บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ดินที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นไม่มีประวัติการปนเปื้อน PAHs มาก่อนเมื่อทดสอบด้วยวิธี HPLC แล้วไม่พบสาร PAHs และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะเนื้อดินจัดเป็นดินทราย (sandy soil) และมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัส (C : N : P) เท่ากับ 123 : 10 : 2 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการบำบัดสาร PAHs ในดิน ใกล้เคียงกับรายงานของ Hupe และคณะ (2001) ที่มีอัตราส่วนเท่ากับ 100 : 8 : 2 โดยนำดินนี้มาทำให้ปนเปื้อนสารฟีแนนทรีน ฟลูออแรนธีน และไพรีน ซึ่งการเร่งการย่อยสลายสาร PAHs ที่ปนเปื้อนในดินอาจเลือกใช้วิธีการบำบัดโดยการเติมจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสาร PAHs ลงในแหล่งดินที่ปนเปื้อน หรือ เติมสารอาหารที่จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส เพื่อกระตุ้นการเจริญ และเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในแหล่งดินให้ย่อยสลายสาร PAHs (Atlas, 1991) หรือการเติมปุ๋ยหมักลงในดินเพื่อเป็นแหล่งสารอาหาร สารอินทรีย์ และแหล่งจุลินทรีย์ (Kastner และ Mahro,1996) เช่นเดียวกับการเติมวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเพื่อเร่งการย่อยสลายสารฆ่าแมลงที่ปนเปื้อนในดิน (Wagner และ Zablotowicz, 1997) ในการทดลองนี้ผู้วิจัยได้ใช้วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรที่มีราคาไม่สูง ได้แก่ ฟางข้าว เปลือกถั่ว และใบจามจุรี ซึ่งมีสารอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 45.08 % 42.88% และ 36.42 % ตามลำดับ ไนโตรเจนเท่ากับ 0.89 % 0.87 % และ 3.10 % ตามลำดับ และฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.39 % 0.39 % และ 0.49 % ซึ่งในการเติมวัสดุการเกษตรทั้ง 3 ชนิดนี้จะช่วยเพิ่มสารอินทรีย์ สารอาหารไนโตรเจน และฟอสฟอรัส รวมทั้งจุลินทรีย์ท้องถิ่นจากวัสดุลงในดิน

การคัดเลือกวัสดุการเกษตร 3 ชนิดนี้ เพื่อเร่งการย่อยสลายสารฟีแนนทรีน ฟลูออแรนธีน และไพรีนที่ทำให้ปนเปื้อนในดินด้วยความเข้มข้น 0.1 มก. ต่อดิน 1 กรัม ผลการทดลองพบว่าในระยะเวลา 42 วัน การเติมเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีลงในดินสามารถช่วยลดปริมาณสาร PAHs ทั้ง 3 ชนิดได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่สาร PAHs ที่ลดลงในดิน และดินผสมฟางข้าวมีปริมาณลดลงที่ไม่แตกต่างจากดินที่ทำให้ปราศจากเชื้อ ดังนั้นจึงได้เลือกใช้เฉพาะเปลือกถั่ว และใบจามจุรีมาใช้ในการทดลองขั้นต่อไป

การเติมเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีลงในดินนั้นช่วยลดปริมาณสาร PAHs ทั้ง 3 ชนิด คือ ฟีแนนทรีน ฟลูออแรนธีน และไพรีน โดยลดลงได้อย่างรวดเร็วกว่าในดินตามธรรมชาติ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากหลายประการด้วยกัน เช่น

1. แหล่งสารอาหารจากวัสดุการเกษตรส่งเสริมการเจริญของจุลชีพในดินทำให้สามารถย่อยสลายสาร PAHs ได้

2. วัสดุการเกษตรอาจเป็นแหล่งจุลชีพที่สามารถย่อยสลายสาร PAHs ในดินได้

3. การดูดซับสาร PAHs เข้าสู่วัสดุการเกษตรทำให้ไม่สามารถสกัดออกมาได้ด้วยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ธรรมดาที่ใช้ในการทดลอง จึงตรวจไม่พบสาร PAHs ด้วยวิธี HPLC

