บทสรุปสำหรับผู้บริหาร

การเก็บกักคาร์บอนในดินที่มีการใช้ที่ดินต่างรูปแบบในพื้นที่ลูกคลื่น

รายงานผลการวิจัยปีที่ 3: การใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดินเสื่อมโทรม และการศึกษาหน้าที่และโครงสร้างประชากรราผู้ย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ

ทุนอุดหนุนทั่วไปมหาวิทยาลัยขอนแก่น ประจำปีงบประมาณ 2554

คณะผู้วิจัย: ปัทมา วิตยากร, สมชาย บุตรนันท์ และ ภาณุเดชา กมลมานิทย์

ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยส่วนใหญ่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีเนื้อดินหยาบประกอบด้วยปริมาณอนุภาคดินเหนียวต่ำ มีอินทรียวัตถุต่ำกว่า 0.5% ในดินชั้นบน โดยดัชนีที่สามารถใช้ในการชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของดินได้คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ (soil organic matter; SOM) หรืออินทรีย์คาร์บอน (soil organic carbon; SOC) ในดิน ดังนั้นการเพิ่มหรือการหมุนเวียน SOC กลับคืนสู่ดินจึงเป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของดินได้ แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดินเสื่อมโทรม ได้แก่ การใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพเหมาะสมให้กับดิน เพื่อเพิ่มการสะสมอินทรียวัตถุในดิน ทางกลุ่มวิจัยได้ทำการศึกษาการใช้สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพหรือองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน โดยใส่สารอินทรีย์เหล่านี้อย่างต่อเนื่องและยาวนานนับถึงระยะของโครงการที่รายงานนี้เป็นปีที่ 17 (2538-2554) การศึกษาดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าการใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพเหมาะสมให้กับดินทรายสามารถเพิ่มการสะสม SOM ในดินทรายที่โดยทั่วไปมีการสะสมได้ยาก

ถ่านนับว่าเป็นสารอินทรีย์ประเภทหนึ่งและเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งปัจจุบันกำลังเป็นที่ได้รับความสนใจอย่างมาก ถ่านเมื่อใส่ลงไปในดินแล้ว สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทั้งกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน โดยในทางกายภาพนั้น ถ่านจะลดความหนาแน่นรวมของดิน เนื่องจากถ่านเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูงมากเมื่อเทียบกับดิน และยังทำหน้าที่ในการปรับปรุงโครงสร้างของดิน หรือการเกิดเป็นเม็ดดิน ส่วนทางคุณสมบัติทางเคมีของดิน เช่น เพิ่มพีเอช (pH), ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange capacity) และธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น Ca, Mg และ K เป็นต้น ในแง่ชีววิทยาของดิน ถ่านทำหน้าที่เป็นทั้งอาหารและแหล่งอาศัยของจุลินทรีย์ เนื่องจากในถ่านจะมีสารประกอบที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์ดินด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ถ่านในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินจะต้องพิจารณาคุณสมบัติของถ่าน เนื่องจากถ่านที่ผลิตจากวัสดุและกระบวนการในการผลิต เช่น อุณหภูมิในการเผา อัตราการเพิ่มอุณหภูมิ และระยะเวลาในการเผาที่แตกต่างกัน จะทำให้ถ่านมีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกัน ซึ่งคุณสมบัติที่แตกต่างกันเหล่านี้คาดว่าจะมีอิทธิพลอย่างยิ่งในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน

เมื่อสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบดิน จุลินทรีย์จะเป็นตัวการสำคัญในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น ในกระบวนการย่อยสลายจุลินทรีย์นำคาร์บอนและธาตุอาหารมาสร้างเป็นเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพ (immobilization) และเมื่อจุลินทรีย์ตายลงเนื้อเยื่อจะถูกย่อยสลายทำให้ธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมาในรูปอนินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mineralization) การจัดการดินโดยการใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพแตกต่างกันจึงมีผลต่อมวลชีวภาพ โครงสร้าง (ชนิด, จำนวน) ของประชากรจุลินทรีย์ (soil microbial community structure) และกิจกรรมของจุลินทรีย์ เช่น การหายใจ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ เป็นต้น ดังนั้นการนำเทคนิคทางชีวโมเลกุลมาใช้เพื่อศึกษาชนิดและโครงสร้างของประชากรจึงช่วยให้เข้าถึงบทบาทของคุณภาพของสารอินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ในดิน เทคนิคดังกล่าวได้แก่ terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP) ที่สามารถบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ ควบคู่กับการใช้เทคนิคการเพิ่มจำนวนชิ้นยีน (gene) ที่สนใจโดยการใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลอื่นๆ เช่น conventional polymerase chain reaction (PCR) หรือ real-time polymerase chain reaction (RT-PCR) เป็นต้น ในส่วนหน้าที่ (function) ของจุลินทรีย์ในดินระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์ สามารถศึกษาจากการตรวจวัดกิจกรรมเอนไซม์ของจุลินทรีย์ เนื่องจากการสลายตัวของสารอินทรีย์และการสะสมอินทรียวัตถุในดิน เกิดจาก

กิจกรรมของเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น กิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิดได้รับความสนใจในการศึกษาระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในการหมุนเวียนคาร์บอน เช่น เอนไซม์ β-glucosidase, invertase, phenoloxidase และ peroxidase ดังนั้นการวัดกิจกรรมเอนไซม์เหล่านี้สามารถนำมาใช้เพื่อบ่งชี้ถึงหน้าที่ (function) ของจุลินทรีย์ระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์คุณภาพแตกต่างกันได้

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของถ่านที่ผลิตด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันและอัตราการใส่ต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืช ในดินที่มีเนื้อดินและแร่วิทยาต่างกัน

2. เพื่อศึกษาผลขององค์ประกอบทางเคมี (คุณภาพ) ของสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ โครงสร้างของประชากรจุลินทรีย์และหน้าที่ของจุลินทรีย์โดยศึกษาจากเอนไซม์ โดยเน้นที่เชื้อราจากการใส่สารอินทรีย์คุณภาพแตกต่างกันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 16 ปี ในดินทราย

วิธีการดำเนินงาน แบ่งการศึกษาเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการศึกษาการใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงดิน โดยดินที่ใช้ในการศึกษานี้มี 2 ชนิด ที่มีเนื้อดินและคุณสมบัติทางแร่วิทยาที่แตกต่างกัน คือชุดดินโคราช (Khorat series: isohyperthermic, Typic (Oxyaquic) Kandiustults) ซึ่งเป็นดินเนื้อทรายร่วน และชุดดินวาเฮียวา (Wahiawa series: clayey, kaolinitic, isohyperthermic, Tropeptic Eutrustox) ซึ่งเป็นดินเนื้อเหนียว ส่วนถ่านที่ใช้ศึกษาเป็นสารปรับปรุงดินผลิตจากวัตถุดิบคือส่วนปลายของไม้ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ที่เหลือจากการตัดส่งโรงงานทำกระดาษแต่มีวิธีการเผาที่แตกต่างกัน ชนิดแรกเป็นถ่านที่ผลิตโดยวิธีพื้นบ้านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (traditional kiln หรือ TK-biochar) โดยถ่านที่ได้รับการคัดเลือกนั้นผลิตโดยกลุ่มผู้เผาถ่านที่เป็นสมาชิกของสวนป่ามัญจาคีรี อ. มัญจาคีรี จ. ขอนแก่น และชนิดที่สองเป็นถ่านที่ถูกผลิตด้วยวิธี flash carbonization techniques (FC-biochar) ซึ่งเป็นวิธีการเผาที่ให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว โดยมีอัตราการเพิ่มอุณหภูมิ 25^{0}C/min จนถึงอุณหภูมิ 350^{0}C โดยให้คงอุณหภูมิไว้ที่ 350^{0}C เป็นเวลา 1.4 นาที ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นที่ Hawaii Natural Energy Institute มหาวิทยาลัยฮาวาย ประเทศสหรัฐอเมริกา ดำเนินแผนการทดลองแบบ factorial in RCBD (randomized complete block design) ประกอบด้วย 3 ปัจจัยการทดลอง คือ 1) ดิน 2 ชนิด คือ ชุดดินโคราชและวาเฮียวา, 2) ถ่าน 2 ชนิด คือ TK-biochar และ FC-biochar และ 3) อัตราถ่าน 5 ระดับ คือไม่ใส่ถ่านและไม่ใส่ปุ๋ย, ไม่ใส่ถ่านแต่ใส่ปุ๋ย, ใส่ถ่าน 1%, ใส่ถ่าน 2% และใส่ถ่าน 4% ของน้ำหนักดิน (ทุกกรรมวิธีที่ใส่ถ่านจะใส่ปุ๋ยรองพื้นร่วมด้วย) ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยทำการปลูกข้าวโพด 2 ครั้ง ซึ่งในการปลูกครั้งที่ 2 นั้นจะใช้ดินจากการปลูกครั้งที่ 1 (ปลูกข้าวโพดลงในดินของกระถางเดิม) โดยจะไม่มีการใส่ถ่านและปุ๋ยเพิ่มอีก

