ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม | วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังขยะสดที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนของแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี

A Study of Heterotrophic Aerobic Microorganism Changes in Intertidal Zone Garbage Landfill at Leam Pak Bia Petchaburi Province

นามผู้วิจัย นางสาวธีรวรรณ บุญโทแสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ .....

(ศาสตราจารย์วิทย์ ธารชลานุกิจ, ปร.ด.)

กรรมการ .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

กรรมการ .....

(อาจารย์กรรณิการ์ ดวงมาลย์, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(ศาสตราจารย์เกษม จันทร์แก้ว, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 22 **เดือน** มีนาคม **พ.ศ.** 2550

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังขยะสด ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนของแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี

A Study of Heterotrophic Aerobic Microorganism Changes in Intertidal Zone Garbage Landfill at Leam Pak Bia Petchaburi Province

โดย

นางสาวธีรวรรณ บุญโทแสง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)
พ.ศ. 2550

ธีรวรรณ บุญโทแสง 2550: การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังขยะสดที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนของแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม ประธานกรรมการที่ปรึกษา: ศาสตราจารย์วิทย์ ธารชลานุกิจ, ปร.ด. 126 หน้า

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังกลบขยะสดที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติของแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี ทำการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทั้งชนิด และจำนวนของ แบคทีเรีย รา และ แอคติโนมัยซีส ในหลุมฝังกลบขยะสด เปรียบเทียบกับในดินป่าชายเลน รวมกับการตรวจวัด ค่าความเป็นกรด ด่าง, ค่าความเค็ม และ อุณหภูมิ ในพื้นที่ศึกษา ผลการศึกษา พบว่า จำนวนแบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส เมื่อคัดแยกเชื้อด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA, PDA และ SCA ตามลำดับ ในสภาวะมีออกซิเจนที่อุณหภูมิห้อง จำนวนแบคทีเรีย รา และ แอคติโนมัยซีส ที่พบในขยะสดก่อนฝังกลบมีจำนวน 7.77×10^8, 2.35×10^5 และ 1.09×10^3 CFU/กรัมแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีจำนวนมากกว่าจุลินทรีย์ในดินป่าชายเลน แบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ชนิดเด่นที่พบได้เบื้องต้น มีลักษณะทางสรีระวิทยา และสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกับ *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. ซึ่งพบทั้งในขยะสด และดินป่าชายเลน นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียที่คล้ายคลึงกับ *Xanthomonas* sp. ร่วมด้วย เชื้อราที่จัดเป็นกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป สายพันธุ์เด่นที่พบในดินป่าชายเลนมีโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกับ *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Acremonium* sp. ขณะที่พบสายพันธุ์ที่มีโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาคล้ายคลึงกับ *Penicillium* sp. และ *Geotrichum* sp. ในขยะสด สำหรับ *Streptomyces* พบว่าเป็นแอคติโนมัยซีสกลุ่มเด่น ที่พบทั้งในดินป่าชายเลนและขยะสดที่นำมาฝังกลบ ซึ่งจากการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน พบว่า จำนวนของจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ทั้ง 3 กลุ่ม มีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วในช่วง 3 วันแรกของการฝังกลบ และมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ตามระยะเวลาการฝังกลบ เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ซึ่งมีการลดลงเช่นกันไม่สามารถพบได้ภายหลังสิ้นสุดการทดลองฝังกลบ 52 วัน ขณะที่จำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลน พบว่ามีจำนวนลดลงและมีจำนวนน้อยกว่าก่อนทำการทดลองฝังกลบขยะสด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิ และความเค็ม หลุมฝังกลบขยะสดกับบริเวณหลุมอ้างอิง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ขณะที่ค่า pH ไม่มีความแตกต่าง จากผลการทดลองพอสรุปได้ว่า การฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนเป็นวิธีที่ไม่เหมาะสม เนื่องจาก ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงชนิด และการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลน รวมทั้งเกิดภาวะน้ำขังบริเวณหลุมขยะ เกิดซัลไฟด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ในหลุมฝังกลบ และส่งผลกระทบด้านลบต่อระบบนิเวศป่าชายเลน พืชป่าชายเลน สัตว์หน้าดิน และสัตว์น้ำ บริเวณโดยรอบ

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่อประธานกรรมการ 19 / มี.ค. / 2550

Teerawan Boontoseang 2007: A Study of Heterotrophic Aerobic Microorganism Changes in Intertidal Zone Garbage Landfill at Leam Pak Bia Petchaburi Province. Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science, College of Environment. Thesis Advisor: Professor Wit Tarnchalanukit, Ph.D. 126 pages.

The heterotrophic aerobic microorganisms in garbage landfill in natural mangrove forest at Leam Pak Bia, Phetchaburi were studied for 52 days. Change of both species and number of groups of bacteria, fungi and actinomycetes were compared to those in the mangrove soil area. The pH, salinity and temperature at each site was also measured. The results shown that the number of bacteria, fungi and actinomycetes in garbage when isolated by culture medium PCA, PDA and SCA in aerobic condition at room temperature were 7.77×10^8, 2.35×10^5 and 1.09×10^3 CFU/g dry weight respectively, which were higher than the number of microorganism in mangrove soil. The predominant heterotrophic aerobic bacteria, morphological characteristic similar to *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. which were found both in garbage and soil. The heterotrophic aerobic bacteria similar to *Xanthomonas* sp. were also found. The heterotrophic aerobic fungi, morphological characteristic similar to *Penicillium*, *Aspergillus* and *Acremonium* were the dominant fungi groups found in the mangrove soil, whereas fungi morphology similar to *Penicillium* and *Geotrichum* were found in garbage. The *Streptomyces* was the dominant group of actinomycetes found in both garbage and soil. It shown that the number of all groups of microorganism were rapidly decreased during the first 3 days of incubation and were decreased following the time of incubation. Fungi and actinomycetes were relatively decreased and not found after 52 days of the experiment. The number of heterotrophic aerobic microorganisms in mangrove soil were decreased when compared to the beginning. The comparison of the average temperature and salinity between the landfill site and reference site shown that the landfill site and reference site were statistically significant difference 0.05 while the pH was not difference. The results can be concluded that the use of garbage landfill in the mangrove forest area is not suitable due to changed of species and the number of all groups of heterotrophic aerobic microorganism in mangrove soil were decreased, emerging of water locking, sulfide and hydrogensulfide production in the garbage landfill holes and has the negative impact on mangrove ecosystem, mangrove plants, benthic invertebrate animals and fishes.

B. Tirasut — Wit Tarnchalanukit — 22 / March / 2007

Student's signature — Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาจาก ศ. วิทย์ ธารชลานุกิจ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผศ. ดร. สุรัตน์ บัวเลิศ และอาจารย์ ดร. กรรณิการ์ ดวงมาลย์ คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ท่านได้แนะนำ และให้คำปรึกษาระหว่างดำเนินการวิจัย ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ และผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำเพิ่มเติมอันเป็นประโยชน์ต่อการจัดทำวิทยานิพนธ์ จนสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ศิษย์จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

กราบขอบพระคุณมูลนิธิชัยพัฒนา จากโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยวิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัยในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ศิษย์อย่างดีโดยตลอด

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี ทุกท่าน ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยทั้งการประสานงาน และเก็บข้อมูลภาคสนามตลอดระยะเวลาดำเนินงานวิจัย จนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีทุกประการ ขอขอบคุณภาควิชาจุลชีววิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิจัย อาจารย์ศลิษา สุวรรณศักดิ์ ที่ให้คำแนะนำในการจำแนกเชื้อรา และคุณสุเทพ ญาดี เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ที่อนุเคราะห์สารเคมีในการวิเคราะห์เชื้อจุลินทรีย์ คุณเพ็ญแข สุพัฒน์ศักดิ์สกุล ที่ให้คำแนะนำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อนๆ ภาควิชาจุลชีววิทยาที่ให้การแนะนำช่วยเหลือ และขอขอบคุณเพื่อนๆวิทยาลัยสิ่งแวดล้อมรุ่น 28 ทุกๆคน โดยเฉพาะ พรกมล สิงห์คำ, รัตน์สุดา วิทนา, วิภาดา ปิ่นเกษร, วราพร เกียรติศิริอนันต์ และที่มิได้เอ่ยนาม รวมถึงรุ่นพี่และรุ่นน้องวิทยาลัยสิ่งแวดล้อมทุกคนที่เป็นกำลังใจอย่างดีโดยตลอด

ที่สุดนี้ กราบขอบพระคุณ คุณพ่อพงษ์ศาสตร์ คุณแม่รติรัตน์ และคุณศิริชัย บุญโทแสง ที่ให้ความรัก ความห่วงใย เป็นแรงกำลังสำคัญ ทั้งกำลังกาย กำลังใจ และทุนสนับสนุน ที่คอยสนับสนุนตลอดเวลา รวมทั้งญาติพี่น้องทุกท่านที่ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ธีรวรรณ บุญโทแสง

มกราคม 2550

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการศึกษา	3
การตรวจเอกสาร	4
ขยะมูลฝอย	4
ป่าชายเลน	11
จุลินทรีย์ในดิน	19
อุปกรณ์และวิธีการ	33
อุปกรณ์	33
วิธีการ	34
ผลและการวิจารณ์	42
การทดลองที่ 1	42
การทดลองที่ 2	78
สรุปผลการทดลอง	92
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	93
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก	102
ภาคผนวก ข	108
ภาคผนวก ค	113

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองเพชรบุรี แสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในแต่ละชนิด และเป็นข้อมูลจากน้ำหนักเปียก	10
2	การกระจายตัวของจุลินทรีย์ในดินที่ระดับความลึกต่างๆ	19
3	การจัดจำแนกแบคทีเรียโดยอาศัยความแตกต่างของแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน	23
4	อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	28
5	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมอ้างอิง ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน	45
6	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมฝังกลบขยะ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน	50
7	การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในขยะที่ฝังกลบ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน	55
8	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน	59
9	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน	61
10	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยจำนวนแอคติโนมัยซีสในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และ ตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่างระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน	63
11	ลักษณะทางสรีระวิทยา และชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะที่ฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิง	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	การเปลี่ยนแปลงกลุ่มเชื้อราสายพันธุ์เด่น ในขยะที่ฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง ตลอดการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน 52 วัน	72
13	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในหลุมฝังกลบขยะสด และอุณหภูมิดินหลุมอ้างอิง ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนในการทดลองฝังกลบขยะสด ตลอดการทดลอง 52 วัน	80
14	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยของ pH ในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ในตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และในตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน	82
15	การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยความเค็มในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน	84

ตารางผนวกที่

ค1	ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ	114
ค2	ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินส่วนบนของหลุมฝังกลบขยะสด	119
ค3	ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง	122

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่า pH กับช่วงเวลาของกิจกรรมการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์	28
2	แนวหลุมฝังกลบขยะสด (T_2) และหลุมอ้างอิง (T_1) ในพื้นที่ป่าชายเลนโครงการวิจัย และพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ	34
3	การเรียงตัวของแนวหลุมอ้างอิง (T_1) และแนวหลุมฝังกลบขยะสด (T_2)	35
4	แนวเก็บตัวอย่างดิน และตัวอย่างขยะสดเมื่อทำการฝังกลบแล้ว บริเวณหลุมฝังกลบขยะสด และบริเวณหลุมอ้างอิง	36
5	ลักษณะและโครงสร้างป่าชายเลนธรรมชาติที่เลือกใช้สำหรับเป็นพื้นที่ดำเนินการทดลองฝังกลบขยะสด	42
6	ลักษณะและโครงสร้างป่าชายเลนธรรมชาติที่เลือกใช้สำหรับเป็นพื้นที่หลุมอ้างอิง	43
7	ลักษณะและโครงสร้างขยะสดที่ใช้ในการศึกษา	43
8	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมบริเวณอ้างอิง ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน	46
9	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมฝังกลบขยะ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน	51
10	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในขยะที่ฝังกลบ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน	56
11	ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อนมีเอนโดสปอร์ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* sp.	65
12	ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนซึ่งซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับ	66
13	ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Penicillium* sp.	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Aspergillus* sp.	70
15	ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Acremonium* sp.	71
16	ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Geotrichum* sp.	71
17	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสายสปอร์ และการโค้งงอของสายสปอร์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเส้นใยเล็กบาง ปลายสายสปอร์เป็นเกลียว หรือปลายโค้งงอ	75
18	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสายสปอร์ และการโค้งงอของสายสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเส้นใยขนาดใหญ่ ปลายสายสปอร์เป็นเกลียวแบบปลายเปิด	75
19	แถบกรดอมิโนของเชื้อแอคติโนมัยซีส เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน DAP (LL-DAP, meso-DAP) และ KKD-096 (meso-DAP)	76
20	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในขยะที่ฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติในการทดลองฝังกลบขยะสด ตลอดการทดลอง 52 วัน	84
21	การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของขยะที่ทำการฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิง ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศึกษา ณ วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง	85
22	การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของขยะสดที่ทำการฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิง ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศึกษา ณ วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง	85

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังขยะสดที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนของแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี

A Study of Heterotrophic Aerobic Microorganism Changes in Intertidal Zone Garbage Landfill at Leam Pak Bia Petchaburi Province

คำนำ

ขยะมูลฝอยนับเป็นปัญหาสำคัญของชุมชนทั้งในเขตเมืองและรอบนอก ซึ่งจากการที่ประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้เกิดการขยายตัวของชุมชน การขยายตัวของอุตสาหกรรมการผลิตสินค้า รวมถึงกิจกรรมการบริโภคสินค้าของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มสูงขึ้น ขยะมูลฝอยที่เพิ่มสูงขึ้นจึงต้องมีการกำจัดอย่างถูกวิธี เพื่อความสะอาดเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีของคนในชุมชน การกำจัดขยะมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การเผา การเก็บกองกับพื้น การฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาลหรือวิธีอื่นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่

ด้วยโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดเพชรบุรี และในพื้นที่ศึกษาของโครงการฯ ส่วนหนึ่งมีลักษณะภูมิประเทศที่มีพื้นที่ป่าชายเลนขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล เดิมพื้นที่ป่าชายเลนเคยถูกกัดเซาะ และถูกทำลายเป็นบริเวณกว้าง พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงเคยมีพระราชดำริให้ทดลองใช้ปุ๋ยหมักจากขยะเทศบาลเมืองเพชรบุรี มาทำการถมบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนที่ถูกกัดเซาะ เพื่อให้เกิดการงอกของเลน โดยทางโครงการวิจัยฯได้ดำเนินการเรียบร้อยแล้ว และทรงมีพระราชดำรัสถึงการใช้ประโยชน์จากขยะอินทรีย์ที่คัดแยกแล้วมาทำการฝังกลบในพื้นที่ป่าชายเลน เมื่อขยะย่อยสลายแล้ว จะสามารถหมุนเวียนใช้พื้นที่เดิมได้ เป็นการฟื้นฟูและเพิ่มดินให้กับป่าชายเลน

ในภาวะปัจจุบัน ปริมาณขยะของเทศบาลเมืองเพชรบุรีมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจากในอดีต เช่น ในปี 2545 ปริมาณขยะของเทศบาลที่จัดเก็บได้ คือ 48.6 ตันต่อวัน ซึ่งส่วนมากขยะจากตลาดเทศบาลเมืองเพชรบุรี มีองค์ประกอบของขยะสด (เศษผัก อาหาร และเศษพืช) คิดเป็นร้อยละ 53.81 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ปริมาณขยะสดมีมากในแต่ละวัน จึงเล็งเห็นว่าขยะสดซึ่งเป็นอินทรีย์วัตถุที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มพื้นที่

ให้กับป่าชายเลนที่เคยถูกกัดเซาะ และฟื้นฟูป่าชายเลนได้ จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการใช้ประโยชน์จากขยะสดเพื่อการฟื้นฟู และเพิ่มพื้นที่ป่าชายเลนได้ในอนาคต ทั้งยังเป็นการลดปริมาณขยะสดเทศบาลที่มีปริมาณมากต่อวันด้วย

การศึกษาการนำขยะสดมาทำการฝังกลบในพื้นที่ป่าชายเลนครั้งนี้ จึงจำเป็นต้องทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการฝังขยะสดในด้านต่างๆ ทั้งกายภาพ และชีวภาพ ซึ่งทางชีวภาพจะทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายขยะสด โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส ทางกายภาพศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ความเค็ม และ pH ขณะทำการฝังกลบ 52 วัน ซึ่งกิจกรรมการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนนี้อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนให้เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมได้ หากการศึกษาวิจัยด้านจุลชีววิทยาพบว่า กระบวนการย่อยสลายขยะสดโดยจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆ ในพื้นที่ป่าชายเลนไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลนแล้ว ย่อมได้เป็นข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้นร่วมกับข้อมูลด้านการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทรัพยากรสัตว์หน้าดิน ข้อมูลการศึกษาด้านการเปลี่ยนแปลงทางเคมีและทางกายภาพของขยะและดินจากกิจกรรมการฝังขยะสด ที่สนับสนุนให้เกิดการตัดสินใจนำขยะสดมาทำการฝังในพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งนับได้ว่าเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาป่าชายเลนถูกกัดเซาะ รวมทั้งการแก้ปัญหาการจัดการขยะสดของเทศบาลเมืองเพชรบุรีให้ลดลง และคาดว่าขยะสดที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้ว จะเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงโครงสร้างของดินในพื้นที่ป่าชายเลน ช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินในป่าชายเลน ทำให้พืชสามารถดูดอาหารต่างๆไปใช้ในการเจริญเติบโตได้ ทำให้พื้นที่ป่าชายเลนสามารถฟื้นตัวจากความเสื่อมโทรมได้เร็วขึ้น ซึ่งหากสภาพป่าชายเลนกลับมาอุดมสมบูรณ์อีกครั้งจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตที่ดีของประชากรได้ในระยะยาว

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังกลบขยะสดที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลน ของโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ในการทดลอง

2. เพื่อศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ อุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะสดขณะย่อยสลาย ค่า pH และค่าความเค็มของดิน ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมดังกล่าว

3. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้พื้นที่ป่าชายเลนสำหรับฝังกลบขยะสด โดยขณะย่อยสลายไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศป่าชายเลน

ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม คือ แบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส ในหลุมฝังกลบขยะสด ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติของโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา โดยมีระยะการทดลองฝังกลบ 52 วัน

การตรวจเอกสาร

ขยะมูลฝอย

1. ความหมายของขยะมูลฝอย

สำนักรักษาความสะอาด (2523) ได้กล่าวถึงขยะว่า ขยะ ได้แก่ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษสินค้า เถ้า มูลสัตว์ และซากสัตว์ รวมถึงวัตถุอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ที่เลี้ยงสัตว์และชุมชน

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม (2535) ได้กล่าวถึงมูลฝอยว่า มูลฝอย ได้แก่ เศษกระดาษ เศษผ้า เศษอาหาร เศษสินค้า ถุงพลาสติก ภาชนะที่ใส่อาหาร เถ้า มูลสัตว์หรือซากสัตว์ รวมตลอดถึงสิ่งอื่นใดที่เก็บกวาดจากถนน ตลาด ที่เลี้ยงสัตว์หรือที่อื่น

สำนักรักษาความสะอาด (2523) ได้ให้ความหมายคำว่าขยะมูลฝอยไว้ว่า ขยะมูลฝอย (refuse or solid wastes) หมายถึง สิ่งปฏิกูลซึ่งอยู่ในรูปของแข็งซึ่งอาจจะมีน้ำหรือความชื้นปะปนมาด้วยจำนวนหนึ่ง ประกอบด้วยสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์

สิทธิชัย (2540) ได้อธิบายว่า ขยะมูลฝอย คือ เศษของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิต และการใช้สอยของมนุษย์ ขยะมูลฝอยอาจมีลักษณะแตกต่างกันออกไปตามแหล่งที่ก่อให้เกิดขยะนั้นๆ เช่น ขยะจากบ้านเรือนที่พักอาศัย มีลักษณะเป็นเศษอาหารที่เหลือจากการหุงต้ม เศษผ้าและเศษของที่ไม่ใช้แล้วต่างๆ เป็นต้น

ส่วนเกษม (2541) ได้อธิบายว่า ขยะมูลฝอย คือ เศษของเหลือใช้หรือของที่ใช้แล้ว ทั้งในรูปของอินทรีย์และอนินทรีย์สาร

2. แหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอย

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2541) ได้สรุปและแบ่งแหล่งกำเนิดขยะมูลฝอยที่สำคัญๆ ได้ 8 แหล่ง เช่น ที่พักอาศัย ธุรกิจร้านค้า สถานที่ก่อสร้าง อุตสาหกรรม การเกษตรกรรม เป็นต้น โดยลักษณะประเภทและการดำเนินกิจกรรมในสถานที่ที่ต่างกัน ก่อให้เกิดความแตกต่างกันของลักษณะและปริมาณของขยะมูลฝอย ดังนี้

2.1 แหล่งที่พักอาศัย

ลักษณะกิจกรรม และสถานที่ เป็นบ้านเดี่ยว ตึกแถว อพาร์ตเมนท์หรืออาคารชุด ฯลฯ มีลักษณะของขยะมูลฝอย เช่น เป็นเศษอาหาร กระดาษ กล่อง พลาสติก เศษผ้า หนังยาง กระเบื้อง ขวดแก้ว เศษกิ่งไม้ใบไม้ เฟอร์นิเจอร์ต่างๆ และขยะ ของเสียอันตราย เช่น ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ แบตเตอรี่รถยนต์ ฯลฯ เป็นต้น

2.2 แหล่งธุรกิจการค้า

ลักษณะกิจกรรม และสถานที่ เป็นร้านค้า ภัตตาคาร ตลาด สำนักงาน โรงแรม สถานบันเทิง ฯลฯ ลักษณะของขยะมูลฝอย เช่น กระดาษ กล่อง พลาสติก เศษอาหาร แก้ว เศษไม้ กระป๋อง ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน

