

รายงานการวิจัย

- ชื่อโครงการ:** การฟื้นฟูดินเสื่อมโทรมโดยการจัดการอินทรีย์วัตถุและเพิ่มการเก็บกักคาร์บอนของดิน
- เรื่อง:** รายงานผลการวิจัยปีที่ 1: การศึกษาอินทรีย์วัตถุส่วนที่ละลายน้ำ, ประชากรราผู้ย่อยสลาย และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ภายใต้การทดลองระยะยาวของการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ
- คณะผู้วิจัย:** ปัทมา วิตยากร, สมชาย บุตรนันท์, ภาณุเดชา กมลมานิตย์, เบ็ญจพร กุลนิตย์, อัจฉราวดี เครือภักดี, จิราภรณ์ พิมล และวรัช พาทิกบุตร
- หน่วยงาน:** สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- ทุนวิจัย:** ทุนอุดหนุนทั่วไปมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2555
- ระยะเวลา:** 1 ปี (2555 – 2556)

บทคัดย่อ

การวิจัยส่วนแรกมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพ (องค์ประกอบทางเคมี) ต่อการเปลี่ยนแปลงและการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินทรายในระยะยาว ซึ่งมีการใส่สารอินทรีย์คุณภาพแตกต่างกัน 6 กรรมวิธีทดลอง คือ กรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่มีการใส่สารอินทรีย์, ชากถั่วลิสง (groundnut stover) ซึ่งจัดว่ามีคุณภาพสูง กล่าวคือมีไนโตรเจนสูงแต่มีลิกนินและโพลีฟีนอลส์ต่ำ, ใบ+ก้านมะขามร่วง (tamarind) จัดว่ามีคุณภาพปานกลาง (มีไนโตรเจน, ลิกนิน และโพลีฟีนอลส์ปานกลาง), ใบพลวงร่วง (dipterocarp) จัดว่ามีคุณภาพต่ำ (มีไนโตรเจนต่ำ แต่มีลิกนินและโพลีฟีนอลส์สูง) และฟางข้าว (rice straw) ซึ่งมีคุณภาพที่แตกต่างออกไป กล่าวคือ มีองค์ประกอบทั้งสามต่ำ แต่มีเซลลูโลสสูงที่สุด โดยใส่ในอัตรา 10 ตัน/เฮกตาร์ และชากถั่วลิสงผสมฟางข้าวในอัตรา 10+10 ตัน/เฮกตาร์ ทุกปีๆ ละครั้ง เริ่มมาตั้งแต่ปี 2538 ในการศึกษานี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน คือ

1) การศึกษาการเปลี่ยนรูปของอินทรีย์วัตถุที่ละลายน้ำ (DOM) ในดินที่ได้รับอิทธิพลจากคุณภาพสารอินทรีย์ โดยใช้ดินปีที่ 13 ในการศึกษา ซึ่งในการศึกษา DOM ในดินนั้นจะหาคาร์บอนที่ละลายน้ำ (water soluble organic carbon) ในดิน ทำการเก็บตัวอย่างดิน 6 ครั้ง ได้แก่ ก่อนใส่สารอินทรีย์ (สัปดาห์ที่ 0) และที่ 2, 4, 8, 16 และ 52 สัปดาห์หลังใส่สารอินทรีย์ เก็บที่ความลึกดิน 0-15, 15-30, 30-60, 60-80 และ 80-100 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินมาสกัดด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน ดิน:น้ำ = 1:5 เรียกในที่นี้ว่า คาร์บอนส่วนที่ละลายได้ (dissolved organic C – DOC) ดินของกรรมวิธีที่ใส่ชากถั่วลิสง (GN) และใบ+ก้านมะขามร่วง (TM) ก่อให้เกิดความเข้มข้นของคาร์บอนที่ละลายน้ำทั้งหมด (total DOC) ในหน้าตัดดิน (0-100 เซนติเมตร) สูงกว่าดินของกรรมวิธีที่ใส่ใบพลวงร่วง (DP) และฟางข้าว (RS) รูปแบบการกระจายตัวในแนวตั้งของ DOC ในหน้าตัดดินถูกกำหนดโดยคุณภาพของสารอินทรีย์นั้นๆ มี 2 รูปแบบคือ คือ 1) DOC ที่เคลื่อนในแนวตั้งได้เป็นปริมาณมาก ทำให้ DOC ไปถูกสะสมไว้ที่ดินชั้นล่าง 2) DOC ที่เคลื่อนในแนวตั้งได้เป็นปริมาณน้อย ทำให้ถูกสะสมไว้ที่ดินชั้นบน ฟางข้าวมีคุณภาพต่ำเนื่องจากมีเซลลูโลสสูงแต่มีไนโตรเจนต่ำ ทำให้ DOC เคลื่อนที่ได้เป็นปริมาณมากและถูกสะสมอยู่ที่ดินชั้นล่างมากกว่ากรรมวิธีที่ใส่สารอินทรีย์อื่นๆ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ชากถั่วลิสง, ใบ+ก้านมะขามร่วงและใบพลวงร่วงทำให้ DOC เคลื่อนที่ในแนวตั้งได้น้อยจึงเกิดการ