การศึกษาส่วนที่สองเป็นการศึกษาระยะยาวของดินที่มีการใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพต่อการเปลี่ยนแปลงและการสะสมอินทรียวัตถุในดินทราย ในสถานีทดลองสำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดขอนแก่น ต.ท่าพระ อ.เมือง จ. ขอนแก่น ซึ่งมีการใส่สารอินทรีย์คุณภาพ(องค์ประกอบทางเคมี) แตกต่างกัน 5 กรรมวิธีทดลอง คือ กรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่มีการใส่สารอินทรีย์, ซากต้นใบถั่วลิสง(groundnut stover) ซึ่งจัดว่ามีคุณภาพสูง กล่าวคือมี N สูงแต่มีลิกนินและโพลีฟีนอลต่ำ, ใบ(+ก้าน)มะขามร่วง (tamarind) จัดว่ามีคุณภาพปานกลาง (มี N, ลิกนินและโพลีฟีนอลปานกลาง), ใบพลวงร่วง (dipterocarp) จัดว่ามีคุณภาพต่ำ (มี N ต่ำ แต่มีลิกนินและโพลีฟีนอลสูง) และฟางข้าว (rice straw) ซึ่งมีคุณภาพที่แตกต่างออกไป กล่าวคือ มีองค์ประกอบทั้งสามต่ำ แต่มีเซลลูโลสสูงที่สุด โดยกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์ทำการใส่ในอัตรา 10 ตัน/เฮกตาร์ โดยใส่ทุกปี ปีที่ศึกษานี้เป็นปีที่ 16 โดยส่วนนี้จะเป็นการศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ ด้วยวิธีวัดหากิจกรรมของเอนไซม์ (enzyme activities) ได้แก่ เอนไซม์ invertase, β-glucosidase, phenoloxidase และ peroxidase) โดยเปรียบเทียบในดินที่ได้รับสารอินทรีย์เป็นประจำทุกปี เป็นเวลา 16 ปี หรือ native (N)