2.3 แหล่งสถานที่ราชการ

ลักษณะกิจกรรม และสถานที่ โรงเรียน โรงพยาบาล เรือนจำ ที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างๆ ลักษณะของขยะมูลฝอยมีลักษณะเช่นเดียวกับธุรกิจการค้า เช่น กระดาษ กล่อง พลาสติก เศษอาหาร แก้ว เศษไม้ กระป๋อง ของเสียอันตรายจากบ้านเรือน

2.4 แหล่งสถานที่ก่อสร้าง

ลักษณะกิจกรรม และสถานที่ เป็นสถานที่ที่กำลังมีการก่อสร้าง รื้อถอน การซ่อมถนนหรือทางเดินเท้าที่ชำรุด ฯลฯ ลักษณะของขยะมูลฝอย ได้แก่ เศษไม้ เศษเหล็ก เศษหิน ฝุ่นดิน คอนกรีต ฯลฯ

2.5 แหล่งที่ตั้งระบบสาธารณูปโภค

ลักษณะกิจกรรม และสถานที่ เช่น โรงผลิตน้ำประปา โรงบำบัดน้ำเสีย เตาเผาขยะ-มูลฝอย ลักษณะของขยะมูลฝอย เช่น กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย ขี้เถ้าจากการเผา ฯลฯ

2.6 แหล่งสถานที่สาธารณะ

ลักษณะกิจกรรม และสถานที่ เช่น ถนน ที่จอดรถ สนามเด็กเล่น สวนสาธารณะ ชายหาด สถานที่ท่องเที่ยว ฯลฯ ลักษณะของขยะมูลฝอย เช่น เศษกระดาษ พลาสติก เศษอาหาร เศษใบไม้ กิ่งไม้ กระป๋อง ฝุ่นดิน ฯลฯ

2.7 แหล่งอุตสาหกรรม

ลักษณะกิจกรรมและสถานที่ เช่น โรงงาน นิคมอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมก่อสร้าง ทอผ้า ฟอกย้อม อุตสาหกรรมเคมี โรงกลั่นน้ำมัน ฯลฯ ลักษณะของขยะมูลฝอย เป็นของเสียจากกระบวนการผลิต (ขึ้นอยู่กับประเภทของโรงงาน) เศษโลหะ ของเสียอันตราย มูลฝอยจากคนงาน (เช่น เศษอาหาร กระดาษ ฯลฯ)

2.8 แหล่งการเกษตรกรรม

ลักษณะกิจกรรมและสถานีที่ เช่น ไร่ นา สวน ฟาร์มเลี้ยงสัตว์ ฯลฯ ลักษณะของขยะมูลฝอย ได้แก่ เศษผลผลิต เช่น ฟางข้าว เปลือกข้าวโพด มูลฝอยจากการอุปโภค บริโภคของเกษตรกร (เช่น เศษอาหาร กระดาษ พลาสติก) ของเสียอันตราย เช่น บรรจุภัณฑ์ที่ใส่สารเคมีที่ใช้ในการเกษตร

3. <u>ปริมาณของขยะมูลฝอย</u>

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2527) ได้กล่าวถึงปริมาณขยะที่มีในปัจจุบัน และสามารถจำแนกได้ตามชนิดของแหล่งกำเนิดของขยะได้ ดังนี้

3.1 ปริมาณขยะจากแหล่งชุมชน แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ

3.1.1 ปริมาณขยะที่เก็บรวบรวมได้ โดยกองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2527) และพิชิต (2535) ได้กล่าวไว้ว่า จากการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณขยะที่เก็บรวบรวมได้ในเขตเทศบาลต่างๆ ทั่วประเทศ โดยการสำรวจของงานจัดการมูลฝอยและปฏิกูล กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแหล่งชาติ พบว่าปริมาณขยะที่เก็บรวบรวมจะขึ้นอยู่กับจำนวนประชากรและงบประมาณด้านการจัดการขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลเป็นสำคัญ

3.1.2 ปริมาณของขยะในแหล่งกำเนิด หรือปริมาณของขยะที่มีอยู่จริง ต้องคาดคะเนปริมาณเอง เนื่องจากบางส่วนของขยะในแหล่งกำเนิดไม่มีการเก็บรวบรวมและถูกนำไปวางกองไว้ในที่โล่งหรือกำจัดในแหล่งกำเนิด จึงทำให้ปริมาณของขยะที่รวบรวมได้มีน้อยกว่าขยะที่มีอยู่จริง

3.2 ปริมาณของขยะจากแหล่งอุตสาหกรรม

ขึ้นอยู่กับปริมาณและกำลังการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับปริมาณและขยะที่เกิดจากแหล่งอุตสาหกรรมนั้นไม่ได้มีการรวบรวมไว้โดยเฉพาะ แต่ได้เก็บรวบรวมไว้กับปริมาณของขยะจากแหล่งชุมชนส่งเทศบาลเพื่อการกำจัด และขยะบางส่วนถูกกำจัดโดยโรงงานเอง

3.3 ปริมาณขยะจากแหล่งเกษตรกรรม

เป็นขยะที่ไม่สามารถบอกถึงปริมาณขยะได้ เนื่องจากอยู่นอกพื้นที่การเก็บรวบรวมของเทศบาลหรือสุขาภิบาล และขยะเหล่านี้จะถูกกำจัดให้หมดไปหรือนำไปใช้ประโยชน์อื่น จึงไม่สามารถที่จะรู้ถึงปริมาณของขยะจากแหล่งนี้ได้

4. <u>ประเภทของมูลฝอย</u>

เรียมสงวน (2544) ได้กล่าวถึงประเภทของมูลฝอยตามการแบ่งประเภทมูลฝอยโดยกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม เป็นประเภทต่างๆ รวม 11 ประเภท ดังนี้

4.1 มูลฝอยสดหรือมูลฝอยที่เน่าเปื่อยได้ง่าย (garbage)

มูลฝอยสด ได้แก่ เศษอาหาร พืชผัก เศษเนื้อสัตว์ที่มักเกิดจากการเตรียม การปรุงอาหารรวมทั้งมูลฝอยที่เกิดจากตลาดสด มูลฝอยสดมีส่วนประกอบที่เป็นอินทรียวัตถุในปริมาณที่สูงมาก และเป็นอินทรียวัตถุที่สลายตัวได้ง่าย มูลฝอยสดที่เกิดจากการเน่าเปื่อยจะส่งกลิ่นเหม็นรบกวน โดยปกติมูลฝอยสดจะมีความชื้นประมาณ 40-70% มูลฝอยสดบางชนิด เช่น เศษอาหาร พืชผัก มีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่บ้างสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ มูลฝอยสดควรนำกำจัดภายใน 24 ชั่วโมง

4.2 มูลฝอยแห้ง (rubbish)

มูลฝอยแห้ง ได้แก่ เศษแก้ว กระป๋อง ขวด ไม้ กระดาษ พลาสติก เศษโลหะ เป็นต้น ส่วนใหญ่จะมีความชื้นน้อยกว่ามูลฝอยสดมาก สลายตัวได้ยากหรือไม่สลายตัว บางส่วนสามารถเผาทำลายได้ การเก็บรวบรวมไว้ก่อนนำไปกำจัดได้นานกว่ามูลฝอยสด ขยะมูลฝอยชนิดนี้มีทั้งที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้

4.3 เถ้า (ashes)

เถ้า ได้แก่ เศษที่เหลือ หรือกากที่เหลือจากการเผาไหม้ เช่น การเผาไหม้ของแกลบ ฟืน ถ่าน เป็นต้น

4.4 มูลฝอยจากการอุตสาหกรรม (industrial wastes)

มูลฝอยจากการอุตสาหกรรมจะมีปริมาณ และลักษณะแตกต่างกันไปตามขนาดและกิจกรรมของโรงงานอุตสาหกรรม อาจมีทั้งมูลฝอยสด และมูลฝอยแห้ง มูลฝอยประเภทนี้อาจปนเปื้อนด้วยสารเคมี จุลินทรีย์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้

4.5 ซากสัตว์ (dead animal)

ซากสัตว์ต่างๆ ถือว่าเป็นมูลฝอยอันตราย เช่นเดียวกับประเภทมูลฝอยสด เพราะก่อให้เกิดเหตุรำคาญเรื่องกลิ่นเหม็น และการแพร่กระจายของเชื้อโรคบางชนิด รวมทั้งเป็นมลพิษทางทัศนียภาพเป็นอย่างยิ่ง

4.6 มูลฝอยจากถนน (street sweeping)

มูลฝอยจากถนนส่วนใหญ่เป็นพวกใบไม้ ฝุ่น เศษกระดาษ ดิน มูลฝอยประเภทนี้จำเป็นต้องเก็บรวบรวมตลอดเวลา เนื่องจากอาจทำให้ท่อระบายน้ำตื้นเขิน ตันได้ มูลฝอยประเภทนี้พบตามถนน ตรอก ซอย รวมถึงที่สาธารณะ

4.7 มูลฝอยจากการกสิกรรม (agricultural wastes)

มูลฝอยจากการกสิกรรม ได้แก่ ของแข็งที่เป็นสิ่งปฏิกูล อันเกิดจากกิจกรรมทางการเกษตร เช่น เศษพืช หญ้า ฟาง มูลสัตว์ เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นอินทรียวัตถุที่สลายตัวได้ง่าย

4.8 ของใช้ชำรุด (bulky wastes)

ของใช้ชำรุด ได้แก่ สิ่งของที่หมดสภาพการใช้งานหรือชำรุด เช่น ยาง รถยนต์เก่าที่เสื่อมสภาพแล้ว เฟอร์นิเจอร์ที่ชำรุด เป็นต้น มูลฝอยพวกนี้เป็นอินทรียวัตถุที่สลายตัวง่าย

4.9 ซากรถยนต์ (abandon venhicles)

ซากรถยนต์ ได้แก่ รถยนต์ที่เลิกใช้แล้วและไม่มีอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์แล้ว จะพบตามเมืองใหญ่ๆ เท่านั้น

4.10 มูลฝอยจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง (demolition wastes)

มูลฝอยจากการรื้อถอนสิ่งก่อสร้าง ได้แก่ เศษที่เกิดจากการรื้อถอนหรือทำลายสิ่งปรักหักพัง เช่น การรื้อตึกเก่า อาคารเก่า บ้านเรือน เป็นต้น

4.11 มูลฝอยจากการก่อสร้าง (construction wastes)

มูลฝอยจากการก่อสร้าง ได้แก่ เศษวัสดุก่อสร้าง เช่น เศษไม้ เศษปูน อิฐหัก ทราย เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นวัสดุที่ย่อยสลายไม่ได้ อาจกลายเป็นมูลฝอยประเภทอื่นๆ

เนื่องจากขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน ทำให้ลักษณะหรือประเภทของขยะและองค์ประกอบในขยะต่างกันไปตามไปด้วย ตัวอย่างเช่นข้อมูลขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองเพชรบุรี ดังตารางที่ 1 ซึ่งแสดงลักษณะและองค์ประกอบของข้อมูลขยะมูลฝอยเทศบาล ในรูปของเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในแต่ละชนิด และข้อมูลจากน้ำหนักเปียก

<u>ตารางที่ 1</u> ลักษณะและองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเทศบาลเมืองเพชรบุรี แสดงในรูปของเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบในแต่ละชนิด และข้อมูลจากน้ำหนักเปียก

ลักษณะมูลฝอย	ตลาด	ชุมชน	สถานที่กำจัดมูลฝอย
ผักเศษอาหาร	70.59	52.95	57.36
กระดาษ	5.86	7.59	7.16
พลาสติก	12.54	14.38	13.92
ยาง	1.23	1.98	1.79
หนัง	1.48	0.52	0.76
ผ้า	0.71	3.84	3.06
ไม้	1.50	2.82	2.49
แก้ว	2.38	3.70	3.37
โลหะ	1.67	1.92	1.82
หิน,กระเบื้อง	0.20	2.28	1.76
อื่นๆ	1.81	6.69	5.47
Bulk *	189.35	198.35	196.10
Dense **	228.44	292.64	276.59
%ความชื้น	59.49	52.58	54.30
ค่าความร้อน	2,261.62	2,156.46	2,174.75

<u>หมายเหตุ</u> * = ความหนาแน่นมูลฝอยปกติ (กก. / ลบ.ม.)

** = ความหนาแน่นมูลฝอยขณะขนส่ง (กก./ลบ.ม.)

ค่าความร้อนมีหน่วยเป็น แคลอรี/กรัม

ที่มา: เทศบาลเมืองเพชรบุรี. (2536)

ป่าชายเลน

ระบบนิเวศของโลกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ระบบใหญ่ๆ คือระบบนิเวศบก (terrestrial ecosystems) และระบบนิเวศน้ำ (aquatic ecosystems) สำหรับระบบนิเวศบก จะใช้ชนิดพรรณพืชเป็นดัชนีในการแบ่ง เช่น ระบบนิเวศป่าดิบชื้น ระบบนิเวศป่าดิบเขา ระบบนิเวศป่าสน และระบบนิเวศป่าชายเลน เป็นต้น ส่วนระบบนิเวศน้ำ ใช้ความเค็ม (salinity) ของน้ำเป็นตัวแบ่ง เช่น ระบบนิเวศน้ำเค็ม ระบบนิเวศน้ำกร่อย และระบบนิเวศน้ำจืด เป็นต้น

นิวัติ (2541) กล่าวถึงชนิดของป่าไม้ในประเทศไทยไว้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า ประเทศไทยมีป่าไม้ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ประเภทที่ 1 ป่าไม่ผลัดใบ เป็นป่าที่ประกอบไปด้วยโครงสร้างของต้นไม้ส่วนใหญ่ที่มีใบเขียวชอุ่มตลอดปี สามารถแบ่งป่านี้ออกได้ 4 ชนิด ได้แก่ ป่าดิบเขตร้อน (tropical evergreen forest) ป่าสน (coniferous forset) ป่าพรุหรือป่าบึง (swamp forest) และป่าชายหาด (beach forest) โดยป่าชายเลนจัดอยู่ในชนิดของป่าพรุหรือป่าบึง

ประเภทที่ 2 ป่าผลัดใบ เป็นป่าที่มีโครงสร้างของต้นไม้ที่ส่วนมากจะทิ้งใบในฤดูแล้ง สามารถแบ่งป่าผลัดใบออกได้ 3 ชนิด ได้แก่ ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ป่าเพาะ ป่าแดง ป่าโคก หรือป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) และป่าทุ่ง (savanna forest)

1. ความหมายป่าชายเลน

Schimper (1903) ได้ให้ความหมายของป่าชายเลน (mangrove forest หรือ tidal forest) ว่า ป่าชายเลนเป็นสังคมพืชที่ขึ้นอยู่ตามบริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ หรืออ่าว ซึ่งเป็นบริเวณที่มีระดับน้ำทะเลท่วมถึงในช่วงที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด

Odum and Mc. Ivor (1990) ได้ให้ความหมายของป่าชายเลนว่า ป่าชายเลนมีความแตกต่างของการปรับตัวเพื่อการดำรงชีวิตในสภาพ anaerobic soils มีความเข้มข้นของเกลือและองค์ประกอบอื่นของแร่ธาตุบริเวณชายฝั่งทะเล พืชมีระบบรากตื้นหรือเรียกว่ารากค้ำจุน (prop root) แตกออกจากส่วนที่ต่ำลงไปของต้น และรากโค้งลง (drop root) จากส่วนของทรงพุ่ม และลำต้นก็สูงขึ้นไป

สมชาย (2524) กล่าวว่า ป่าชายเลนหรือป่าโกงกาง มีลักษณะพิเศษของพรรณไม้ที่สามารถขึ้นอยู่ริมฝั่งทะเลในช่วงระยะที่ระดับน้ำทะเลขึ้นสูงสุดและต่ำสุด สังคมพืชที่ขึ้นอยู่มีมีความแตกต่างจากป่าบกอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากอิทธิพลของลักษณะดิน ความเค็มของน้ำทะเล และปริมาณธาตุอาหารของพืช

สนิท (2532) ให้ความหมายว่า ป่าชายเลนหรือป่าโกงกาง (mangrove forest หรือ intertidal forest) หมายถึง กลุ่มของสังคมพืชที่ขึ้นอยู่ในเขตน้ำลงต่ำสุด และขึ้นสูงสุดบริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ อ่าว ทะเลสาบ และลำคลองที่มีน้ำทะเลและน้ำกร่อยท่วมถึง ซึ่งป่าชายเลน คือ บริเวณชายฝั่งทะเลซึ่งผืนแผ่นดินเชื่อมต่อกับท้องทะเล มีระบบนิเวศซึ่งมีลักษณะพิเศษ และอ่อนไหว ในขณะเดียวกันยังเป็นแหล่งอาหารและพลังงานที่สำคัญของมวลมนุษย์ (สนิท, 2534)

เสาวภา (2535) กล่าวว่าป่าชายเลนเป็นส่วนหนึ่งของบริเวณเขตน้ำกร่อย ซึ่งจะพบบริเวณปากแม่น้ำเท่านั้น ที่เรียกว่าป่าชายเลน เพราะดินบริเวณปากแม่น้ำเป็นดินเลน ไม้ยืนต้นบริเวณป่าชายเลนมีคุณสมบัติพิเศษจากไม้ยืนต้นอื่นๆ คือ มีการปรับตัวด้านสรีระวิทยา จนสามารถอยู่ได้ในบริเวณที่มีความเค็มโดยไม่มีการสูญเสียน้ำ และสามารถทนอยู่ได้ในเขตที่มีอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลง

ทั้งนี้การให้ความหมายของ Du (1962) และ สนิท (2541) สามารถสรุปโดยรวมได้ว่า ป่าชายเลน เป็นสังคมพืชที่ขึ้นตามชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าวซึ่งเป็นบริเวณที่มีน้ำทะเลท่วมถึงในช่วงที่น้ำทะเลขึ้นสูงสุด และให้ความหมายอย่างกว้างๆไว้ 2 ประการ คือ ประการแรก หมายถึง สังคมพืชที่ประกอบด้วยพันธุ์ไม้หลายชนิด หลายตระกูล และเป็นพวกที่มีใบเขียวตลอดปี (evergreen species) ซึ่งมีลักษณะทางสรีระวิทยา และความต้องการทางสิ่งแวดล้อมที่คล้ายกัน ประการที่สอง หมายถึง กลุ่มของสังคมพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณปากอ่าว ชายฝั่งทะเลบริเวณเขตร้อน (tropical region) ซึ่งเป็นช่วงแผ่นดินบริเวณที่มีน้ำเค็มขึ้นสูงสุด และลงต่ำสุด บางครั้งจึงเรียกว่า intertidal forest ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยไม้สกุลโกงกาง (*Rhizophora*)

ราชบัณฑิตยสถาน (2542) ให้ความหมายว่า ป่าชายเลน หมายถึง ป่าที่อยู่ตามชายทะเลที่มีเลนและน้ำทะเลขึ้นถึง ต้นไม้ในป่าชายเลนนี้มักมีรากงอกอยู่เหนือพื้นดินเพื่อค้ำยันลำต้น โดยมากเป็นไม้โกงกาง (*Rhizophora*) แสม (*Avicennia*) และลำพู *(Sonneratia caseolaris*)

อาจกล่าวได้ว่า ป่าชายเลน หรือป่าโกงกาง คือ กลุ่มของสังคมพืชซึ่งขึ้นอยู่ในเขตน้ำลงต่ำสุด และน้ำขึ้นสูงสุด บริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำหรืออ่าว ป่าชายเลนเป็นบริเวณที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด ทั้งพืชและสัตว์ ป่าชายเลน จึงให้ประโยชน์แก่มนุษย์มากมาย ทั้งในด้านพลังงานและไม้ใช้สอย ตลอดจนเป็นแหล่งผลิตอาหาร โปรตีนที่สำคัญ เนื่องจากป่าชายเลนยังช่วยป้องกันภัยธรรมชาติ โดยเฉพาะเป็นเกราะกำบังและลดความรุนแรง ของคลื่นลมชายฝั่ง ช่วยดักตะกอนสิ่งปฏิกูล และสารพิษต่างๆ มิให้ไหลลงไปสะสมในบริเวณชายฝั่งและในทะเล

ประธาน (2548) ให้ความหมายของป่าชายเลนโดยสรุปได้ว่า ป่าชายเลน หมายถึง สังคมพืชที่สามารถขึ้นได้ในน้ำกร่อย บริเวณปากแม่น้ำ หรืออ่าว ในช่วงระยะที่น้ำทะเลขึ้นได้สูงสุดและลงต่ำสุด ดินมีลักษณะเป็นดินเลน มีอินทรียวัตถุมาก พันธ์ไม้ที่ขึ้นได้แก่ โกงกาง แสม จาก ลำพู และเสม็ด เป็นต้น ป่าชายเลนเกิดขึ้นทั่วไปในเขตโซนร้อน โดยเฉพาะจะหนาแน่นในบริเวณใกล้เส้นศูนย์สูตร

เฉลิมชัย (2539) ได้ศึกษาพื้นที่ป่าชายเลนในอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี พบว่ามีพื้นที่ 2,125 ไร่ มีลักษณะพื้นที่เป็นแนวยาวตามชายฝั่งทะเล จากปากอ่าวบ้านแหลมจนไปถึงแหลมผักเบี้ย มีความกว้างของป่าโดยเฉลี่ย 120 เมตร โครงสร้างของป่าประกอบด้วยไม้ 6 ชนิด ได้แก่ ไม้แสมขาว แสมดำ แสมทะเล โกงกางใบเล็ก โกงกางใบใหญ่ และพังกาหัวสุมดอกแดง โดยมีแสมทะเลเป็นไม้เด่นที่สุด ซึ่งการแบ่งโซนของพันธุ์ไม้จากชายฝั่งทะเลเข้าไปสู่ป่า แบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ กลุ่มไม้ ไม้แสมขาว, แสมดำ, แสมทะเล กลุ่มไม้โกงกางใบเล็ก, โกงกางใบใหญ่ และ กลุ่มไม้พังกาหัวสุมดอกแดง

