0.57     |
| Tirol-padre and Ladha<br>(2004) | 0.025            | 0.033                    | 565                | 360              | 3.90-5.10     |
| Gruver (2004)                   | 0.25-5           | 0.02                     | 550                | 2-18             | 0.06-1.24     |

### ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{KMnO}_4$

จากตาราง 1 จะเห็นได้ว่าความเข้มข้นที่นักวิจัยศึกษานั้นแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ใช้สารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นสูง (0.333 โมลลาร์) และกลุ่มที่ใช้ความเข้มข้นต่ำ (0.02-0.033) Weil et al. (2003) ศึกษาความเข้มข้นของ  $\text{KMnO}_4$  ที่ความเข้มข้น 0.005, 0.01 และ 0.025 โมลลาร์ พบว่า  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจะออกซิไดส์คาร์บอนได้มากกว่า  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า ดังภาพ 1 พวกเขายังกล่าวอีกว่า POC ที่ได้จาก  $\text{KMnO}_4$  เข้มข้นมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error) มากกว่า  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นที่น้อยกว่า ดังนั้นความเข้มข้นของ  $\text{KMnO}_4$  จึงมีความสำคัญต่อการวิเคราะห์ POC

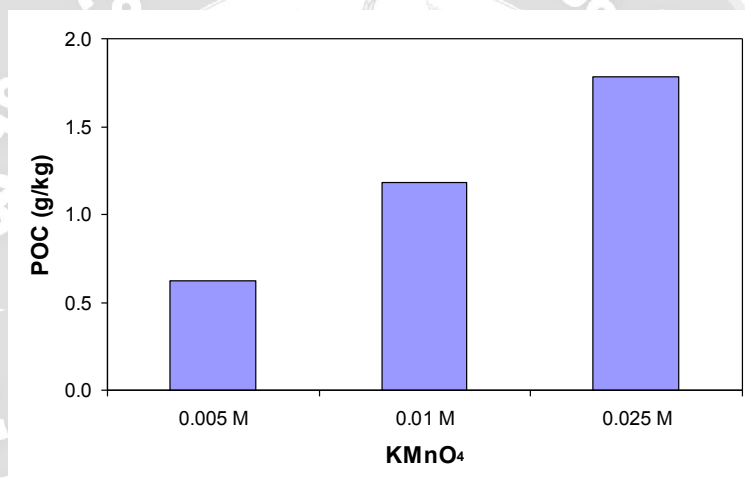


Figure 1. Effect of concentration of  $\text{KMnO}_4$  on POC content. (Modified from: Weil et al., 2003)

### ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (Shaking time)

เมื่อระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น (2-18 นาที) POC ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Gruver, 2004) จากการศึกษา  $\text{KMnO}_4$  ออกซิไดส์สารประกอบคาร์บอนที่บริสุทธิ์ เวลาเขย่า 2 นาทีถึง 24 ชั่วโมง พบว่าเมื่อเวลาเขย่าเพิ่มขึ้น POC จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยและสรุปได้ว่าเวลาที่เหมาะสมในการเขย่าควรมากกว่า 6 ชั่วโมง (Tirol-Padre and Ladha, 2004)

### ปริมาณของตัวอย่างดิน

ปริมาณดินที่น้อยกว่ามักจะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่าน้ำหนักดินที่มากกว่าดังภาพ 2 ที่ระยะเวลาเขย่า 2 นาที (Gruver, 2004) ดังนั้นตัวอย่างดินที่ใช้จึงไม่ควรใช้ในปริมาณที่มากเกินไป เพราะจะทำให้เวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น และอาจจะทำให้  $\text{KMnO}_4$  มีไม่เพียงพอต่อการออกซิไดซ์คาร์บอน

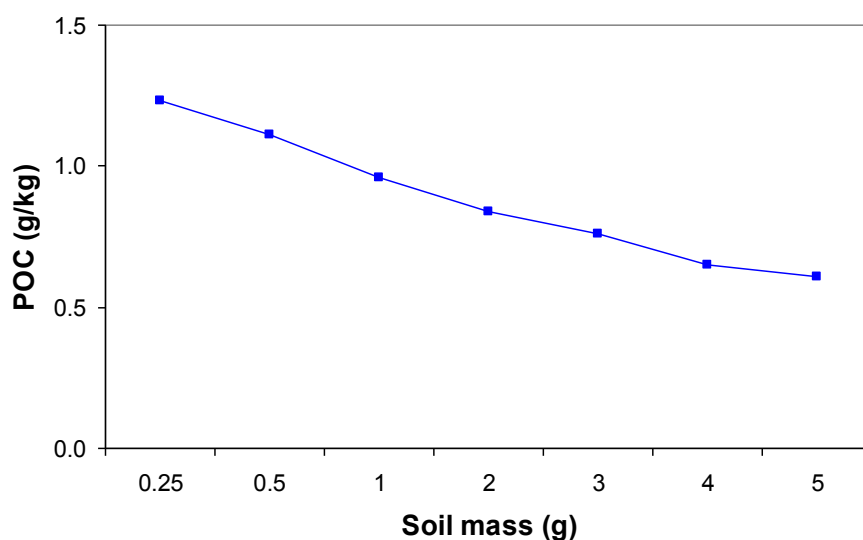


Figure2. Effect of soil weight on POC concentration. (Modified from Gruver (2004))

### ความยาวคลื่นแสงที่ใช้อ่านค่าการดูดกลืนแสงของ $\text{KMnO}_4$

จากตาราง 1 จะเห็นได้ว่าความยาวคลื่นแสงที่นักวิจัยส่วนใหญ่ใช้อ่านค่าการดูดกลืนแสงของ  $\text{KMnO}_4$  มี 2 ความยาวคลื่นแสงได้แก่ 550 และ 565 นาโนเมตร

### ความสัมพันธ์ระหว่างวิธี POC กับสมบัติต่างๆ ของดิน

Blair et al. (1995) ศึกษาอินทรีย์คาร์บอนในแบบต่างๆ ในพื้นที่ที่มีการทำการเกษตร พบว่า POC, non-active C และ TOC ลดลงหลังจากพื้นที่นั้นได้ถูกเปลี่ยนแปลงให้เป็นพื้นที่เกษตรคือ

-63.3% -39.3% และ -44.9% ตามลำดับ แต่หลังจากที่นำพีชตระกูลถั่วเข้าไปปลูกหมุนเวียนกับพืชหลักเป็นระยะเวลา 2 ปีพบว่าอินทรีย์คาร์บอนต่างๆดังกล่าวข้างต้น กลับมีค่าเพิ่มขึ้นคือ +58.8% +15.7% และ 21.6 % ตามลำดับ พวกเขายังกล่าวอีกว่า POC เป็นตัวชี้วัดที่ไวต่อ labile C สูงกว่า non-active C และ TOC

Tirol-Padre and Ladha (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ TOC ใน 10 ตัวอย่างดินจากประเทศฟิลิปปินส์ที่มีการใส่อินทรีย์วัตถุในอัตราที่แตกต่างกันเป็นเวลานานและติดต่อกันพบว่า ทั้งสองตัวชี้วัด (POC และ TOC) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า  $r^2$  (coefficient of determination) เท่ากับ 0.96 ( $p < 0.01$ ) ดังภาพ 3 และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ TOC ในดิน 8 ตัวอย่างจากประเทศอินเดียพบว่า POC มีความสัมพันธ์กับ TOC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ )

Islam and Weil (2000) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าธรรมชาติมาทำการเกษตรในประเทศบังกลาเทศพบว่าทำการเกษตรจะทำให้ผิวน้ำดินมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณ silt clay ความพรุนของดิน โครงสร้างของดิน ไนโตรเจน ฟลูวิค labile C และ มวลคาร์บอนของจุลินทรีย์ดินอันเป็นผลมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร

Westerhof et al. (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอินทรีย์คาร์บอนในแบบต่างๆ กับ N availability ในดินที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบต่างๆ โดยบ่มไว้ 53 วัน พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ N availability มีค่าเท่ากับ 0.72 ( $p < 0.001$ ) ในขณะที่ TOC มี  $r^2$  เท่ากับ 0.70 ( $p < 0.01$ ) จะเห็นได้ว่า POC จะมีศักยภาพในการประเมิน N availability ได้สูงกว่า TOC