แต่อย่างไรก็ตาม การเติมวัสดุการเกษตรลงไปในดินมีข้อดีเช่นเดียวกับการเติมปุ๋ยหมักที่เตรียมได้มาจากเศษของพืชผักต่างๆ คือช่วยเพิ่มการส่งผ่านออกซิเจน เป็นแหล่งจุลินทรีย์ที่มีความหลากหลาย แหล่งสารอาหาร สามารถควบคุมความเป็นกรดด่างในดิน และช่วยอุ้มน้ำได้ดี ดังรายงานของ Hupe และคณะ(1996)

จากผลการทดลองพบว่าสิ่งมีชีวิตในดิน หรือจุลินทรีย์ท้องถิ่นในดินที่นำมาใช้ในการทดลองนี้ไม่สามารถย่อยสลายสาร PAHs ทั้ง 3 ชนิดได้ ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณสาร PAHs ที่ลดลงมีค่าใกล้เคียงกับดินที่ทำให้ปราศจากเชื้อ ส่วนดินเมื่อเติมสารอาหาร และสารอินทรีย์จากเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีที่ปราศจากเชื้อลงในดินก็พบว่าไม่สามารถทำให้เกิดการย่อยสลายสาร PAHs ทั้ง 3 ชนิด ในดินผสมวัสดุทั้ง2 ชนิดได้ ทั้งนี้แสดงว่าตัวอย่างดินที่นำมาใช้ในการทดลองซึ่งเก็บมาจากในป่า ไม่เคยมีการปนเปื้อนสาร PAHs มาก่อน เป็นผลให้จุลินทรีย์ท้องถิ่นในดินไม่มีความคุ้นเคยกับสารPAHs และปรับตัวเพื่อย่อยสลายสาร PAHs ได้ช้า หรือไม่มีจุลินทรีย์ที่สามารถปรับตัวให้มีกิจกรรมการย่อยสลายPAHsได้เลย โดยปกติในธรรมชาติจุลินทรีย์จะไม่สามารถย่อยสลายสาร PAHs ที่ปนเปื้อนในระยะแรกได้ แต่จะใช้เวลาในการปรับตัวระยะหนึ่งเพื่อให้สามารถย่อยสลายสาร PAHs (Trejo และ Quintero, 2000) โดยทั่วไปการเร่งการย่อยสลายสารพิษปนเปื้อนจะใช้การเร่งการย่อยสลายของจุลินทรีย์ท้องถิ่นในดิน มากกว่าการใช้จุลินทรีย์ต่างถิ่น เนื่องจากจุลินทรีย์ท้องถิ่นมีความพร้อมในการปรับตัวให้เข้ากับสารที่ปนเปื้อนบริเวณนั้นอยู่แล้ว ยกเว้นถ้าในสิ่งแวดล้อมที่ต้องการบำบัดไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารปนเปื้อนได้ จึงจะเลือกเติมจุลินทรีย์ต่างถิ่น (Trejo และ Quintero, 2000) แต่อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองการตรวจนับจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด และราในชุดการทดลองดินที่เติมสารอาหารจากเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีปลอดเชื้อในระหว่างการทดลองพบว่า มีจำนวนแบคทีเรีย และราสูงกว่าในดินที่ไม่เติมสารอินทรีย์ แสดงว่าการเติมสารอาหารจากเปลือกถั่วหรือใบจามจุรีสามารถกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ในดินได้ ซึ่งถ้ามีการเติมสารอาหารนี้ลงในแหล่งดินที่มีการปนเปื้อนสาร PAHs มาเป็นเวลานานและมีจุลินทรีย์ทีปรับตัวคุ้นเคยกับสาร PAHs อยู่แล้วจะช่วยกระตุ้นการเจริญของจุลินทรีย์ท้องถิ่นในดินให้สามารถย่อยสลายสาร PAHs ได้รวดเร็วขึ้น

