บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือของไทยส่วนใหญ่เป็นดินที่มีคุณภาพต่ำ เนื่องจากมีเนื้อดินหยาบประกอบด้วยปริมาณอนุภาคดินเหนียวต่ำแต่อนุภาคทรายสูง และนอกจากนี้ยังมีอินทรียวัตถุต่ำ (สมญา และ ปัทมา, 2547) โดยดัชนีที่สามารถใช้ในการชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ คือ ปริมาณอินทรียวัตถุ (soil organic matter; SOM) หรืออินทรีย์คาร์บอน (soil organic carbon; SOC) ในดิน (Tangtrakarnpong and Vityakon, 2002) โดยปริมาณอินทรียวัตถุในดินชั้นบนของดินทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีค่าต่ำกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นการเพิ่มหรือการหมุนเวียน SOC กลับคืนสู่ดินจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มผลิตภาพของดินได้ แนวทางหนึ่งในการแก้ไขปัญหาดินเสื่อมโทรมได้แก่การใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพเหมาะสมให้กับดิน เพื่อเพิ่มการสะสมอินทรียวัตถุในดิน ทางกลุ่มวิจัยได้ทำการศึกษาการใช้สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพหรือองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน โดยใส่สารอินทรีย์เหล่านี้อย่างต่อเนื่องและยาวนานประมาณนับถึงระยะของโครงการที่รายงานนี้เป็นปีที่ 17 (2538-2554) โดยศึกษาอิทธิพลของสารอินทรีย์เหล่านี้ในการเพิ่มอินทรียวัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยรวม การศึกษาดังกล่าวได้แสดงให้เห็นว่าการใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพเหมาะสมให้กับดินทรายสามารถเพิ่มการสะสม SOM ในดินทรายที่โดยทั่วไปมีการสะสมได้ยาก เนื่องจากสารอินทรีย์แต่ละชนิดมีระยะเวลาในการย่อยสลายและสะสมอินทรียวัตถุในดินต่างกันขึ้นอยู่กับคุณภาพหรือองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ การศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าสารอินทรีย์คุณภาพปานกลาง ได้แก่ ใบมะขามร่วง (มีปริมาณ N ลิกนินและโพลีฟีนอลปานกลาง) ทำให้เกิดการสะสม SOM สูงที่สุด ในขณะที่ฟางข้าว (มี N ลิกนิน และโพลีฟีนอลต่ำ แต่มีเซลลูโลสสูง) มีการสะสม SOM ต่ำที่สุด สารประกอบทางเคมีในสารอินทรีย์ที่ง่ายต่อการย่อยสลาย เช่น น้ำตาล และโปรตีน เป็นต้น จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในทันที ขณะที่สารประกอบทางเคมีที่ต้านทานต่อการย่อยสลาย เช่น ลิกนิน และโพลีฟีนอล ต้านทานการสลายตัว ทำให้การปลดปล่อยธาตุอาหารเป็นไปอย่างช้าๆ แต่ธาตุอาหารจะเป็นประโยชน์ต่อพืชในระยะยาว (Vityakon et al., 2000; ปัทมา และอรรณพ 2552)

ถ่านนับว่าเป็นสารอินทรีย์ประเภทหนึ่งและเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งสำหรับใช้ปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งปัจจุบันกำลังเป็นที่ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากมีคุณสมบัติทั้งในการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและอาจช่วยบรรเทาภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง (Lehmann, 2006; Lehmann et al., 2006) เนื่องจากถ่านที่ถูกคลุกเคล้าลงไปในดินบางส่วนต้านทานการย่อยสลายสามารถอยู่ในดินได้เป็นเวลานานนับพันปี จึงช่วยเก็บกักคาร์บอนไว้ในดินนับเป็น