2. <u>ระบบนิเวศป่าชายเลน</u>

ระบบนิเวศวิทยาที่เกิดขึ้นในป่าชายเลนนั้น เป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ที่มีต่อกันระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม พืชพรรณธรรมชาติชนิดต่างๆ เมื่อได้รับแสงจากดวงอาทิตย์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสงจะทำให้เกิดอินทรียวัตถุและการเจริญเติบโต กลายเป็นผู้ผลิต (producers) ของระบบ ส่วนต่างๆ ของต้นไม้ นอกเหนือจากที่มนุษย์นำไปใช้ประโยชน์แล้วจะร่วงหล่นทับถมในน้ำและในดิน ในที่สุดกลายเป็นแร่ธาตุของพวกจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา แพลงก์ตอน ตลอดจนสัตว์เล็กๆ หน้าดินที่เรียกกลุ่มนี้ว่า ผู้บริโภคของระบบ (detritus consumers) พวกจุลินทรีย์เหล่านี้จะเจริญเติบโตกลายเป็นแหล่งอาหารของสัตว์น้ำขนาดเล็กชนิดอื่น และสัตว์เล็กๆเหล่านี้ จะเจริญเติบโตกลายเป็นแหล่งอาหารของพวกกุ้ง ปู และปลาขนาดใหญ่ขึ้นตามลำดับ

ของอาหาร (tropic levels) นอกจากนี้ ใบไม้ที่ตกหล่นโคนต้นอาจเป็นอาหารโดยตรงของสัตว์น้ำ (litter feeder) ก็ได้ ซึ่งทั้งหมดจะเกิดเป็นห่วงโซ่อาหารขึ้นในระบบนิเวศป่าชายเลน และโดยธรรมชาติแล้วจะมีความสมดุลในตัวเอง แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งจะเป็นผลทำให้ระบบความสัมพันธ์นี้ถูกทำลายลงจนเกิดเป็นผลเสียได้ เช่น ถ้าหากพื้นที่ป่าชายเลนถูกบุกรุกทำลาย จำนวนสัตว์น้ำก็จะลดลงตามไปด้วย ตลอดจนอาจเกิดการเน่าเสียของน้ำตามมา (คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลนแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2544)

3. <u>ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อป่าชายเลน</u>

สนิท (2532) กล่าวไว้ว่า ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ มีความสำคัญต่อการคงอยู่ของป่าชายเลน ซึ่งส่งผลทั้งทางตรงและทางอ้อม ทั้งนี้ล้วนเป็นผลจากการกระทำร่วมกันของปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัย ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อป่าชายเลนสามารถแบ่งได้ 8 ชนิด ดังนี้

3.1 ภูมิประเทศชายฝั่งทะเล (coasal physiography) ป่าชายเลนจะขึ้นได้ดีบริเวณชายฝั่งที่เป็นดินเลนและมีน้ำทะเลท่วมถึงและเป็นที่ราบ ป่าชายเลนจะขึ้นเป็นแนวแคบๆในบริเวณที่มีชายฝั่งทะเลแคบ เช่น รอบๆเกาะใกล้ภูเขาสูง หากพื้นที่เป็นที่ราบขนาดกว้าง ขนาดของพื้นที่ป่าชายเลนจะมีขนาดใหญ่ ในประเทศไทยการเกิดของป่าชายเลนมักเป็นบริเวณดินปนทรายตามชายฝั่งแม่น้ำ ลำคลอง หรือเกาะต่างๆ ที่มีน้ำทะเลท่วมถึงอยู่เสมอ ลักษณะภูมิประเทศที่เหมาะสมต่อการเกิดป่าชายเลน คือบริเวณที่ท้องอ่าวไม่มีคลื่นลมแรง มีแม่น้ำสายใหญ่ไหลลงสู่ทะเลและมีลาดท้องน้ำลาดต่ำลงเล็กน้อย

3.2 ภูมิอากาศ (climate) เป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศ ได้แก่ แสง ฝน อุณหภูมิ และลม แสงเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญของระบบนิเวศป่าชายเลนมาก เนื่องจากจำเป็นในกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของพืช โดยไม้ในป่าชายเลนเป็นกลุ่มไม้ที่ต้องการแสงมาก ซึ่งความเข้มแสงที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3,000-3,800 กิโลแคลอรี่ต่อตารางเมตรต่อวัน (Du, 1962) ฝน มีผลต่อการเจริญเติบโต และการออกดอกของไม้ป่าชายเลน ทั้งปริมาณน้ำฝน ระยะเวลาที่ฝนตก และการกระจายตัวของฝน โดยปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมคือ 1,500-3,000 มิลลิเมตรต่อปี และระยะเวลาการตก คือ 8-10 เดือนต่อปี อุณหภูมิ เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกระบวนการทางสรีระวิทยาของไม้ป่าชายเลน เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ เป็นต้น เช่น ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง

คือ สูงกว่า 20 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้การแตกใบอ่อนของต้นแสมทะเลลดลง (Hutching and Saenger, 1987) ลม มีผลต่อลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน เนื่องจากลมมีอิทธิพลต่อการตกและการกระจายตัวของฝน บริเวณที่มีลมแรงจะทำให้ไม้แคระแกรนและรูปทรงผิดปกติ

3.3 น้ำขึ้น น้ำลง (tides) เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการแบ่งเขตของพันธุ์ไม้ป่าชายเลนที่ต่างกัน และมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มบริเวณป่าชายเลน โดยความเค็มของน้ำจะสูงขึ้นและลดต่ำลงตามการเกิดน้ำขึ้นน้ำลง เวลาการขึ้นลงของน้ำทะเลมีผลต่อลักษณะโครงสร้างของป่าชายเลน บริเวณป่าชายเลนที่มีน้ำขึ้นลงวันละครั้ง จะมีโครงสร้างป่าชายเลนต่างจากบริเวณที่มีน้ำขึ้นลงวันละ 2 ครั้ง และต่างจากบริเวณที่ได้รับอิทธิพลน้ำขึ้นลงแบบผสม เช่น บริเวณที่น้ำท่วมถึงตลอดเวลาจะพบโกงกางใบใหญ่ ส่วนบริเวณที่น้ำท่วมเป็นครั้งคราวจะพบไม้ตะบูน ไม้พังกาหัวสุม

3.4 คลื่น และกระแสน้ำ (waves and currents) คลื่นบริเวณชายฝั่งทะเลส่งผลให้เกิดการกัดเซาะ และการพังทลายของดิน ตลอดถึงการเกิดตะกอนบริเวณชายฝั่ง ส่วนกระแสน้ำมีผลให้เกิดการพัดพาตะกอน นอกจากนี้คลื่นและกระแสน้ำมีผลต่อการแพร่กระจายของพันธุ์ไม้และทำให้เกิดการพัดพาธาตุอาหารจากชายฝั่งไปสู่ทะเล (สนิท, 2532)

3.5 ความเค็มของน้ำ (salinity) ทั้งความเค็มของน้ำและความเค็มของน้ำในดินเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต การรอดตาย และการแบ่งเขตของพันธุ์ไม้ในป่าชายเลน โดยทั่วไปบริเวณที่มีช่วงความเค็ม 10-30 เปอร์เซ็นต์ ป่าชายเลนจะเจริญได้ดี เช่น ไม้ลำพู ลำแพน และแสม เป็นไม้เด่นในพื้นที่ที่มีความเค็มของน้ำทะเล 10-30 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำทะเลท่วมถึง 20 วันต่อเดือน และไม้โกงกางมักจะพบในบริเวณป่าชายเลนที่มีน้ำทะเลท่วมถึง 10-19 วันต่อเดือน ที่ระดับความเค็มเดียวกัน

3.6 ออกซิเจนละลายน้ำ (dissolved oxygen) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตและการแพร่กระจายของพืชและสัตว์น้ำ และมีผลต่อการย่อยสลายของเศษใบไม้ ในบริเวณป่าชายเลนมีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำประมาณ 3.8-7.3 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่าออกซิเจนละลายน้ำนี้จะแปรผันตามเวลากลางวันกลางคืน ฤดูกาล และความสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตในป่าชายเลน แต่ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำบริเวณป่าชายเลนต่างๆกัน จะมีความแตกต่างกันตามเขตการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ และด้านนอกของป่าชายเลน (Aksornkoae *et al.*, 1978)

3.7 ดิน (soil) ดินบริเวณป่าชายเลนเกิดจากการทับถมของตะกอนที่ไหลมากับน้ำ การตกตะกอนของสารแขวนลอยในน้ำ และการสลายตัวของอินทรีย์สารต่างๆ คุณสมบัติของดินทั้งกายภาพและเคมี จะแตกต่างกันตามเขตของพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่และต่างจากดินที่อยู่นอกพื้นที่ป่าชายเลน (Aksornkoae *et al.*, 1978) ไม้แสมและโกงกางขึ้นได้ดีในดินที่มี pH ประมาณ 6.6-6.2 ตามลำดับ (Hesse, 1961) ในปี 2530 ชุบและคณะ พบว่าทำการศึกษาและจำแนกดินในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณอ่าวพังงา และอ่าวบ้านดอน ตามพัฒนาการของดินได้ 3 กลุ่ม ได้แก่

3.7.1 ดินเกิดใหม่ (unriped soil) ดินยังพัฒนาไม่สมบูรณ์ มีเฉพาะชั้น A และ C horizone ดินชั้น A หรือดินบนจะมีจุดสีขนาดเล็กเกิดขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการเพิ่มและการลดลงของออกซิเจนเมื่อเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ชั้นล่างหรือชั้น C มีเนื้อดินที่อ่อนมาก และมักพบเศษซากกิ่งไม้ รากไม้ผุ ดินชนิดนี้ชั้นดินบนจะมีสีเข้มกว่าชั้นล่าง เนื้อดินมีสีค่อนข้างน้ำเงินหรือเขียว ดินมีความเป็นกรดสูง มีค่า pH ต่ำมาก อยู่ในช่วง 2.5-6.0 ความเข้มข้นของเกลือสูง ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแปรผันตามชั้นความลึกของดิน เนื้อดินเป็นดินเหนียวจนถึงดินเหนียวปนทราย

3.7.2 ดินซึ่งพัฒนาแล้ว (ripening soils) ดินกลุ่มนี้พบบริเวณที่นี้ทะเลท่วมถึงบางครั้งคราว ดินเริ่มมีโครงสร้างแบบ angular structure ดินชั้นบนเป็นดินเหนียวและมีสีค่อนข้างดำ ความลึกประมาณ 10-30 เซนติเมตร ดินชั้นข้างล่างมีสีค่อนข้างจาง ลึกประมาณ 40-90 เซนติเมตร จากผิวดิน ดินชั้นบนจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ดินกลุ่มนี้มีความเป็นกรดสูง ปริมาณเกลือสูง แต่ฟอสฟอรัสต่ำ

3.7.3 ดินอินทรีย์ เป็นดินที่มีอินทรียวัตถุมาก มีชั้นดินที่ลึก ในชั้นดินมักจะพบซากอินทรียวัตถุส่วนใหญ่ที่ย่อยสลายได้ไม่สมบูรณ์ ดินชั้นบนมีสีเท่าแก่และค่อนไปทางน้ำตาลเทา และแทบจะเป็นสีเดียวกันทั้งชั้น ดินกลุ่มนี้มีความเป็นกรดสูง ปริมาณเกลือและโปตัสเซียมสูง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่ใช้ได้ต่ำ เนื้อดินเป็นพวก loam และ clay loam

ดินบริเวณป่าชายเลนของอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีลักษณะเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวและดินเหนียวร่วน โดยมีเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินเหนียวมาก อนุภาคทรายแป้งน้อย ปริมาณโปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และไนโตรเจนมีใกล้เคียงกันในสังคมไม้ต่างๆกัน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และค่าการแลกเปลี่ยนอิออนในดินโดยเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นดินบริเวณสังคมไม้พังกาหัวสุมดอกแดงที่มีน้อยกว่าบริเวณอื่น ความเค็มของดินโดยเฉลี่ยพบว่าดินบริเวณป่าแสมมีความเค็มมากที่สุด (เฉลิมชัย, 2539)

3.8 ธาตุอาหาร (nutrient) ธาตุอาหารในป่าชายเลนมีความสำคัญในการรักษาสมดุลในระบบนิเวศป่าชายเลน ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ (1) ประเภทอนินทรีย์สาร (inorganic minerals) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปตัสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม เป็นต้น (2) ประเภทอินทรีย์สาร (organic detritus) เป็นสารอาหารที่ได้จากสิ่งมีชีวิต ในป่าชายเลนธาตุอาหารประเภทนี้มาจาก 2 แหล่ง คือ มาจากป่าชายเลนเอง ได้แก่ ไดอะตอม แพลงค์ตอนพืช, สัตว์ แบคทีเรีย สาหร่าย ซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งขับถ่ายจากสัตว์ อีกแหล่งหนึ่งมาจากภายนอกป่าชายเลน ได้แก่ สารแขวนลอยในน้ำ ตะกอนดิน ซากพืชซากสัตว์

4. <u>ความสำคัญของป่าชายเลน</u>

สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2541) ได้จำแนกความสำคัญของป่าชายเลนไว้ 3 ด้าน ดังนี้

4.1 ด้านเศรษฐกิจ

ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่ให้ผลผลิตทางการประมง การเพาะเลี้ยงชายฝั่ง การเก็บของป่า การเผาถ่าน การผลิตสารสกัดจากพันธุ์ไม้ ยารักษาโรค และช่วยลดค่าใช้จ่ายในเรื่องการป้องกันชายฝั่ง เสริมรายได้จากการท่องเที่ยว

4.2 ด้านสังคมและการศึกษา

ป่าชายเลนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของชุมชน ที่ได้รับผลประโยชน์จากการจับสัตว์น้ำเป็นอาหาร การทำฟืนและถ่าน การหาสมุนไพร และการพักผ่อนหย่อนใจ ช่วยค้ำจุนวิถีชีวิตตามธรรมชาติของสังคมชนบทไทยที่พึ่งพิงอยู่กับธรรมชาติ โดยการใช้เครื่องมือที่ผลิตขึ้นเอง เช่น เครื่องมือจับสัตว์หน้าดิน และเป็นเส้นทางติดต่อสื่อสารของชุมชนชายฝั่งแม่น้ำ พร้อมทั้งเป็นแหล่งค้นคว้าและให้ความรู้ในเรื่อง พืช สัตว์ มนุษย์ และนิเวศวิทยา

4.3 ด้านสิ่งแวดล้อม

ป่าชายเลนเป็นแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน แหล่งที่อยู่อาศัย การสืบพันธุ์ การวางไข่ และหลบภัยของสัตว์น้ำและสัตว์บก เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชและสัตว์ และอินทรียวัตถุที่สำคัญ เป็นแหล่งเก็บกักตะกอนและกลั่นกรองความสกปรกที่มาจากพื้นที่บก และถูกพัดพามาจากทะเล พร้อมทั้งช่วยสร้างสมดุลของสภาวะอากาศ และลดความรุนแรงของปัญหาการเปลี่ยนแปลงทางกระบวนการธรรมชาติ ช่วยต้านทานแรงคลื่น และแรงลมที่กระทำต่อขอบฝั่ง และตลิ่ง

รักษามวลดิน และมวลทราย มิให้ถูกพัดพาออกจากชายฝั่ง และริมตลิ่ง พร้อมทั้งเพิ่มพื้นที่ขอบฝั่งและริมตลิ่งเนื่องจากการงอกใหม่ของแผ่นดิน ส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ และเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพ

จุลินทรีย์ในดิน

ดินเป็นแหล่งธรรมชาติที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต และเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตมากมายทั้งพืช สัตว์ ตลอดจนจุลินทรีย์ เนื่องจากดินมีลักษณะเป็นรูพรุนที่มีอากาศ น้ำ และธาตุอาหาร จุลินทรีย์กลุ่มต่างๆที่พบในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซีส สาหร่าย และไวรัส จุลินทรีย์เหล่านี้เป็นตัวก่อให้เกิดกิจกรรมที่มีผลกระทบต่อสมบัติของดิน ตลอดจนสภาพแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะแบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดในดิน ประมาณ 10^8-10^9 โคโลนีต่อกรัมดินแห้ง สามารถพบในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) การกระจายตัวของจุลินทรีย์กลุ่มๆต่างที่พบในดิน ที่ระดับความลึกแตกต่างกันสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2 จากตารางแสดงให้เห็นว่าจำนวนจุลินทรีย์จะมีจำนวนลดลง เมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 2 การกระจายตัวของจุลินทรีย์ในดินที่ระดับความลึกต่างๆ

ความลึก (ซม.)	แบคทีเรีย (โคโลนีต่อกรัมดินแห้ง)	แอคติโนมัยซีส (โคโลนีต่อกรัมดินแห้งป	รา (โคโลนีต่อกรัมดินแห้ง)	สาหร่าย (โคโลนีต่อกรัมดินแห้ง)
3-8	9,750,000	2,080,000	119,000	25,000
20-25	2,179,000	245,000	50,000	5,000
35-40	570,000	49,000	14,000	500
65-75	11,000	5,000	6,000	100
135-145	1,400	-	3,000	-

ที่มา: Gerard *et al.* (2004)

1. จุลินทรีย์ที่อยู่ในดิน

ปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่มีจำนวนแตกต่างกันนั้นเนื่องจากองค์ประกอบหลายปัจจัย เช่น ความชื้นในดิน ปริมาณและชนิดสารอาหาร ปริมาณออกซิเจนและการระบายอากาศ อุณหภูมิ pH อีกทั้งสภาวะต่างๆของดิน เช่น ภาวะการเกิดน้ำท่วมขัง หรือการปรับปรุงดิน เป็นต้น จุลินทรีย์ที่สามารถพบในดิน ได้แก่ แบคทีเรีย รา สาหร่าย โพรโทซัว และไวรัส (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541)

1.1 แบคทีเรีย

แบคทีเรียเป็นจุลินทรีย์ที่สามารถพบได้มากที่สุดในดิน ทั้งชนิดและปริมาณ การนับจำนวนจุลินทรีย์โดยตรงด้วยกล้องจุลทรรศน์สามารถพบแบคทีเรียได้ถึง 10^9 เซลล์ต่อดินหนึ่งกรัม การนับจำนวนแบคทีเรียจากจานเพาะเชื้อ จะสามารถนับจำนวนได้ประมาณ 10^7 เซลล์ต่อดินหนึ่งกรัม ซึ่งน้อยกว่าการนับโดยกล้องจุลทรรศน์ ทั้งนี้เนื่องจากความต้องการสารอาหารในดินและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของแบคทีเรียแต่ละชนิดต่างกัน ส่งผลให้การเจริญของเชื้อบนอาหารเพาะเชื้อลดลงและต่างกันตามชนิดของอาหาร กรรณิการ์ (2543) กล่าวเช่นเดียวกันกับ นงลักษณ์ และ ปรีชา (2541) ว่าแบคทีเรียในดินมีทั้งกลุ่มออโตโทรฟ และเฮเทอโรโทรป นอกจากนี้ นงลักษณ์ และ ปรีชา (2541) ได้กล่าวเพิ่มเติมไว้อีก คือพวกมีโซไฟล์ เทอร์โมไฟล์ ไซโครไฟล์ ทั้งที่เป็นแอโรป และแอนแอโรป แบคทีเรียบางพวกย่อยเซลลูโลส หรือย่อยโปรตีน บางพวกออกซิไดซ์ซัลเฟอร์ หรือตรึงไนโตรเจนได้ แบคทีเรียที่พบว่ามีบทบาทสำคัญและพบมากในดินมี 3 ออร์เดอร์ คือ ออร์เดอร์ Pseudomonadales ออร์เดอร์ Eubacteriales และออร์เดอร์ Actinomycetales (สมศักดิ์, 2528; กรรณิการ์, 2543) โดยทั้ง 3 ออร์เดอร์ จัดอยู่ในคลาส Schizomycetes

1.1.1 ออร์เดอร์ Pseudomonadales

แบคทีเรียในออร์เดอร์นี้ เป็นแบคทีเรียแกรมลบ เซลล์เป็นรูปท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์ ต้องการออกซิเจน และบางสายพันธุ์สามารถสร้างเม็ดสีน้ำเงินหรือสีเขียวที่สะท้อนแสงได้ เช่น แบคทีเรีย *Pseudomonas* sp.