Mendham et al. (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ TOC ในดินป่า ดินทุ่งหญ้า และดินเกษตรที่มีการบ่ม 96 วัน พบว่าทั้งสองวิธีนั้นมี  $r^2$  เท่ากับ 0.94 และมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของทั้งสองที่เท่ากัน (10%) จากผลการศึกษาพวกเขา รายงานว่า POC มีศักยภาพในการชี้วัดปริมาณ TOC เหมือนกับวิธี wet acid dichromate oxidation มากกว่าชี้วัดปริมาณ labile C

Whitbread et al. (2003) ศึกษาปริมาณ POC และ TOC ในพื้นที่เกษตรหลังจากถางป่ามาทำการเกษตรนาน 18 ปี POC และ TOC ลดลง 79 และ 73 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Weil et al. (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC และตัวชี้วัดคุณภาพของดินอื่นๆ ใน 18 ฟาร์มในแอตแลนติกตอนกลางพบว่า POC มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกิจกรรมทาง

ชีววิทยาทั้ง 4 ของดิน (substrate-induced respiration, basal respiration, มวลจุลินทรีย์ดิน และ คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้) สูงกว่า TOC

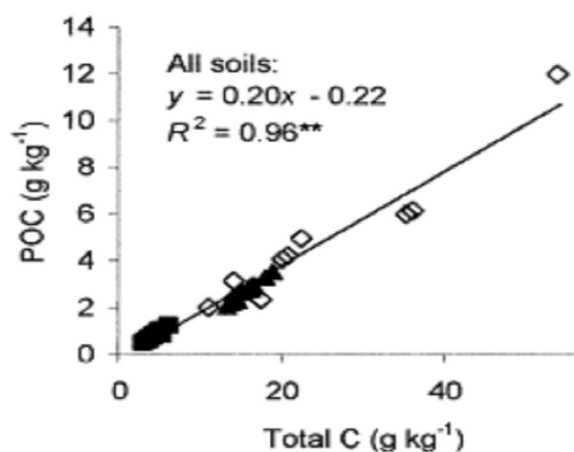


Figure3. The relationship between POC and TOC from paddy soils.

(From: Tirol-Padre and Ladha, 2004)

### อุปกรณ์และวิธีการ

เป็นการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของ  $\text{KMnO}_4$  ต่อการออกซิไดซ์คาร์บอน ได้แก่ ความยาวคลื่นที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสง ความเข้มข้น และความเป็นกรดต่างของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา ระยะเวลาที่ใช้ในทดลอง ปริมาณและขนาดของตัวอย่างดิน ในดินที่ไม่ผ่านการทำการเกษตรและดินที่ทำการเกษตรอย่างเข้มข้น ตัวอย่างดินที่เก็บดังตาราง 2



Table 2. Sites of soil samples for this study.

| Soil sample           | Location                                                                           |
|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Agricultural soil     | Research station of Agronomy Department , Maejo University<br>Chiangmai, Thailand. |
| Non-agricultural soil | Conservation forest at Aumphur Sansai ,Chiangmai, Thailand.                        |

### การเก็บตัวอย่างดิน

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลองแบ่งเป็นชุดดินชั้นทรายที่ผ่านการทำการเกษตรเข้มข้นและดินที่ไม่ทำการเกษตร โดยทำการเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. จำนวน 4 จุด นำมารวมเป็น 1 ตัวอย่าง นำไปตากแบบ air-dried แล้วบดให้ละเอียด ทำการร่อนดินด้วยตะแกรงขนาด 0.5, 1.0 และ 2.0 มม. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณ POC จากคุณสมบัติต่าง ๆ โดยมีวิธีวิเคราะห์ POC (วิธีมาตรฐาน) ดังนี้

### วิธีการวิเคราะห์ POC (ดัดแปลงจาก (Aumtong et al., 2009) และ (Weil et al., 2003)

1. ชั่งตัวอย่างดิน 1-3 กรัม (เทคนิค 4 ตำแหน่ง) ลงในหลอดเซนต์ปีแยร์ขนาด 50 มล.
2. เติมสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  0.033 โมลาร์ 20 มล. และปิดฝา
3. นำไปเขย่าความเร็ว 200 รอบต่อนาที 1 ชั่วโมง (เขย่าซ้ายไปขวา)
4. นำไปปั่นเหวี่ยงตะกอนความเร็ว 5000 รอบต่อนาที 10 นาที
5. ดูดสารละลายลึก 1 ซม. จากผิวสารละลาย 0.2 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่ปราศจากไอออน 10 มล. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 565 นาโนเมตร
6. นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณ POC ดังสมการ

$$\text{POC (g/kg)} = M - (a + b \times \text{abs}) \times 9000 \times 0.02 / \text{น้ำหนักดิน (กรัม)} \quad (\text{Weil et al., 2003})$$

เมื่อ  $M$  = (Morality) ความเข้มข้นของ  $\text{KMnO}_4$   
 $a$  = intercept กราฟสารละลายมาตรฐาน

- b = slope กราฟสารละลายมาตรฐาน  
 abs = atomic absorption  
 9000 = น้ำหนัก C (กรัม) ที่ถูกสกัดด้วย 1 โมลลาร์  $\text{KMnO}_4$   
 0.02 = ปริมาณ ตัวอย่าง  $\text{KMnO}_4$  (ลิตร)

หมายเหตุ: ค่า a และ b ได้จากสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.000, 0.01, 0.02, 0.03, 0.033 และ 0.04 โมลลาร์

#### การวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอน (Soil organic carbon, SOC)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดวิเคราะห์ โดยการออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนด้วยโพแทสเซียมไดโครเมต แล้วหาปริมาณปริมาณโพแทสเซียมไดโครเมตที่เหลือโดยไตรเตรตย้อนกลับด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต หลังจากนั้นก็คำนวณหาอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน โดยถือว่าวิธีนี้ออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนได้ 77% (Walkley and Black, 1934)

จากวิธีมาตรฐานดังกล่าวนำมาศึกษาถึงสมบัติต่างๆ ของวิธี POC ดังต่อไปนี้

1. การศึกษาความยาวคลื่นที่เหมาะสมต่อการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ  $\text{KMnO}_4$  วิเคราะห์โดยการนำสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ไปสแกนหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมด้วยเครื่อง scanning spectrophotometer เมื่อได้ค่าที่เหมาะสมแล้วให้ทำการทดลองกับตัวอย่างดินที่เตรียมไว้ โดยใช้ความยาวคลื่นที่สแกนได้เป็นทรีทเมนต์ที่ 1 และเพิ่มทรีทเมนต์ใกล้เคียงอีก 2 ทรีทเมนต์ และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป
2. การศึกษาความเข้มข้นของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ต่อการออกซิไดซ์คาร์บอน วิเคราะห์โดยการเตรียมสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.01, 0.02, 0.033, 0.05, 0.07, 0.1, 0.2 และ 0.333 โมลลาร์ และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป
3. การศึกษาความเป็นกรดต่าง (pH) ของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ต่อการออกซิไดซ์คาร์บอน วิเคราะห์โดยการเตรียมสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่มี pH เท่ากับ Blank, 5, 6, 7.2 และ 8 และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป

4. การศึกษาระยะเวลาเขย่าในการออกซิไดซ์คาร์บอน วิเคราะห์โดยการใช้เวลาในการออกซิไดซ์คาร์บอนเท่ากับ 1, 2, 5, 10, 30, 60, 180, 360 และ 720 นาที และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป

5. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการอ่านค่าการดูดกลืนแสงโดยศึกษาที่ระยะเวลาเท่ากับ 0, 10, 30, 60 และ 120 นาที และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป

6. การศึกษาการเติมแคลเซียมคลอไรด์ ( $\text{CaCl}_2$ ) 0.1 โมลลาร์ในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  เพื่อทดแทนการปั่นเหวี่ยงตะกอน และทำการเปรียบเทียบปริมาณ POC ที่วิเคราะห์ได้

