บทที่ 1

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การเกษตรและการคมนาคมที่เจริญอย่างรวดเร็วในปัจจุบันอันเป็นผลจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรและการขยายตัวทางเศรษฐกิจทำให้มีการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมเพิ่มมากขึ้น ผลกระทบที่เกิดขึ้นตามมาจากความเจริญต่างๆนั้นก็คือปัญหามลพิษทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัญหามลพิษทางอากาศ น้ำ ดิน และมลพิษทางเสียง รวมถึงการเพิ่มจำนวนกากของเสีย ขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลต่างๆ นอกจากนี้การใช้สารเคมีในอุตสาหกรรม การเกษตรและการคมนาคมยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตหากสารเคมีเกิดการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมทั้งดิน น้ำ และอากาศ

พอลิไซคลิกอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAHs) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารอินทรีย์ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม พบได้ในดิน น้ำ อากาศ เกิดขึ้นจากการเผาไหม้อย่างไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์ (Johnsen และคณะ, 2006) โครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงเบนซีนตั้งแต่ 2 วง เชื่อมต่อกันเป็นเส้นตรง มุมงอ หรือต่อกันเป็นกลุ่ม (Cerniglia, 1992) มีสมบัติในการละลายน้ำได้น้อยทำให้ทนทานต่อการย่อยสลาย PAHs มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง จัดเป็นสารก่อมะเร็ง สารก่อการกลายพันธุ์และทำให้ทารกในครรภ์มีรูปร่างผิดปกติได้ (Wilson และ Jones, 1993) PAHs จัดเป็นสารที่มีอันตรายสูง อยู่ในสิ่งแวดล้อมได้เป็นเวลานานเนื่องจากมีโครงสร้างโมเลกุลที่เสถียรและละลายน้ำยาก สามารถจับกับดินตะกอนต่างๆในระบบนิเวศน์ก่อให้เกิดการสะสมและถ่ายทอดสู่ห่วงโซ่อาหาร ทำให้เข้าสู่มนุษย์ซึ่งเป็นผู้บริโภคขั้นสูงสุดได้ ดังนั้นจึงเป็นสาเหตุที่จะต้องเร่งบำบัดเมื่อมีการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในสิ่งแวดล้อม (Means และคณะ, 1980)

ไพรีนและฟีแนนทรีนเป็น PAHs ชนิดหนึ่งที่พบปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของสารอินทรีย์และน้ำมันเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม ไพรีนและฟีแนนทรีนมีโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยวงแหวนเบนซีน 4 วงและ 3 วงเชื่อมต่อกันตามลำดับ ไพรีนเป็น PAHs ที่มีมวลโมเลกุลสูง มีโครงสร้างโมเลกุลที่เสถียร ไพรีนบริสุทธิ์มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีเหลืองอ่อน ละลายน้ำได้น้อยมาก จึงทนทานต่อการย่อยสลาย (Trzesicka-Mlynarz และ Ward, 1996) ส่วนฟีแนนทรีนเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลต่ำ มีลักษณะเป็นผลึกของแข็งสีขาว ระเหย ละลาย และย่อยสลายได้ง่ายกว่า

PAHs ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง สามารถละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น เบนซีน โทลูอีน เฮกเซน อีเทอร์และกรดอะซีติก (Chang และคณะ, 2002)

วิธีการบำบัดสิ่งแวดล้อมที่ปนเปื้อน PAHs ทำได้หลายวิธี การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพ (bioremediation) เป็นวิธีหนึ่งซึ่งใช้กิจกรรมการย่อยสลายสารพิษของจุลินทรีย์ในการบำบัดเพื่อทำให้ความเป็นพิษของ PAHs ลดลงหรือหมดไปจากสิ่งแวดล้อม (Dua และคณะ, 2002) จุลินทรีย์จะใช้ PAHs เป็นแหล่งอาหาร คาร์บอนและพลังงานในการเจริญเติบโต ซึ่งกระบวนการย่อยสลายนี้อาจเกิดขึ้นโดยจุลินทรีย์ชนิดเดียวหรือกลุ่มจุลินทรีย์