1.1.2 ออร์เดอร์ Eubacteriales

แบคทีเรียในออร์เดอร์นี้มีทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ทั้งเซลล์รูปท่อนและกลม ทั้งสร้างสปอร์และไม่สร้าง สามารถแบ่งได้ 5 แฟมมิลี่ ได้แก่ แฟมมิลี่ Bacillaceae เป็นแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อน สร้างสปอร์ เจริญได้ดีในสภาวะที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจนก็ได้ เช่น *Bacillus* sp. และ ที่ไม่ต้องการออกซิเจน เช่น *Clostridium* sp. แฟมมิลี่ Rhizobiaceae เป็นแบคทีเรียย้อมติดสีแกรมลบท่อนสั้น ไม่สร้างสปอร์ เจริญได้ทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน เช่น *Rhizobium* sp., *Agrobacterium* sp. เป็นต้น แฟมมิลี่ Achromobacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อน ไม่สร้างสปอร์ เช่น *Flavobacterium* sp. แฟมมิลี่ Corynebacteriaceae เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อนหรือท่อนโค้งเล็กน้อย ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต เช่น *Corynebacterium* sp. ส่วนเชื้อ *Arthrobacter* sp. มีการติดสีที่ไม่แน่นอนและมีการพัฒนาเซลล์เป็นทรงกลมเมื่อเซลล์มีอายุมากขึ้นและติดสีแกรมบวก และแฟมมิลี่ Micrococcaceae มีลักษณะเซลล์เป็นทรงกลม เช่น *Micrococcus* sp. ติดสีแกรมไม่แน่นอน และมีการเรียงตัวไม่เป็นระเบียบ ส่วน *Sarcina* sp. ย้อมติดสีแกรมบวก และอยู่กันเป็นกลุ่ม

1.1.3 ออร์เดอร์ Actinomycetales

แบคทีเรียในออร์เดอร์นี้เป็นแบคทีเรียที่ย้อมติดสีแกรมบวก และสีทนกรด เซลล์เป็นรูปท่อนที่มีการเรียงตัวเป็นเส้นสาย ต้องการออกซิเจน พบในดินประมาณ 10^5-10^6 เซลล์ต่อดินหนึ่งกรัม เชื้อแบคทีเรียที่พบ เช่น *Nocardia* sp., *Streptomyces* sp., *Micromonospora* sp. และ *Mycobacterium* sp. เป็นต้น

1.2 รา

เชื้อราสามารถพบในดินได้เป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะผิวดินที่สัมผัสกับอากาศ จำนวนของรามีประมาณ 10^5 เซลล์ต่อดินหนึ่งกรัม พบทั้งสภาพที่มีไมซีเลียม และสปอร์ รามีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส ลิกนิน เพกติน ได้ดี สามารถเปลี่ยนคาร์บอนจากในดินให้เป็นองค์ประกอบของเซลล์ได้ และมักเจริญได้ดีในดินที่มีสภาพเป็นกรด รานับเป็นจุลินทรีย์ที่ช่วยปรับปรุงโครงสร้างดิน เนื่องจากดินที่มีรามากจะเป็นการเพิ่มสารประกอบคาร์บอนและไนโตรเจนให้กับดิน และเส้นใยไมซีเลียมของราที่สร้างขึ้นเปรียบเสมือนตาข่ายที่ช่วยยึดอนุภาคของดินให้เป็นกลุ่มก้อนทำให้ดินอุ้มน้ำได้ดี (บัญญัติ, 2534) และไม่ละลายน้ำไป เรียกว่า crumble structure ราที่พบ ได้แก่ *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Mucor* sp. เป็นต้น

1.3 สาหร่าย

สาหร่ายในดินพบได้น้อยกว่าแบคทีเรียและเชื้อรา โดยส่วนใหญ่พบสาหร่ายสีเขียว เช่น *Chlamydomonas*, *Chlorococcum* และไดอะตอม เป็นต้น ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์จะพบสาหร่ายน้อยเนื่องจากถูกแย่งอาหารโดยแบคทีเรีย และรา สาหร่ายเป็นพวกที่มีการสังเคราะห์แสง จึงพบได้มากที่ผิวดินและใต้ดินเล็กน้อย กิจกรรมการสังเคราะห์แสงทำให้เกิดออกซิเจนและเพิ่มสารอินทรีย์ให้กับดิน สาหร่ายเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบแทนที่ (succession) โดยสาหร่ายสังเคราะห์แสงได้สารอินทรีย์ และเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นมา บางส่วนที่ตายไปทับถมกันกลายเป็นอินทรีย์สารให้แบคทีเรียและราเจริญได้ เมื่อจุลินทรีย์อื่นๆ เจริญขึ้นจะมีการสร้างสาร เช่น กรด ไปย่อยสลายหิน ทำให้แร่ธาตุละลายออกมาอย่างช้าๆ เช่น ไซแอโนแบคทีเรียเป็นตัวการที่เปลี่ยนหินให้กลายเป็นดินได้ ต่อมาสภาพแวดล้อมจะเปลี่ยนแปลงไปจนเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของไลเคน มอส และพืชชั้นสูงอื่นๆให้เจริญตามมา

1.4 โพรโทซัว

โดยส่วนใหญ่โพรโทซัวในดินเป็นพวกที่มีแฟลกเจลลา และพวกอะมีบา พบมากในดินที่มีอินทรียวัตถุสูงและชุ่มชื้น โพรโทซัวในดินช่วยกินแบคทีเรียบางชนิด จึงเป็นการควบคุมปริมาณแบคทีเรียให้อยู่ในสมดุล

1.5 ไวรัส

ไวรัสที่พบในดินมีทั้งที่ทำให้เกิดโรคกับพืช สัตว์ และแบคทีเรีย ซึ่งจัดว่าไวรัสช่วยควบคุมปริมาณแบคทีเรียในดิน

2. <u>ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและจุลินทรีย์อื่นๆในดิน</u>

ธนิศร์ (2548) ได้กล่าวไว้ว่าการเจริญเติบโต และการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียในดินขึ้นอยู่กับปัจจัยหลัก คือ ปัจจัยด้านอาหาร และปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ดังนี้

2.1 ปัจจัยด้านอาหาร

2.1.1 แหล่งพลังงาน มีความสำคัญต่อแบคทีเรียมากเนื่องจากแบคทีเรียมีความต้องการพลังงานจำนวนมากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน แหล่งพลังงานที่สำคัญมี 3 แหล่ง คือ

ก. แสง แสงเป็นแหล่งพลังงานสำหรับกลุ่มแบคทีเรียที่มีความสามารถในการสังเคราะห์แสงได้ มักพบแบคทีเรียกลุ่มนี้ในบริเวณที่แสงส่องถึง เช่น ผิวดิน หรือในน้ำที่ไม่มีสิ่งปกคลุม

ข. สารอินทรีย์ แบคทีเรียกลุ่มนี้จะได้พลังงานจากการออกซิไดซ์สารอินทรีย์ (chemoheterotroph) เป็นแบคทีเรียที่มีความสำคัญต่อดิน เพราะก่อให้เกิดกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ เช่น เซลลูโลส ลิกนิน แป้ง หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน กระบวนการเปลี่ยนไนเตรตเป็นไนโตรเจน (denitrification) เป็นต้น (บัญญัติ, 2534)

ค. สารอนินทรีย์ แบคทีเรียกลุ่มนี้จะทำการออกซิไดซ์สารประกอบอนินทรีย์ให้ได้พลังงาน (chemoautotroph) ซึ่งแบคทีเรียกลุ่มนี้มีความสำคัญต่อกระบวนการเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นสารประกอบไนเตรตและได้พลังงาน (nitrification) การบวนการออกซิไดซ์เหล็ก (iron oxidation) เป็นต้น

2.1.2 แหล่งคาร์บอน คาร์บอน (C) จัดเป็นธาตุอาหารหลักของแบคทีเรียที่จำเป็นต้องใช้สำหรับสร้างองค์ประกอบเซลล์ เช่น กรดอะมิโน กรดไขมัน คาร์โบไฮเดรต แหล่งคาร์บอนที่แบคทีเรียเลือกใช้จะมีความแตกต่างกัน ตามกลุ่มของแบคทีเรีย เช่น กลุ่มออโตโทรป (autotroph)

ใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในดินเป็นแหล่งคาร์บอน โดยใช้พลังงานจากแสงหรือจากกระบวนการออกซิไดซ์สารประกอบอนินทรีย์ กลุ่มเฮทเทอโรโทรป (heterotroph) ใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน ดังนั้นสามารถจำแนกแบคทีเรียเป็นกลุ่มได้โดยพิจารณาจากแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอนที่แบคทีเรียใช้ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจัดจำแนกแบคทีเรียโดยอาศัยความแตกต่างของแหล่งพลังงานและแหล่งคาร์บอน

กลุ่มแบคทีเรีย	แหล่งพลังงาน	แหล่งคาร์บอน	ตัวอย่างแบคทีเรีย
photoautotroph	แสง	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	แบคทีเรียสังเคราะห์แสง เช่น purple sulfer bacteria และ green sulfer bacteria
photoheterotroph	แสง	สารอินทรีย์	แบคทีเรียสังเคราะห์แสง เช่น purple sulfer bacteria และ green sulfer bacteria
chemoautotroph	สารอนินทรีย์	คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	แบคทีเรียพวก nitrifying bacteria, sulfer bacteria และ iron bacteria
chemoheterotroph	สารอินทรีย์	สารอินทรีย์	แบคทีเรียส่วนใหญ่ รา แอคติโนมัยซีท และโปรโตซัว

ที่มา: สุบัณฑิต (2543)

2.1.3 ตัวรับอิเล็กตรอน กระบวนการหายใจ (respiration) ของแบคทีเรีย เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบออกซิเดชั่น-รีดักชั่นในเซลล์ เพื่อให้เกิดพลังงาน แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ คือ กระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน, กระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และกระบวนการหมัก กระบวนการหายใจเพื่อให้เกิดพลังงานและเกี่ยวของกับตัวรับอิเล็กตรอน มี 2 แบบ คือ กระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน และแบบไม่ใช้ออกซิเจน จากกิจกรรมการออกซิไดซ์อินทรีย์สารและอนินทรีย์สารดังกล่าวทำให้เกิดการปลดปล่อยอิเล็กตรอน ซึ่งกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจนของแบคทีเรีย (aerobic respiration) มีการปลดปล่อยอิเล็กตรอนจากวัฏจักรไกลโคลิซิส และกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชั่น และวัฏจักรเครปส์ เมื่ออิเล็กตรอนเข้าสู่กระบวนการขนส่งอิเล็กตรอน (electron transport system) จะมีออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอน (electron acceptor)ตัวสุดท้าย เกิดการออกซิเดชั่นอย่างต่อเนื่อง และปลดปล่อยสารพลังงานสูงออกมาในรูป ATP รวม 38 ATP สำหรับกระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีอนินทรีย์สาร เช่น NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, Mn_4^+, Fe_3^+ และ CO_2 เป็นตัวรับอิเล็กตรอนแทนออกซิเจน (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541) ตัวรับอิเล็กตรอนที่ต่างกันจะมีผลต่อพลังงานในรูป ATP ที่ถูกปลดปล่อยออกมาต่างกัน ในสภาวะที่มีความ

reduce ต่ำ แบคทีเรียจะใช้ตัวรับอิเล็กตรอนที่ให้พลังงานมากที่สุดก่อน เช่น ใช้ NO_3^- เป็นตัวรับอิเล็กตรอนก่อนใช้ SO_4^{2-} เนื่องจาก NO_3^- ให้พลังงานมากกว่า ลักษณะเช่นนี้ มักปรากฏในสภาวะแวดล้อมที่เป็นน้ำขัง เช่นในดินตะกอนน้ำทะเล หรือดินตะกอนป่าชายเลน (สุบัณฑิต, 2546)

2.1.4 แร่ธาตุ แร่ธาตุมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียสำหรับนำไปใช้ในการสร้างสร้างประกอบและองค์ประกอบต่างๆในเซลล์ อีกทั้งแร่ธาตุบางชนิดมีความสำคัญต่อการดำเนินกระบวนการหรือปฏิกริยาภายในเซลล์ แร่ธาตุที่ต้องการมาก ได้แก่ ไนโตรเจน กำมะถัน และฟอสฟอรัส (บัญญัติ, 2534) แร่ธาตุที่อยู่ในรูปของเกลืออนินทรีย์ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม คลอไรด์ ฯลฯ เหล่านี้ นอกจากใช้เพื่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดแล้ว ยังจำเป็นต่อการทำงานของเอนไซม์ของแบคทีเรียอีกด้วย

2.1.5 growth factor เป็นอินทรีย์สารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย ได้แก่ กรดอมิโน purine และpyrimrdine ซึ่งจุลินทรีย์ต้องการมาก ส่วนวิตามินต่างๆต้องการในปริมาณน้อย (บัญญัติ, 2534) growth factor มีความสำคัญต่อการสร้างกรดนิวคลีอิก โปรตีน และกระบวนการทำงานของเอนไซม์

2.2 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม

2.2.1 การระบายอากาศของดิน โครงสร้างของดินโดยทั่วไปจะมีก๊าซเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ในช่องว่างระหว่างเนื้อดิน (porous space) (Brock, 1994) ดินซึ่งต่างชนิดกันจะมีอากาศภายในช่องว่างของเนื้อดินในปริมาณที่ต่างกัน รวมถึงมีการระบายอากาศของดินต่างกันออกไป การระบายอากาศของดินเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณของออกซิเจนโดยตรงและส่งผลต่อค่า redox potential ในดิน ซึ่งมีผลต่อการเลือกใช้ตัวรับอิเล็กตรอนของจุลินทรีย์กลุ่มต่างๆสำหรับสร้างพลังงาน

2.2.2 ความชื้นในดิน น้ำจะอยู่ในช่องว่างของเนื้อดินและแทนที่อากาศในดิน จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งเสริมให้มีการเจริญเติบโตและความหลากหลายของจุลินทรีย์ในดิน และมีสำคัญต่อกระบวนการเมทาโบลิซึมของจุลินทรีย์ในดิน น้ำในดินมีความสำคัญในการเป็นตัวละลายธาตุอาหารและช่วยในการดูดซึมสารอาหารของจุลินทรีย์ทั้งอินทรีย์สารและอนินทรีย์สาร (สุบัณฑิต, 2546) และมีความเกี่ยวข้องกับแรงดันออสโมติกของแบคทีเรียและจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ กับสิ่งแวดล้อม (บัญญัติ, 2534) อีกทั้งความชื้นในดินมีความสัมพันธ์กันการระบายอากาศของดิน ถ้าความชื้นในดินมาก เช่น ดินเลนซึ่งมีน้ำท่วมขัง การระบายอากาศของดินจะเกิดขึ้นได้น้อย ส่งผลให้ปริมาณออกซิเจนในดินมีน้อยตามไปด้วย

2.2.3 อุณหภูมิในดิน อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโต และการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดของจุลินทรีย์ในดิน จุลินทรีย์แต่ละชนิดมีช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตต่างกันออกไป เนื่องจากกระบวนการเมตาโบลิซึม และกิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์มีความเกี่ยวข้องกับเอนไซม์อยู่เสมอ ดังนั้นอุณหภูมิจึงมีอิทธิพลโดยตรงต่อการทำงานของเอนไซม์จุลินทรีย์ทั้งต่อการเร่งปฏิกริยา และการยับยั้งปฏิกริยาของเอนไซม์จุลินทรีย์

2.2.4 สภาพความเป็นกรดด่างของดิน ความเป็นกรดด่างของดินมีผลต่อการละลายของธาตุอาหารในดินที่จุลินทรีย์จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ กิจกรรมและกระบวนการเมตาโบลิซึมของจุลินทรีย์ จะถูกควบคุมโดยการทำงานของเอนไซม์ และการทำงานของเอนไซม์จะถูกควบคุมโดยค่าความเป็นกรดด่างในดิน ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มมีค่าต่างกัน จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ เช่น แบคทีเรีย เจริญได้ดีที่ pH ประมาณ 6-8 ส่วนราและยีสต์เจริญได้ดีในสภาวะ pH ที่เป็นกรดประมาณ 5 (บัญญัติ, 2534)

2.2.5 ความจุแลกเปลี่ยนแคดไอออนของดิน ดินมีสภาพประจุทั้งลบ และบวก ซึ่งมีผลต่อจุลินทรีย์โดยธาตุอาหารจะถูกดูดซับไว้กับอนุภาคดิน ซึ่งธาตุอาหารส่วนใหญ่มีประจุเป็นบวก เช่น กรดฮิวมิค จึงเกาะได้ดีกับโครงสร้างดินซึ่งมีประจุลบ ทำให้จุลินทรีย์สามารถดึงเอาธาตุอาหารไปใช้ได้ และความเป็นประจุของดินยังมีผลต่อความสามารถในการยึดเกาะของเซลล์จุลินทรีย์ที่มีประจุลบกับอนุภาคดินด้วย

2.2.6 ระดับความลึกของดิน จำนวนจุลินทรีย์ในดินจะแปลผกผันกับระดับความลึกของดิน ดินชั้นบนพบจุลินทรีย์ได้หลากหลายกลุ่ม ในจำนวนซึ่งมากกว่าดินชั้นล่างที่ลึกลงไป โดยพบมากที่ระดับความลึก 2-3 เซนติเมตร ตัวอย่างเช่น ดินชั้นบนลึก 3-8 เซนติเมตร จะพบแบคทีเรียประมาณ 9.7×10^{6} CFU/ดิน 1 กรัม ซึ่งมากกว่าดินชั้นล่างที่ความลึก 20-25 เซนติเมตร พบแบคทีเรียประมาณ 2.2×10^{6} CFU/ดิน 1 กรัม (Paul and Clark, 1996) และระดับความลึกของดินมีผลต่อปริมาณออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ pH ความชื้นในดิน และธาตุอาหารในดิน ซึ่งระดับความลึกและปัจจัยต่างๆดังกล่าว ล้วนมีความสัมพันธ์ต่อกันและมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในดิน

3. <u>จุลินทรีย์ในดินป่าชายเลน</u>

การศึกษาวิจัยของนวลพรรณ (2524) ที่ทำการศึกษาแบคทีเรียเฮเทอโรโทรปบริเวณผิวดินในป่าชายเลน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี ที่สามารถย่อยเซลลูโลสได้ พบว่าแบคทีเรียเฮเทอโรโทรปมีจำนวน 1.69 x 10^6 – 4.26 x 10^6 CFU/g โดยแบคทีเรียแกรมลบรูปแท่ง เป็นกลุ่มที่พบมากที่สุด รองลงมาเป็นแกรมบวกรูปแท่ง และแกรมบวกรูปร่างกลมตามลำดับ ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่ ได้แก่ จีนัส *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* และ *Alcaligenes* และพบว่าเชื้อ *Pseudomonas* และ *Cellulomonas* มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายเซลลูโลสในป่าชายเลนได้ดี

การศึกษาวิจัยของปทุมพร และ อรุณี (2532) ทำการศึกษาแบคทีเรียในดินบริเวณรากของต้นแสม พบว่า บริเวณรอบรากของต้นแสมมีเชื้อแบคทีเรียอาศัยอยู่ประมาณ 0.42 x 10^7 – 1.12 x 10^7 CFU/g โดยพบว่ามีหลายจีนัส ได้แก่ *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Achromobacterium*, *Bacillus*, *Clostridium* และ *Mycobacterium* ทั้งนี้ในการศึกษาพบว่าค่า pH ของดินป่าชายเลนบริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างดังกล่าว มีค่า pH อยู่ที่ 5.8-6.2

การศึกษาวิจัยของพูนพิไล และคณะ (2542) ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในดินป่าชายเลน บริเวณศูนย์วิจัยป่าชายเลน อำเภอเมือง จังหวัดระนอง พบว่ามีแบคทีเรียในตะกอนดินบริเวณชายฝั่งจำนวน 1 x 10^6 – 3 x 10^6 CFU/g เมื่อนำแบคทีเรียมาศึกษาโดยเลือกโคโลนีที่แตกต่างกัน และแยกเชื้อให้บริสุทธิ์ได้ 229 ไอโซเลต

การศึกษาแบคทีเรียในดินป่าชายเลนโดย Agate *et al*. (1988) ทำการศึกษาแบคทีเรียในดินเปรียบเทียบระหว่างป่าชายเลนที่ถูกรบกวนจากการทำเหมืองแร่ และป่าชายเลนที่ไม่ถูกรบกวนจากการทำเหมืองแร่ ของจังหวัดระนอง พบว่าแบคทีเรียในดินป่าชายเลนที่ถูกรบกวนจากการทำเหมืองแร่ มีจำนวนประมาณ 1.8 x 10^4 – 4.8 x 10^4 CFU/g ส่วนแบคทีเรียในดินป่าชายเลนที่ไม่ถูกรบกวนมีจำนวนประมาณ 1.5 x 10^6 – 1.85 x 10^7 CFU/g ซึ่งแบคทีเรียส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเฮเทอโรโทรปที่พบมาก ได้แก่ จีนัส *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Micrococcus* และ *Planococcus*

Gino *et al*. (1992) ทำการศึกษาและคัดแยกเชื้อแบคทีเรียจากดินบริเวณรอบรากของต้นโกงกาง พบว่าบริเวณรอบรากของต้นโกงกางมีแบคทีเรียสายพันธุ์ *Listonella anguillarum* และสายพันธุ์ *Vibrio campbellii* ที่สามารถตรึงไนโตรเจนรอบรากโกงกางได้ นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียสายพันธุ์ *Staphylococcus* sp. ร่วมด้วยแต่ไม่สามารถตรึงไนโตรเจนได้เหมือน 2 สายพันธุ์ ข้างต้น

ป่าชายเลนและดินป่าชายเลนแต่ละแหล่ง มักพบเชื้อราสายพันธุ์ต่างกันออกไป เช่น เชื้อรา สายพันธุ์ *Emericellopsis* และ *Westerdykella ornato* คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนทางฝั่งตะวันออก ของแอฟริกา เชื้อราในสายพันธุ์ *Pencillium* สามารถพบได้จากดินป่าชายเลนทางฝั่งออสเตรเลีย เชื้อราสายพันธุ์ *Preussia, Monosporium, Cladosporium* และ *Phoma* spp. สามารถพบได้จากดิน ป่าชายเลนทางฝั่งประเทศอินเดีย ทั้งนี้พบว่าเชื้อรากลุ่มใหญ่ที่พบประจำในดินป่าชายเลน คือ สาย พันธุ์ *Aspergillus* และ *Penicillium* spp. (Jan and Erika, 1979)

อรินทิพย์ (2542) ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์กลุ่มแอคติโนมัยซีส ซึ่งคัดแยกจากบริเวณชายฝั่งทะเลในประเทศไทย พบว่าจากดินตัวอย่างจาก 8 แหล่งที่นำมาศึกษา ค่า pH ของดินอยู่ในช่วง 6-7 และสามารถจัดจำแนกแอคติโนมัยซีสได้ 3 สกุล คือ *Streptomyces, Micromonospora* และ *Rhodococcus.* โดยมีจำนวนจุลินทรีย์ประมาณ $1.18 \times 10^4 - 1.58 \times 10^5$ CFU/g *Streptomyces* เป็นสกุลที่สามารถพบได้มากที่สุด เจริญได้ดีในสภาวะที่มีค่า pH 4.5-9 อุณหภูมิ ระหว่าง 4-45 องศาเซลเซียส และทนเค็มได้ถึง 4-7 % เกลือโซเดียมคลอไรด์ เช่นกันกับ Williams *et al*. (1989) กล่าวว่าเชื้อ *Streptomyces* เป็นจุลินทรีย์กลุ่มแอคติโนมัยซีสที่สามารถพบ ได้มากที่สุด โดยเชื้อสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่มีค่า pH 6.5-8 อุณหภูมิระหว่าง 25-35 องศาเซลเซียส เชื้อสามารถทนเค็มได้ดีที่ 3 % เกลือโซเดียมคลอไรด์ หรือบางชนิดทนเค็มได้ถึง 13 % เกลือโซเดียมคลอไรด์ โดยที่เชื้อจะใช้แหล่งคาร์บอนและไนโตรเจนเป็นแหล่งพลังงาน