สะสม DOC สูงในดินชั้นบน และไม่มีการสะสม DOC ในดินชั้นล่างตลอดระยะเวลาของการย่อยสลายสารอินทรีย์

2) ในการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นของการสลายตัวและการสะสมอินทรีย์วัตถุในดิน (modeling of SOM) โดยใช้ข้อมูลจากการทดลองที่ใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพต่างกันแก่ดินทรายเป็นระยะเวลายาวนานมากกว่า 17 ปีโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการสลายตัวของสารอินทรีย์ที่มีคุณภาพต่างกัน และนำข้อมูลจากการทดลองเป็นระยะเวลา 17 ปี มาสร้างแบบจำลองการเพื่อคาดการณ์ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมในดิน สมการที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้อธิบายการสลายตัวของสารอินทรีย์คือสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล 2 เทอม ซึ่งมีรูปแบบสมการดังนี้ $W_t = W_{0(1)}e^{-k_1 t} + W_{0(2)}e^{-k_2 t}$ เมื่อ $W_{0(1)}$ คือ น้ำหนักเริ่มต้นของสารอินทรีย์ในส่วนที่เปลี่ยนแปลงง่าย, $W_{0(2)}$ คือน้ำหนักเริ่มต้นของสารอินทรีย์ในส่วนที่เปลี่ยนแปลงยาก, k_1 คือ อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในส่วนที่ย่อยสลายง่าย และ k_2 คือ อัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในส่วนที่ย่อยสลายยาก ดังนั้นอัตราการสลายจึงมี 2 ค่าด้วย ดังมีรูปของสมการของสารอินทรีย์ที่ศึกษา ดังนี้ ฟางข้าว: $W_t = 24.10e^{-0.30t} + 15.63e^{-0.11t}$ ($R^2=0.998$), ใบพลวงร่วง: $W_t = 33.73e^{-0.01t} + 6.23e^{-0.91t}$ ($R^2=0.976$) และใบ+ก้านมะขามร่วง: $W_t = 20.31e^{-0.43t} + 19.15e^{-0.02t}$ ($R^2=0.995$) โดยพบว่าฟางข้าวมีอัตราการสลายตัวโดยรวมเร็วที่สุด รองลงมาเป็นใบ+ก้านมะขามร่วง และช้าที่สุดคือใบพลวงร่วง ส่วนสมการเอ็กซ์โพเนนเชียล 3 เทอม เป็นสารอินทรีย์ที่ประกอบด้วยส่วนที่ย่อยสลายง่าย ปานกลาง และยาก ซึ่งพบว่าใช้กับการสลายตัวของซากถั่วลิสงได้ดีกว่าสมการ 2 เทอม ดังมีรูปของสมการดังนี้ $W_t = 27.6e^{-1.41t} + 10.82e^{-0.12t} + 1.56e^{-0.008t}$ และให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.999

การศึกษาแบบจำลองการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินทำโดยนำแบบจำลองการสลายตัวของสารอินทรีย์มาทดสอบกับข้อมูลการสลายตัวของคาร์บอนอินทรีย์ในดินจากแปลงควบคุม (แปลงไม่ใส่สารอินทรีย์) พบว่าแบบจำลองการสะสมอินทรีย์วัตถุคาดการณ์การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุมากเกินความเป็นจริง ทำให้ค่าการสะสมอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าเกินความเป็นจริงคือเป็นศูนย์ ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ในการคาดการณ์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

3) การศึกษาชนิดประชากรจุลินทรีย์และหน้าที่ (กิจกรรม) ของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพจากดินการทดลองระยะยาว

การศึกษานี้จะแบ่งการศึกษาออกเป็นการศึกษาโครงสร้างประชากรของจุลินทรีย์ดิน (soil microbial community structure) และกิจกรรมของเอนไซม์ (enzyme activity analysis) ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพภายใต้สภาวะการบ่ม (incubation study)

การศึกษาโครงสร้างประชากรของจุลินทรีย์ดินเน้นที่เชื้อราในดินทรายที่มีการใส่สารอินทรีย์เป็นเวลายาวนาน 16 ปี โดยใช้เทคนิคซีวโมเลกุล ได้แก่ real time-polymerase chain reaction (RT-PCR) และ conventional polymerase chain reaction (PCR) ในการเพิ่มจำนวนชิ้นยีน (gene copies) พบว่าดินจากกรรมวิธีทดลองที่มีการใส่ใบ+ก้านมะขามร่วงอย่างต่อเนื่องยาวนาน (NTM) มี จำนวนยีน (gene) ที่เพิ่มจำนวนได้มากที่สุด นั่นคือมีปริมาณรามากที่สุด ตามด้วยกรรมวิธี NGN ยีนที่เพิ่มได้จากกรรมวิธี NRS และ NDP น้อยกว่ากรรมวิธี NTM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธี NGN และ C (ไม่ใส่สารอินทรีย์)

การศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ (enzyme activity) ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพภายใต้สภาวะการบ่ม (incubation study) แบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 เป็นการศึกษาหน้าที่ในระยะยาวซึ่งศึกษาการสลายตัวในระยะยาว โดยนำตัวอย่างดินจากแปลงทดลองที่ได้รับสารอินทรีย์อย่างต่อเนื่องปีละครั้ง มาเป็นระยะเวลา 16 ปี (เรียกว่า native หรือ N soil) มีจำนวน 4 ชนิด ได้แก่ NGN, NRS, NDP และ NTM และตัวอย่างดินที่ไม่ได้รับสารอินทรีย์ (control - C soil) มาศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ที่หมุนเวียนคาร์บอน ได้แก่ invertase, β -glucosidase, phenoloxidase และ peroxidase ที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์เหล่านี้ในทุกกรรมวิธีในดิน N soil สูงกว่าดิน C soil กิจกรรมของเอนไซม์ invertase และ β -glucosidase โดยทั่วไปเพิ่มสูงขึ้นในดิน N soil มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเฉพาะกรรมวิธี NGN และ NTM เมื่อเปรียบเทียบกับ C soil กรรมวิธี NDP เป็นกรรมวิธีเดียวที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ phenoloxidase สูงกว่ากรรมวิธี C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกรรมวิธี NRS มีกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase สูงที่สุดและสูงกว่ากรรมวิธี C และ NTM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การทดลองที่ 2 เป็นการทดลองกระบวนการสลายตัวในระยะสั้น โดยนำตัวอย่างดินที่ไม่เคยได้รับสารอินทรีย์ (control: C soil) มาใส่สารอินทรีย์ 4 ชนิดข้างต้นเพิ่มเข้าไป มาศึกษากิจกรรมของเอนไซม์ข้างต้นใต้สภาวะการบ่มเป็นเวลา 56 วัน กิจกรรมของเอนไซม์ invertase ณ วันที่ 0 ของการบ่ม (3 ชั่วโมงหลังใส่สารอินทรีย์) สูงกว่าวันที่ 56 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกรรมวิธี C+RS, C+GN และ C(control) กิจกรรมของเอนไซม์ invertase สูงที่สุดพบในกรรมวิธี C+GN ตามด้วย C+RS ในทั้งสองช่วงเวลา เช่นเดียวกันกิจกรรมของเอนไซม์ β -glucosidase ณ วันที่ 56 สูงในกรรมวิธี C+RS และ C+GN กว่ากรรมวิธี C ในขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ phenoloxidase ในวันที่ 56 สูงที่สุดในกรรมวิธี C+DP และเพิ่มขึ้นกว่าวันที่ 0 อย่างมาก ส่วนกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ณ วันที่ 0 ในกรรมวิธี C+DP ต่ำกว่า C+GN และ C+TM นอกจากนี้ในทุกกรรมวิธียกเว้น C+DP กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ณ วันที่ 56 ต่ำกว่าในวันที่ 0