ปัจจุบันมีรายงานแบคทีเรียบริสุทธิ์หลายชนิดที่มีความสามารถในการย่อยสลาย PAHs ได้ เช่น *Microbacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Sphingomonas* sp. เป็นต้น (Jain และคณะ, 2005) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากลุ่มแบคทีเรียมีความสามารถในการย่อยสลาย PAHs ได้ดีกว่าแบคทีเรียบริสุทธิ์ เนื่องจากมีความสามารถสูงในการปรับตัวเข้ากับภาวะแวดล้อมและสามารถทำงานร่วมกันเพื่อย่อยสลายสารพิษและสารมัธยันต์ที่เกิดขึ้น เช่น Bouchez และคณะ (1995) รายงานว่า *Pseudomonas stutzeri* สายพันธุ์ SNapKa1 และ *Pseudomonas* sp. สายพันธุ์ SPheNa1 ที่สามารถใช้แนพธาลีนและฟีแนนทรีนได้ตามลำดับ สามารถย่อยสลายแนพธาลีนได้สมบูรณ์และลดฟีแนนทรีนได้ 83% ถึงแม้ว่าแนพธาลีนจะเป็นพิษต่อสายพันธุ์ SPheNa1

การบำบัดด้วยวิธีทางชีวภาพที่ใช้บ่อยในปัจจุบันประกอบด้วย 2 วิธีการหลักคือ biostimulation เป็นการเติมสารอาหารหรือปัจจัยต่างๆที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์ลงไปในบริเวณที่มีการปนเปื้อนเพื่อกระตุ้นให้จุลินทรีย์ประจำถิ่นมีการเพิ่มจำนวนและย่อยสลายสารพิษได้ดีขึ้น (Haigh, 1996) มีงานวิจัยต่างๆแสดงให้เห็นว่าการเติมวัสดุทางการเกษตรลงในดินสามารถเร่งการย่อยสลายสารพิษได้ เช่น Kästner และ Mahro (1996) ได้ทดลองเติมปุ๋ยหมักลงในดินที่ปนเปื้อนแนพธาลีน แอนทราซีน ฟลูออแรนธีน และไพรีน พบว่าดินที่เติมปุ๋ยหมักจะกระตุ้นการย่อยสลาย PAHs ได้มากกว่าดินที่ไม่เติมปุ๋ยหมัก

การบำบัดทางชีวภาพที่สำคัญอีกวิธีหนึ่งคือ bioaugmentation คือ การเติมจุลินทรีย์ต่างถิ่น (exogenous microorganisms) ที่มีความสามารถในการย่อยสลาย PAHs ลงในดินบริเวณนั้น แต่จุลินทรีย์ต่างถิ่นมักอยู่รอดได้น้อยหรือสูญเสียความสามารถในการย่อยสลายสารพิษเนื่องจากภาวะการแข่งขันระหว่างจุลินทรีย์ที่เติมลงไปกับจุลินทรีย์ประจำถิ่นในบริเวณที่ปนเปื้น เพื่อแย่งสารอาหารรวมทั้งปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมอื่นๆที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่เติมลงไป เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเป็นกรด-ด่าง (Van Veen และคณะ, 1997) ดังนั้นวิธีการที่จะรักษาจุลินทรีย์ที่เติมลงไปให้มีชีวิตรอดในการย่อยสลายสารพิษจึงมีความสำคัญอย่างมากในการบำบัดโดยชีววิธี

Van Veen และคณะ(1997) รายงานว่าสามารถใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นแหล่งให้จุลินทรีย์ยึดเกาะ จุลินทรีย์จะสามารถใช้วัสดุทางการเกษตรเป็นแหล่งที่อยู่โดยเกาะติดกับวัสดุนั้นและสามารถใช้สารอินทรีย์ในวัสดุการเกษตรหรือปุ๋ยหมักเพื่อการเจริญได้ ทำให้จุลินทรีย์อยู่รอดและยังคงมีความสามารถในการย่อยสลายสารพิษอยู่ นอกจากนี้วัสดุทางการเกษตรเป็นสารอินทรีย์ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่มีขั้วและไม่มีขั้ว ส่วนที่ไม่มีขั้วนี้สามารถดูดติดกับ PAHs ได้ (Staci และคณะ, 1994)

มีงานวิจัยที่ผสมแบคทีเรียกับวัสดุทางการเกษตรเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น

Pattanasupong และคณะ (2004) รายงานว่าการใช้ใยบวบให้กลุ่มแบคทีเรียจับเกาะช่วยเพิ่มความสามารถในการย่อยสลายยาฆ่าแมลง carbendazim และ 2,4-dichlorophenoxyacetic ได้ดีกว่าการเติมกลุ่มแบคทีเรียเพียงอย่างเดียว