7. การศึกษาปริมาณตัวอย่างดินต่อปริมาณ POC วิเคราะห์โดยชั่งตัวอย่างดินเท่ากับ 0.5, 1, 1.5 และ 2 กรัม และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป

8. การศึกษาขนาดของตัวอย่างดินต่อปริมาณ POC วิเคราะห์โดยใช้ตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5, 1.0 และ 2.0 มม. และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POC ต่อไป

#### **อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

1. เครื่องมือเก็บตัวอย่างดิน
2. เครื่องมือในการบดและร่อนตัวอย่างดิน
3. เครื่องแก้วในห้องปฏิบัติการ
4. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (SR NRTL/C รุ่น G20)
5. เครื่องสแกนนิ่งสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Hitachi รุ่น U-2001)
6. เครื่องเขย่า (Gerhardt รุ่น LS5)
7. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (Metrohm Herisav)
8. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Sartorius รุ่น B 200 S)
9. เครื่องปั่นเหวี่ยงตะกอน (SORVALL รุ่น GLC – 2P)

#### **สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง**

1. Potassium permanganate ( $\text{KMnO}_4$ ) (MERCK)
2. Calcium chloride ( $\text{CaCl}_2$ ) (MERCK)
3. Hydrochloric acid ( $\text{HCl}$ ) (MERCK)
4. Sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ) (MERCK)

### การวิเคราะห์ข้อมูล

หาความสัมพันธ์ระหว่าง POC และอินทรีย์คาร์บอนในดินโดยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient,  $r^2$ ) ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และสมการถดถอย และวิเคราะห์ความแปรปรวน ANOVA โดยการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำการทดลอง ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

### สถานที่ศึกษา

1. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
2. ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### 1. การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์ POC เพื่อใช้วิเคราะห์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยของดินและคุณสมบัติของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $\text{KMnO}_4$ ) ต่อการสกัดอินทรีย์คาร์บอนในตัวอย่างดินต่าง ๆ โดยแบ่งกลุ่มดินออกเป็นดินที่ผ่านการเกษตรและไม่ผ่านการเกษตร สาเหตุที่แยกศึกษาในดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรเนื่องจากดินที่ทำการเกษตรนั้นได้รับปัจจัยต่างๆ ที่แตกต่างจากดินที่ไม่ทำการเกษตรเช่น การไถพรวน การให้น้ำ ใส่ปุ๋ย และการใส่สารเคมี ซึ่งกิจกรรมต่างๆ เหล่านี้จะมีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน โดยตัวอย่างดินที่ศึกษาคือชุดดินสนทราย โดยมีผลการศึกษา ดังต่อไปนี้

##### 1. ความยาวคลื่นแสงที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงของ $\text{KMnO}_4$

ความยาวคลื่นที่สามารถวัดค่าการดูดกลืนแสงของ  $\text{KMnO}_4$  ได้คือความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ดังภาพ 4

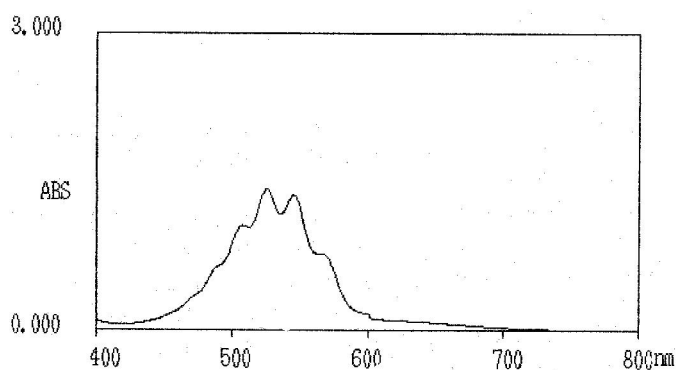
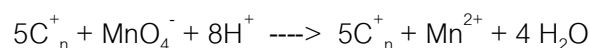


Figure4. Scanning of maximum of wavelength of  $\text{KMnO}_4$  solution.

จากการศึกษาความยาวคลื่นที่ใช้วัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ได้แก่ ความยาวคลื่น 500, 525, 550 และ 565 นาโนเมตรในดินที่ทำการเกษตรพบว่าปริมาณ POC ที่วิเคราะห์ได้เท่ากับ 1.25, 1.54, 1.46, และ 1.17 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 2.45, 2.55, 2.53 และ 2.47 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าดินที่ทำการเกษตรนั้นความยาวคลื่น 525 นาโนเมตรจะวิเคราะห์ POC ได้สูงที่สุด ( $p < 0.05$ ) ในขณะที่ดินไม่ทำการเกษตรความยาวคลื่น 525 และ 550 นาโนเมตรวิเคราะห์ POC ได้สูงที่สุด ( $p < 0.05$ ) ดังภาพ 5

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าความยาวคลื่น 525 นาโนเมตรสามารถวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้สูงที่สุดทั้งดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรซึ่งสอดคล้องกับการสแกนหาความยาวคลื่นที่เหมาะสมของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่ pH ต่างกัน

การทำปฏิกิริยาระหว่าง  $\text{KMnO}_4$  กับคาร์บอนในดินนั้นจะทำให้คุณสมบัติของ  $\text{KMnO}_4$  เปลี่ยนไปคือสีม่วงเข้มเปลี่ยนเป็นสารละลายใสไม่มีสี ( $\text{KMnO}_4$  1 มิลลิลิตรจะออกซิไดซ์คาร์บอนได้ 9,000 มิลลิกรัม) ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนประจุของ  $\text{Mn}^{+7}$  เป็น  $\text{Mn}^{+2}$  (Loginow et al., 1987) เช่น



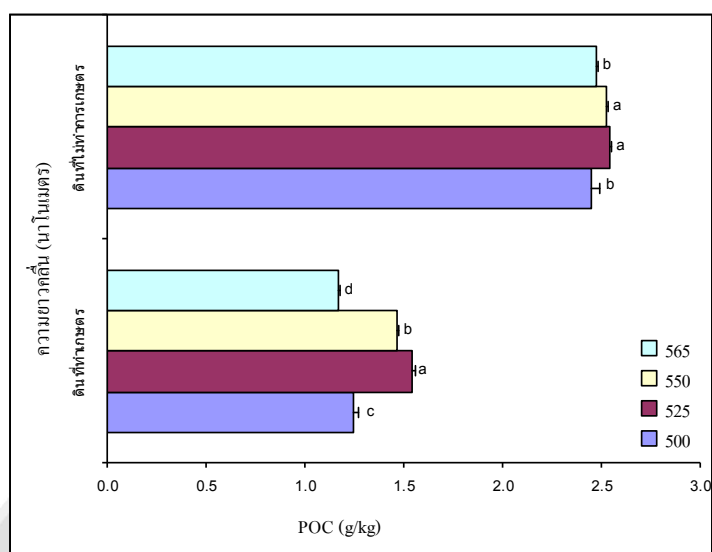


Figure5. Effect of wavelength on amount of POC determination.

Note :Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p < 0.05$ .