Margesin และ Schinner (1997) ได้ทดลองใช้ปุ๋ยอนินทรีย์ หรือปุ๋ยเคมีเป็นแหล่งสารอาหารเติมลงในดินที่ปนเปื้อนน้ำมันดีเซล พบว่าสามารถช่วยกระตุ้นจุลินทรีย์ในดินให้ย่อยสลายน้ำมันดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้สารอินทรีย์จากปุ๋ยหมักจากรายงานของ Kastner และ Mahro (1996) ได้เติมปุ๋ยหมักลงในดินสามารถช่วยย่อยสลายสาร PAHs ได้ ซึ่งถ้ามีการใช้เปลือกถั่ว และใบจามจุรีเป็นแหล่งสารอาหารผสมลงในแหล่งดินที่มีการปนเปื้อนสาร PAHs มาก่อน น่าจะส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ในดินและทำให้เกิดการย่อยสลายสาร PAHs ได้ นอก

จากนี้มีผู้พบว่าจุลินทรีย์ซึ่งมีอยู่แล้วในแหล่งสารอาหารที่เติมลงไปจะช่วยทำให้เกิดการย่อยสลายที่เร็วขึ้นโดย Kastner และMahro (1996) รายงานว่าการลดลงของสาร PAHsในดินผสมปุ๋ยหมักมีปัจจัยมาจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ท้องถิ่นในปุ๋ยหมัก และสารอินทรีย์จากปุ๋ยหมักที่ส่งเสริมการเจริญของจุลินทรีย์ในดินให้ย่อยสลายสารแนพธาลีน ฟีแนนทรีน แอนทราซีน ฟลูออแรนธีน และไพรีนได้

จากผลการทดลองการนำเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อ หรือมีปัจจัยทางชีวภาพคือมีจุลินทรีย์และสิ่งมีชีวิตในธรรมชาติเติมลงในดิน พบว่าช่วยทำให้สาร PAHs ทั้ง 3 ชนิดลดลงอย่างรวดเร็ว จากการเปรียบเทียบผลกับชุดทดลองที่ฆ่าเชื้อ อาจสรุปได้ว่าสาเหตุสำคัญอันหนึ่งที่ทำให้สาร PAHs ในดินลดลงนั้นคือสิ่งมีชีวิต หรือจุลินทรีย์ท้องถิ่นจากวัสดุการเกษตรทั้ง 2 ชนิดที่เติมลงไป จากการตรวจนับแบคทีเรียที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนโดยกำหนดให้เป็นตัวแทนของแบคทีเรียที่ย่อยสลาย PAHs จะตรวจพบแบคทีเรียนี้ได้เฉพาะในชุดการทดลองที่เติมเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีที่ไม่ฆ่าเชื้อซึ่งมีปัจจัยชีวภาพเท่านั้น แสดงว่าการเร่งการย่อยสลายสารฟีแนนทรีน ฟลูออแรนธีน และไพรีน ในดิน เมื่อเติมเปลือกถั่ว หรือ ใบจามจุรี นอกจากจะมาจากสารอาหารที่อยู่ในวัสดุทั้ง 2 ชนิดแล้วยังมีสาเหตุจากแบคทีเรียท้องถิ่นที่อาศัยอยู่กับวัสดุทั้ง 2 ชนิดนี้ และเป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสาร PAHs ได้ แต่การเติมฟางข้าวลงในดินไม่สามารถเร่งการย่อยสลายสาร PAHs ได้ แสดงว่าในฟางข้าวอาจขาดปัจจัยหลักที่ช่วยเร่งการย่อยสลายซึ่งพบในเปลือกถั่วและใบจามจุรี