Trejo-Hernandez และคณะ (2007) รายงานว่าการใช้ชานอ้อยและปุ๋ยหมักจากเศษเห็ดผสมกับกลุ่มแบคทีเรีย IMP เติมลงไปในดินที่ปนเปื้อนน้ำมันดิบ ช่วยทำให้เกิดการย่อยสลายน้ำมันดิบความเข้มข้น 10,000 มก./กก. ได้ถึง 40 %ภายในเวลา 15 วัน

Hamdi และคณะ (2007) ทำการบำบัดดินที่ปนเปื้อนแอนทราซีน ไพรีนและเบนโซ[เอ]ไพรีน โดยเติมดินที่ปนเปื้อน PAHs มาเป็นเวลานานซึ่งมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายสารได้อยู่และเติมฟางข้าวลงไปด้วย พบว่าอัตราการย่อย PAHs สูงขึ้นมากกว่าชุดที่ไม่ใส่ฟางข้าว

Reda และ Bayoumi (2009) ทำการบำบัดสาร PAHs ในดินที่ปนเปื้อนน้ำมันปิโตรเลียมโดยเติมกลุ่มแบคทีเรียที่ประกอบไปด้วยเชื้อ 6 ชนิด ร่วมกับการเติมชานอ้อย และฟางข้าว พบว่าสาร PAHs ทุกชนิดที่ปนเปื้อนในดินถูกย่อยสลายได้หมดในเวลา 21 วัน

กลุ่มแบคทีเรีย RRM-V3 เป็นกลุ่มแบคทีเรียที่คัดแยกจากใบจามจุรี มีความสามารถในการย่อยสลายไพรีนความเข้มข้น 0.1 กรัม/ลิตร ได้หมดภายใน 14 วัน (จีรทีปฆ์ แสนรัก, 2547) การเติมกลุ่มแบคทีเรียลงในดินที่ปนเปื้อนโดยตรงจะทำให้กลุ่มแบคทีเรียตายหรือสูญเสียความสามารถในการย่อยสลายสารพิษทำให้การบำบัดสารพิษไม่มีประสิทธิภาพ (Johnsen และคณะ, 2006)

สุธาวัลย์ ดีสวัสดิ์ (2550) จึงได้หาวัสดุทางการเกษตรที่เหมาะสมเพื่อช่วยกลุ่มแบคทีเรีย RRM-V3 ในการย่อยสลาย PAHs พบว่า ฟางข้าว ใยบวบ นมผักกระเฉด ช่วยให้กลุ่มแบคทีเรียเจริญและย่อยสลายไพรีนและฟีแนนทรีนความเข้มข้นชนิดละ 0.5 กรัม/ลิตร ในอาหารเลี้ยงเชื้อได้หมดภายใน 21 และ 14 วันตามลำดับ นอกจากนี้ เสาวลักษณ์ อ้นเมฆ (2550) ใช้ใบจามจุรีผสมกับกลุ่มแบคทีเรีย RRM-V3 เพื่อบำบัดดินที่ปนเปื้อนไพรีนและฟีแนนทรีน พบว่าสาร PAHs ทั้งสองชนิดที่ความเข้มข้น 0.05 มก./กรัมดิน ถูกย่อยสลายจนหมดภายใน 21 วัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมี

วัตถุประสงค์ที่จะใช้วัสดุทางการเกษตร 4 ชนิด ได้แก่ ใบจามจุรี ฟางข้าว ใยบวบ และนมผักกระเฉด เพื่อตรึงกลุ่มแบคทีเรีย RRM-V3 สำหรับใช้ในการย่อยสลายไพรีนและฟีแนนทรีน ความเข้มข้นชนิดละ 0.05 และ 0.5 มก./กรัม ที่ปนเปื้อนในดินจากแหล่งที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อใช้ใบจามจุรี ฟางข้าว ใยบวบ และนมผักกระเฉด ตรึงกลุ่มแบคทีเรีย RRM-V3 และตรวจสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายไพรีนและฟีแนนทรีนที่ปนเปื้อนในดิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถตรึงกลุ่มแบคทีเรีย RRM-V3 ในใบจามจุรี ฟางข้าว ใยบวบ และนมผักกระเฉดและยังคงประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายไพรีนและฟีแนนทรีนที่ปนเปื้อนในดิน