## 2. ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{KMnO}_4$ ต่อปริมาณ POC

ความเข้มข้นของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่ศึกษาได้แก่ความเข้มข้น 0.01, 0.02, 0.033, 0.05, 0.07, 0.1, 0.2 และ 0.333 โมลลาร์โดยดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 0.84, 1.10, 1.42, 1.83, 2.14, 2.46, 4.59, และ 5.15 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 1.53, 2.22, 2.86, 3.17, 4.11, 4.79, 6.18 และ 6.78 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติของดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรพบว่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ POC ได้สูงที่สุด ( $p < 0.05$ ) ได้แก่ความเข้มข้น 0.333 โมลลาร์ ดังภาพ 6

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าความเข้มข้น  $\text{KMnO}_4$  เพิ่มขึ้นปริมาณ POC ที่วิเคราะห์ได้จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วยทั้งในดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตร โดย  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นสูง ๆ สามารถวิเคราะห์ค่า POC ได้มากกว่า  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นน้อยกว่า เนื่องจากระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่เท่ากัน (60 นาที)  $\text{KMnO}_4$  ที่มีความเข้มข้นสูง ๆ จะมีแรงออกซิไดซ์คาร์บอนได้สูงกว่า โดย Weil et al. (2003) กล่าวว่า  $\text{KMnO}_4$  1 โมลลาร์จะออกซิไดซ์คาร์บอนได้ 9,000 มิลลิกรัม และยังพบอีกว่าระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 60 นาทีระหว่าง  $\text{KMnO}_4$  และคาร์บอนนั้น

ยังไม่สมบูรณ์โดย Tirol-Padre and Ladha (2004) รายงานว่า  $\text{KMnO}_4$  0.033 โมลลาร์จะออกซิไดซ์คาร์บอนในสารอินทรีย์ที่บริสุทธิ์ (carbon in pure organic compounds) ได้ 2-45 เปอร์เซ็นต์ใน 1 ชั่วโมงเท่านั้น ดังนั้นการวิเคราะห์ POC ที่ระดับความเข้มข้น 0.01-0.333 โมลลาร์ในระยะเวลา 1 ชั่วโมงจึงยังสรุปไม่ได้ว่าความเข้มข้นใดเหมาะสมที่สุดเนื่องจากปัจจัยทางด้านระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยามีจำกัด ดังมีรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไป ข้อสังเกตอีกประการหนึ่งคือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของ  $\text{KMnO}_4$  เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้น 0.02 โมลลาร์มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยที่สุด ดังนั้น  $\text{KMnO}_4$  ที่ความเข้มข้น 0.02 จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาวิเคราะห์ค่า POC มากที่สุด

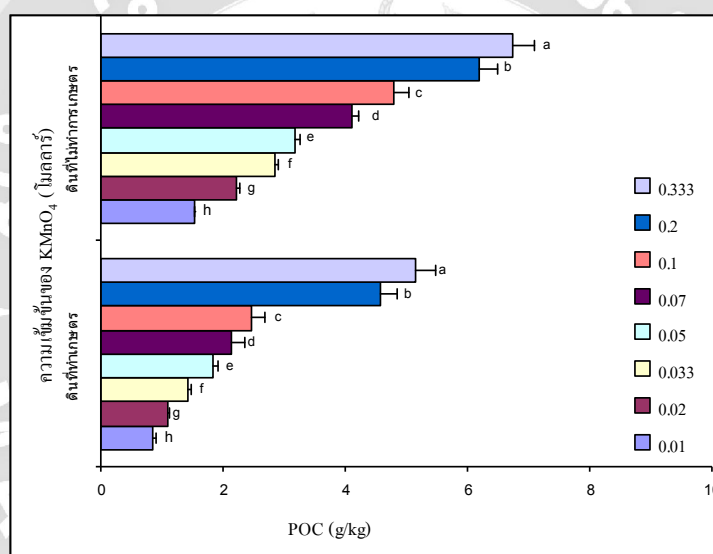


Figure6. Effect of concentration on amount of POC.

Note : Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p < 0.05$ .

### 3. pH ของสารละลาย $\text{KMnO}_4$ ต่อปริมาณ POC

การศึกษาสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่ไม่ปรับ pH และปรับ pH เท่ากับ 5, 6, 7.2 และ 8 ต่อปริมาณ POC พบว่าดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC เท่ากับ 1.16, 1.08, 1.06, 1.09 และ 1.15 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรนั้นวิเคราะห์ปริมาณ POC เท่ากับ 2.46,

2.33, 2.26, 2.45 และ 2.37 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติของดินที่ทำการเกษตรพบว่า pH ต่าง ๆ ของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ POC ( $p>0.05$ ) ในขณะที่ดินที่ไม่ทำการเกษตร pH ที่เป็นด่าง (สารละลายที่ไม่ปรับ pH และสารละลายที่ปรับ pH เท่ากับ 7.2 และ 8) จะวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้สูงกว่าสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด (pH เท่ากับ 5 และ 6) ( $p<0.05$ ) ดังภาพ 7

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าดินที่ไม่ทำการเกษตรนั้น  $\text{KMnO}_4$  ที่มีสภาพเป็นด่างสามารถวิเคราะห์ค่า POC ได้สูงกว่าสารละลายที่มีสภาพเป็นกรด Loginow et al., 1987 รายงานว่า  $\text{KMnO}_4$  ที่มีสภาพเป็นด่างจะมีศักยภาพในการทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ ที่มีประจุลบขนาดใหญ่ (large negative values -1.45 V) ของความต่างศักย์ระหว่าง  $\text{Mn}^{7+}$  และ  $\text{Mn}^{2+}$  ซึ่งจากการทำปฏิกิริยากันจะทำให้สีของสารละลายเปลี่ยนเป็นสารละลายใสไม่มีสี จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าสารละลายที่เป็นด่างรวมทั้ง Blank มีศักยภาพในการออกซิไดซ์คาร์บอนได้สูงกว่าสารละลายที่เป็นด่าง ดังนั้นการเตรียมสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ไม่ควรปรับ pH เพราะค่า POC ที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกับ pH ที่เป็นตัวอื่น ๆ

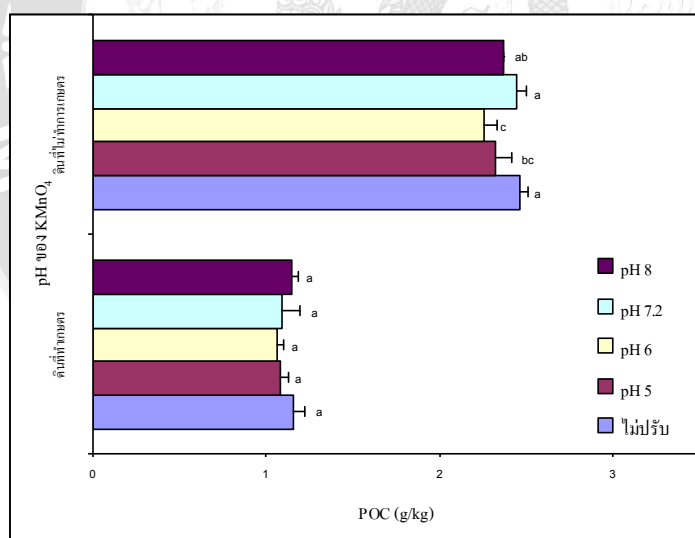


Figure7. Effect of pH of  $\text{KMnO}_4$  solution on amount of POC.

Note: Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate that significant differences in the POC among time of shaking at the  $p<0.05$ .



#### 4. ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา(เวลาในการเขย่า)ที่ศึกษาได้แก่ระยะเวลา 1, 2, 5, 10, 30, 60, 180, 360 และ 720 นาที พบว่าดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 0.57, 0.65, 0.78, 0.83, 1.10, 1.27, 1.74, 2.12 และ 2.52 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรนั้นวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 0.88, 1.02, 1.14, 1.36, 2.14, 2.40, 3.19, 3.83 และ 3.91 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เมื่อนำค่า POC ที่ได้มาเฉลี่ยต่อเวลาที่พบว่าดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC เฉลี่ยต่อเวลาที่ได้เท่ากับ 0.57, 0.32, 0.16, 0.08, 0.04, 0.02, 0.01, 0.01 และ 0.00 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรนั้นวิเคราะห์ปริมาณ POC เฉลี่ยต่อเวลาที่ได้เท่ากับ 0.88, 0.51, 0.23, 0.14, 0.07, 0.04, 0.02, 0.01 และ 0.01 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติของดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตร พบว่าระยะเวลา 1 นาทีที่จะวิเคราะห์ปริมาณ POC เฉลี่ยต่อเวลาที่ได้สูงที่สุด ( $p < 0.05$ ) และจะลดลงตามลำดับเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นจนถึงระยะเวลา 180 นาทีค่า POC จะเริ่มนิ่งดังภาพ 8