การลดปริมาณคาร์บอนในบรรยากาศ ในประเด็นนี้ Sombroek (1966) ผู้ซึ่งศึกษาดินแถบลุ่มน้ำอะเมซอน ได้พบว่ามีดินชนิดหนึ่งชื่อ *Terra preta de indio* หรือ *Terra preta* หรือดินดำอินเดียน ดินดังกล่าวนี้มีสีดำอันเนื่องมาจากสีของถ่าน และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ทั้งที่เป็นดินในอันดับออกซิโซล (Oxisols) และแร่ประกอบดินส่วนใหญ่เป็นคาโอลิไนท์ (kaolinite) และอยู่ในเขตร้อนชื้น ขณะนี้ประเด็นดังกล่าวกำลังเป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์ทั่วโลก เนื่องจากการใส่ถ่านในดินนอกจากจะเพิ่มผลิตภาพของดินแล้วยังสามารถช่วยชะลอปัญหาโลกร้อนได้

ถ่านเมื่อใส่ลงไปในดินแล้ว สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน โดยในทางกายภาพนั้น ถ่านจะลดความหนาแน่นรวมของดิน ทั้งในทางตรงและทางอ้อม อิทธิพลในทางตรงนั้น เนื่องจากถ่านเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูงมากเมื่อเทียบกับดิน (Verheijen et al., 2010) เมื่อคลุกเคล้าลงไปในดิน จึงเป็นการลดความหนาแน่นรวมของดิน ส่วนในทางอ้อมนั้น ถ่านจะทำหน้าที่คล้ายกับสารอินทรีย์อื่นๆ กล่าวคือ ทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการปรับปรุงโครงสร้างของดิน หรือการเกิดเป็นเม็ดดิน (Brodowski et al., 2005) ส่วนทางคุณสมบัติทางเคมีของดิน เช่น เพิ่มพีเอช (pH), ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange capacity) และธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น Ca, Mg และ K เป็นต้น ในแง่ชีววิทยาของดิน ถ่านทำหน้าที่เป็นทั้งอาหารและแหล่งอาศัยของจุลินทรีย์ เนื่องจากในถ่านจะมีสารประกอบที่เป็นอาหารของจุลินทรีย์ดินด้วย อาทิ สารจำพวกน้ำมัน (bio-oil) (Diebold, 2000), เถ้า, กรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) (Steiner et al., 2008), สารระเหย (Deenik et al., 2008; Deenik et al., 2009; McClellan et al., 2009) และสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ชนิดต่างๆ เป็นต้น ซึ่งปริมาณของสารเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและเทคนิคในการเผา (Antal and Gronli, 2003; Bourke et al., 2007; Mészáros et al., 2007) ในแง่ของการเป็นแหล่งอาศัย (Kim et al., 2007; Thies and Rillig, 2009) คือ การที่ถ่านเป็นวัสดุที่มีความพรุนสูง (Diebold, 2000; Steiner et al., 2008) จึงทำให้ถ่านเป็นแหล่งอาศัยอย่างดีสำหรับจุลินทรีย์ ซึ่งจุลินทรีย์เหล่านี้จะมีบทบาทอย่างมากในการปลดปล่อยธาตุอาหารและฮอร์โมนบางชนิดให้แก่พืช (Noguera et al., 2010)

การศึกษาความสำคัญของคาร์บอนที่เก็บกักไว้ในรูปของถ่าน (charcoal carbon; CC) ในดิน เพื่อให้ทราบอิทธิพลของถ่านต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินหรือแม้แต่ในแง่ของการชะลอปัญหาโลกร้อนนั้น จะต้องทำความเข้าใจก่อนว่า ปริมาณ CC ในดิน แต่ละพื้นที่นั้น มีอยู่มากน้อยเพียงใด แต่ในปัจจุบันนี้ วิธีวิเคราะห์ปริมาณ CC ยังไม่มีวิธีการใดที่เป็นมาตรฐานที่นักวิทยาศาสตร์โดยทั่วไปให้การยอมรับ เนื่องจากยังเป็นประเด็นใหม่ที่กำลังเป็นที่สนใจของนักวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ค่า CC ที่วิเคราะห์ได้ยังมีความแปรปรวนสูง เห็นได้จากการทดลองของ Schmidt et al. (2001) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบวิธีวิเคราะห์ปริมาณ CC จำนวน 6 วิธี โดยใช้ตัวอย่างดินจากประเทศออสเตรเลียจำนวน 8 ตัวอย่าง ทั้งนี้ได้มีการเปรียบเทียบวิธีการเดียวกันระหว่างห้องปฏิบัติการด้วย พบว่าปริมาณ CC มีความแตกต่างกันสูงสุดถึง 571 เท่า

