

รหัสโครงการ : DBG 5180007

ชื่อโครงการ : การจัดการเศษซากพืชในระบบการทำฟาร์มเพื่อฟื้นฟูดินเสื่อมโทรม
และเพิ่มการเก็บกักคาร์บอน

ชื่อนักวิจัย : รศ.ดร. ปัทมา วิตยากร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
รศ.ดร.วิทยา ตริโลเกศ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ผศ. ดร. ชุติมาศ บุญไทย อีวาย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

E- mail Address : patma@kku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 3 ปี (1 พฤษภาคม พ.ศ. 2551 – 30 เมษายน พ.ศ. 2554)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีเป้าหมายที่จะศึกษาวิธีการทางอินทรีย์ผ่านทางการใช้เศษซากพืชที่หาได้ในระบบฟาร์มที่จะฟื้นฟูดินความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายที่เสื่อมโทรม โดยให้สามารถมีเกณฑ์ในการคัดเลือกสารอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมในการฟื้นฟูดิน ทั้งในระยะสั้น คือการให้ธาตุอาหารแก่พืช และในระยะยาวคือการสะสมอินทรีย์วัตถุ (SOM) หรืออินทรีย์คาร์บอน (SOC) ในดิน และมีผลพลอยได้ในการเก็บกักคาร์บอนไว้ในดิน เพื่อลดคาร์บอนในบรรยากาศ การศึกษานี้จึงเน้นศึกษาการสลายตัวของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีคุณภาพหรือองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน ได้แก่ ความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน สารประกอบที่ต้านทานการสลายตัว ได้แก่ ลิกนิน และโพลีฟีนอลส์ และเซลลูโลส รวมทั้งอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N) ลิกนินต่อไนโตรเจน โพลีฟีนอลส์ต่อไนโตรเจน และ (ลิกนิน+ โพลีฟีนอลส์) ต่อไนโตรเจน นอกจากปัจจัยคุณภาพของสารอินทรีย์แล้ว ยังศึกษาปัจจัยหลักที่มีผลต่อการย่อยสลายอื่น ๆ ได้แก่ ปัจจัยสิ่งมีชีวิตผู้ย่อยสลาย (สัตว์และจุลินทรีย์) และปัจจัยสภาพแวดล้อม เน้นที่การจัดการดินโดยการรบกวนดินหรืออีกนัยหนึ่งเลียนแบบการไถพรวน ในบทคัดย่อนี้จะมีผลการศึกษาหลักที่ได้รับการตีพิมพ์แล้วในวารสารนานาชาติ 2 เรื่องและวารสารระดับชาติ 1 เรื่อง ส่วนผลการศึกษาอื่น ๆ ที่ยังคงดำเนินการและ/หรือจะได้นำไปตีพิมพ์ต่อไปจะได้ระบุโดยย่อ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินทรายที่ได้รับสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ (ฟางข้าว ซากถั่วลิสง ใบพลวงร่วง และใบ-ก้านมะขามร่วง) อย่างต่อเนื่องยาวนานกว่า 10 ปี มีสูงที่สุดในสารอินทรีย์ที่มีคุณภาพระดับปานกลาง ซึ่งในการศึกษานี้คือ ใบมะขามร่วง ซึ่งจะส่งเสริมให้มีการสะสม SOM ได้มาก การที่ใบมะขามส่งผลให้เกิดเม็ดดินขนาดเล็ก หรือ small macroaggregates (0.25-2 มม.) เป็นปริมาณมาก แสดงว่า small macroaggregates เป็นแหล่งหลักแหล่งหนึ่งของการสะสม SOM สารอินทรีย์คุณภาพต่ำประเภทที่มี N ต่ำแต่ลิกนินและโพลีฟีนอลส์สูง เช่น ใบพลวงร่วง จะมี SOM ในรูปเป็นชิ้น (particulate organic matter-POM) สะสมอยู่มาก POM นี้ยังรอสลายตัวต่อไป และสารอินทรีย์คุณภาพต่ำไม่เอื้อให้เกิดการสะสมใน small macroaggregate แต่กลับทำให้มี large macroaggregate (> 2 มม.) มาก อย่างไรก็ตาม large macroaggregate มีเป็น