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลาเขย่าในช่วงแรก ๆ (0-180 นาที) ค่า POC จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นอัตราการเพิ่มขึ้นของ POC ต่อมาที่จะเริ่มคงที่ จากรายงานของ Loginow et al. (1987) กล่าวว่าช่วงเวลาแรก ๆ  $\text{KMnO}_4$  จะไปออกซิไดซ์อินทรีย์คาร์บอนส่วนที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย (labile carbon) ซึ่งประกอบไปด้วย คาร์โบไฮเดรต กรดอมิโน เอมีน/เอไมด์ น้ำตาลต่าง ๆ และสารประกอบอื่นๆจำพวก หมู่ไฮดรอกซิล คีโตน คาร์บอกซิล ดับเบิลบอนด์ลิงค์เก็จ และอะลิฟาติก ต่อจากนั้น  $\text{KMnO}_4$  จะทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในส่วนที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยลิกนิน ดังนั้นการวิเคราะห์ labile C ควรที่จะวิเคราะห์ที่ระยะเวลา 60 นาทีของการออกซิไดซ์คาร์บอน

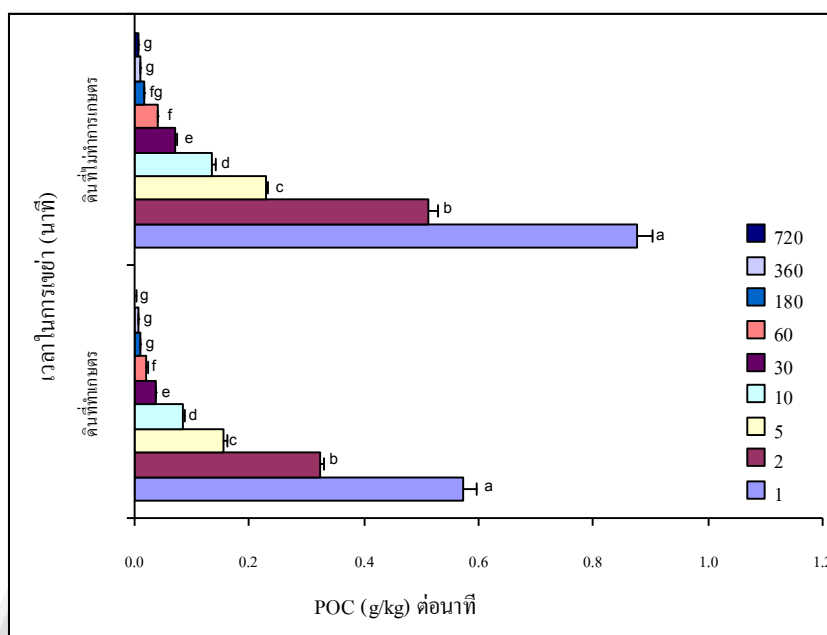


Figure8. Effect of time of shaking on amount of POC.

Note : Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p < 0.05$ .

### 5. อิทธิพลของแสงต่อการอ่านค่าการดูดกลืนแสง

เนื่องจากระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาคาร์บอนมีอย่างจำกัดดังหัวข้อที่ 4 ดังนั้นจำนวนตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ในแต่ละครั้งควรที่จะจำกัดปริมาณเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นจากการจำกัดตัวอย่างจึงทำให้ต้องมีการแบ่งการทดลองออกเป็นหลายๆรอบทำให้การอ่านค่าการดูดกลืนแสงนั้นต้องทำหลายครั้งตามไปด้วยจากปัญหาดังกล่าวจึงได้ทำการศึกษาการสกัดค่า POC แล้วตั้งทิ้งไว้เพื่อศึกษาความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเพื่อทำการอ่านค่าการดูดกลืนแสงในครั้งเดียวโดยทำการศึกษาที่ระยะเวลา 0- 120 นาทีได้แก่ 0, 10, 30, 60 และ 120 นาที พบว่าดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 1.19, 1.19, 1.19, 1.19 และ 1.20 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 2.48, 2.48, 2.48, 2.48 และ 2.49 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติของดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตร พบว่าระยะเวลาในการตั้งสารละลายทิ้งไว้ไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ POC ( $p > 0.05$ ) ดังภาพ

9 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระยะเวลาที่ตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลา 0-120 นาทีนั้นไม่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสงที่วิเคราะห์ได้

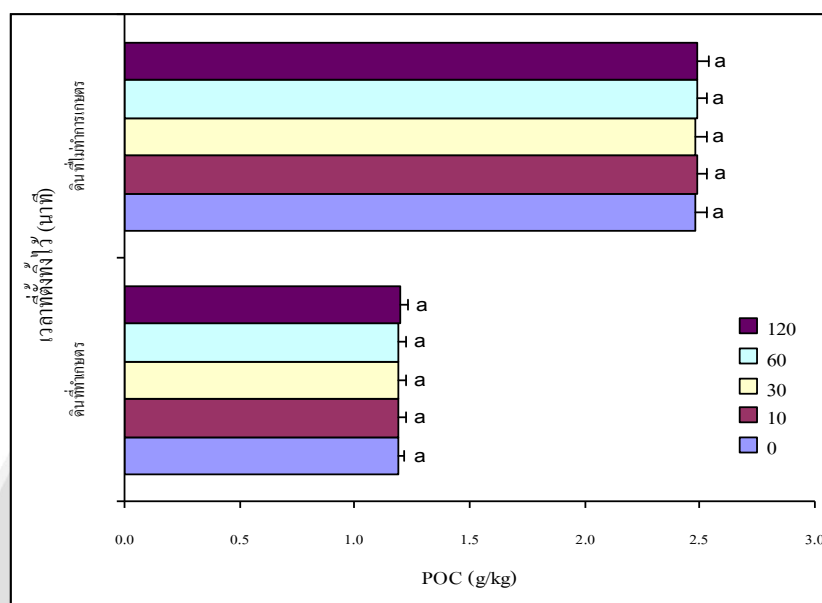


Figure9. Effect of the timing in the light on amount of POC.

Note :Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p < 0.05$ .

#### 6.การเติม $\text{CaCl}_2$ ลงในสารละลาย $\text{KMnO}_4$ เพื่อทดแทนการปั่นเหวี่ยงตะกอน

Weil et al. (2003) กล่าวว่า การเติม  $\text{CaCl}_2$  ลงไปในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  จะทำให้อนุภาคแขวนลอยในสารละลายรวมกลุ่มกันและตกตะกอน ดังนั้นการเติม  $\text{CaCl}_2$  ลงไปในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  เพื่อลดขั้นตอนการปั่นเหวี่ยงตะกอน จากการศึกษการเติม  $\text{CaCl}_2$  0.1 โมลลาร์ในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  (ไม่ปั่นเหวี่ยงตะกอน) และการไม่เติม  $\text{CaCl}_2$  ในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  (ปั่นเหวี่ยงตะกอน) พบว่าดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ POC ได้เท่ากับ 1.30 และ 1.28 กรัมต่อ กิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรวิเคราะห์ POC ได้ เท่ากับ 2.42 และ 2.44 กรัมต่อ กิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่าการเติม  $\text{CaCl}_2$  0.1 โมลลาร์ในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  0.033 โมลลาร์นั้นไม่มีผลกระทบทางสถิติต่อการวิเคราะห์ POC ทั้งในดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตร ( $p > 0.05$ )

ดั่งภาพ 10 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Weil et al., 2003 ในประเด็นการเติม  $\text{CaCl}_2$  0.1 โมลลาร์ ในสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  0.02 โมลลาร์

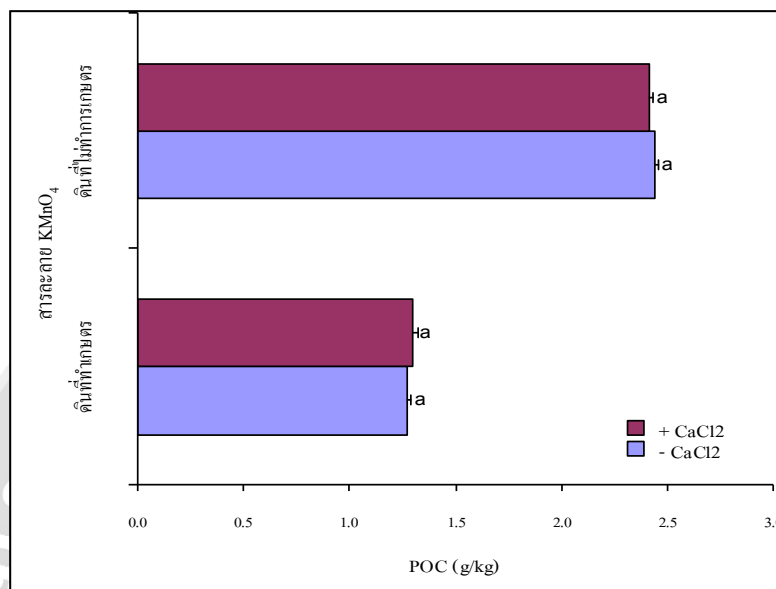


Figure10. Effect of the  $\text{CaCl}_2$  on the amount of POC.