soil กับดินที่ไม่เคยได้รับสารอินทรีย์มาก่อนหรือดิน control (C) soil และใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพใหม่ลงไป ในการทดลองบ่มดิน 600 กรัม ในขวดแก้ว (microcosm study) ในสภาพควบคุมอุณหภูมิและความชื้นดิน ซึ่งมีกรรมวิธีทดลอง 13 กรรมวิธี แบ่งเป็นกลุ่ม C soil 5 กรรมวิธีได้แก่ C soil (ไม่ใส่สารอินทรีย์), C soil ที่ใส่สารอินทรีย์ (residues) ต่างคุณภาพเข้าไปใหม่ หรือ C+Rได้แก่ ฟางข้าว (C+RS), ซากถั่วลิสง (C+GN), ใบพลวงร่วง (C+DP) และใบมะขามร่วง (C+TM) และกลุ่ม N soil 8 กรรมวิธีทั้งที่ไม่ใส่ (NRS, NGN, NDP และ NTM) และใส่สารอินทรีย์ (N+R) ทั้ง 4 ชนิดเข้าไปใหม่ (NRS+RS, NGN+GN, NDP+DP และ NTM+TM) และศึกษาโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์โดยเน้นที่เชื้อราโดยใช้เทคนิค terminal restriction fragment length polymorphism (T-RFLP)

ผลการวิจัย

การศึกษาการใช้ถ่านเป็นสารปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าคุณสมบัติของดินหลังปลูกที่มีการผสมคลุกเคล้ากับ FC-BC ทั้งในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และ 2 มีค่า pH เพิ่มขึ้นตามอัตราของถ่านที่เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ส่วนดินที่มีการผสมคลุกเคล้ากับ TK-BC นั้นเริ่มแสดงออกในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 2 อย่างไรก็ตามค่า pH ของดินลดลงเมื่อมีการใส่ปุ๋ย ส่วนปริมาณ P ในดิน เพิ่มขึ้นไปตามอัตราของถ่านที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ความหนาแน่นรวมของดินลดลงตามอัตราของถ่านที่เพิ่มขึ้น ในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 นั้นความสูงของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินโคราชและชุดดินวาเฮียวาไม่ได้รับอิทธิพลจากชนิดและอัตราของถ่าน แต่จะแสดงผลในการปลูกครั้งที่ 2 ข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินโคราชและชุดดินวาเฮียวาที่ผสมคลุกเคล้ากับถ่าน TK-BC และ FC-BC ในอัตรา 1, 2 และ 4% โดยน้ำหนัก ไม่ได้มีความสูงแตกต่างกัน แต่ในการวัดความสูงครั้งสุดท้ายทั้ง 2 ชุดดิน ข้าวโพดมีความสูงมากกว่าดินที่ไม่ได้รับถ่าน แม้จะได้รับปุ๋ยในอัตราเดียวกันกับดินที่ได้รับถ่าน ส่วนผลผลิตมวลชีวภาพ (biomass) หรือน้ำหนักแห้งของข้าวโพด ในการปลูกครั้งที่ 1 นั้นน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในดินทั้ง 2 ชุดดินไม่ได้ตอบสนองต่อชนิดและอัตราของถ่าน ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 ดินทั้ง 2 ชุดดินที่ได้รับถ่าน TK-BC และ FC-BC ในอัตราต่างๆ ทำให้น้ำหนักแห้งของข้าวโพดมีมากกว่าข้าวโพดที่ปลูกในดินที่ไม่ได้ผสมคลุกเคล้ากับถ่าน ผลแสดงชัดเจนว่าอิทธิพลของชนิดและอัตราถ่านทั้งในชุดดินโคราชและชุดดินวาเฮียวาไม่ได้มีทั้งต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโต(ความสูงและน้ำหนักแห้ง) ของข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 แต่จะมีผลชัดเจนในการปลูกพืชครั้งที่ 2