การที่ตรวจพบแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายสารฟีแนนทรีนได้ จากการเติมเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรี อาจเนื่องมาจาก ใบจามจุรี และเปลือกถั่วอยู่ในบริเวณที่มีการปนเปื้อนสาร PAHs จึงทำให้มีจุลินทรีย์ที่คุ้นเคยและสามารถปรับตัวมาย่อยสลายสาร PAHs ได้ Simonich และ Hites (1994) ได้รายงานว่าในแหล่งดินและบรรยากาศที่มีสาร PAHs ปะปนอยู่ พืชในบริเวณนั้นจะจับสาร PAHs เอาไว้ เนื่องจากที่บริเวณราก และใบของพืชทุกชนิดจะปกคลุมด้วยสารคิวติน มีลักษณะเป็นไข (wax) ที่ไม่ชอบน้ำอยู่ที่ชั้นคิวทิเคิล (cuticle) ที่เนื้อเยื่อชั้นนอกสุด ซึ่งชั้นไขนี้จะสะสมสารอินทรีย์มลพิษจากอากาศและดิน การจับสารพิษเอาไว้ในพืชขึ้นอยู่กับสมบัติของสาร เช่น ความไม่มีขั้ว และ ความดันไอ สภาวะในสิ่งแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ ฤดูกาล ลม และลักษณะของพืช เช่นพื้นที่ผิวของใบ ปริมาณไขมัน Tsilos, Ambrose และ Chronopoulou-Sereli (1999) ได้ตรวจพบปริมาณ สารPAHs จากตัวอย่างใบเมเปิลในเขตที่มีการจราจรหนาแน่นทั้งปี ดังนั้นตัวอย่างใบจามจุรีในการทดลองนี้ เก็บจากบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นตลอดทั้งปีมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีการดูดซึมสาร PAHsไว้ที่ผิวใบและใบจามจุรีที่ใช้เป็นใบแก่ที่หล่นลงดินแล้ว จุลินทรีย์บนผิวใบจึงมีแหล่งที่มาจากทั้งอากาศและดินในบริเวณนั้น ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้มีจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่คุ้ยเคยกับสาร PAHs อยู่ที่ใบจามจุรีได้ ส่วนเปลือกถั่วลิสงนั้นเจริญอยู่ที่ส่วนของรากใต้ดินน่าจะมีการดูดซึมสารพิษต่าง ๆในดิน เช่น สารเคมีที่ใช้ปราบศัตรูพืชในการเกษตร หรือสาร PAHs ไว้ที่ผิว

ของเปลือกถั่วได้ เป็นสาเหตุให้มีจุลินทรีย์ท้องถิ่นและปรับตัวย่อยสลายสาร PAHs ในการทดลองครั้งนี้ได้

Haderlien, Legros และ Ramsay (2001) ได้เติมปุ๋ยหมักที่เตรียมได้จากเศษใบเมเปิล และถั่วอัลฟาฟ่า ช่วยเร่งการย่อยสลายสารไพรีนในดินและพบว่าสามารถทำให้สลายได้อย่างรวดเร็ว และสมบูรณ์ มากกว่า 57 % หลังจากเติมลงไป 21 วัน

ดังนั้นผลการทดลองที่ตรวจนับแบคทีเรียที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนซึ่งพบได้เฉพาะในชุดการทดลองที่เติมเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีที่ไม่ปลอดเชื้อลงในดิน โดยเริ่มตรวจพบได้ในวันที่ 14 ของการทดลอง อาจสรุปได้ว่าการเติมเปลือกถั่ว หรือ ใบจามจุรีลงในดิน คือการเติมแบคทีเรียท้องถิ่นที่มีความคุ้นเคยกับสาร PAHs และสามารถปรับตัวย่อยสลายสารฟีแนนทรีนได้ และพบว่าปริมาณสารฟลูออแรนธีน และไพรีนที่ลดลงสอดคล้องกับปริมาณฟีแนนทรีน การลดลงของสารทั้ง 2 นี้อาจเนื่องมาจากการย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึมของจุลินทรีย์ในระบบหรืออาจย่อยสลายได้โดยตรง โดย Bouchez, Blanchet และ Vandecasteele (1995) ได้สรุปการย่อยสลายสาร PAHs ของแบคทีเรีย โดยที่มี PAHs 2 ชนิดผสมกันว่าอาจเป็นไปในรูปแบบของการย่อยสลายดังต่อไปนี้

- การย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึม แบบพึ่งพากัน (synergistic co metabolism)
- การย่อยสลายที่ไม่ได้เกิดจากโคเมตาบอลิซึม (no-co-metabolism)
- การย่อยสลาย PAHs ทีละชนิด (preferential substrate utilization)

โดยทั้ง 3 รูปแบบจะแตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ และชนิดของ PAHs ที่ใช้เป็นสารทดสอบร่วมกัน