Note :Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p < 0.05$ .

### 7.น้ำหนักตัวอย่างดิน

ปริมาณตัวอย่างดินที่ใช้ในการวิเคราะห์ POC นั้นต้องมีการวัดกุ่มให้มากยิ่งขึ้น เนื่องจาก  $\text{KMnO}_4$  1 โมลลาร์ออกซิไดซ์คาร์บอนได้ 9,000 มิลลิกรัม ดินที่มีคาร์บอนน้อยกว่าย่อมออกซิไดซ์ได้สมบูรณ์ก่อนดินที่มีคาร์บอนมากกว่า จากการศึกษาปริมาณของตัวอย่างดินที่ซึ่งได้จากน้ำหนักต่าง ๆ ได้แก่ 0.5, 1.0, 1.5 และ 2 กรัม พบว่าดินที่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 1.27, 1.23, 1.13, และ 1.13 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรนั้นวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 2.52, 2.50, 2.32 และ 2.29 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติพบว่าดินที่มีปริมาณตัวอย่างดินน้อยกว่าจะออกซิไดซ์คาร์บอนได้สูงกว่าดินที่มีปริมาณคาร์บอนมากกว่า ( $p < 0.05$ ) ทั้งในดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตร ดั่งภาพ 11

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำหนักของตัวอย่างดินปริมาณ POC ก็เพิ่มขึ้นตามไปด้วยนั้นเนื่องจาก ปริมาณคาร์บอนของดินที่น้ำหนักน้อยกว่าจะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วกว่าทำให้ค่าที่วิเคราะห์ได้จึงสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับ Gruver (2004) รายงานว่าน้ำหนักดินที่น้อยกว่าจะออกซิไดซ์คาร์บอนได้สูงกว่าน้ำหนักดินที่มากกว่า และเขายังได้เสนอ factor ที่จะนำไปคูณเข้ากับค่า POC ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำหนักดินที่ต่างกัน เนื่องจากปริมาณ POC ที่ต่างกันนี้อาจจะใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาเป็นปัจจัยอีกประการที่จะต้องนำมาประกอบในการพิจารณา ดังนั้นการวิเคราะห์ POC ควรที่จะใช้น้ำหนักดินที่คงที่ และไม่ควรที่จะเปลี่ยนปริมาณน้ำหนักดินบ่อยๆ หรือถ้าจำเป็นที่จะเปลี่ยนควรที่จะศึกษาในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาควบคู่กันเพื่อให้ได้ปริมาณ POC ที่ไม่แตกต่างกัน

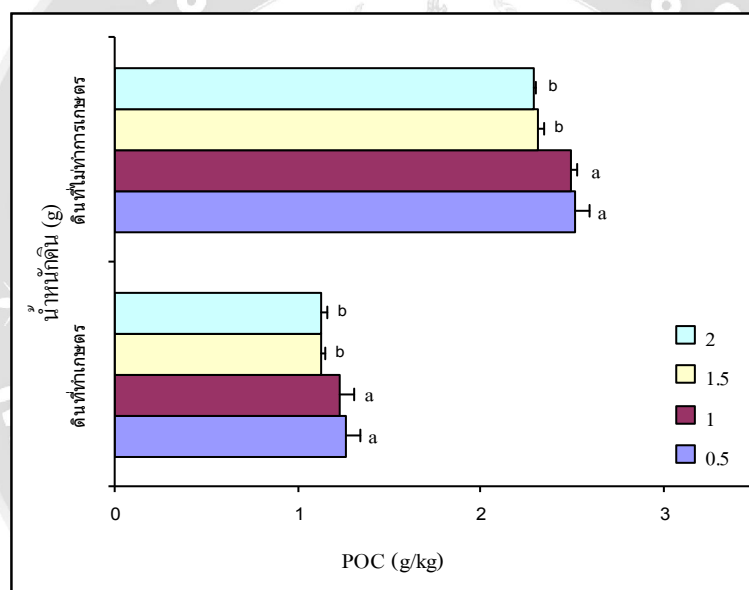


Figure11. Effect of the weight of soil sample on amount POC.

Note :Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p < 0.05$ .

## 8. ขนาดของอนุภาคตัวอย่างดิน

การบดตัวอย่างดินเป็นสิ่งสำคัญต่อการวิเคราะห์ POC และการวิเคราะห์คุณสมบัติอื่นๆ ของดิน การบดตัวอย่างดินมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ตัวอย่างดินมีขนาดเล็กและผสมคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยทั่วไปขนาดอนุภาคดิน  $< 0.5$  มม. จะถูกนำไปใช้วิเคราะห์ตัวอย่างดินบาง

คุณสมบัติที่จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างน้อยกว่า 1 กรัม ถ้าปริมาณตัวอย่างดินมากกว่า 1 กรัมจะใช้ตัวอย่างดินที่ขนาด < 2 มม. จากการศึกษขนาดของอนุภาคตัวอย่างดินได้แก่ <0.5, <1.0 และ <2.0 มม. ในดินที่ทำการเกษตรพบว่าปริมาณ POC เท่ากับ 1.14, 1.17 และ 1.18 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรวิเคราะห์ปริมาณ POC ได้เท่ากับ 2.32, 2.31 และ 2.31 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการเปรียบเทียบทางสถิติของดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตร พบว่าขนาดอนุภาคของตัวอย่างดินต่างกันไม่มีผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณ POC ( $p>0.05$ ) ดังภาพ 12

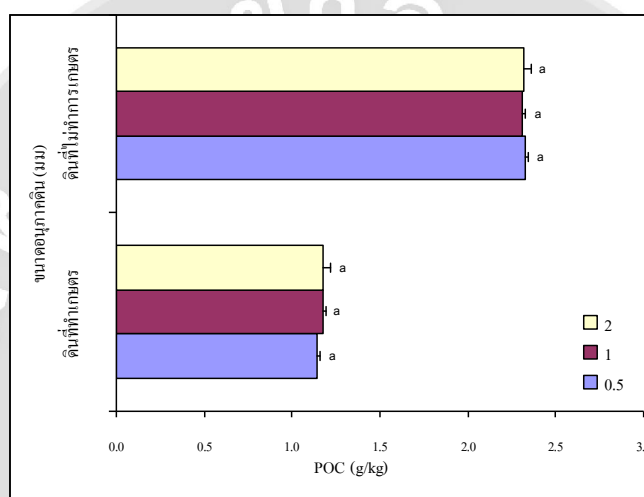


Figure12. Effect of size aggregates of soil sample on amount of POC.

Note :Error bars show one the standard deviation for the POC and different letters indicate significant differences in the POC among time of shaking at the  $p<0.05$ .