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะเป็นที่ทราบว่าขณะนี้ ยังไม่มีวิธีการที่เป็นมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณ CC แต่มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบหลักการและความก้าวหน้าในวิธีการวิเคราะห์แบบต่างๆ เพื่อที่จะสามารถนำวิธีการต่างๆ เหล่านั้น มาพิจารณาและเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้วิธีการที่สามารถทำได้ง่าย ประหยัดเวลา ใช้ต้นทุนในการดำเนินการต่ำ และที่สำคัญคือ ต้องเป็นวิธีการที่มีความถูกต้องแม่นยำ

การใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพต่างกันมีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพดินทั้งในระยะสั้นและระยะยาวที่แตกต่างกัน เมื่อสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบดินจะเกิดการย่อยสลายจนมีขนาดและมวลลดลงและเกิดการเปลี่ยนรูปทางเคมีจนกลายเป็นอินทรียวัตถุในดิน อินทรียวัตถุเหล่านี้มีบทบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงดิน โดยบทบาทในระยะสั้นเกี่ยวข้องกับอินทรียวัตถุส่วนที่มีการสลายตัวง่ายที่ช่วยในการหมุนเวียนธาตุอาหารให้เป็นประโยชน์ต่อพืช อินทรียวัตถุส่วนนี้คืออินทรียวัตถุส่วนที่ยังคงความเป็นชิ้น (particulate organic matter) ซึ่งการปลดปล่อยธาตุอาหารจากส่วนนี้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของสารอินทรีย์เป็นสำคัญ สำหรับบทบาทในระยะยาวเกี่ยวข้องกับการช่วยให้ดินมีโครงสร้างดีขึ้นเนื่องจากมีการเชื่อมยึดกันของอินทรียวัตถุส่วนที่ต้านทานต่อการย่อยสลาย เช่นสารฮิวมิก จึงทำให้ดินมีโครงสร้างแข็งแรงและเกิดเม็ดดินที่มีเสถียรภาพ (aggregate stability) (สมญา 2545; Vityakon, 2007; Vityakon et al., 2000)

เมื่อสารอินทรีย์เข้าสู่ระบบดิน จุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญในกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านั้น อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นแหล่งสำรองคาร์บอนและธาตุอาหารโดยการนำมาสร้างเป็นเนื้อเยื่อเพื่อเพิ่มมวลชีวภาพ (immobilization) และเมื่อจุลินทรีย์ตายลงเนื้อเยื่อจะถูกย่อยสลายทำให้ธาตุอาหารถูกปลดปล่อยออกมาในรูปอนินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (mineralization) (ปัทมา, 2547; Davet, 2004) มวลชีวภาพจุลินทรีย์ดินซึ่งจัดเป็นอินทรียวัตถุส่วนที่มีชีวิตที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วจึงเป็นตัวบ่งชี้สำคัญที่แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ขณะเดียวกันความหลากหลายของจุลินทรีย์ดิน (soil microbial diversity) ยังแสดงให้เห็นถึงความยั่งยืนของระบบนิเวศภายในดินด้วย เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้รับผลกระทบจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมภายในดิน เช่น ปริมาณน้ำ, ความเป็นกรด-ด่าง, อากาศ, อุณหภูมิ และชนิดของดิน รวมทั้งชนิดและปริมาณสารอาหารในดิน (Davet, 2004; Coleman and Whitman, 2005; Patra et al., 2007) การจัดการดินโดยการใส่สารอินทรีย์ที่มีคุณภาพแตกต่างกันจึงมีผลต่อเนื่องไปถึงชนิดจำนวนและกิจกรรมของจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน เช่น ส่งผลให้การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของประชากรจุลินทรีย์ (soil microbial community structure), มวลชีวภาพ, การหายใจ และกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงของอินทรียวัตถุในดินจึงมีจุลินทรีย์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ ดังนั้นการนำเทคนิคทางชีวโมเลกุลมาใช้เพื่อศึกษาชนิดและโครงสร้างของประชากรจึงช่วยให้เข้าถึงบทบาทของคุณภาพของสารอินทรีย์ที่มีอิทธิพลต่อจุลินทรีย์ในดิน เทคนิคดังกล่าวได้แก่ terminal restriction fragment length