สารฟลูออแรนธีน และไพรีน เป็นสาร PAHs ที่มีวงแหวนเบนซีน 4 วง ละลายน้ำได้น้อย และมีความคงทนสูง แต่ก็มีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้สมบูรณ์ แบคทีเรียส่วนใหญ่ที่ย่อยสลายได้มักมีการย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึม และราจะย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึมได้เช่นกัน (Wilson และ Jones, 1993) แต่อย่างไรก็ตามการอยู่ร่วมกันของจุลินทรีย์ (microbial consortium) ทำให้เกิดการเข้าสลายสารอินทรีย์ปนเปื้อนที่มีปริมาณมาก ซึ่งจุลินทรีย์เพียงชนิดเดียวอาจย่อยสลายสาร PAHs ได้ไม่สมบูรณ์ การย่อยสลายอย่างสมบูรณ์นั้นมีผลมาจากการย่อยสลายของจุลินทรีย์ที่อยู่ร่วมกัน โดยการดำรงชีพแบบพึ่งพา และย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึม (Trejo และ Qointero, 2000)

ซึ่งการย่อยสลายสาร PAHs ในดินที่เติมวัสดุการเกษตรน่าจะเหมือนกับการย่อยสลายสาร PAHs ในดินที่เติมปุ๋ยหมัก ดังรายงานของ Kastner และ Mahro (1996) ว่าการใช้ปุ๋ยหมักเร่งการย่อยสลายสาร PAHs (ฟีแนนทรีน แอนทราซีน ฟลูออแรนธีน และไพรีน) เกิดขึ้นโดยการย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึม หรือ การย่อยสลายแบบออกซิเดชันที่ไม่มีความจำเพาะต่อสับสเตรท (unspecified oxidative metabolism) ของจุลินทรีย์ท้องถิ่นในปุ๋ยหมัก

ในการนับจำนวนรา พบว่าราจะเพิ่มขึ้นในชุดทดลองที่ใช้ดินที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อทั้ง ดินผสมเปลือกถั่วปลอดเชื้อ และดินผสมเปลือกถั่ว แต่ราในชุดดินปลอดเชื้อผสมเปลือกถั่วมีแนวโน้มคงที่เท่ากับในช่วงแรกของการทดลอง แสดงให้เห็นว่าราที่เพิ่มจำนวนขึ้นน่าจะมาจากดินที่นำมาใช้ และพบว่าอาจเป็นราที่ไม่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายสาร PAHs ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากในชุดดินที่ไม่ฆ่าเชื้อนั้นถึงแม้ว่าราจะเพิ่มจำนวนขึ้นแต่ปริมาณสาร PAHs ก็ไม่ลดลง Kastner และคณะ (1999) รายงานการย่อยสลายสารแอนทราซีนของจุลินทรีย์ทั้งรา และแบคทีเรียในดินผสมปุ๋ยหมัก พบว่าเมื่อยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย จะไม่มีการย่อยสลายสาร แอนทราซีน และเมื่อยับยั้งการเจริญของราการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์จะลดลงเล็กน้อยแสดงว่าแบคทีเรียมีบทบาทสำคัญในกระบวนการย่อยสลายสารแอนทราซีนที่ปนเปื้อนในดินผสมปุ๋ยหมัก แต่อย่างไรก็ตามการย่อยสลายแบบโคเมตาบอลิซึมของรากลุ่มไวท์รอทนั้นยังมีความสำคัญ เนื่องจากมีการปล่อยเอนไซม์ที่ไม่จำเพาะต่อสับสเตรททำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสาร PAHs ที่มีวงแหวนเบนซีน 5 –6 วงได้ (Dhawale, Dhawale และ Dean-Ross, 1992) ซึ่งจากผลการทดลองในชุดทดลองดินผสมเปลือกถั่วหรือใบจามจุรี มีปริมาณสารฟีแนนทรีนที่ลดลงสัมพันธ์กับจำนวนแบคทีเรีย และแบคทีเรียที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนที่เพิ่มขึ้น แต่รานั้นยังสังเกตความสัมพันธ์ไม่ชัดเจน