4. <u>จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการทำปุ๋ยหมัก</u>

กระบวนการหมักปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพโดยกิจกรรมการย่อยสลาย โดยจุลินทรีย์วิธีหนึ่ง ซึ่งเปลี่ยนโครงสร้างจากอินทรียวัตถุเมื่อผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์แล้ว กลายเป็นอนินทรีย์วัตถุ หรือแร่ธาตุที่เสถียรในดิน ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมต่อการย่อยสลาย เช่น ปริมาณออกซิเจน อุณหภูมิ pH ความชื้น และค่า C:N ratio ที่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์มี ประสิทธิภาพในการย่อยสลายปุ๋ยหมักได้ดี (Haug, 1993)

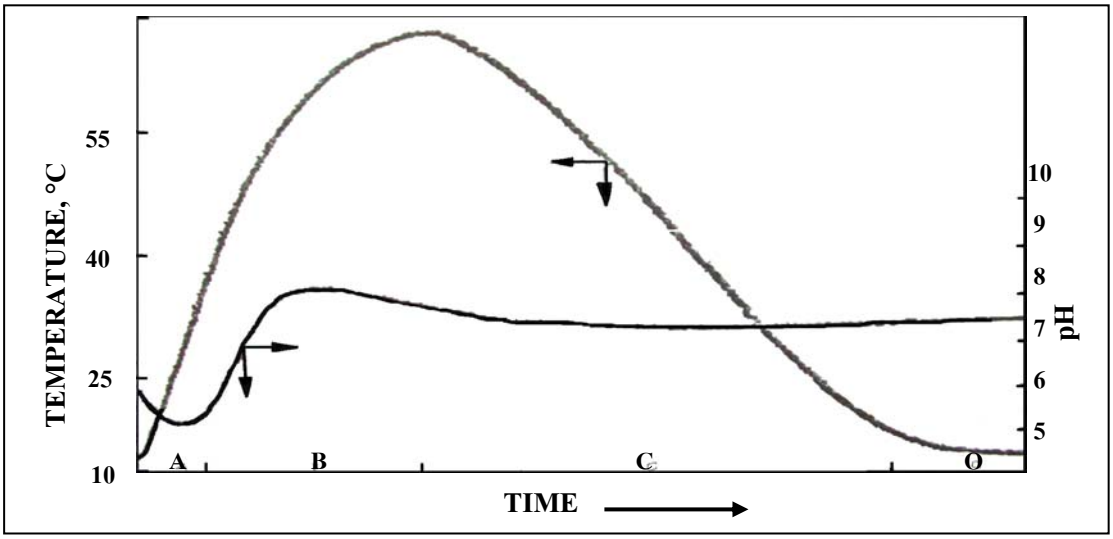
การทำปุ๋ยหมักเป็นกระบวนการซึ่งจุลินทรีย์หลายชนิดมีบทบาทเกี่ยวข้องร่วมกัน แต่ละ ชนิดของจุลินทรีย์มีความเหมาะสมต่อสภาพแวดล้อมและช่วงเวลาต่างกัน ทำให้เชื้อมีกิจกรรมการ ย่อยสลายในรูปแบบเฉพาะตัว

จุลินทรีย์ที่พบในกองปุ๋ยหมักมูลฝอยจะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม คือ psychrophilic, mesophilic และ thermophilic (สุบัณฑิต, 2546) ซึ่งอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ แสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 1 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมระหว่างอุณหภูมิ และค่า pH ณ ช่วงเวลาต่างๆ ขณะเกิดกิจกรรมการย่อยสลายปุ๋ยหมักโดยกลุ่มจุลินทรีย์

ตารางที่ 4 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (หน่วยองศาเซลเซียส)

ประเภทจุลินทรีย์	พิสัย	อุณหภูมิที่เหมาะสม
psychrophilic	0-30	15
mesophilic	20-40	32
thermophilic	40-70	55

ที่มา: สุบัณฑิต (2546)



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและค่า pH ณ ช่วงเวลาต่างๆ ระหว่างกิจกรรมการย่อยสลายปุ๋ยหมักโดยจุลินทรีย์ (A = mesophilic , B = thermophilic , C = cooling ,O = maturing)

ที่มา: Gray *et al*. (1971)

4.1 จุลินทรีย์พวกที่ต้องการออกซิเจนและชอบอุณหภูมิปานกลาง (aerobic mesophilic microorganism) มีทั้งแบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส ซึ่งในแต่ละกลุ่มประกอบด้วยจุลินทรีย์ในสกุลต่อไปนี้

4.1.1 เชื้อรา ได้แก่ *Aspergillus, Chaetomium, Cuvularia, Phoma, Fusarium, Memononiella, Trichoderma* เป็นต้น

4.1.2 แบคทีเรีย ได้แก่ *Chytophage, Bacillus, Vibrio, Pseudomonas, Cellomonas, Sporcyotophase* เป็นต้น

4.1.3 แอคติโนมัยซีส ได้แก่ *Streptomyces*, *Micromonospora, Nocardia* จุลินทรีย์เหล่านี้เจริญในช่วงอุณหภูมิ 15-45 องศาเซลเซียส และเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส

4.2 จุลินทรีย์พวกที่ไม่ต้องการออกซิเจนและชอบอุณหภูมิปานกลาง (anaerobic mesophilic microorganisms) จุลินทรีย์ที่สำคัญในกลุ่มนี้ ได้แก่ แบคทีเรียสกุล *Clostridium*

4.3 จุลินทรีย์พวกที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 45-65 องศาเซลเซียส (thermophilic microorganisms) จุลินทรีย์ที่สำคัญได้แก่ *Clostridium thermocellum* และ *Clostridium thermocellulaseum* จุลินทรีย์กลุ่มนี้มีบทบาทในการย่อยสลายสูง

สำหรับพวก facultative anaerobes นั้น สามารถหายใจและทำกิจกรรมการย่อยสลายได้ทั้งในสภาพที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจนตราบใดที่ยังมี electron acceptors อยู่ในกองหมัก

จากการศึกษาจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักจากขยะเทศบาลโดย Stuezenberger *et al*. (1970) พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่สามารถเจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง โดยเชื้อรา *Aspergillus funigatus* สามารถพบได้ทุกช่วงของการย่อยสลายและเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เชื้อแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp. จะพบมากในระยะแรกของการย่อยสลายและมีจำนวนลดลงในสัปดาห์ที่ 1-2 ส่วนเชื้อแอคติโนมัยซีสพบได้ในหลายช่วงของการย่อยสลาย รวมทั้งยังศึกษาเอนไซม์เซลลูเลสในระหว่างทำการหมักปุ๋ยหมัก ซึ่งพบว่าเอนไซม์เซลลูเลสมีปริมาณเพิ่มขึ้น 10-100 หน่วยต่อกรัมปุ๋ยหมัก และอุณหภูมิที่เหมาะต่อการทำงานของเอนไซม์อยู่ที่ 65-70 องศาเซลเซียส

Updegraff (1972) กล่าวไว้ในรายงานการศึกษาว่าในกองปุ๋ยหมักบริเวณต่างกันจะมีปริมาณจุลินทรีย์ที่ต่างกัน พบว่าที่ 45 องศาเซลเซียส มีการย่อยสลายของในกองปุ๋ยหมักได้ดี สามารถพบเชื้อราได้ที่อุณหภูมิสูงเกิน 45 องศาเซลเซียส จัดเป็นเชื้อราที่ชอบและทนอุณหภูมิสูง แบคทีเรียบางชนิดสามารถพบได้ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

Chang and Hudson (1967) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมัก พบว่าการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์ในช่วงแรกที่อุณหภูมิของการหมักไม่สูง จะพบเชื้อรา และแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรด เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกิน 40-70 องศาเซลเซียส จะพบแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถสร้างสปอร์ได้ และมีบทบาทในการย่อยสลายขยะที่อุณหภูมิสูง ภายหลังที่อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักลดลง เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิปานกลางในช่วงแรกจะเจริญขึ้นมาอีกครั้ง

สุจิต (2508) ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์ ขณะย่อยสลายปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าอุณหภูมิมีความสัมพันธ์อย่างมากกับจุลินทรีย์ โดยเฉพาะแบคทีเรียในขยะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นหรือลดต่ำลง จากการทดลองพบว่าจุลินทรีย์กลุ่มที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง (thermophilic) จะมีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ระหว่างการหมักอุณหภูมิจะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จาก 54-73 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ ดังนั้นจำนวนของเชื้อจะเพิ่มขึ้นในช่วงนี้ แต่เมื่ออุณหภูมิปุ๋ยหมักสูงถึง 65 องศาเซลเซียส เชื้อจะถูกทำลาย และลดจำนวนลง อุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์หยุดชงักลง ขณะเดียวกันจะเกิดการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมาก

นิรันดร์ (2543) ศึกษารูปแบบการทำปุ๋ยหมัก 3 แบบ คือ aerobic, anaerobic และแบบ dehydrogenation พบว่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักจากกิจกรรมการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ในช่วงสัปดาห์แรกของการหมักอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และมีช่วงอุณหภูมิสูงที่สุด คือ 66-69 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิจึงค่อยๆลดลง โดยตลอดการทดลองหมักปุ๋ยหมัก 3 เดือน อุณหภูมิในกองปุ๋ยหมักอยู่ระหว่าง 43.5-45.5 องศาเซลเซียส เมื่อทำการคัดแยกแบคทีเรียจากกองปุ๋ยหมักเพื่อตรวจดูแบคทีเรียก่อโรค พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่พบเสมอ คือ *Vibrio fluvialis*, *V. cholerae non O1*, *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Salmonella enteritidis* โดยที่อุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักที่เพิ่มสูงในช่วงแรกมีผลต่อการลดลงของจำนวนแบคทีเรียที่พบ

Fumihito and Kazunori (2005) ศึกษาผลของอุณหภูมิสูงต่อการทำงานของเอนไซม์และความหลากหลายของชนิดแบคทีเรียในปุ๋ยหมักมูลสัตว์ พบว่าแบคทีเรียกลุ่มเจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง (themophilic) ทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เมื่อให้อุณหภูมิเท่ากับ 63 องศาเซลเซียส ชนิดของแบคทีเรียลดลง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 66 องศาเซลเซียส ชนิดแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอีกครั้ง และชนิดของแบคทีเรียที่พบจากการศึกษา คือ *Thermus* spp. และ *Bacillus* spp. ซึ่งเจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง

จากงานวิจัยของ Strom (1985) ที่ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อความหลากหลายของแบคทีเรียกลุ่มเจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง (themophilic) ในขยะหมัก พบว่า เมื่ออุณหภูมิของขยะหมักสูงขึ้นกว่า 60 องศาเซลเซียส ส่งผลให้กิจกรรม และชนิดของแบคทีเรียลดลง ซึ่งสายพันธุ์ที่คัดแยกได้จากการศึกษานี้ คือ *Bacillus sterothemophilus* ซึ่งพบเป็นแบคทีเรียสายพันธุ์เด่น

Yusaku and Kume (1991) ทำการคัดแยกและจัดจำแนกเชื้อแบคทีเรียกลุ่มที่เจริญได้ดีในอุณหภูมิสูง จากปุ๋ยหมักจากกากตะกอนของเสีย พบว่าสามารถแยกแบคทีเรียได้ 12 สายพันธุ์ ภายใต้อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่มีออกซิเจน และไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียที่พบส่วนมาก 9 สายพันธุ์ จัดเป็น *Bacillus stearothemophilus* 2 สายพันธุ์ เป็น *Themus* sp. และ 1 สายพันธุ์ เป็นแอนแอโรบิกแบคทีเรีย ไม่สามารถตรวจสอบได้ ซึ่งแบคทีเรียทั้งหมดที่แยกได้สามารถเจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 40-78 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของเชื้อคือ 60-65 องศาเซลเซียส ตลอดการทดลองแบคทีเรียกลุ่ม bacilli เป็นแบคทีเรียกลุ่มหลักที่พบในปุ๋ยหมัก

Kristin *et al*. (2003) ทำการคัดแยกเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราจากกองปุ๋ยหมักขณะที่ดำเนินการหมักแบบ composting พบว่าระยะแรกของการหมักปุ๋ยหมักที่อุณหภูมิยังไม่สูงพบแบคทีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp., *Brevibacillus* sp. และ *Streptomyces* sp. ระยะที่อุณหภูมิสูง 45-65 องศาเซลเซียส เป็นช่วงวันที่ 9-21 ของการหมัก พบว่าแบคมีเรียกลุ่ม *Bacillus* sp. สามารถคัดแยกได้มากที่สุด และยังสามารถพบ *Brevibacillus* sp. แต่ไม่พบ *Streptomyces* sp. ภายหลังที่อุณหภูมิกองปุ๋ยหมักเย็นลงและนำไปใช้เป็นปุ๋ยหมักสามารถพบเชื้อแบคทีเรียได้หลายสายพันธุ์ และพบว่ามีการเจริญของเชื้อราหลายสายพันธุ์ในกองปุ๋ยหมัก โดยแบคมีเรียที่คัดแยกได้ ได้แก่ *Bacillus* sp., *Acinetobacter* sp., *Micrococcus* sp., *Pseudomonas* sp., และ *Streptomyces* sp. ส่วนเชื้อราที่คัดแยกได้ในระยะนี้ ได้แก่ กลุ่ม *Aspergillus* sp., *Emericella* sp., *Gliocladum* sp., *Penicillum* sp., *Mucor* sp., *Trichoderma* sp., *Geotrichum* sp. และ *Fusarium* sp. เป็นต้น

รายงานของ Ryckeboer *et al*. (2003) กล่าวว่าจากการสำรวจเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในระหว่างทำการหมักปุ๋ยหมัก ในช่วงอุณหภูมิต่างๆกันตลอดการทดลอง ระหว่างกระบวนการหมัก พบว่า เมื่อทำการคัดแยกแบคทีเรียจากกองปุ๋ยหมัก พบแบคทีเรียกลุ่ม mesophilic หลากหลายสกุล เช่น *Alcaligenaceae, Bacillaceae, Bradyrhizobiaceae, Caryophanaceae, Caulobacteraceae, Cellulomonadaceae, Clostridiaceae, Corynebacteriaceae, Nocardiaceae, Enterobacteriaceae, Flavobacteriaceae, Hyphomicrobiaceae, Methylobacteriaceae, Microbacteriaceae, Micrococcaceae, Moraxellaceae, Neisseriaceae, Nitrosomonadaceae, Nocardiopsaceae, Paenibacillaceae, Propionibacteriaceae, Pseudomonadaceae, Pseudonocardiaceae, Rhodobacteraceae, Staphylococcaceae* และ *Xanthomonadaceae* เป็นต้น ส่วนความหลากหลายของเชื้อแบคทีเรียกลุ่ม thermophilic ที่คัดแยกได้เมื่ออุณหภูมิสูง เช่น เชื้อ *Micromonosporaceae, Streptomycetaceae, Thermoactinomycetaceae, Thermomonosporaceae* และ *Streptosporangiaceae* ส่วนเชื้อ *Hydrogenobacter* spp. และ *Thermus* spp. สามารถคัดแยกได้เมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูงถึง 70 องศาเซลเซียส หรือสูงกว่า (Beffa *et al*., 1996) นอกจากนี้ยังสามารถพบแบคทีเรียที่สามารถผลิตก๊าซมีเทนได้เมื่อกองปุ๋ยหมักมีอุณหภูมิสูง คือ เชื้อ *Methanothermobacter thermautotrophicus* (Derikx *et al*., 1989) ภายหลังเมื่ออุณหภูมิของกองปุ๋ยหมักเย็นลงและเป็นปุ๋ยหมักโดยสมบูรณ์ ความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์จะเพิ่มขึ้น สามารถพบได้ทั้งแบคทีเรียแกรมบวก แกรมลบ และเชื้อรา

จากการศึกษาของ Haruta *et al*. (2002) และ Nakamura *et al*. (2004) พบว่า ในสภาวะที่อุณหภูมิขณะที่มีการย่อยสลายในกองปุ๋ยหมักสูงถึง 58 องศาเซลเซียส และมีค่า pH ระหว่าง 8-9 ขบวนการย่อยสลายขยะสดจะสามารถเกิดขึ้นได้ถึง 85 % โดยใช้ระยะเวลาการย่อยสลายประมาณ 6 สัปดาห์ จุลินทรีย์กลุ่มเด่นที่พบ คือ แบคทีเรียสกุล *Bacillus* ในสภาวะการย่อยสลายขยะสดที่มีค่า pH ระหว่าง 6-7 กลุ่มจุลินทรีย์ที่สามารถคัดแยกได้จากกองปุ๋ยหมัก ได้แก่ *Lactobacillus* sp., *Corynebacterium* sp., *Enterococcus* sp. และ *Staphylococcus* sp. (Haruta *et al*., 2002) และในสภาวะที่ pH ระหว่างการย่อยสลายเป็นกรด คือ ประมาณ 4-6 จะสามารถพบยีสต์ และแบคทีเรียแลคโตบาซิลไล เจริญเป็นกลุ่มหลัก (Aoshima *et al*., 2001)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์

1.1 อุปกรณ์ภาคสนาม

1.1.1 อุปกรณ์เตรียมหลุมฝังกลบขยะ (จอบ, เสียม, สายวัด, เชือกฟาง,ไม้ไผ่)

1.1.2 กล่องเก็บตัวอย่างดิน และขยะสด (กล่องโฟม, น้ำแข็ง)

1.1.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินและขยะสด (พลั่วมือ, ถุงมือยาง, ถุงพลาสติก)

1.1.4 อุปกรณ์เตรียมขยะสด (ขยะสด, ตาชั่ง, มีด, กรรไกร, กระสอบ)

1.1.5 เครื่องมือวิเคราะห์ดินและขยะ (pH meter, EC meter, Thermometer, Microlog)

1.2 อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

1.2.1 เครื่องมือในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา ได้แก่ จานเพาะเชื้อ, ออโตปิเปต, ปิเปต, หลอดแก้วทดลอง, แท่งแก้วเกลี่ยเชื้อ, เข็มเขี่ยเชื้อ, ตะเกียงแอลกอฮอล์, กระจกสไลด์, กระจกปิดสไลด์, ขวดแก้วเก็บเชื้อ, บิกเกอร์, ขวดรูปชมพู่, กระบอกตวง, แท่งแก้วคนสาร, ลูกยาง, ช้อนตักสาร, สำลี, เครื่องชั่งสาร ทศนิยม 4 ตำแหน่ง, กล้องจุลทรรศน์, ตู้ควบคุมอุณหภูมิ, ตู้อบ, Autoclave, ตู้แช่เย็นควบคุมอุณหภูมิ และแท็งค์สำหรับทำ paper chromatography

1.2.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ 0.1% peptone water, starch casein agar, potato dextrose agar, nutrient agar, plate count agar, glucose yeast extract agar, oatmeal agar และอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางชีวเคมี ได้แก่ motility test medium, nitrate broth, simmons' citrate agar, tryptone broth, TSI agar และ anaerobic agar

1.2.3 สารเคมีที่ใช้ในการย้อมสี และสารเคมีที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ สารเคมีที่ใช้ในการย้อมสี ได้แก่ crystal violet, Gram's iodine, alcohol 95%, safranin O และ lactophenal cotton blue สารเคมีที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ ได้แก่ 3% H_2O_2, 1% tetramethyl paraphenylene diamine hydrochloride, Kovac's solution, Sulfanilic acid, α- napthylamine และผงสังกะสี

1.2.4 สารเคมีและสารมาตรฐานที่ใช้ศึกษาแอคติโนมัยซีส ได้แก่ 6 N HCl, 0.2 % ninhydrin ใน acetone, สารละลายสำหรับทำ paper chromatography และสารมาตรฐาน DAP

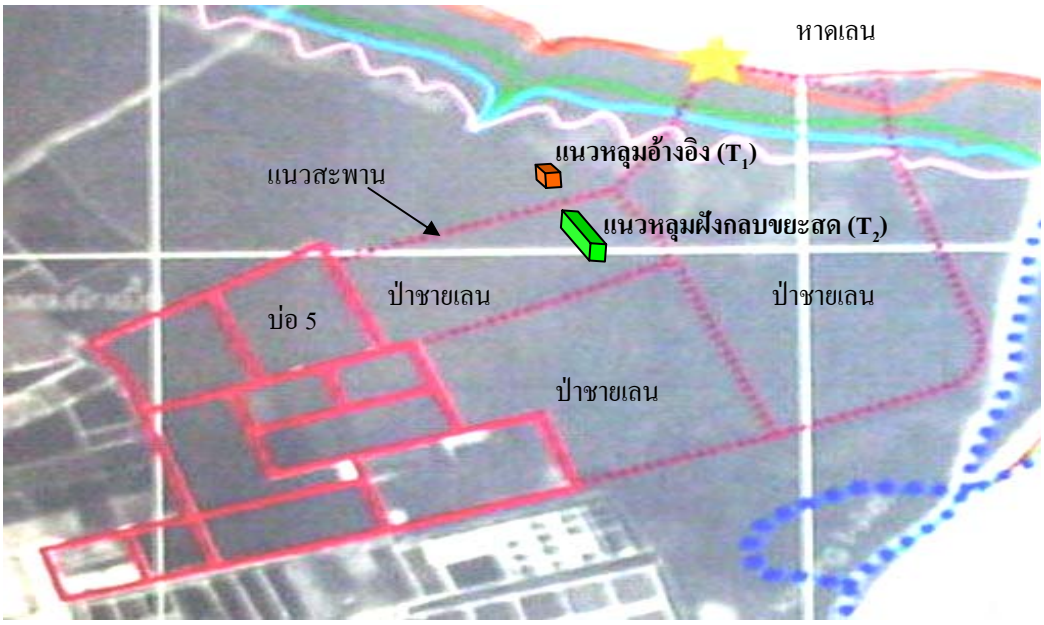
วิธีการ

1. การทดลองที่ 1 : การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์ในหลุมฝังกลบขยะสด ในพื้นที่ป่าชายเลน ระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน

1.1 การเตรียมหลุมฝังกลบขยะสด

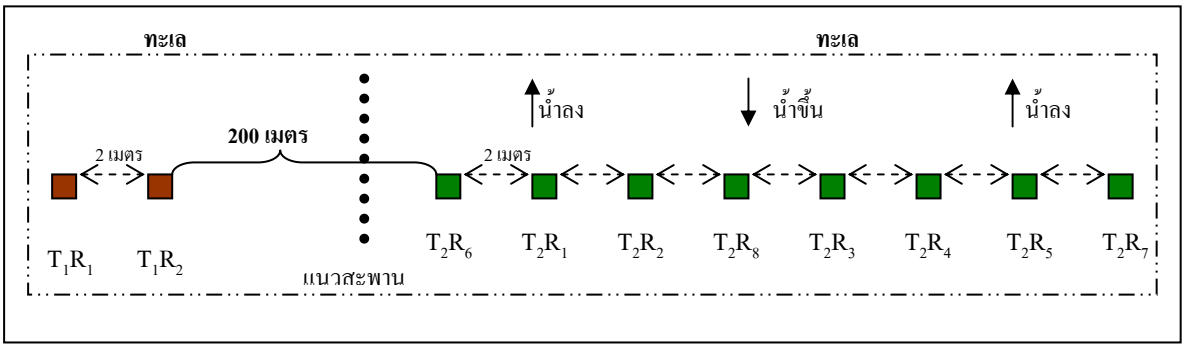
1.1.1 ทำการสำรวจพื้นที่ป่าชายเลนที่จะทำการศึกษาให้เหมาะสมสำหรับการกำหนดแนวหลุมฝังกลบขยะสด โดยคัดเลือกพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลง สม่ำเสมอ และเลือกพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของไม้ป่าชายเลนน้อย

1.1.2 กำหนดแนวหลุมฝังขยะสด (T_2) 1 แนว แนวหลุมวางในลักษณะตั้งฉากกับแนวทิศทางน้ำขึ้น น้ำลง โดยเลือกพื้นที่ที่มีระยะห่างจากแนวสะพานด้านนอกสุดที่ติดกับแนวหาดเลน วัดตามแนวสะพานเข้าสู่ป่าชายเลนในโครงการฯ เป็นระยะทาง 400 เมตร แนวหลุมอ้างอิง (T_1) เป็นแนวเดียวกันกับแนวหลุมฝังกลบขยะสด และมีระยะห่างจากแนวหลุมฝังขยะสด 200 เมตร ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แนวหลุมฝังกลบขยะสด (T_2) และหลุมอ้างอิง (T_1) ในพื้นที่ป่าชายเลน โครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ

1.1.3 แนวหลุมฝังขยะสด 1 แนว มี 8 หลุม แต่ละหลุมมีระยะห่างกันหลุมละ 2 เมตร ดังภาพที่ 3 ขนาดหลุมมีความกว้าง 1 เมตร ยาว 1 เมตร และลึก 0.5 เมตร ทำขอบเขตของแต่ละหลุมโดยใช้เชือกขึง 4 ด้าน ทำการติดสัญลักษณ์บอกหลุม ได้แก่ T_2R_1, T_2R_2, T_2R_3, T_2R_4, T_2R_5, T_2R_6, T_2R_7 และ T_2R_8 เพื่อให้เห็นพื้นที่ศึกษาที่ชัดเจน



ภาพที่ 3 การเรียงตัวของแนวหลุมอ้างอิง (T_1) และแนวหลุมฝังกลบขยะสด (T_2)

หมายเหตุ T_1R_1 และ T_1R_2 = หลุมอ้างอิงที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

T_2R_1, T_2R_2, T_2R_3, T_2R_4, T_2R_5, T_2R_6, T_2R_7 และ T_2R_8 = หลุมฝังกลบขยะสดที่กำหนดการเก็บตัวอย่าง ภายหลังฝังกลบขยะสด 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน ตามลำดับ

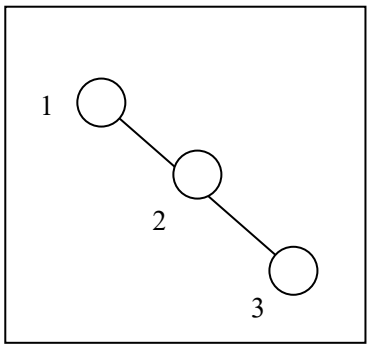
1.1.4 การเตรียมขยะสดสำหรับการฝังกลบ จัดซื้อขยะสดประเภทเศษพืชผัก ผลไม้จากตลาดกลางการเกษตรท่ายาง (หนองบ้วย) และตลาดกลางการเกษตรบ้านลาด อำเภอแหลม-ผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี รวบรวม และคัดแยกขยะเอาเฉพาะขยะสด มาย่อยให้มีขนาดเล็กลงโดยการตัด หั่น สับ คลุกเคล้าให้กระจายทั่วกัน เพื่อเตรียมขยะสดใส่กระสอบ โดยชั่งขยะสดที่เตรียมสำหรับฝังกลบให้มีน้ำหนัก 150 กิโลกรัม ต่อหลุมฝังกลบ 1 หลุม

1.2 การเก็บตัวอย่างก่อนดำเนินการฝังกลบ

1.2.1 สุ่มเก็บตัวอย่างดินป่าชายเลน ของหลุมฝังกลบขยะสด T_2R_6, T_2R_7 และ T_2R_8 โดยทำการเก็บตัวอย่างดินหลุมละ 3 จุด ดังภาพที่ 4 ให้ได้ระดับความลึกบน กลาง และล่างของหลุม โดยใช้พลั่วมือ ตัวอย่างดินที่ได้นำมาผสมรวมกันใส่ในถุงพลาสติกปลอดเชื้อ เพื่อเป็นตัวแทนของตัวอย่างดินบริเวณแนวหลุมการทดลองฝังกลบขยะสด มัดปากถุงให้เรียบร้อย

พร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับ เป็น “ดินหลุม D0” นำตัวอย่างดินเก็บรักษาในลังน้ำแข็ง เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา และ หาค่า pH และความเค็มของดิน ต่อไป

1.2.2 สุ่มเก็บตัวอย่างดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง หลุม T_1R_1 และ T_1R_2 ตามวิธีข้อ 1.2.1 โดยเก็บตัวอย่างดินแยกกัน มัดปากถุงให้เรียบร้อยพร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับเป็น “Ref1 D0” และ “Ref2 D0” นำตัวอย่างดินที่ได้เก็บรักษาในลังน้ำแข็ง เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา และ หาค่า pH และความเค็มของดินต่อไป



ภาพที่ 4 แสดงแนวเก็บตัวอย่างดิน และตัวอย่างขยะสดเมื่อทำการฝังกลบแล้ว ของบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด และบริเวณหลุมอ้างอิง

1.2.3 ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะสดที่เตรียมไว้จากข้อ 1.1.4 ก่อนบรรจุกระสอบเพื่อชั่งน้ำหนักเตรียมสำหรับนำไปฝังกลบ โดยสุ่มเก็บตัวอย่างด้วยวิธีปลอดเชื้อ และใช้การสุ่มแบบกระจายเพื่อให้ได้ขยะสดที่สามารถเป็นตัวแทนขยะสดที่ใช้สำหรับการทดลองได้ จำนวน 3 ถุง มัดปากถุงให้เรียบร้อยพร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับเป็น “G1D0, G2D0 และ G3D0” นำตัวอย่างที่ได้เก็บรักษาในลังน้ำแข็ง เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา และ หาค่า pH ต่อไป

1.3 ขั้นตอนการฝังกลบขยะสด

นำขยะสดที่เตรียมเรียบร้อยแล้วจากข้อ 1.1.4 ใส่ลงไปในหลุมฝังขยะ เกลี่ยให้เสมอกันและอัดขยะ ให้มีความสูงจากก้นหลุมประมาณ 30-45 เซนติเมตร จากนั้นกลบด้วยดินป่าชายเลนที่ขุดขึ้นมา และเกลี่ยดินให้ทั่วๆ กดดินให้แน่นเล็กน้อยให้ดินอยู่ในสภาพใกล้เคียงเดิม ทำเช่นนี้ทุกหลุม ส่วนแนวหลุมอ้างอิง (T_1) เมื่อทำการขุดและเก็บตัวอย่างดินแล้ว ทำการกลบดินลงเช่นเดิมโดยไม่ทำการฝังขยะสด

1.4 การเก็บตัวอย่างระหว่างทำการฝังกลบขยะสด 52 วัน

1.4.1 การเก็บตัวอย่างดินในแนวหลุมฝังกลบขยะสด

เก็บตัวอย่างดินบริเวณส่วนบนของหลุมฝังกลบขยะสดตามวันที่กำหนด โดยใช้พลั่วมือ ทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีปลอดเชื้อ สุ่มเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด ดังภาพที่ 4 ให้ได้ระดับความลึกประมาณ 10 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่ได้ผสมรวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง มัดปากถุงให้เรียบร้อย พร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับตามสัญลักษณ์หลุมฝังกลบขยะสด เช่น ดินหลุมD3 ทำการเก็บรักษาตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 1.2.1 เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา ค่า pH และความเค็มของดินต่อไป

1.4.2 เก็บตัวอย่างดินที่แนวหลุมอ้างอิง

เก็บตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง T_1R_1 และ T_1R_2 โดยใช้พลั่วมือ ทำการเก็บตัวอย่างดินด้วยวิธีปลอดเชื้อ สุ่มเก็บตัวอย่างดิน 3 จุด ดังภาพที่ 4 ให้ได้ระดับความลึกประมาณ 10-15 เซนติเมตร ตัวอย่างดินที่ได้ผสมรวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง แยกกันระหว่างหลุม T_1R_1 และ T_1R_2 มัดปากถุงให้เรียบร้อยพร้อมเขียนสัญลักษณ์กำกับตัวอย่างดังนี้ Ref1D3 และ Ref2D3 เก็บรักษาตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 1.2.1 เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา หาค่า pH และความเค็มของดินต่อไป การเก็บตัวอย่างดินหลุมอ้างอิงทำการเก็บทุกครั้งที่มีการเก็บตัวอย่างขยะตามกำหนดวันที่ทำการฝังกลบ

1.4.3 การเก็บตัวอย่างขยะในแนวหลุมฝังกลบขยะสด

ทำการเก็บตัวอย่างขยะสดที่ผ่านการฝังกลบจากหลุมฝังกลบด้วยวิธีปลอดเชื้อ ตามวันที่กำหนดคือ วันที่ 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 (สัญลักษณ์ T_2R_1, T_2R_2, T_2R_3, T_2R_4, T_2R_5, T_2R_6, T_2R_7 และ T_2R_8) ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะ 3 จุด ดังภาพที่ 4 ให้ได้ระดับความลึกกลางหลุม แต่ละจุดเก็บแทน 1 ตัวอย่าง เขียนสัญลักษณ์กำกับตัวอย่างดังนี้ วันที่ 3 (T_2R_1) ใช้สัญลักษณ์กำกับตัวอย่างขยะที่ผ่านการฝังกลบเป็น G1D3, G2D3 และ G3D3 ตามจุดที่สุ่มเก็บตัวอย่าง เก็บรักษาตัวอย่างเช่นเดียวกับข้อ 1.3.1 เพื่อรอนำไปวิเคราะห์ด้านจุลชีววิทยา หาค่า pH และความเค็มต่อไป

1.5 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้านจุลชีววิทยา

1.5.1 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป (แบคทีเรีย รา และแอคติโนมัยซีส) โดยประยุกต์วิธีการวิเคราะห์จาก Standard methods for the examination of water and wastewater (AWWA, 1992) และปฏิบัติการจุลชีววิทยา ด้วยวิธี dilution plate count(ภาควิชาจุลชีววิทยา, 2547)

ก. การแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างดิน ขยะสดที่ฝังกลบ และขยะสด โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar (PCA) ดังนี้

1) เจือจางตัวอย่างขยะสด ขยะสดที่ฝังกลบ หรือตัวอย่างดิน โดยชั่งตัวอย่างน้ำหนัก 15 กรัม โดยวิธีปลอดเชื้อ ใส่ถุงพลาสติกปราศจากเชื้อ จากนั้นเติม 0.1% Peptone Water ปริมาตร 135 มิลลิลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เขย่าให้เข้ากันและเจือจางตัวอย่างข้างต้นให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสมต่อการนับจำนวนโคโลนี

2) การเพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียลงบนอาหาร plate count agar (PCA) โดยนำตัวอย่างที่ระดับความเจือจางที่เหมาะสมมาทำการ spread plate โดยใช้ปิเปตปราศจากเชื้อดูดตัวอย่างของเหลวแต่ละระดับความเจือจาง ปริมาตร 0.10 มิลลิลิตร ใส่บนผิวหน้าอาหารเลี้ยงที่เตรียมไว้ แล้วใช้ spreader ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาทำการเกลี่ยตัวอย่างให้ทั่วผิวหน้าอาหาร พร้อมหมุนจานอาหารเลี้ยงเชื้อไปเรื่อยๆ จนผิวหน้าอาหารแห้ง ทำระดับความเจือจางละ 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง

3) ตรวจนับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานผลในหน่วย CFUต่อกรัมดินแห้ง หรือ CFUต่อกรัมขยะแห้ง

4) การคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์ ทำการคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์จากจานเพาะเชื้อที่ได้ ด้วยเทคนิคการแยกเชื้อบริสุทธิ์ (ภาควิชาจุลชีววิทยา, 2547) โดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนีของเชื้อซึ่งต่างกัน เช่น สีโคโลนี ผิวโคโลนี รูปร่างโคโลนี ขอบโคโลนี เชื้อบริสุทธิ์ที่คัดแยกได้เก็บไว้เป็น stock เชื้อ โดยทำการเก็บรักษาเชื้อไว้ใน 20% กลีเซอรอล และเก็บที่ – 20 °C เพื่อศึกษาคุณสมบัติต่างๆ ของเชื้อจุลินทรีย์ต่อไป

ข. การแยกเชื้อราจากตัวอย่างดิน ขยะสดที่ฝังกลบ และขยะสด โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA)

ทำการแยกเชื้อราจากตัวอย่างดิน ขยะสดที่ฝังกลบ หรือขยะสด ด้วยวิธีเดียวกันกับการแยกแบคทีเรีย แต่ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA แทน เมื่อทำการ spread plate แล้ว นำอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 วัน จากนั้นทำการนับจำนวนโคโลนีเชื้อราที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ และทำการศึกษาลักษณะโคโลนีเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร PDA โดยศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนีเชื้อราแบบต่างๆ และทำการคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์

จากจานเพาะเชื้อ ด้วยเทคนิคการแยกเชื้อบริสุทธิ์ โดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนีของเชื้อซึ่งต่างกัน เช่น สีโคโลนี รูปร่างโคโลนี ขอบโคโลนี สีสปอร์ เส้นใย ที่ต่างกัน เชื้อบริสุทธิ์ที่คัดแยกได้เก็บไว้เป็น stock เชื้อ เพื่อนำมาทำการศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อแบ่งกลุ่มต่อไป

ค. การแยกเชื้อแอคติโนมัยซีส โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ starch casein agar (SCA)

ทำการแยกเชื้อแอคติโนมัยซีส จากตัวอย่างดิน ขยะสดที่ฝังกลบ หรือขยะสด ด้วยวิธีเดียวกันกับการแยกเชื้อแบคทีเรีย โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ SCA แทน อาหารเลี้ยงเชื้อ SCA ที่ทำการ spread plate แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 2 สัปดาห์ จากนั้นทำการนับจำนวนโคโลนีเชื้อที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ และทำการศึกษาลักษณะโคโลนีเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร SCA โดยศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนีเชื้อแอคติโนมัยซีสแบบต่างๆ และทำการคัดแยกเชื้อบริสุทธิ์จากจานเพาะเชื้อ ด้วยเทคนิคการแยกเชื้อบริสุทธิ์เช่นเดียวกับแบคทีเรีย โดยอาศัยลักษณะสัณฐานวิทยาของโคโลนีของเชื้อซึ่งต่างกัน เชื้อบริสุทธิ์ที่คัดแยกได้เก็บไว้เป็น stock เชื้อ เพื่อนำมาทำการศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์และแบ่งกลุ่มโดยคร่าวๆ ต่อไป

1.5.2 การจัดจำแนกเชื้อแบคทีเรีย ตามวิธีของนันทนา (2537) และภาควิชาจุลชีววิทยา (2547)

ก. ศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ เช่น รูปร่างเซลล์ การติดสีแกรม การเรียงตัวและขนาดเซลล์ การสร้างสปอร์หรือตำแหน่งของสปอร์

ข. ทดสอบสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ ได้แก่ catalase test, oxidase test, indole, motility, citrate, nitrate reduction, TSI agar และ anaerobic agar

1.5.3 การจำแนกกลุ่มเชื้อรา

ก. ศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเชื้อรา ด้วยวิธี slide culture บนอาหาร PDA นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 4-5 วัน นำสไลด์มาทำ wet mount ด้วย lactophenal cotton blue แล้วศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อแบ่งกลุ่ม

1.5.4 การจำแนกเชื้อกลุ่มแอคติโนมัยซีส

ก. ศึกษาโครงสร้างทางสรีระวิทยาของเชื้อแอคติโนมัยซีส ด้วยวิธี slide culture บนอาหาร oatmeal agar นำไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 วัน นำสไลด์มาทำ wet mount ด้วย lactophenal cotton blue แล้วศึกษาโครงสร้างทางสรีระวิทยาของเชื้อภายใต้กล้องจุลทรรศน์

ข. ศึกษาชนิดของ diaminopimelic acid ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์ โดยเพาะเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อ glucose yeast extract agar นาน 4-5 วัน ขูดเส้นใยเชื้อที่เจริญบนผิวหน้าอาหาร ประมาณ 1 loop ใส่ eppendorf เติม 6 N HCl 0.1 ml นำไป Autoclave ที่อุณหภูมิ 121 °C นาน 15 นาที เพื่อย่อยผนังเซลล์ ปั่นเหวี่ยงที่ 5000 rpm นาน 5-10 นาที นำสารละลายส่วนใสไปทำ paper chromatography โดยเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน DAP

2. <u>การทดลองที่ 2 : ศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะสด ค่า pH และ ค่าความเค็ม ของขยะที่ทำการฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณศึกษา</u>

2.1 การวัดอุณหภูมิดินและอุณหภูมิหลุมฝังกลบขยะสด

เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิดินหลุมขยะ และอุณหภูมิภายในขยะสด โดยใช้อุปกรณ์ microlog เก็บอุณหภูมิตลอด 24 ชั่วโมง ตลอดการทดลอง และใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทวัดอุณหภูมิ ตำแหน่งหลุม T_2R_6, T_2R_7 และT_2R_8 โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิดินหลุมขยะที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 5-10 เซนติเมตร และใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะสดที่ระดับความลึกจากผิวดินประมาณ 25-30 เซนติเมตร โดยทำการวัดอุณหภูมิเมื่อเริ่มทำการฝังกลบ และตลอดทำการทดลอง 52 วัน กำหนดให้ทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิ วันละ 1 ครั้ง ช่วงเวลา 9.00 น. ตลอด 52 วัน ทำเช่นเดียวกันนี้กับการเก็บข้อมูลอุณหภูมิดินหลุมอ้างอิง (T_1R_1 และ T_1R_2)

2.2 การตรวจวัดค่า pH

ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ ดินหลุมอ้างอิง และตัวอย่างขยะที่เก็บแต่ละครั้ง นำมาหาค่า pH โดยใช้เครื่อง pH meter ณ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3 การตรวจวัดค่าความเค็ม

ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ ดินหลุมอ้างอิง และตัวอย่างขยะ (เริ่มวันที่ 3 ของการฝังกลบ) ที่เก็บแต่ละครั้ง นำมาหาค่าความเค็มด้วยเครื่อง EC meter วัดโดยการเจือจางแบบ saturation water extract 25 เท่า ณ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์ ที่พบในหลุมฝังกลบขยะสดกับพื้นที่อ้างอิง และความสัมพันธ์ของอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะสด ค่า pH และค่าความเค็มของขยะที่ทำการฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณศึกษา ต่อการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์ โดยการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี DMRT (Dancan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1

1. ลักษณะพื้นที่ป่าชายเลนสำหรับดำเนินการศึกษา และโครงสร้างขยะสดที่ใช้สำหรับการทดลองฝังกลบ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ที่พบในหลุมฝังขยะสด ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนของโครงการวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ เป็นพื้นที่ศึกษา ได้ดำเนินการเลือกพื้นที่ศึกษาสำหรับการทดลองฝังกลบขยะสด โดยเลือกพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติภายในโครงการฯ ที่สภาพป่าเป็นป่าแสม ซึ่งมีความหนาแน่นน้อย และเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้น-ลง ตลอดการศึกษา 52 วัน แสดงดังภาพที่ 5 ส่วนพื้นที่หลุมอ้างอิง มีระยะห่างจากแนวบริเวณหลุมฝังกลบขยะ 200 เมตร เป็นพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติในโครงการฯ ที่มีสภาพป่าเป็นป่าแสม ซึ่งมีความหนาแน่นน้อย และมีบางส่วนที่ตาย และเป็นพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้น-ลง ตลอดการศึกษา 52 วันเช่นเดียวกัน แสดงดังภาพที่ 6 จากการศึกษาพบว่า ในช่วงดำเนินการทดลอง ตั้งแต่เดือนมกราคม – มีนาคม 2549 เป็นเวลา 52 วัน พื้นที่ทั้งสองได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้น-ลง 70 %

ภาพที่ 5 ลักษณะและโครงสร้างป่าชายเลนธรรมชาติที่เลือกใช้สำหรับเป็นพื้นที่ดำเนินการทดลองฝังกลบขยะสด

ภาพที่ 6 ลักษณะและโครงสร้างป่าชายเลนธรรมชาติที่เลือกใช้สำหรับเป็นพื้นที่หลุมอ้างอิง

ขยะสดที่ใช้ศึกษาเป็นขยะสดประเภทผัก โครงสร้างของขยะสดโดยส่วนใหญ่เป็นผักใบ ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาด กะหล่ำปลี ขึ้นฉ่าย ส่วนมะเขือเทศ พริก มะนาว และผักอื่นๆ มีปะปนเป็นส่วนน้อย ลักษณะของขยะสดแสดงดังภาพที่ 7

ภาพที่ 7 ลักษณะและโครงสร้างขยะสดที่ใช้ในการศึกษา

2. <u>การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินหลุมอ้างอิง ดินหลุมฝังกลบ และ ในขยะสดที่ฝังกลบ บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติที่ทำการศึกษา</u>