จากผลการศึกษานี้พบว่าทั้ง 8 ข้อดังที่ได้กล่าวมานั้นสามารถสรุปได้ดังตาราง 3 เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

Table3. สรุปค่าที่เหมาะสมของปัจจัยต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์ POC

| ปัจจัยต่าง ๆ ต่อการวิเคราะห์ POC                          | ค่าที่เหมาะสม |
|-----------------------------------------------------------|---------------|
| 1. ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)                                | 525           |
| 2. ความเข้มข้นของสารละลาย $\text{KMnO}_4$ (โมลลาร์)       | 0.02          |
| 3. pH ของสารละลาย $\text{KMnO}_4$                         | ไม่ปรับ pH    |
| 4. ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยา (นาที)                        | 180           |
| 5. อิทธิพลของแสง (0-120 นาที) ต่อปริมาณ POC               | ns            |
| 6. อิทธิพลของ $\text{CaCl}_2$ (0.1 โมลลาร์) ต่อปริมาณ POC | ns            |
| 7. น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)                           | 0.5-1         |
| 8. ขนาดของอนุภาคตัวอย่างดิน                               | Ns            |

หมายเหตุ: ns หมายถึงไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

## 2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Soil organic carbon, SOC) กับวิธี POC

อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินเป็นส่วนประกอบหลักของอินทรีย์วัตถุ โดยทั่วไปแล้วดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ถือว่าเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง SOC และ POC ในดินตัวอย่างจากพื้นที่ที่มีความหลากหลาย เช่น เป็นพื้นที่การเกษตรและไม่ทำการเกษตรพบว่ามีสหสัมพันธ์กันทางตรง อย่างน้อยยิ่งสำคัญทางสถิติ แสดงว่าเมื่อปริมาณ SOC เพิ่มขึ้น ปริมาณ POC ก็เพิ่มขึ้นด้วย (ภาพที่ 13 A และ B) และเมื่อนำค่า SOC ไปหาความสัมพันธ์กับค่า POC พบว่าดินที่ทำการเกษตรนั้น SOC มีสหสัมพันธ์ทางตรงกับ POC ( $p < 0.0001$ ) โดยมีค่า  $r$  เท่ากับ 0.9539 (ภาพที่ 13C) ส่วนดินที่ไม่ทำการเกษตรพบว่า SOC มีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับ POC ( $p < 0.0001$ ) โดยมีค่า  $r$  เท่ากับ 0.9709 (ภาพ 13C)

จะเห็นได้ว่า POC มีสหสัมพันธ์ทางตรงกับ SOC ทั้งในดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรเนื่องจากค่า POC นั้นเป็นส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุในดินเมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นจึงทำให้ค่า POC เพิ่มขึ้นด้วย

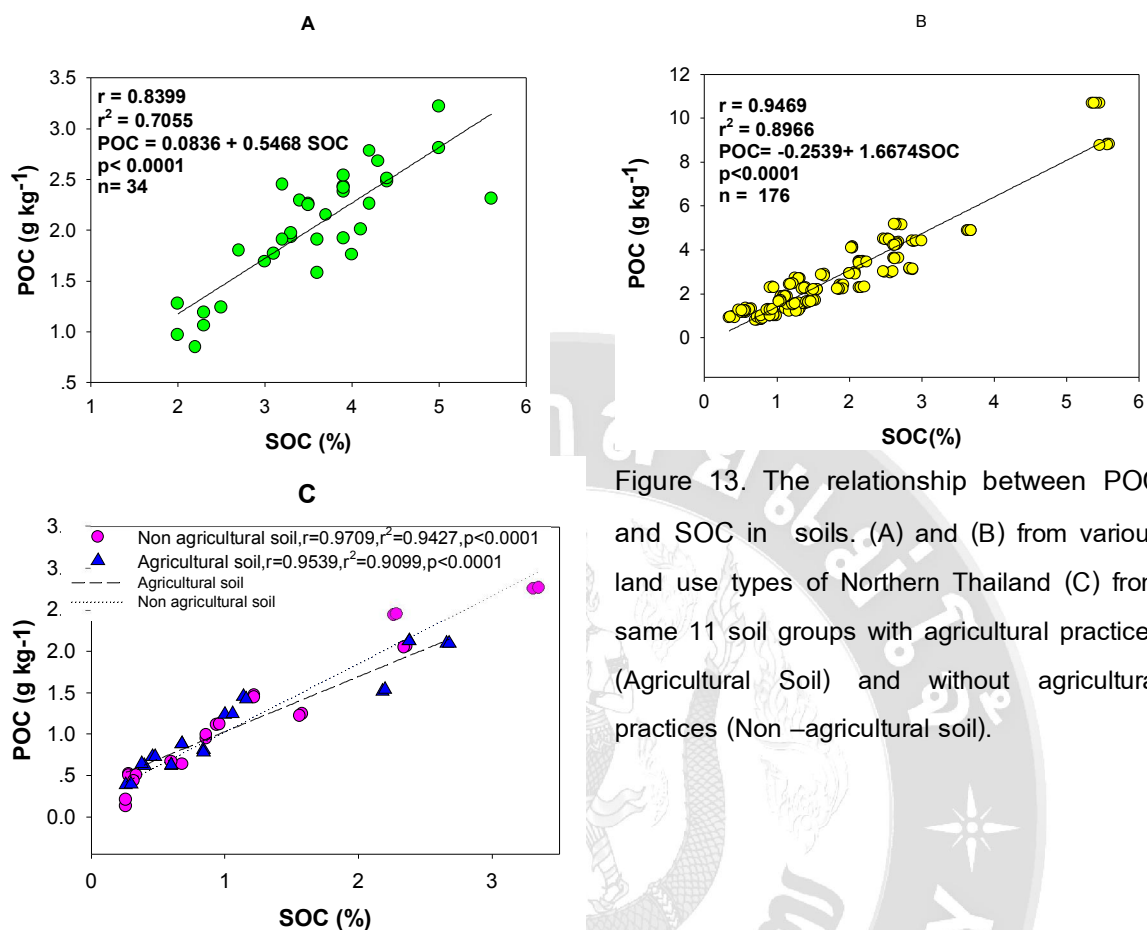


Figure 13. The relationship between POC and SOC in soils. (A) and (B) from various land use types of Northern Thailand (C) from same 11 soil groups with agricultural practices (Agricultural Soil) and without agricultural practices (Non –agricultural soil).

จากการศึกษา POC เพื่อหาค่าสหสัมพันธ์ระหว่าง SOC กับ POC โดยพบว่ามีค่าสหสัมพันธ์ในสภาพพื้นที่ป่าปลูก พื้นที่ว่างเปล่า พื้นที่ป่าสัก พื้นที่ไม้ผล พื้นที่พืชไร่และพื้นที่ป่าหุติญภูมิ มีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.92, 0.90, 0.70, 0.65, 0.60, 0.59 ตามลำดับ (ภาพที่ 14)



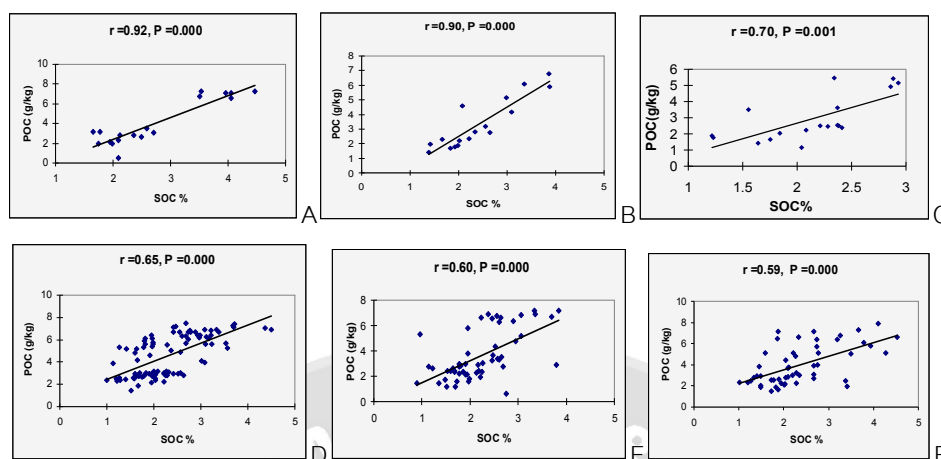


Figure 14. The relationships between POC and SOC in soils from various land use types, and shown by correlation ( $r$ ) of Afforestation (A), Fallow Area (B), Teak Plantation (C), Fruit Plantation (D), Field Crop (E), and Secondary Forest (F).