การศึกษาการดูดซับสาร PAHs ในเปลือกถั่วและใบจามจุรีโดยต้องการหาปัจจัยที่ทำให้สาร PAHs ลดลงเมื่อปราศจากจุลินทรีย์ โดยทดลองในสภาวะปลอดเชื้อของวัสดุทั้ง 2 ชนิด เมื่อทำให้เปลือกถั่ว และใบจามจุรีที่ปนเปื้อน PAHs เป็นเวลานาน 80 วัน แล้วนำมาสกัดสาร PAHs ด้วยไดคลอโรมีเทน พบว่าปริมาณสาร PAHs ที่สามารถสกัดได้จากใบจามจุรีจะมากกว่าที่สกัดได้จากเปลือกถั่ว แสดงว่าการจับสาร PAHs ของเปลือกถั่วอยู่ในรูปแบบที่สกัดออกได้ยากกว่าใบจามจุรี ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างของเปลือกถั่ว ที่มีรูพรุนขนาดเล็กและซับซ้อนจำนวนมาก ซึ่งอาจทำให้ PAHs เข้าไปอยู่ในช่องว่างของเปลือกถั่วทำให้สกัดได้ยาก ดังเช่นรูปแบบของ PAHs ที่ถูกดูดซึมอยู่ในช่องว่างของดินที่มีขนาดเล็กทำให้สกัดสาร PAHs ออกมาได้ยากเมื่อใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (Verstrate และ Devliegher, 1996) ส่วนใบจามจุรีมีรูพรุนน้อย สาร PAHs ส่วนใหญ่น่าจะอยู่ที่ผิวใบทำให้สกัดได้ง่าย อย่างไรก็ตามการดูดซับสาร PAHs เอาไว้ในโครงสร้างรูพรุนของเปลือกถั่วนั้นอาจมีข้อดีคือ สามารถนำไปใช้เป็นตัวดูดซับสาร PAHs ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ในระบบบำบัดที่ไม่ต้องการกระบวนการทางชีวภาพ เช่นเดียวกับการใช้ activated carbon จากเปลือกมะพร้าวซึ่งมีลักษณะโครงสร้างเป็นรูพรุนทรงกระบอกขนาดเล็กจำนวนมาก ใช้ในการกรองน้ำ โดย Verstrate และ Devliegher(1996) ได้นำไปใช้เป็นตัวดูดซับสารยาฆ่าแมลงในดินที่ทำการเกษตร โดยเสนอให้ใช้ activated carbon นี้แทนการเติมปุ๋ยหมักและปุ๋ยอนินทรีย์ปริมาณมากลงในดินเพื่อบำบัดสารปนเปื้อน เนื่องจากการเติมปุ๋ยจะเพิ่มไนเตรท และฟอสเฟตในดิน และเมื่อมีการชะล้างดินตามธรรมชาติจะทำให้ไนเตรท และฟอสเฟตปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ ดังนั้นในระบบที่ต้องการบำบัดสารพิษโดยใช้สารอินทรีย์จึงควรคำนึงถึงปริมาณที่ใช้อย่างเหมาะสม

นอกจากโครงสร้างรูพรุนของเปลือกถั่วที่ทำให้สกัดสาร PAHs ออกมาได้ยากแล้วนั้น เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารอินทรีย์ คาร์บอนในเปลือกถั่ว และใบจามจุรีพบว่ามีความแตกต่างกัน โดยที่เปลือกถั่วมีสารอินทรีย์คาร์บอน 42.88 % มากกว่าใบจามจุรี ที่มีสารอินทรีย์คาร์บอนเท่ากับ 36.42% ซึ่งการเติมสารอินทรีย์คาร์บอนจากเปลือกถั่วลงในดินทำให้ดินมีสารอินทรีย์เพิ่มขึ้น อาจทำให้สกัดสาร PAHs ออกมาได้น้อยลง จากรายงานของ Manilal และ Alexander (1991) พบว่าปริมาณสารฟีแนนทรีนจะสกัดออกมาจากดินที่มีสารอินทรีย์สูงได้ปริมาณน้อย โดย PAHs จะถูกจับในดินที่มีสารอินทรีย์คาร์บอนสูงๆ ได้มากกว่าในดินที่มีสารอินทรีย์คาร์บอนต่ำ