การศึกษาส่วนที่ 2 นั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้ที่ดินในระบบการทำฟาร์มในพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดต่อการเก็บกักและการเคลื่อนย้ายคาร์บอน ซึ่งเป็นการตรวจเอกสารถึงวิธีการวิเคราะห์คาร์บอนในถ่านที่ระดับความลึกต่างๆ ของดินในแต่ละการใช้ที่ดิน

วิธีการวิเคราะห์ถ่านในดินจำแนกออกเป็น 3 วิธี ได้แก่ การสันดาปแห้ง การสันดาปเปียก และการผสมผสานทั้งสองวิธีเข้าด้วยกัน จากการวิเคราะห์ข้อดีข้อด้อยพบว่า วิธีผสมผสานวิธีการสันดาปเปียกและแห้งเข้าด้วยกันเป็นวิธีที่เหมาะสม หลักการคือ กำจัดคาร์บอนที่ไม่ใช่ส่วนของถ่านออกไปด้วยวิธีสันดาปเปียก คาร์บอนส่วนนี้ไม่คงทนต่อการย่อยสลายเท่าถ่าน จึงสามารถถูกกำจัดโดยการออกซิไดซ์ด้วยสารเคมี (สันดาปเปียก) ได้ สารเคมีที่ใช้แตกต่างกันออกไป เช่น กรดไตรฟลูออโรอะซิติกที่ปราศจากออกซิเจน (O_2 -free trifluoroacetic acid, TFA: $C_2HF_3O_2$) หรือใช้ส่วนผสมระหว่างเปอร์ออกไซด์และกรดไนตริกแบบไม่เข้มข้น (peroxide/diluted nitric acid) เป็นต้น วิธีหลังใช้ 30% H_2O_2 ร่วมกับ 1M HNO_3 เพื่อกำจัดคาร์บอนที่ไม่ใช่ถ่านออกไป และถือว่าคาร์บอนที่เหลืออยู่คือคาร์บอนที่อยู่ในรูปของถ่าน นำคาร์บอนที่เหลืออยู่นี้ไปวิเคราะห์ด้วยวิธีสันดาปแห้ง ซึ่งเป็นวิธีการเผาที่ใช้ความร้อนสูง ซึ่งวิธีนี้มีข้อดีคือเป็นการวิเคราะห์คาร์บอนที่อยู่ในรูปของถ่านที่ค่อนข้างถูกต้อง เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านมาตรฐานที่ทราบปริมาณคาร์บอนชัดเจนแล้ว วิธีนี้ถือว่าเชื่อถือได้ อีกประการหนึ่งคือเป็นวิธีที่ไม่ซับซ้อน