สัดส่วนที่น้อย (น้อยกว่า 5%) ในดินทราย ทำให้ไม่เป็นส่วนที่จะช่วยสะสมคาร์บอนไว้ได้ ส่วนสารอินทรีย์คุณภาพต่ำประเภทที่มีทั้ง N, ลิกันินและโพลีฟีนอลส์ต่ำ แต่มีเซลลูโลสสูง เช่น ฟางข้าว ไม่เอื้อให้เกิดการสะสม SOM เพราะไม่มีสารประกอบที่จะนำไปสู่การสร้างสารชีวโมเลกุลที่จะสะสมอยู่ในดินได้ ฟางข้าวมีปริมาณ large และ small macroaggregates ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับสารอินทรีย์อื่น ๆ ที่ศึกษา การสะสม SOM มีความสอดคล้องกับกิจกรรมและประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการใช้สารประกอบคาร์บอนจากกระบวนการสลายตัว ดินที่ได้รับสารอินทรีย์คุณภาพปานกลาง (ใบมะขามร่วง) มีกิจกรรมจุลินทรีย์โดยพิจารณาจากค่าการปลดปล่อย CO₂-C ค่อนข้างต่ำ (โดยมีการปลดปล่อย CO₂-C เพียง 33% ของคาร์บอนที่ใส่) ซึ่งต่ำกว่าของฟางข้าว (71 %) ในขณะที่ประสิทธิภาพของจุลินทรีย์มีสูงที่สุดในกรรมวิธีใบมะขาม โดยดูจากค่า metabolic quotient (qCO₂) ที่ต่ำที่สุด กระบวนการสลายตัวของสารอินทรีย์เหล่านี้สามารถอธิบายเชิงคณิตศาสตร์โดยใช้ double pool decomposition model ซึ่งอธิบายการสลายตัวเป็นสองช่วง โดยในช่วงแรกของการสลายตัว (8 สัปดาห์แรก) มีอัตราการสลายตัวที่สูง โดยฟางข้าวมีอัตราการสลายตัวสูงที่สุด รองลงมาคือ ชากถั่วลิสง มะขามและพลวง อัตราการสลายตัวได้รับอิทธิพลจากองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ ได้แก่ความเข้มข้นของไนโตรเจน (N) โดยมีสหสัมพันธ์ในทางลบ โดย N เป็นตัวชี้สารประกอบที่สลายตัวง่าย (labile compounds) การสลายตัวในช่วงหลัง (หลังจาก 8 สัปดาห์) ถูกจำกัดโดยสารประกอบคาร์บอนที่สลายตัวยาก ได้แก่ ลิกันิน และโพลีฟีนอลส์ ทำให้อัตราการสลายตัวลดต่ำลงมาก โดยใบพลวงมีอัตราการสลายตัวต่ำที่สุดและฟางข้าวสูงที่สุด การสะสม SOM ในดินที่ได้รับสารอินทรีย์ส่งผลให้ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่าดินที่ไม่ได้รับสารอินทรีย์ ได้แก่ ดินมีปริมาณเม็ดดินมากขึ้นและขนาดเม็ดดินเฉลี่ยใหญ่ขึ้น ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินลดลง และดินมีการซึมน้ำดีขึ้น ส่งผลถึงการระบายน้ำและอากาศที่ดีขึ้น คุณสมบัติทางเคมีที่สำคัญคือ การเพิ่มความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารที่เป็นไอออนประจุบวก (effective cation exchange capacity – ECEC) ซึ่งมีค่าสูงที่สุดในกรรมวิธีใบมะขามร่วง ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น

