

## บทที่ 5 สรุป

### 5.1 การศึกษาการใช้ถ่านในดิน

เนื่องจากการพบว่าการสะสมคาร์บอนในรูปของถ่านในดิน สามารถช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ ดังนั้นในการศึกษาบทบาทของถ่านต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น จะต้องทราบว่าในดินมีการสะสมคาร์บอนในรูปของถ่านอยู่ในปริมาณเท่าใด วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในรูปของถ่านในดิน สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ วิธีการสันดาปและการแยกด้วยมือภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ในกรณีของวิธีการสันดาป ประกอบด้วย 2 วิธี คือวิธีการสันดาปเปียกและวิธีสันดาปแห้ง ซึ่งในปัจจุบันพบว่าปริมาณคาร์บอนในถ่านที่วิเคราะห์ด้วยวิธีสันดาปเปียกนั้น ได้ค่าการวิเคราะห์ที่ครอบคลุมทุกส่วนของถ่าน แต่ในกรณีของวิธีการสันดาปแห้งจะได้เฉพาะค่าคาร์บอนในถ่านส่วนที่เป็นผงถ่าน (soot) และส่วนที่มีลักษณะคล้ายกราไฟต์ (GBC) ส่วนกรณีค่าวิเคราะห์ถ่านที่ใช้วิธีการแยกด้วยมือ นั้น จะได้ค่าวิเคราะห์ถ่านที่ไม่ครอบคลุมทุกส่วนของถ่านเช่นเดียวกันกับค่าที่ได้จากวิธีสันดาปแห้ง แต่คาร์บอนในถ่านที่วัดได้อยู่ในคนละส่วนกัน กล่าวคือ วิธีการแยกด้วยมือจะได้คาร์บอนในถ่านในส่วนที่มีการเผาไหม้ระดับต้น (slightly charred biomass) และส่วนที่มีการเผาไหม้ระดับปานกลาง (char) อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอนในถ่านที่วิเคราะห์ด้วยวิธีสันดาปนั้นอาจไม่ใช่คาร์บอนที่มาจากถ่านทั้งหมด การยืนยันว่าคาร์บอนที่วิเคราะห์ได้มาจากถ่านนั้น ปัจจุบันใช้วิธี  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy ซึ่งเป็นเทคนิคในการพิสูจน์โครงสร้างทางเคมีของสารอินทรีย์ ในการวิเคราะห์คาร์บอนในถ่านนั้น ไม่สามารถใช้วิธีใดวิธีหนึ่งเพียงอย่างเดียว จะต้องมีการผสมผสานหลายวิธีเข้าด้วยกัน เช่น การผสมผสานระหว่างวิธีสันดาปกับเทคนิค  $^{13}\text{C}$  NMR spectroscopy เป็นต้น เพื่อให้ได้ค่าวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องที่สุด อย่างไรก็ตาม จำเป็นที่จะต้องมีการพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์คาร์บอนในถ่านต่อไป เพื่อให้ได้วิธีการที่ง่ายประหยัดต้นทุน มีความถูกต้อง และเป็นวิธีที่ยอมรับกันโดยทั่วไป

การใช้ถ่านเป็นวัสดุปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่กำลังได้รับความสนใจ เนื่องจากถ่านเมื่อใส่ลงไปในดินแล้ว มีความสำคัญในการปรับปรุงทั้งทางกายภาพ เคมี และชีววิทยาของดิน จึงได้ทำการศึกษาอิทธิพลของถ่านต่อคุณสมบัติของดินและการเจริญเติบโตของพืช พบว่าอิทธิพลของชนิดและอัตราถ่านทั้งในดิน โคราชและดินวาเซียไม่ได้มีอิทธิพลทั้งต่อคุณสมบัติของดิน และการเจริญเติบโตของพืช ได้ชัดเจนนักในการปลูกพืชทดสอบครั้งที่ 1 แต่จะมีผลชัดเจนในการปลูกพืชครั้งที่ 2 ในการใช้ดินเดิมจากการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 โดยที่ไม่มีการใส่ถ่านเพิ่มเติม สาเหตุที่ถ่านไม่ได้มีอิทธิพลต่อทั้งดินและพืชในการปลูกพืชทดสอบครั้งแรกนั้น คาดว่าเป็นเพราะถ่านยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยถูกทำให้สลายตัวมากนัก จึงยังไม่มีผลต่อคุณสมบัติของดิน เช่น pH และ CEC ตลอดจนผลของถ่านต่อมวลชีวภาพและโครงสร้างประชากร

ของจุลินทรีย์ดิน แต่คุณสมบัติเหล่านี้ได้มีผลชัดเจนมากขึ้นในการช่วงของการปลูกพืชครั้งที่ 2 ปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลแบบส่งเสริมกันทำให้เจริญเติบโตของพืชเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีบางปัจจัยที่ยังไม่ได้ทำการทดสอบ เช่น ปริมาณธาตุที่เป็นค่าความเป็นพิษต่อพืช เช่น Al และ Mn และ CEC มวลชีวภาพจุลินทรีย์ และฮอร์โมนพืช เช่น ออกซิน ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากจุลินทรีย์และรากพืชผู้ดินเป็นต้น

## 5.2 การศึกษาระยะยาวของอิทธิพลของการใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพต่อการเปลี่ยนแปลงและการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินทราย: การศึกษาหน้าที่และโครงสร้างประชากรจุลินทรีย์ โดยเน้นที่เชื้อราที่ทำการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างคุณภาพ