การลดลงของสาร PAHs เมื่อผสมเปลือกถั่ว หรือใบจามจุรีลงในดินในสภาวะปลอดเชื้อนั้นเกิดจากการดูดซับสาร PAHs เข้าไปอยู่ในอนุภาคดิน และสารอินทรีย์จากวัสดุทั้ง 2 แต่เนื่องจากปริมาณสาร PAHs ที่สกัดได้จากเปลือกถั่วมีปริมาณใกล้เคียงกับดิน ขณะที่ดินผสมใบจามจุรีจะสกัดสาร PAHs ออกมาได้ปริมาณสูงกว่า ดิน และดินผสมเปลือกถั่ว จึงอาจกล่าวได้ว่าการเติมใบจามจุรีช่วยลดการจับกันระหว่างสาร PAHs กับอนุภาคดินทำให้สกัดได้ง่าย

เหตุผลอีกข้อหนึ่งของการที่ใบจามจุรีอาจช่วยลดการจับกันระหว่างสาร PAHs และอนุภาคดินคือการที่มีการแย่งที่บริเวณที่ตำแหน่งจับบนอนุภาคดินโดย Kastner และ Mahro (1996) แสดงปริมาณสาร PAHs ที่สกัดได้จากดินผสมปุ๋ยหมักในชุดควบคุมจะมีปริมาณสูงกว่าที่สกัดได้จากดิน เนื่องจากปุ๋ยหมักช่วยลดการจับกันระหว่างสาร PAHs กับ อนุภาคดิน โดยเข้าจับแทนที่บริเวณตำแหน่งที่เข้าจับบนอนุภาคดิน

จากรายงานของ Verstrate และ Devliegher (1996) ในรูปที่ 2.6 ได้แสดงความสัมพันธ์ของความสามารถในการสกัดสาร PAHs จากดิน(extractability) กับความสามารถในการใช้สาร PAHs ของสิ่งมีชีวิต หรือจุลินทรีย์ในดิน (bioavailability) นั้นแปรผันตามกัน คือการจับกันระหว่างสาร PAHs กับดินในรูปแบบที่สามารถสกัดออกได้ง่าย จะทำให้จุลินทรีย์หรือสิ่งมีชีวิตนำ PAHs ไปใช้ได้ง่ายด้วยเช่นกัน จากการทดลองการเติมใบจามจุรีลงในดินที่ปนเปื้อน PAHs มาเป็นเวลานานในสภาวะปลอดเชื้อจะสามารถทำให้การสกัดสาร PAHs ด้วยไดคลอโรมีเทนออกมาจากดินได้มากขึ้น เนื่องจากใบจามจุรีจะดูดซับสาร PAHs ที่ถูกจับไว้โดยอนุภาคดินออกมาได้ และสามารถสกัดออกได้ง่ายซึ่งมีข้อดีคือ ทำให้จุลินทรีย์จากใบจามจุรีสามารถย่อยสลายสาร PAHs ได้ง่ายเนื่องจากสามารถสัมผัสกับสาร PAHs ได้มากขึ้นทำให้จุลินทรีย์นำ PAHs ไปใช้ได้ดี การย่อยสลายจึงเกิดขึ้นได้มากขึ้น (Verstrate และ Devliegher, 1996) ซึ่งมีข้อดีคือทำให้ไม่มีสาร PAHs ตกค้างอยู่ในดิน แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการย่อยสลายสาร PAHs โดยจุลินทรีย์ในดินที่เติมวัสดุการเกษตรอาจจะเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์ จนได้คาร์บอนไดออกไซด์ หรือเพียงแต่ได้สารมัธยันต์ หรืออาจมีการเกิด bound residues ที่ไม่สามารถสกัดได้

ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสาร PAHs ในดินผสมเปลือกถั่ว หรือดินผสมใบจามจุรี ที่เกิดขึ้นในงานวิจัยนี้ อาจกล่าวได้ว่าเป็นผลมาจากปัจจัยทางชีวภาพ โดยเกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์