ผลการศึกษาหน้าที่ของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะการบ่ม (incubation study) โดยศึกษาเอนไซม์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายองค์ประกอบอินทรีย์ที่ต้านทานการย่อยสลายได้ต่างกันในสารอินทรีย์ต่างคุณภาพทั้งในสารอินทรีย์ที่ใส่เข้าไปใหม่และในอินทรียวัตถุที่สะสมเดิมในดินอยู่แล้ว พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ invertase มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ทั้ง C-soil (ดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์) และ N-soil (ดินที่มีการใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพติดต่อกันเป็นระยะเวลา 16 ปี) มีกิจกรรมของเอนไซม์ invertase สูงที่สุด ตามด้วยกรรมวิธี NTM+TM (ดินที่มีการใส่ใบ(+ก้าน)มะขามร่วงต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 16 ปี และใส่ใบ(+ก้าน)มะขามร่วงเข้าไปใหม่) ในกรรมวิธี C-soil ที่มีการใส่สารอินทรีย์เพิ่มเข้าไปใหม่ พบว่ากรรมวิธี C+GN (ดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ และใส่ซากถั่วลิสงเข้าไปใหม่) มีกิจกรรมของเอนไซม์ invertase สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่สารอินทรีย์ชนิดอื่น เช่นเดียวกับกิจกรรมของเอนไซม์ β-glucosidase ในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ทั้ง C-soil และ N-soil มีเอนไซม์ β-glucosidase เพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์เข้าไปใหม่ ขณะที่กรรมวิธี C soil มีกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำสุด กิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase ในกรรมวิธี C soil ที่มีการใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่มีเพิ่มขึ้น โดยสูงที่สุดในกรรมวิธี C+TM ตามด้วยกรรมวิธี C+RS, C+GN และ C+DP การใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ใน N-soil ส่วนใหญ่ทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง ยกเว้นกรรมวิธี NRS+RS ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ peroxidase เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ phenoloxidase ในกรรมวิธี C soil ที่มีการใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ พบว่ากรรมวิธี C+DP มีกิจกรรมของเอนไซม์สูงที่สุด ตามด้วยกรรมวิธี C+GN, C+TM และ C+RS ส่วนกรรมวิธี N-soils ที่มีการใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่พบว่ากรรมวิธี NGN+GN มีกิจกรรมของเอนไซม์

phenoloxidase สูงสุด ตามด้วยกรรมวิธี NDP+DP, NTM+TM และ NRS+RS ทั้งนี้กรรมวิธีที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ พบว่ากรรมวิธี NDPมีกิจกรรมของเอนไซม์ phenoloxidase สูงสุด ตามด้วยกรรมวิธี NGN, NTM และ NRS

ผลการศึกษาประชากรจุลินทรีย์โดยเน้นที่เชื้อราที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพในดินเนื้อทราย โดยใช้เทคนิคชีวโมเลกุล ได้แก่ real time-polymerase chain reaction (RT-PCR) และ conventional polymerase chain reaction (PCR) ในการเพิ่มจำนวนชิ้นยีน (gene copies) พบว่า การใส่สารอินทรีย์คุณภาพต่างกันต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 16 ปี ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรรา โดยเฉพาะกรรมวิธีที่ใส่ใบ(+ก้าน)มะขาม (NTM) มีการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของประชากรราแตกต่างกรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีวิเคราะห์รูปแบบความหลากหลายของยีน (terminal restriction fragment length polymorphism; T-RFLP) จากตัวอย่างที่ใช้เอนไซม์ 2 ชนิดในการตัดจำเพาะ คือ MSP I และ HAE III ในขณะที่ผลของการวิเคราะห์ similarities ที่ได้จากการวิเคราะห์ non-metric multidimensional scaling (nMDS) โดยวิธี Bray-Curtis จากการใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ คือ MSP I และ HAE III ชี้ให้เห็นว่าประชากรราในกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์ (N-soils) มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ (C-soil) ผลจากการใช้เอนไซม์ MSP I ในการตัดจำเพาะพบว่ากรรมวิธี NTM มีการเปลี่ยนแปลงของประชากรรามากที่สุด ขณะที่การใช้เอนไซม์ HAE III ในการตัดจำเพาะพบว่ากรรมวิธี NDP มีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรรามากที่สุด ตามด้วยกรรมวิธี NTM เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ (C)