ผลการศึกษาอื่น ๆ ในโครงการนี้ที่กำลังดำเนินอยู่ และ/หรือจะได้นำผลไปเขียนเป็นบทความเพื่อส่งตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติต่อไป ประกอบด้วย การศึกษาบทบาทของสัตว์ในดิน (fauna) และจุลินทรีย์ดินในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ ซึ่งได้ผลการศึกษาเบื้องต้นแล้ว การศึกษาสัตว์ได้ผลความหลากหลายทางชีวภาพ และชนิดสัตว์ตัวเด่นในกรรมวิธีทดลองที่ได้รับสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ ส่วนบทบาทจุลินทรีย์ในการย่อยสลาย ได้ศึกษาเอนไซม์ 4 ชนิด ได้แก่ อินเวอร์เตส เบตากลูโคซิเดส เพอร์ออกซิเดส และฟีนอลออกซิเดส ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายองค์ประกอบอินทรีย์ที่ด้านทานการย่อยสลายได้ต่างกัน ในสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ ทั้งในสารอินทรีย์ที่ใส่เข้าไปใหม่และในอินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่เดิมในดินอยู่แล้ว ในดินที่ได้รับสารอินทรีย์เหล่านี้อย่างต่อเนื่องยาวนาน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเพื่อวินิจฉัยชนิดและปริมาณพืชพรรณธรรมชาติ (วัชพืช) ที่เจริญเติบโตในระบบนิเวศที่มีดินที่ได้รับ

สารอินทรีย์ต่างคุณภาพ และปัจจัยสภาพแวดล้อมทางกายภาพ (การรบกวนดิน) ที่มีผลต่อการสลายตัวของสารอินทรีย์ด้วย ในด้านการศึกษาการเก็บกักคาร์บอน ทางโครงการได้ประเมินปริมาณคาร์บอนในดินที่มีการใช้ที่ดินต่าง ๆ ในพื้นที่ทำการเกษตรทั้งพืชไร่ และนา รวมทั้งป่าในสภาพภูมิประเทศลูกคลื่นลอนลาดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อศึกษาการเก็บกักคาร์บอนในดินเหล่านี้ที่ความลึกถึง 1 เมตร ซึ่งพบว่าดินยังมีการสะสมคาร์บอนในดินชั้นล่าง ดังนั้นการศึกษาศักยภาพในการเก็บกักคาร์บอนของดินจึงควรศึกษาในดินชั้นล่างลึกลงไปไม่ต่ำกว่า 1 เมตร นอกจากนี้ยังศึกษาปริมาณและการเคลื่อนที่แนวดิ่งในหน้าตัดดินของอินทรีย์วัตถุส่วนที่ละลายน้ำ (dissolved organic matter – DOM) ที่มีแหล่งมาจากการสลายตัวของสารอินทรีย์คุณภาพสูง ในสภาพจำลองของแท่งดิน (soil column) ทำให้ได้ข้อมูลว่า DOM เคลื่อนที่ตามน้ำไปสะสมตัวในชั้นดินที่ลึกลงไป ที่มีความเหนียวเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีอนุภาคดินเหนียวดูดซับ DOM ไว้

Project code: DBG 5180007

Project title: Management of organic residues in farming systems for rehabilitating degraded soils and increasing soil carbon sequestration

Investigator: Assoc. Prof. Dr. Patma Vityakon
Faculty of Agriculture, Khon Kaen University
Assoc. Prof. Dr. Vidhaya Trelo - ges
Faculty of Agriculture, Khon Kaen University
Asst. Prof. Dr. Chuleemas Boonthai Iwai
Faculty of Agriculture, Khon Kaen University

E- mail Address : patma@kku.ac.th

Project Period: 3 year (1 May 2009 – 30 April 2011)

Abstract

The research project had the goal of investigating ways to restoring fertility of degraded sandy soils by organic means through the use of plant residues locally available in farming systems. Further goal was to produce criteria to select organic residues that had appropriate quality to restore soil fertility both in the short (providing nutrients) and long term (accumulation of soil organic matter - SOM or carbon - SOC). The associated outcome of increasing SOC or in other words, increasing soil C sequestration is reducing atmospheric C. As such, this research emphasized investigating decomposition of organic residues differing in quality or chemical composition including contents of nitrogen (N), resistant to decomposition compounds, i.e., lignin and polyphenols, cellulose and ratios of C to N and those of resistant compounds to N. In addition to residue quality factor, the research also investigated other factors regulating decomposition including decomposer organisms (fauna and microorganisms) and physical environment as modified by soil management notably, soil disturbance which imitate ploughing. This abstract contains the main results which have been published in two papers in international journals and one paper in a national journal. As for other research results which are still under investigation and/or are to be later published are mentioned briefly. It was shown that SOM accumulation in sandy soils which had received different quality organic residues (i.e., rice straw, groundnut stover, dipterocarp leaf litter, and tamarind leaf-petiole litter) continuously for more than 10 years, was highest under tamarind. Tamarind litter is considered a medium quality