การศึกษาประชากรจุลินทรีย์เน้นเชื้อรา โดยใช้เทคนิค Real-Time Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) ในการวัดปริมาณของรา (abundance of fungi) จากการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนยีน (gene copies) ของ 18s rDNA พบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่ใบมะขามร่วงต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 16 ปี (native tamarind; NTM) มีปริมาณชิ้นส่วนยีนที่เพิ่มได้ (gene copies) สูงที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าสารอินทรีย์ที่คุณภาพปานกลาง (ลิกนินระหว่าง 5% ถึง 15% และโพลีฟีนอลระหว่าง 2% ถึง 10%) ส่งผลให้มีการเพิ่มของประชากรมากที่สุดทั้งนี้จากการศึกษาโครงสร้างประชากรรา (fungal community structure) โดยใช้เทคนิค Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism (T-RFLP) ที่ตัดโดยใช้ restriction enzyme คือ MSP I และ HAE III และวิเคราะห์ชิ้นส่วนยีนที่ตัดได้ (Terminal – Restriction Fragment Lengths; T-RFs) โดยใช้เทคนิค non-metric multi dimensional scaling (MDS) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใส่สารอินทรีย์คุณภาพต่างกันเป็นระยะเวลายาวนาน ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรรา โดยโครงสร้างประชากรรา (fungal community structure) ในทุกกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์เป็นระยะเวลา 16 ปี ได้แก่ ฟางข้าว (NRS), ซากถั่วลิสง (NGN), พลวง (NDP) และ ใบ+ก้านมะขาม (NTM) มีความแตกต่างภายในกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $R = 1.0$ ) ขณะที่ประชากรราในกรรมวิธี NTM และ NDP ที่ได้จากการเอนไซม์ทั้งสองชนิดคือ MSP I และ HAE III ในการตัดจำเพาะ พบว่ามีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ (C) มากที่สุด ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใส่สารอินทรีย์ที่มีปริมาณของลิกนินและโพลีฟีนอล ปานกลางถึงสูง เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรรา

นอกจากนี้จากการศึกษาการใส่สารอินทรีย์ต่างคุณภาพ (หรือมีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน) ลงไปในดินเป็นระยะเวลานานกว่า 16 ปี สามารถส่งผลต่อหน้าที่ (functions) ของจุลินทรีย์ เช่นเดียวกัน โดยกิจกรรมของเอนไซม์ในดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ (control; C) และใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ ได้แก่ ฟางข้าว (C+RS), ซากถั่ว (C+GN), พลวง (C+DP) และ มะขาม (C+TM) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าดินที่มีการใส่สารอินทรีย์เป็นระยะเวลา 16 ปี (native; N) และใส่สารอินทรีย์ลงไปใหม่ ได้แก่ NRS+RS, NGN+GN, NDP+DP และ NTM+TM อาจเนื่องจาก

จุลินทรีย์ในดินที่มีการใส่สารอินทรีย์เป็นระยะเวลา 16 ปี มีการปรับตัวและตอบสนองต่อคุณภาพของสารอินทรีย์ชนิดนั้นๆ มากกว่าจุลินทรีย์ในดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ใดๆ ซึ่งพร้อมที่จะตอบสนองต่อสารอาหาร (substrate) ที่เข้าสู่ระบบ โดยกิจกรรมของเอนไซม์อินเวอเรส (invertase) ที่จุลินทรีย์ผลิตขึ้นเพื่อปลดปล่อยออกมาช่วยสลายสารอินทรีย์ที่ง่ายต่อการย่อยสลายพบว่าสูงสุดในกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์คุณภาพสูง (มีปริมาณไนโตรเจนสูง) คือซากถั่วลิสง (groundnut; GN) ซึ่งพบว่าจุลินทรีย์ตอบสนองต่อคุณภาพของสารอินทรีย์ดังกล่าวทั้งในกรรมวิธี C+GN (ดินที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์ และใส่ซากถั่วลิสงเข้าไปใหม่) และ NGN+GN (ดินที่มีการใส่ซากถั่วลิสงต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 16 ปี และใส่ซากถั่วลิสงเข้าไปใหม่) แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของคุณภาพสารอินทรีย์ต่อหน้าที่ของจุลินทรีย์ ขณะที่กิจกรรมของเอนไซม์ phenoloxidase ซึ่งทำหน้าที่ย่อยสลายลิกนินและโพลีฟีนอลพบว่ามีกิจกรรมของเอนไซม์ที่สูงในกรรมวิธีที่มีการใส่สารอินทรีย์คุณภาพต่ำ คือ พลวง (dipterocarp; DP) ในกรรมวิธีที่ไม่มีการใส่สารอินทรีย์และใส่พลวงเข้าไปใหม่ (C+DP) ขณะที่กรรมวิธีที่มีการใส่ใบพลวงร่วงมาเป็นระยะเวลายาวนานและมีการใส่ใบพลวงร่วงลงไปใหม่ (NDP+DP) กลับพบว่าการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมของเอนไซม์ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าการใส่สารอินทรีย์คุณภาพแตกต่างกัน นอกจากส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างประชากรรา ยังสามารถส่งผลต่อหน้าที่ของจุลินทรีย์ในดิน ที่ทำให้มีการตอบสนอง ต่อคุณภาพของสารอินทรีย์ โดยการผลิตเอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอาหาร (substrate) ได้แตกต่างกัน