polymorphism (T-RFLP) ที่สามารถในการบ่งชี้การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ควบคู่กับการใช้เทคนิคการเพิ่มจำนวนชิ้นยีน (gene) ที่สนใจโดยการใช้เทคนิคทางชีวโมเลกุลอื่นๆ เช่น conventional polymerase chain reaction (PCR) หรือ real-time polymerase chain reaction (RT-PCR) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามเทคนิคทางชีวโมเลกุลดังกล่าวยังไม่สามารถชี้ให้เห็นถึงหน้าที่ (function) ของจุลินทรีย์ในดินได้ ดังนั้นเพื่อให้สามารถทราบถึงหน้าที่ของจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์ จึงจำเป็นต้องทำการตรวจวัดกิจกรรมเอนไซม์ของจุลินทรีย์ร่วมด้วย เนื่องจากการสลายตัวของสารอินทรีย์และการสะสมอินทรียวัตถุในดิน เกิดจากกิจกรรมของเอนไซม์ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้น โดยกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิดได้รับความสนใจในการศึกษาระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน ซึ่งการวัดกิจกรรมของเอนไซม์แต่ละชนิดสามารถแบ่งได้ตามความจำเพาะในการทำงาน ตัวอย่างเช่น เอนไซม์ β-glucosidase ทำหน้าที่ตัดพันธะ β-1,4 glucosidase ระหว่างน้ำตาลกลูโคสสองโมเลกุลที่เชื่อมต่อกันเป็นสายสั้นๆที่พบในซากพืช ขณะที่เอนไซม์ invertase ทำหน้าที่ย่อยสลายน้ำตาลซูโครส (sucrose) ที่พบในซากพืชไปเป็น กลูโคส (glucose) และ ฟรุกโตส (fructose) (Berg and McClaughty, 2003; Purmonen et al., 2007) ขณะที่เอนไซม์ phenoloxidase และperoxidase เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายสารประกอบลิกนินและโพลีฟีนอล (Sinsabaugh et al., 1992; Caldwell, 2005) ซึ่งพบในกลุ่มเห็ดรา, แอคติโนมัยซีส และแบคทีเรียบางชนิด เป็นต้น (Claus and Filip, 1990) ดังนั้นการวัดกิจกรรมเอนไซม์แต่ละชนิดที่เกี่ยวข้องกับการหมุนเวียนธาตุอาหารในดินจึงมีความสำคัญในการนำมาใช้เพื่อบ่งชี้ถึงหน้าที่ (function) ของจุลินทรีย์ระหว่างการย่อยสลายสารอินทรีย์คุณภาพแตกต่างกันได้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาวิธีการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนของถ่านในดิน

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของถ่านที่ผลิตด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันและอัตราการใส่ต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืช

3. เพื่อศึกษาผลขององค์ประกอบทางเคมี (คุณภาพ) ของสารอินทรีย์ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณและโครงสร้างของประชากรจุลินทรีย์ โดยเน้นที่เชื้อรา จากการใส่สารอินทรีย์คุณภาพแตกต่างกันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 16 ปี ในดินทราย (baseline study)