organic residue. The high quantity of small macroaggregates (size 0.25-2 mm) formed indicated that it was a main location of SOM accumulation. Meanwhile, low quality organic residue which had low N but high lignin and polyphenols, such as dipterocarp leaf litter, had high SOM in particulate organic matter (POM) form. POM was still decomposing. This type of low quality residue did not lead to SOM accumulation in small macroaggregates but had large quantity of large macroaggregates (> 2 mm). However, the large macroaggregates constituted only a small proportion of soil weight (< 5%) in the sandy soils, and therefore, did not contribute to SOM accumulation. As for another type of low quality organic residue which had low N, lignin and polyphenols but had high cellulose contents, such as rice straw, did not lead to SOM accumulation. This was because there were little precursors for synthesis of humic substances (a stable pool of SOM which can persist in soils.) Rice straw had the lowest quantities of large and small macroaggregates among various organic residues studied. SOM accumulation was closely related to microbial activities and efficiency in utilizing carbonaceous compounds associated with decomposition process. Soil applied with medium quality organic residues (tamarind leaf litter) had low microbial activity (as indicated by low $\text{CO}_2\text{-C}$ evolution) (33% of C applied) which was lower than that of the rice straw (71%). Meanwhile, microbial efficiency in utilizing C in decomposition was the highest under tamarind as indicated by the lowest metabolic quotient ($q\text{CO}_2$). Decomposition of the different quality organic materials studied could fit into a double pool decomposition mathematical model which separated decomposition into two phases. The early phase (first 8 weeks) had high decomposition rate which the highest was found in rice straw followed by groundnut stover, tamarind and dipterocarp in a decreasing order. Decomposition rate was influenced by chemical composition of organic residues. Nitrogen content had negative correlation with decomposition. Nitrogen represented labile compounds constituents of organic residues. Decomposition in the later phase (after 8 weeks) was limited by compounds resistant to decomposition, i.e., lignin and polyphenols, resulting in much lower rates than that of the first phase. Dipterocarp leaf litter had the lowest decomposition rate of the later phase, while rice straw had the highest. SOM accumulation resulted from organic residue application brought about improvement in soil physical properties over the soil not treated with residues. The former soils had higher quantities and larger average size of aggregates which led to lower bulk density and higher infiltration rates than the latter soil. The major improvement in soil chemical property was with regard to

increasing nutrient retention as indicated by higher effective cation exchange capacity (ECEC) which was highest under tamarind litter. These improvements in soil properties led to increased soil fertility.

Other activities of the research project have been in progress and/or some results are in preparation for publication in international or national journals. These include investigation on the roles of soil fauna and microorganisms in decomposition of different quality organic residues which have produced some preliminary results. Biodiversity and prominent species of soil fauna under different quality organic residues have been identified. Meanwhile, investigation has been underway on 4 microbial enzymes including invertase, β -glucosidase, peroxidase and phenoloxidase which play important roles in decomposing organic compounds differing in resistance to decomposition in various organic residues, both newly added residues and in indigenous SOM, in soil treated with the residues continuously in the long term. In addition, data have been generated pertaining to identifying and quantifying natural vegetation (weeds) in ecosystems receiving applications of different quality organic residues and effects of physical environment factor (as modified by soil disturbance) on decomposition of different quality organic residues. As for the investigation into soil C sequestration, the project has evaluated soil C contents under different land uses in agricultural fields (upland field crops, paddies and reserved forest in agricultural landscape) situated in a typical undulating terrain of the Northeast. This was to evaluate soil C sequestration potential in soil profiles down to 1 meter. Results have shown that C accumulation could be found in subsoils which indicated that evaluation of the potential of soil to sequester C should be done down to at least 1 meter soil depth. In addition, the project investigated vertical movement of SOM resulted from application of a high quality organic residue in profiles of a sandy textured soil employing soil profile model (soil columns). The results showed that dissolved organic matter (DOM) moved vertically along with water to accumulate in finer textured subsoils which could adsorb the DOM due to increased clay contents.