และรวมทั้งมีปัจจัยทางกายภาพที่เกิดจากการดูดซับไว้ในอนุภาคดิน และสารอินทรีย์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทั้งทางกายภาพ และชีวภาพนี้อาจทำให้เกิดสารที่ไม่สามารถสกัดได้ในรูปแบบต่างๆ (Kastner และคณะ, 1999) ที่อาจจับไว้ในอนุภาคดินเป็นผลให้ปริมาณที่ตรวจพบมีน้อยลงกว่าที่มีอยู่จริง

จากผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบการย่อยสลายสาร PAHs ระหว่างดินผสมเปลือกถั่ว และดินผสมใบจามจุรีพบว่า จำนวนแบคทีเรียที่ย่อยสลายสารฟีแนนทรีนในดินผสมเปลือกถั่วมีมากกว่าใบจามจุรี แต่มีการย่อยสลายสารฟีแนนทรีนมีความใกล้เคียงกัน อาจอธิบายได้ว่า เปลือกถั่วมีแบคทีเรียที่ย่อยสลายฟีแนนทรีนมาก แต่เนื่องจากมีโครงสร้างที่ซับซ้อนมีรูพรุนมาก ทำให้สาร PAHs ส่วนหนึ่งอยู่ในบริเวณรูพรุนที่ซับซ้อน และอีกส่วนหนึ่งอยู่ในอนุภาคดิน ซึ่งทำให้จุลินทรีย์เข้าถึง PAHs ได้ช้า แต่เนื่องจากมีจำนวนมากจึงย่อยสลายได้รวดเร็ว นอกจากนี้รูพรุนในเปลือกถั่วจะช่วยเพิ่มการส่งผ่านออกซิเจน และเมื่อแบคทีเรียย่อยสลายสาร PAHs อยู่ในรูพรุนที่ซับซ้อนนี้อาจช่วยป้องกันการถูกจับกินจากโปรโตซัวได้ (Van Veen และคณะ, 1997) ส่วนใบจามจุรีที่เติมลงในดินจะดูดซับสาร PAHs ออกจากดินได้มากและใบจามจุรีไม่มีความซับซ้อน แบคทีเรียที่ย่อยสลาย PAHs มีจำนวนน้อยจะถูกล้อมรอบด้วย PAHs ทำให้ใช้สาร PAHs ได้ง่ายและเกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็วและไม่มีสาร PAHs ตกค้างอยู่ในดิน ประกอบกับใบจามจุรีมีแหล่งไนโตรเจนปริมาณมากเพียงพอ ทำให้เกิดการย่อยสลายอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่อง เป็นผลให้มีจำนวนแบคทีเรียเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้เมื่อเติมเปลือกถั่วลงในดินพบว่าในวันที่ 14 ของการทดลองแบคทีเรียทั้งหมดจะมีจำนวนน้อยกว่าดินที่เติมเปลือกถั่วฆ่าเชื้อ แสดงว่าแบคทีเรียจากเปลือกถั่วและดินมีการแก่งแย่งสารอาหารกันทำให้จำนวนแบคทีเรียลดลง ขณะที่เมื่อเติมใบจามจุรีลงในดินจะทำให้จำนวนแบคทีเรียทั้งหมดเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการทดลอง แสดงว่าแบคทีเรียจากใบจามจุรีและดินสามารถเจริญร่วมกันได้ ทั้งนี้ได้สังเกตลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายฟีแนนทรีนที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ CFMM ที่พ่นทับด้วยสารละลายฟีแนนทรีนพบว่ามีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกันระหว่างแบคทีเรียที่มาจากเปลือกถั่ว (รูปที่ 4.14) และแบคทีเรียที่มาจากใบจามจุรี(รูปที่ 4.19) ซึ่งมีข้อดีคือใบจามจุรีจะสนับสนุนให้มีการย่อยสลายสาร PAHs ที่ปนเปื้อนในดินได้ดีมากกว่าการเติมเปลือกถั่ว เนื่องจากแบคทีเรียที่ย่อยสลาย PAHs จากใบจามจุรีจะไม่ถูกแก่งแย่งจากจุลินทรีย์ดิน และสามารถเข้าย่อยสลายสารอินทรีย์ร่วมกันได้ดี