จากการศึกษาของ Tirol – Padre and Ladha (2004) ได้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์คาร์บอนด้วยวิธีการ POC กับปริมาณ labile carbon ในรูปของ WSC (water soluble carbon) มีค่าสหสัมพันธ์กันต่ำ แต่ปริมาณคาร์บอนที่วิเคราะห์โดยวิธี POC กับอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดิน (SOC) มีค่าสหสัมพันธ์กันสูง สำหรับ Weil et al. (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC และตัวชี้วัดคุณภาพของดินอื่นๆ ใน 18 ฟาร์มในแอตแลนติกตอนกลางพบว่า POC มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับกิจกรรมทางชีววิทยาทั้ง 4 ของดิน (substrate-induced respiration, basal respiration, มวลจุลินทรีย์ดิน และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้) สูงกว่า SOC และ Tirol-Padre and Ladha (2004) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ SOC ใน 10 ตัวอย่างดินจากประเทศฟิลิปปินส์ที่มีการใส่อินทรีย์วัตถุในอัตราที่แตกต่างกันเป็นเวลานานและติดต่อกันพบว่าทั้งสองตัวชี้วัด (POC และ SOC) มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีค่า  $r^2$  (coefficient of determination) เท่ากับ 0.96 ( $p < 0.01$ ) และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ SOC ในดิน 8 ตัวอย่างจากประเทศอินเดียพบว่า POC มีความสัมพันธ์กับ SOC อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.01$ ) และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง POC กับ SOC ในดินป่า ดินทุ่งหญ้า และดินเกษตรที่มีการบ่ม 96 วัน พบว่าทั้งสองวิธีนั้นมี  $r^2$  เท่ากับ 0.94 และมีอัตราการเพิ่มขึ้นของปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของทั้งสองที่เท่ากัน (10%) (Mendham et al., 2003)

สำหรับการศึกษาค้างนี้พบแนวโน้มว่าการจัดดินต่าง ๆ (ดินทำเกษตร) มีผลทำให้ปริมาณ POC และ SOC ลดลง(เปรียบเทียบดินที่ไม่ได้ทำการเกษตรและดินที่ทำเกษตร) เช่น การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าธรรมชาติมาทำการเกษตรในประเทศบังกลาเทศ เนื่องจากการทำการเกษตรจะทำให้ผิวหน้าดินมีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณ silt clay ความพรุนของดิน โครงสร้างของดิน ปริมาณไนโตรเจน ฟลูวิค ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่สลายตัวง่าย(labile C) และมวลคาร์บอนของจุลินทรีย์ดินอันเป็นผลมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร (Islam and Weil, 2000) นอกจากนี้ การจัดการดินมีผลต่อปริมาณ POC และ SOC ในพื้นที่เกษตรหลังจากถางป่ามาทำการเกษตรนาน 18 ปี POC และ SOC ลดลง 79 และ 73 % ตามลำดับ(Whitbread et al., 2003) หรือการศึกษาอินทรีย์คาร์บอนในแบบต่างๆ ในพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรพบว่า POC, non-active C และ SOC ลดลงหลังจากพื้นที่นั้นได้ถูกเปลี่ยนสภาพให้เป็นพื้นที่เกษตรคือ -63.3%, -39.3% และ - 44.9% ตามลำดับ แต่หลังจากที่นำพืชตระกูลถั่วเข้าไปปลูกหมุนเวียนกับพืชหลักเป็นระยะเวลา 2 ปีพบว่าอินทรีย์คาร์บอนต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น กลับมีค่าเพิ่มขึ้นคือ +58.8% +15.7% และ +21.6 % ตามลำดับ พวกเขาจึงกล่าวอีกว่า POC เป็นตัวชี้วัดที่ไวต่อ labile C สูงกว่า non-active C และ SOC (Blair et al., 1995)

จากผลการศึกษารายงานว่า POC มีศักยภาพในการชี้วัดคุณภาพดินเท่ากับปริมาณ SOC ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่า POC สามารถที่จะใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดิน เช่นเดียวกับปริมาณของ SOC และจากวิธีการและสารเคมีที่ใช้ถือว่าเป็นวิธีง่ายและไม่เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและตกค้างในสิ่งแวดล้อม จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเช่นเกี่ยวปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการวิเคราะห์และความสัมพันธ์กับสมบัติของดินอื่น ๆ และการเจริญเติบโตของพืช และอาจจะพัฒนาต่อไปให้มีวิธีการที่ง่ายและสะดวกต่อการใช้ในภาคสนามสำหรับเกษตรกรและเจ้าหน้าที่ในการนำไปใช้ในการบำรุงรักษาที่ดินและดิน

## สรุป

การศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อ POC ในชุดดินสนทรายที่ผ่านการทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรพบว่า (1)ช่วงแสง 525 นาโนเมตรเหมาะสมที่สุดในการอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ  $\text{KMnO}_4$  (2)POC เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย  $\text{KMnO}_4$  (3)สารละลาย  $\text{KMnO}_4$  ที่มีสภาพเป็นด่างวิเคราะห์ค่า POC ได้สูงกว่าสารละลายที่เป็นกรด (4)เมื่อเพิ่มเวลาในการเขย่า  $\text{KMnO}_4$  กับดินจะทำให้ POC เพิ่มขึ้น (5)ค่า POC จะเพิ่มขึ้นเมื่อน้ำหนักของตัวอย่างดินลดลง ความสัมพันธ์

ระหว่าง POC ในดินที่ทำการเกษตรและไม่ทำการเกษตรมีความสัมพันธ์กับ SOC โดยดินที่ไม่ทำการเกษตรมีความสัมพันธ์สูงกว่าดินที่ทำการเกษตร ส่วนปริมาณ POC และ SOC มีแนวโน้มต่ำในดินที่ใช้ทำการเกษตรเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ทำการเกษตร อาจกล่าวได้ว่า POC สามารถที่จะใช้เป็นตัวชี้วัดการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพดินเช่นเดียวกับปริมาณของ SOC

### เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 547 น.
- Aumtong,S., J.Magid, S.Bruun, and A.de Neergaard. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 131:229-239.
- Blair,G.J., R.D.B.Lefroy, and L.Lisle. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust. J. Agric. Res.* 46:1459-1466.
- Chan,K.Y., D.P.Heenan, and A.Oates. 2002. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. *Soil & Tillage Research* 63:133-139.
- Ghani,A., M.Dexter, and K.W.Perrott. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry* 35:1231-1243.
- Gregorich,E.G., M.R.Carter, D.A.Angers, C.M.Monreal, and B.H.Ellert. 1994. Towards A Minimum Data Set to Assess Soil Organic-Matter Quality in Agricultural Soils. *Canadian Journal of Soil Science* 74:367-385.

- Gruver, J. 2004. Quality control for a new permanganate oxidizable C method. Proceedings of the 26 th Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. pp 85-95.
- Islam, K.R., and R.R. Weil. 2000. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 79:9-16.
- Loginow, W., W. Wisniewski, S.S. Gonet, and B. Ciescinska. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. *Polish Journal of Soil Science* 20:47-52.
- Mendham, D.S., A.M. O'Connell, and T.S. Grove. 2003. Change in soil carbon after land clearing or afforestation in highly weathered lateritic and sandy soils of south-western Australia. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 95:143-156.
- Murage, E.W., N.K. Karanja, P.C. Smithson, and P.L. Woomer. 2000. Diagnostic indicators of soil quality in productive and non-productive smallholders' fields of Kenya's Central Highlands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 79:1-8.
- Parton, W.J., D.S. Schimel, C.V. Cole, and D.S. Ojima. 1987. Analysis of Factors Controlling Soil Organic Matter Levels in Great Plains Grasslands. *Soil Sci Soc Am J* 51:1173-1179.
- Tirol-Padre, A., and J.K. Ladha. 2004. Assessing the Reliability of Permanganate-Oxidizable Carbon as an Index of Soil Labile Carbon. *Soil Sci Soc Am J* 68:969-978.
- Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and A Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Science* 37:29-35.

- Weil,R.R., Ism K.R., Stine M.A., Gruver J.B., and Samson-Liebig S.E. 2003. Estimating active carbon for soil quality assessment: A simplified method for laboratory and field use . American Journal of Alternative Agriculture 18:3-17.
- Whitbread,A., G.Blair, Y.Konboon, R.Lefroy, and K.Naklang. 2003. Managing crop residues, fertilizers and leaf litters to improve soil C, nutrient balances, and the grain yield of rice and wheat cropping systems in Thailand and Australia. Agriculture, Ecosystems & Environment 100:251-263.