2.1 จำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป (แบคทีเรีย, เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส) ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ทั้ง T_1R_1 และ T_1R_2 โดยหลุมอ้างอิงมีการดำเนินกิจกรรมการขุดหลุม และกลบดินเลนที่ขุดกลับเช่นเดิม โดยไม่มีการฝังกลบขยะสด จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณหลุมอ้างอิง ทั้งหมด 9 ครั้ง ทำการศึกษาโดยนำตัวอย่างดินเลนที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนัก และเจือจางด้วย 0.1% peptone water ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสมต่อการนับจำนวนโคโลนี ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหาร plate count agar (PCA) เพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และเพาะเลี้ยงแอคติโนมัยซีสบนอาหาร starch casein agar (SCA) โดยวิธี spread plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะมีออกซิเจน เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง, 5 วัน และ 7 วัน สำหรับแบคทีเรีย, เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ตามลำดับ นับจำนวนโคโลนีเชื้อที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานผลเป็น CFUต่อกรัมดินแห้ง

จากการศึกษาพบว่า จำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง มีจำนวนเริ่มต้นเฉลี่ย 168.91×10^6 CFUต่อกรัมดินแห้ง ซึ่งมีจำนวนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป อื่นๆ รองลงมา คือ จำนวนเชื้อรา และแอคติโนมัยซีส ตามลำดับ เมื่อดำเนินการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสดผ่านไป 3 วัน ทำการเก็บดินบริเวณหลุมอ้างอิงอีกครั้ง นำมาคัดแยก และนับจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป พบว่า มีจำนวนแบคทีเรียเฉลี่ย 3.53×10^6 CFUต่อกรัมดินแห้ง ลดลงจากวันเริ่มต้น (วันที่ 0) โดยมีเปอร์เซ็นต์การลดลงของจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ประมาณ 98 % เมื่อเก็บตัวอย่างดินหลุมอ้างอิงในวันที่ 10 ของระยะการทดลองฝังกลบขยะสดมาศึกษา พบว่า มีจำนวนแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวเฉลี่ย 3.75×10^6 CFUต่อกรัมดินแห้ง ใกล้เคียงกับวันที่ 10 ทั้งนี้แนวโน้มของจำนวนแบคทีเรียในดินหลุมอ้างอิง ภายหลังฝังกลบ 17 - 52 วัน พบว่า มีจำนวนลดลงและเกือบคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.5×10^5 - 1.0×10^5 CFUต่อกรัมดินแห้ง แสดงได้ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 8

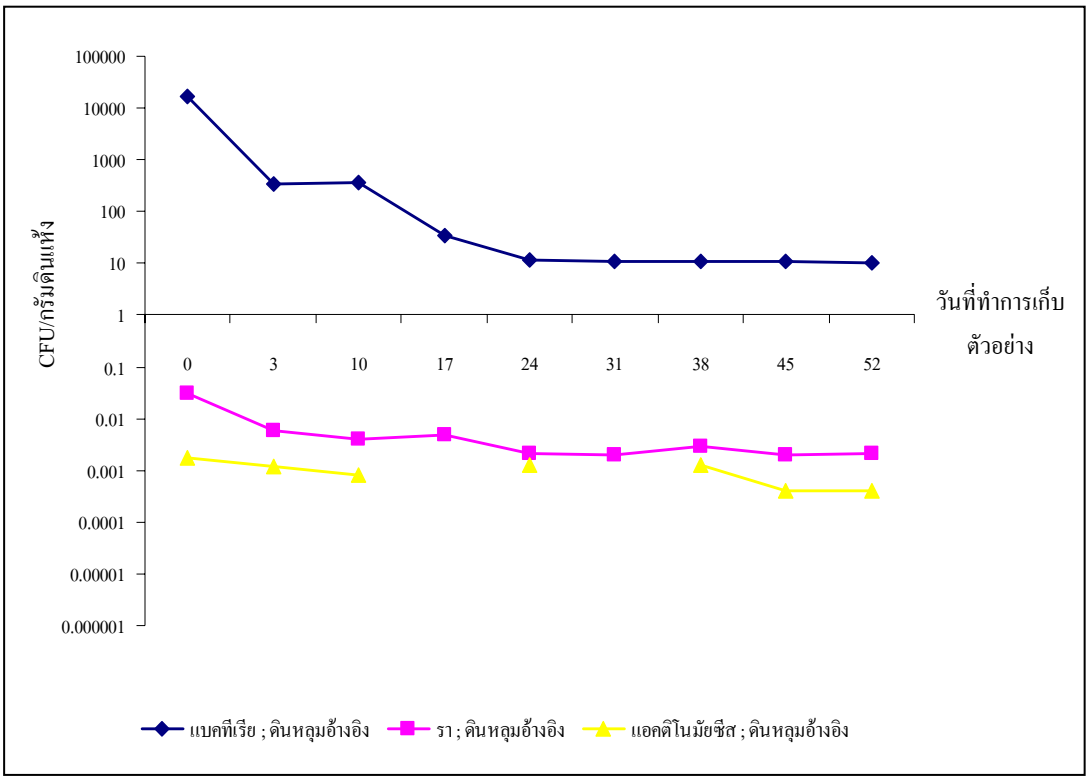
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรากลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินหลุมอ้างอิง พบว่า จำนวนเชื้อรากลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ก่อนดำเนินการฝังกลบ (วันที่ 0) มีจำนวนเชื้อราเฉลี่ย 0.31 x 10^3 CFUต่อกรัมดินแห้ง เมื่อระยะเวลาการทดลองฝังกลบขยะสดผ่านไป 3 วัน นำดินตัวอย่างบริเวณหลุมอ้างอิงมาศึกษาอีกครั้ง พบว่า จำนวนเชื้อรากลุ่มดังกล่าวมีจำนวนลดลง โดยมีจำนวนเฉลี่ย 0.06 x 10^3 CFUต่อกรัมดินแห้ง และมีเปอร์เซ็นต์การลดลงประมาณ 98 % จากเริ่มต้นก่อนทำการกลบดินหลุมอ้างอิง และภายหลังทำการฝังกลบผ่านไป 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง 52 วัน พบว่า จำนวนเชื้อราในกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ดังกล่าวมีจำนวนโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 20 – 40 CFUต่อกรัมดินแห้ง และมีแนวโน้มคงที่แสดงได้ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 8

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนแอคติโนมัยซีสกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลนบริเวณอ้างอิง ก่อนดำเนินการฝังกลบ (วันที่ 0) พบว่า มีจำนวนแอคติโนมัยซีสเฉลี่ย 0.18 x 10^2 CFUต่อกรัมดินแห้ง เมื่อระยะเวลาการทดลองฝังกลบผ่านไป 3 - 52 วัน พบว่าจำนวนแอคติโนมัยซีสในดินหลุมอ้างอิงมีการลดลง โดยมีจำนวนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0 – 12 CFUต่อกรัมดินแห้ง เนื่องจาก แอคติโนมัยซีสที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิงมีจำนวนน้อย ดังนั้น จึงทำให้บางครั้งไม่พบเชื้อกลุ่มนี้ในตัวอย่างดินหลุมอ้างอิงที่นำมาศึกษา ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงจำนวนของเชื้อแอคติโนมัยซีสได้ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 8

<u>ตารางที่ 5</u> การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมอ้างอิง ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

หน่วย CFU/กรัมดินแห้ง

วันที่	จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินหลุมอ้างอิง		
	แบคทีเรีย (x10^6)	รา (x10^3)	แอคติโนมัยซีส (x 10^2)
0	777.12	0.31	0.18
3	86.76	0.06	0.12
10	15.02	0.04	0.08
17	6.39	0.05	0
24	0.52	0.02	0.12
31	0.45	0.02	0
38	0.34	0.03	0.12
45	0.27	0.02	0.04
52	0.20	0.02	0.04



ภาพที่ 8 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมบริเวณอ้างอิง ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

หมายเหตุ วันที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ไม่ปรากฏจุดสัญลักษณ์ของแอคติโนมัยซีส แสดงว่าไม่พบแอคติโนมัยซีส เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SCA

การเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ซึ่งมีการดำเนินกิจกรรมการขุดหลุม และกลบดินเช่นเดิม โดยไม่มีการฝังกลบขยะสด จากภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม มีจำนวนลงลดอย่างชัดเจนในวันที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบกับเริ่มต้น (วันที่ 0) โดยที่ในป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิงไม่มีการดำเนินกิจกรรมการฝังกลบขยะสดใดๆ และไม่ได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมการย่อยสลายขยะสดจากบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด จึงมีความเป็นไปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ซึ่งมีแนวโน้มลดลงมีสาเหตุจากกิจกรรมการขุดหลุม ที่ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน และเป็นการทำลายชั้นหน้าดิน ซึ่งเป็นชั้นที่มีอินทรียวัตถุมาก และเป็นชั้นที่สัมผัสกับออกซิเจนในบรรยากาศ อีกทั้ง

ดินเลนในระดับลึก มีปริมาณซัลไฟด์สะสมมาก ดังนั้นกิจกรรมการขุดดินในป่าชายเลน และกลบดินเช่นเดิม จึงเป็นการกระจายปริมาณซัลไฟด์ในบริเวณขุดหลุมร่วมด้วย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวส่งผลให้ชนิด และจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินบริเวณหลุมอ้างอิง ซึ่งมีความสำคัญในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาวะมีออกซิเจนให้เปลี่ยนแปลงไป ทั้ง แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ซึ่งจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม ที่ศึกษานี้ เป็นจุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ดีในสภาวะมีออกซิเจน โดยใช้อินทรียวัตถุที่สะสมบริเวณผิวหน้าดินเลนเป็นแหล่งพลังงาน และแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต ส่วนซัลเฟอร์ที่อยู่ในรูปของซัลไฟด์ (S^{2-}) ที่ถูกรบกวน และมีการกระจายขึ้นมาบริเวณที่ขุดหลุมอ้างอิง จะมีความเป็นพิษสูงต่อจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ดังนั้นชั้นดินที่ถูกรบกวน และอยู่ในสภาวะไม่มีออกซิเจน รวมทั้งการกระจายของซัลไฟด์ (S^{2-}) จึงส่งผลให้จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิงลดลงได้ นอกจากนี้ จากภาพที่ 8 ยังแสดงให้เห็นว่าจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ยังไม่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นระหว่างทำการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

2.2 จำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป (แบคทีเรีย, เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส) ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะ ก่อนการฝังกลบขยะสด และดินส่วนบนหลุมฝังกลบขยะ T_2R_1, T_2R_2, T_2R_3, T_2R_4, T_2R_5, T_2R_6, T_2R_7 และ T_2R_8 ตามระยะเวลาการฝังกลบขยะสด 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน ตามลำดับ โดยดินหลุมฝังกลบขยะ เป็นดินส่วนบนของหลุมฝังกลบ ซึ่งมีการดำเนินกิจกรรมการฝังกลบขยะสด จากการเก็บตัวอย่างดินบริเวณหลุมอ้างอิง ทั้งหมด 9 ครั้ง ทำการศึกษาโดยนำตัวอย่างที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนัก และเจือจางด้วย 0.1% peptone water ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสมต่อการนับจำนวนโคโลนี ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหาร plate count agar (PCA) เพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และเพาะเลี้ยงแอคติโนมัยซีสบนอาหาร starch casein agar (SCA) โดยวิธี spread plate เลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะมีออกซิเจน เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง, 5 วัน และ 7 วัน สำหรับแบคทีเรีย, เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ตามลำดับ นับจำนวนโคโลนีเชื้อที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อ และรายงานผลเป็น CFUต่อกรัมดินแห้ง

จากการศึกษาพบว่า จำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะ มีจำนวนเริ่มต้นเฉลี่ย 184.24×10^{6} CFUต่อกรัมดินแห้ง ภายหลังดำเนินกิจกรรมการฝังกลบขยะสดผ่านไป 3 วัน พบว่าแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป มีจำนวนลดลงจากจำนวนเริ่มต้นคิดเป็น 97.7 % โดยมีจำนวน 4.20×10^{6} CFUต่อกรัมดินแห้ง ทำการเก็บตัวอย่างดินหลุมฝังกลบขยะทุกๆ 7 วัน ติดต่อกัน 7 ครั้ง ในวันที่ 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 ของการฝังกลบขยะสด พบว่า การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโร-โทรฟิค แอโรป มีแนวโน้มลดลง และเกือบคงที่ เมื่อระยะเวลาในการฝังกลบเพิ่มขึ้น โดยมีจำนวนเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.6×10^{5} - 1.1×10^{5} CFUต่อกรัมดินแห้ง ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 9

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรากลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะ พบว่า จำนวนเชื้อราก่อนดำเนินการฝังกลบ (วันที่ 0) มีจำนวนเชื้อราเฉลี่ย 0.04×10^{3} CFUต่อกรัมดินแห้ง เมื่อเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราในดินหลุมอ้างอิงแล้ว พบว่า เชื้อราในดินบริเวณหลุมอ้างอิงมีจำนวนมากกว่าดินบริเวณทำการฝังกลบขยะ ทั้งนี้เนื่องจากสภาพแวดล้อมบริเวณหลุมอ้างอิง มีสภาพของป่าชายเลนที่มีซากผุพังของต้นแสม

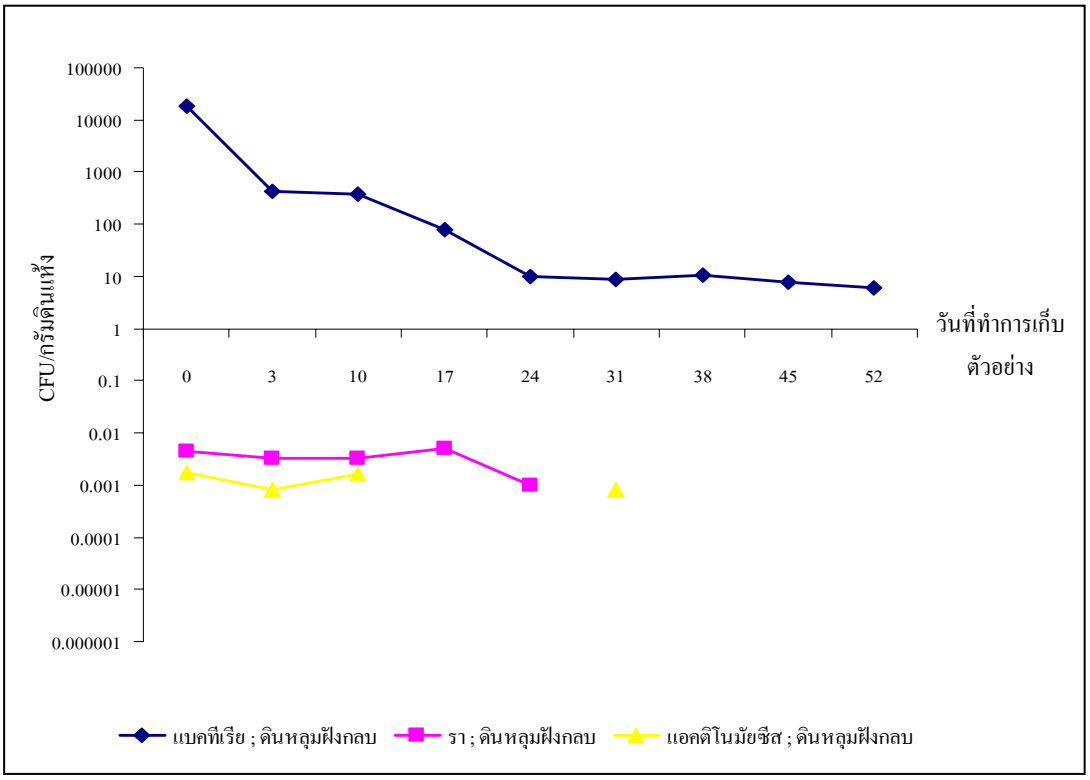
ซึ่งเป็นอินทรียวัตถุที่มีโครงสร้างซับซ้อน เช่น เซลลูโลส ลิกนิน หรือสารประกอบเพกติน เหมาะกับการเจริญเติบโตได้รวดเร็วของเชื้อรา แตกต่างกับป่าชายเลนบริเวณที่ใช้ทำการฝังกลบขยะสด จึงมีความเป็นไปได้ที่สามารถพบจำนวนเชื้อราบริเวณหลุมอ้างอิงได้มากกว่าบริเวณหลุมฝังกลบ หลังดำเนินการฝังกลบขยะ พบว่า เชื้อราในดินหลุมฝังกลบขยะภายหลังฝังกลบขยะสดไป 3 - 24 วัน มีจำนวนลดลงจากเริ่มต้นก่อนฝังกลบ และมีการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อราใกล้เคียงกัน โดยมีจำนวนเชื้อราเฉลี่ยระหว่าง $0.01 \times 10^3 - 0.05 \times 10^3$ CFUต่อกรัมดินแห้ง และลักษณะหลุมฝังกลบขยะภายหลังทำการฝังกลบไปแล้ว 17 วัน เริ่มมีการยุบตัว ทำให้เกิดน้ำขังเป็นบางจุดบริเวณปากหลุม และส่งกลิ่นเหม็น รวมทั้งพบว่าหลุมฝังกลบขยะสดวันที่ 17 มีลักษณะของแผ่นฟิล์มเป็นฝ้าขาวเกิดขึ้นบนผิวน้ำเล็กน้อย และมีฟองก๊าซผุดขึ้นมา ซึ่งภายหลังทดลองฝังกลบขยะสดไป 31 วัน ตลอดจนสิ้นสุดการทดลองฝังกลบจะไม่พบเชื้อราในดินหลุมฝังกลบขยะ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 9

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนแอคติโนมัยซีสในดินป่าชายเลนบริเวณทำการฝังกลบขยะสด พบว่าก่อนเริ่มทำการฝังกลบขยะสด (วันที่ 0) ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะ มีแอคติโนมัยซีสจำนวน 0.18×10^2 CFUต่อกรัมดินแห้ง หลังดำเนินการฝังกลบขยะสด 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างดินหลุมฝังกลบขยะ ตามสัญลักษณ์หลุมที่กำหนดระยะการเก็บตัวอย่างมาตรวจนับจำนวนแอคติโนมัยซีส พบว่า จำนวนแอคติโนมัยซีสในดินหลุมฝังกลบวันที่ 3 มีการลดลงจากเริ่มต้น ซึ่งภายหลังฝังกลบขยะสดผ่านไป 10 วัน และ 17 วัน พบว่า หลุมฝังกลบขยะสดเริ่มมีการยุบตัวของขยะ ทำให้เกิดการยุบตัวของดินหลุม และเกิดสภาพมีน้ำขังบริเวณปากหลุมฝังกลบบางจุด และเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังนั้นเมื่อฝังกลบขยะสดนาน 17 วัน จนสิ้นสุด 52 วัน จึงไม่พบแอคติโนมัยซีสในดินหลุมฝังกลบขยะ แม้พบว่าสามารถคัดแยกแอคติโนมัยซีสได้ในดินหลุมฝังกลบ ภายหลังฝังกลบขยะไปแล้ว 31 วัน ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สปอร์ของแอคติโน-มัยซีสในดินบางส่วนไม่ได้ถูกทำลายในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น เมื่อนำตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ มาทำการเพาะเลี้ยงแอคติโนมัยซีสบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SCA ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแอคติโนมัยซีส ๆ จึงเจริญขึ้นมา และนับจำนวนได้ การเปลี่ยนแปลงจำนวนของแอคติโนมัยซีสสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 9

<u>ตารางที่ 6</u> การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมฝังกลบขยะ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

หน่วย CFU/กรัมดินแห้ง

วันที่	จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินหลุมฝังกลบขยะ		
	แบคทีเรีย ($x10^6$)	**รา** ($x10^3$)	**แอคติโนมัยซีส** ($x 10^2$)
0	184.24	0.04	0.18
3	4.20	0.03	0.08
10	3.67	0.03	0.17
17	0.80	0.05	0
24	0.10	0.01	0
31	0.09	0	0.08
38	0.11	0	0
45	0.08	0	0
52	0.06	0	0



ภาพที่ 9 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในดินหลุมฝังกลบขยะ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

หมายเหตุ วันที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ไม่ปรากฏจุดสัญลักษณ์ของรา และ แอคติโนมัยซีส แสดงว่าไม่พบเชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ SCA ตามลำดับ

การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะ พบว่าในระยะแรกของการฝังกลบขยะสด การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป มีสาเหตุจากกิจกรรมการขุดหลุมเช่นเดียวกันกับดินหลุมอ้างอิง ซึ่งส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน เป็นการทำลายชั้นหน้าดินซึ่งเป็นชั้นที่มีอินทรีย์วัตถุมาก อีกทั้งดินเลนในระดับลึก มีปริมาณซัลไฟด์สะสมมาก กิจกรรมการขุดจึงเป็นการกระจายปริมาณซัลไฟด์ในดินบริเวณขุดหลุม การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวจึงส่งผลให้ชนิด และจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป เมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไม่มีออกซิเจน เปลี่ยนแปลงชั้นดิน และเกิดซัลไฟด์ (S^{2-}) กระจายในดินบริเวณหลุม

ฝังกลบ ทำให้จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป เดิมที่มีตามธรรมชาติลดลงได้ในดินบริเวณหลุมฝังกลบขยะช่วง 10 วันแรกของการฝังกลบ ส่วนภายหลังการฝังกลบขยะสด 17 วัน เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสภาพหลุมฝังกลบขยะ มีการยุบตัวของขยะ ทำให้เกิดการยุบตัวของดินหลุมฝังกลบขยะ และเกิดสภาพมีน้ำขังบริเวณปากหลุมฝังกลบบางจุด มีฟองก๊าซผุดขึ้นเล็กน้อย เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ และมีลักษณะของแผ่นฟิล์มเป็นฝ้าขาวเกิดขึ้นบนผิวน้ำเล็กน้อย ซึ่งคาดว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการฝังกลบมีความเป็นพิษสูงต่อจุลินทรีย์กลุ่มที่ศึกษาดังกล่าว และภาวะน้ำขังทำให้ดินหลุมฝังกลบขยะมีสภาวะขาดออกซิเจน สภาวะดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต หรืออยู่รอดของจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของเชื้อรา และแอคติโนมัยซีส ซึ่งเจริญได้ดีในสภาวะมีออกซิเจน รวมทั้งการที่พบจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินบริเวณหลุมฝังกลบขยะเริ่มต้นน้อยอยู่แล้ว ผลกระทบทั้งกิจกรรมการขุดหลุม และผลที่เกิดขึ้นจากการฝังกลบขยะสดข้างต้น จึงทำให้เกิดการลดลงของจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะ

2.3 จำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป (แบคทีเรีย, เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส) ในขยะสดที่ใช้ทดลองทำการฝังกลบขยะในป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของจำนวนจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ที่พบในขยะสดที่ทดลองทำการฝังกลบในพื้นที่ป่าชายเลน ก่อนดำเนินการฝังกลบ และขยะที่ฝังกลบในหลุมฝังกลบ T_2R_1, T_2R_2, T_2R_3, T_2R_4, T_2R_5, T_2R_6, T_2R_7 และ T_2R_8 ตามระยะเวลาการฝังกลบขยะสด 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ทั้งหมด 9 ครั้ง ทำการศึกษาโดยนำตัวอย่างที่ได้มาทำการชั่งน้ำหนัก และเจือจางด้วย 0.1% peptone water ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว เจือจางตัวอย่างให้ได้ระดับความเจือจางที่เหมาะสมต่อการนับจำนวนโคโลนี ทำการเพาะเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหาร plate count agar (PCA) เพาะเลี้ยงเชื้อราบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และเพาะเลี้ยงแอคติโนมัยซีสบนอาหาร starch casein agar (SCA) โดยวิธี spread plate บ่มเชื้อที่อุณหภูมิห้อง ในสภาวะมีออกซิเจน เป็นเวลา 24 - 48 ชั่วโมง, 5 วัน และ 7 วัน สำหรับแบคทีเรีย, เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ตามลำดับ นับจำนวนโคโลนีเชื้อที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหาร และรายงานผลเป็น CFUต่อกรัมขยะแห้ง

จากการศึกษาพบว่า ขยะสดเริ่มต้นก่อนทำการฝังกลบ เมื่อทำการสุ่มตัวอย่างขยะจากขยะสดทั้งหมด เพื่อนำมาคัดแยก และนับจำนวนแบคทีเรีย โดยอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA พบว่าจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะสดเริ่มต้นก่อนดำเนินการฝังกลบ (วันที่ 0) มีจำนวนเฉลี่ย 777.12 x 10^6 CFUต่อกรัมขยะแห้ง เมื่อดำเนินการฝังกลบขยะสดไป 3 วัน พบว่าแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบมีจำนวนลดลง ซึ่งพบว่าสามารถนับจำนวนได้เพียง 86.76 x 10^6 CFUต่อกรัมขยะแห้ง โดยลดลงจากจำนวนเริ่มต้นคิดเป็น 88.8 % เมื่อทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ วันที่ 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 ของการฝังกลบมาศึกษา พบว่า แบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป มีจำนวนลดลง เมื่อระยะเวลาในการฝังกลบเพิ่มขึ้น แนวโน้มของจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง และเกือบคงที่ภายหลังฝังกลบแล้ว 45 – 52 วัน โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.0 x 10^5 - 5.2 x 10^5 CFUต่อกรัมขยะแห้ง การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรียในขยะที่ฝังกลบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 10

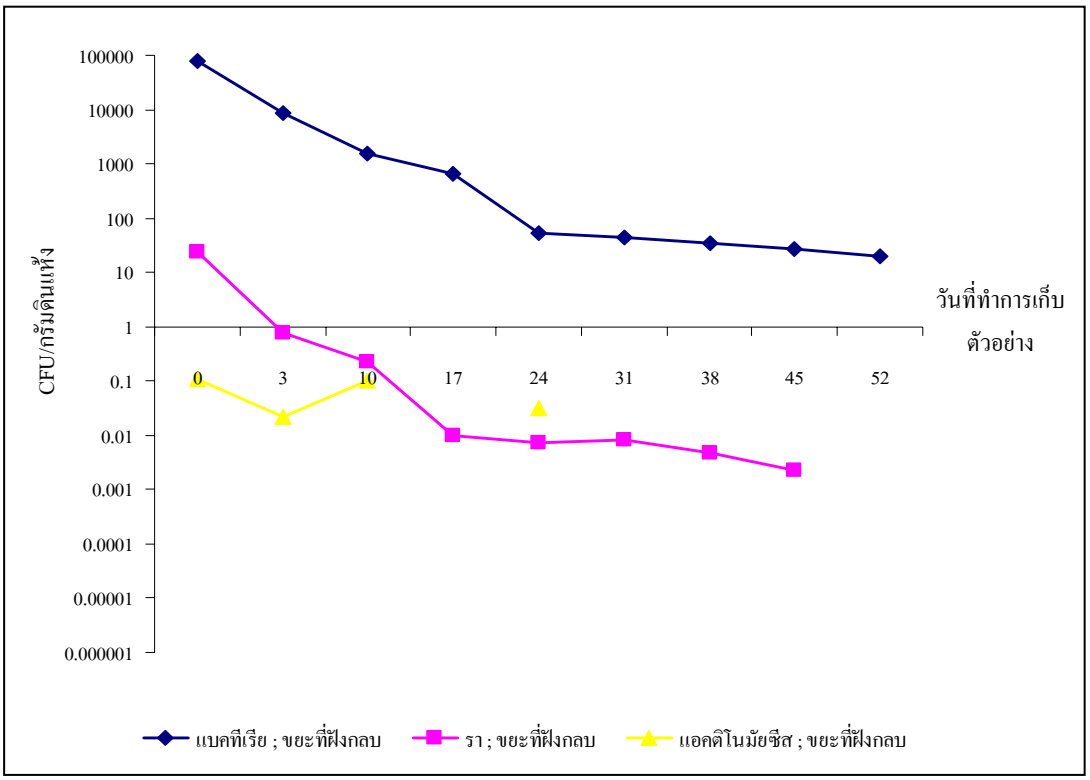
จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อรากลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะสดที่ใช้ฝังกลบ เริ่มต้นก่อนดำเนินการฝังกลบ (วันที่ 0) พบว่า ในขยะสดมีจำนวนเชื้อราเฉลี่ยเท่ากับ 2.35×10^{5} CFUต่อกรัมขยะแห้ง เมื่อดำเนินการฝังกลบขยะสดผ่านไป 3 วัน ทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ มาตรวจนับจำนวนเชื้อรากลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป พบว่าภายหลังฝังกลบขยะไป 3 วัน เชื้อรามีจำนวนลดลงจากเริ่มต้น โดยมีจำนวน 7.85×10^{3} CFUต่อกรัมขยะแห้ง ซึ่งจำนวนลดลงจากเริ่มต้นก่อนดำเนินการฝังกลบขยะสด 96.6 % แนวโน้มการลดลงของจำนวนเชื้อราในขยะที่ฝังกลบ ลดลงเรื่อยๆ เมื่อระยะเวลาการฝังกลบขยะเพิ่มขึ้น โดยช่วงระยะเวลาการทดลองฝังกลบขยะ 10 – 45 วัน มีจำนวนเชื้อราเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.02×10^{3} – 2.22×10^{3} CFUต่อกรัมขยะแห้ง และพบว่า ภายหลังฝังกลบขยะครบ 52 วัน ในขยะที่ฝังกลบจะไม่พบสามารถตรวจนับเชื้อราได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจำนวนเชื้อราสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 10

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงจำนวนแอคติโนมัยซีสในขยะสดที่ใช้ฝังกลบ พบว่าก่อนทำการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณฝังกลบ ในขยะสดที่ทำการสุ่มตัวอย่างได้นำมาศึกษาเพื่อนับจำนวนแอคติโนมัยซีส พบว่า เริ่มต้นก่อนการฝังกลบขยะสด ในขยะสดมีจำนวนแอคติโนมัยซีสประมาณ 10.91×10^{2} CFUต่อกรัมขยะแห้ง เมื่อดำเนินการฝังกลบขยะสดไป 3 วัน พบว่า ในขยะที่ผ่านการฝังกลบ มีการลดลงของเชื้อ และสามารถนับจำนวนได้ 2.19×10^{2} CFUต่อกรัมขยะแห้ง ภายหลังฝังกลบขยะสดผ่านไป 10 วัน และ 17 วัน พบว่าหลุมฝังกลบขยะสดมีการยุบตัวของขยะ ทำให้เกิดการยุบตัวของดินหลุม และเกิดสภาพมีน้ำขังบริเวณปากหลุมฝังกลบในบางจุด รวมทั้งเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ขึ้น ดังนั้น เมื่อฝังกลบขยะสดนาน 17 วัน จนสิ้นสุด 52 วัน จึงไม่พบแอคติโนมัยซีสในขยะที่ฝังกลบ แม้จะสามารถคัดแยกแอคติโนมัยซีสได้ในขยะที่ฝังกลบ ภายหลังดำเนินการฝังกลบขยะไปแล้ว 10 และ 24 วัน แต่ทั้งนี้อาจเนื่องจาก สปอร์ของแอคติโนมัยซีสในขยะที่ฝังกลบบางส่วน ไม่ได้ถูกทำลายในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นเมื่อนำตัวอย่างขยะที่ฝังกลบมาเพาะเลี้ยงแอคติโนมัยซีสบนอาหารเลี้ยงเชื้อ SCA ในสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญของแอคติโนมัยซีส ทำให้แอคติโนมัยซีสเจริญขึ้นมา และนับจำนวนได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงจำนวนแอคติโนมัยซีสสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 10

<u>ตารางที่ 7</u> การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในขยะที่ฝังกลบ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

หน่วย CFU/กรัมดินแห้ง

วันที่	จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบ		
	แบคทีเรีย ($x10^{6}$)	**รา** ($x10^{3}$)	**แอคติโนมัยซีส** ($x\ 10^{2}$)
0	777.12	235.30	10.91
3	86.76	7.85	2.19
10	15.02	2.22	10.18
17	6.39	0.10	0
24	0.52	0.07	3.24
31	0.45	0.08	0
38	0.34	0.05	0
45	0.27	0.02	0
52	0.20	0	0



ภาพที่ 10 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ภายในขยะที่ฝังกลบ ระหว่างการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

หมายเหตุ วันที่ทำการเก็บตัวอย่างที่ไม่ปรากฏจุดสัญลักษณ์ของรา และ แอคติโนมัยซีส แสดงว่าไม่พบเชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส เมื่อเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA และ SCA ตามลำดับ

การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ในขยะที่ใช้ทดลองฝังกลบในพื้นที่ป่าชายเลน พบว่าในระยะแรกของการฝังกลบขยะสด มีการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ซึ่งคาดว่ามีสาเหตุจากการเปลี่ยนแปลงสภาวะแวดล้อมเดิมของแบคทีเรีย เชื้อรา และ แอคติโนมัยซีส ที่ปนเปื้อนมากับขยะสด ซึ่งสภาวะแวดล้อมใหม่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต และการอยู่รอดของเชื้อ จากการฝังกลบในพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งพื้นที่ป่าชายเลนมีโครงสร้างดินเป็นดินเลน ที่มีปริมาณออกซิเจนในดินมีน้อยมาก เมื่อทำการฝังกลบขยะสด สภาวะของหลุมฝังกลบขยะซึ่งเดิมมีปริมาณออกซิเจนในหลุมน้อยอยู่แล้ว จะค่อยๆ ลดลงจนหมดเมื่อระยะเวลาการฝังกลบเพิ่มขึ้น รวมทั้งได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้น-ลง ท่วมถึง และอิทธิพลของค่าความเค็ม การเปลี่ยนแปลง

ดังกล่าว จึงส่งผลให้ชนิด และจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป เมื่อสภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงโดยหลุมฝังกลบไม่มีออกซิเจน ให้มีจำนวนจุลินทรีย์ลดลง ภายหลังการฝังกลบขยะสด 17 วัน เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสภาพของหลุมฝังกลบขยะสด มีการยุบตัวของขยะ ทำให้เกิดการยุบตัวของดินหลุมฝังกลบขยะ และเกิดสภาพมีน้ำขังบริเวณปากหลุมฝังกลบบางจุด มีฟองก๊าซผุดขึ้นเล็กน้อย เกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ ลักษณะข้างต้นบ่งบอกถึงสภาวะเกิดการย่อยสลายขยะสดในสภาวะไม่มีออกซิเจน ซึ่งคาดว่า การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลต่อการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดขึ้นมีความเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ และภาวะน้ำขังทำให้ดินหลุมฝังกลบขยะมีสภาวะขาดออกซิเจน สภาวะดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต หรืออยู่รอดของจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มของเชื้อรา และแอคติโนมัยซีสซึ่งเจริญได้ดีในสภาวะมีออกซิเจน

3. <u>การเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์ในกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป แต่ละกลุ่ม ในขยะสดที่ฝังกลบ และ ดินหลุมฝังกลบ เปรียบเทียบกับดินหลุมอ้างอิง ในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติที่ทำการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสด</u>

3.1 การเปลี่ยนแปลงจำนวนแบคทีเรีย ในขยะที่ฝังกลบ และดินหลุมฝังกลบ เปรียบเทียบกับดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี DMRT เพื่อเปรียบเทียบจำนวนแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ระหว่างกลุ่มตัวอย่าง 3 กลุ่ม คือ จำนวนแบคทีเรียในขยะที่ฝังกลบ จำนวนแบคทีเรียในดินหลุมฝังกลบ และในดินหลุมอ้างอิง พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อแบคทีเรียในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน 52 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี DMRT เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในแต่ละกลุ่มตัวอย่างข้างต้น กับระยะเวลาการฝังกลบขยะสด พบว่า จำนวนแบคทีเรียในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ณ ช่วงระยะเวลาการฝังกลบที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 8 โดยค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในขยะสดที่ฝังกลบ จะมีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในดินหลุมฝังกลบ และในดินหลุมอ้างอิง แต่ค่าเฉลี่ยของจำนวนแบคทีเรียในดินหลุมฝังกลบ และในดินหลุมอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ตลอดการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

<u>ตารางที่ 8</u> การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยจำนวนแบคทีเรียในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน

กลุ่มตัวอย่าง	วันทำการเก็บตัวอย่าง								
	0	**3**	**10**	**17**	**24**	**31**	**38**	**45**	**52**
ขยะที่ฝังกลบ	777.118[a]	86.756[a]	15.017[a]	6.389[a]	0.517[a]	0.446[a]	0.335[a]	0.265[a]	0.204[a]
ดินหลุมฝังกลบ	184.240[b]	4.202[b]	3.669[b]	0.799[b]	0.097[b]	0.089[b]	0.109[b]	0.078[b]	0.060[b]
ดินหลุมอ้างอิง	168.911[b]	3.526[b]	3.752[b]	0.354[b]	0.113[b]	0.110[b]	0.107[b]	0.107[b]	0.100[b]

<u>หมายเหตุ</u> จำนวนแบคทีเรีย หน่วย CFU/กรัมแห้ง ($x10^{6}$)

อักษรที่เหมือนกันตามหลังตัวเลขแต่ละช่องในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

3.2 จำนวนเชื้อรา ในขยะที่ฝังกลบ และดินหลุมฝังกลบ เปรียบเทียบกับดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี DMRT เพื่อเปรียบเทียบจำนวนเชื้อราระหว่างกลุ่มตัวอย่าง คือจำนวนเชื้อราในขยะที่ฝังกลบ ในดินหลุมฝังกลบ และในดินหลุมอ้างอิง พบว่าค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ตลอดระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี DMRT เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มตัวอย่างกับระยะเวลาการฝังกลบ พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ก่อนเริ่มทำการฝังกลบ (วันที่ 0) ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในขยะที่ฝังกลบ มีความแตกต่างกันกับค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 และภายหลังดำเนินการฝังกลบไปแล้ว 45 วัน ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และเมื่อการฝังกลบผ่านไป 52 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในขยะที่ฝังกลบ และในดินหลุมฝังกลบ (วันที่ 52) ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน จะมีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อราในดินหลุมอ้างอิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ซึ่งแสดงดังตารางที่ 9

<u>ตารางที่ 9</u> การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยจำนวนเชื้อราในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน

กลุ่มตัวอย่าง	วันทำการเก็บตัวอย่าง								
	0	**3**	**10**	**17**	**24**	**31**	**38**	**45**	**52**
ขยะที่ฝังกลบ	116.366[a]	7.850[a]	2.216[a]	0.100[a]	0.070[a]	0.080[a]	0.048[a]	0.023[a]	0[a]
ดินหลุมฝังกลบ	0.044[b]	0.033[a]	0.033[a]	0.050[a]	0.010[a]	0[a]	0[a]	0[a]	0[a]
ดินหลุมอ้างอิง	0.307[b]	0.061[a]	0.041[a]	0.049[a]	0.021[a]	0.018[a]	0.024[a]	0.017[a]	0.021[b]

<u>หมายเหตุ</u> จำนวนเชื้อรา หน่วย CFU/กรัมแห้ง ($x10^{3}$)

อักษรที่เหมือนกันตามหลังตัวเลขแต่ละช่องในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

3.3 จำนวนแอคติโนมัยซีส ในขยะที่ฝังกลบ และดินหลุมฝังกลบ เปรียบเทียบกับดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี DMRT เพื่อเปรียบเทียบจำนวนแอคติโนมัยซีสระหว่างกลุ่มตัวอย่าง คือ จำนวนแอคติโนมัยซีสในขยะที่ฝังกลบ ในดินหลุมฝังกลบ และในดินหลุมอ้างอิง พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนแอคติโนมัยซีสในแต่ละกลุ่มตัวอย่างข้างต้น ตลอดระยะเวลาการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 และเมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี DMRT เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของจำนวนแอคติโนมัยซีสในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง กับระยะเวลาการฝังกลบ พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนแอคติโน-มัยซีส ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ณ ช่วงวันต่างๆ ได้แก่ ก่อนเริ่มทำการฝังกลบ (วันที่ 0) ภายหลังดำเนินการฝังกลบแล้ว 3, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน ไม่มีความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อแอคติโนมัยซีส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ยกเว้น วันที่ 10 ของการฝังกลบขยะสด พบว่า ค่าเฉลี่ยของจำนวนเชื้อแอคติโนมัยซีสในขยะที่ฝังกลบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 กับค่าเฉลี่ยของจำนวนแอคติโน-มัยซีส ในดินหลุมฝังกลบ วันที่ 10 และค่าเฉลี่ยของจำนวนแอคติโนมัยซีสในดินหลุมอ้างอิง ซึ่งจำนวนแอคติโนมัยซีสโดยเฉลี่ยในดินทั้ง 2 จุดนี้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ซึ่งสามารถแสดงดังตารางที่ 10

<u>ตารางที่ 10</u> การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยจำนวนแอคติโนมัยซีสในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน

กลุ่มตัวอย่าง	วันทำการเก็บตัวอย่าง								
	0	**3**	**10**	**17**	**24**	**31**	**38**	**45**	**52**
ขยะที่ฝังกลบ	10.905[a]	2.190[a]	10.175[a]	0	3.238[a]	0[a]	0[a]	0[a]	0[a]
ดินหลุมฝังกลบ	0.176[a]	0.082[a]	0.168[b]	0	0[a]	0.084[a]	0[a]	0[a]	0[a]
ดินหลุมอ้างอิง	0.179[a]	0.121[a]	0.081[b]	0	0.123[a]	0[a]	0.123[a]	0.041[a]	0.041[a]

<u>หมายเหตุ</u> จำนวนแอคติโนมัยซีส หน่วย CFU/กรัมแห้ง ($x10^{2}$)

อักษรที่เหมือนกันตามหลังตัวเลขแต่ละช่องในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

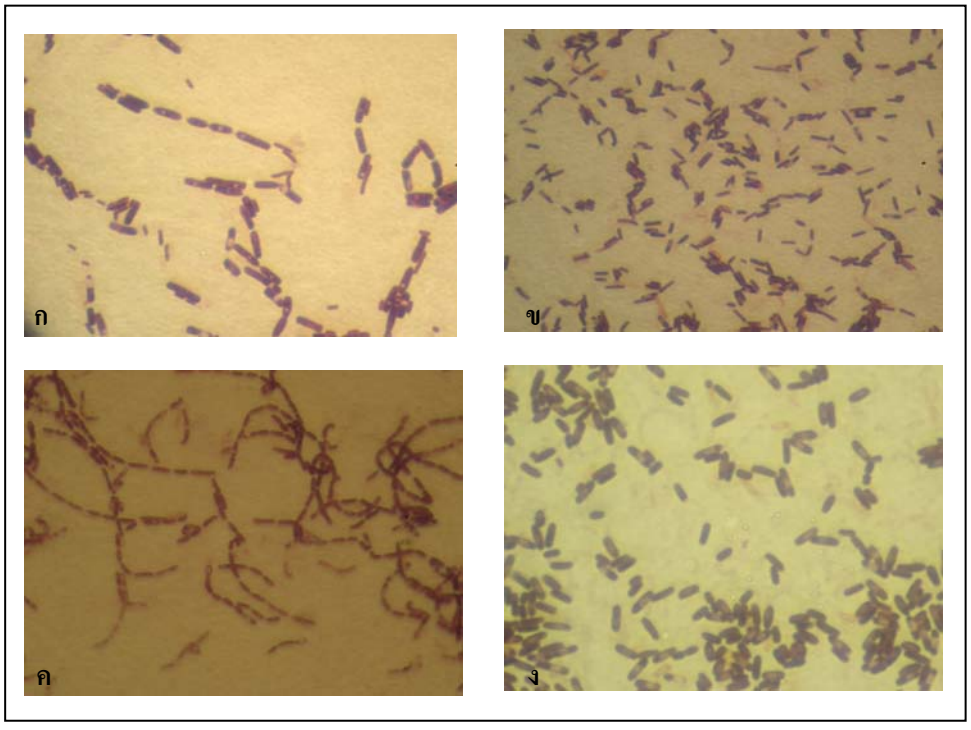
4. <u>การเปลี่ยนแปลงชนิดจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณอ้างอิง</u>

4.1 ชนิดแบคทีเรีย ในขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

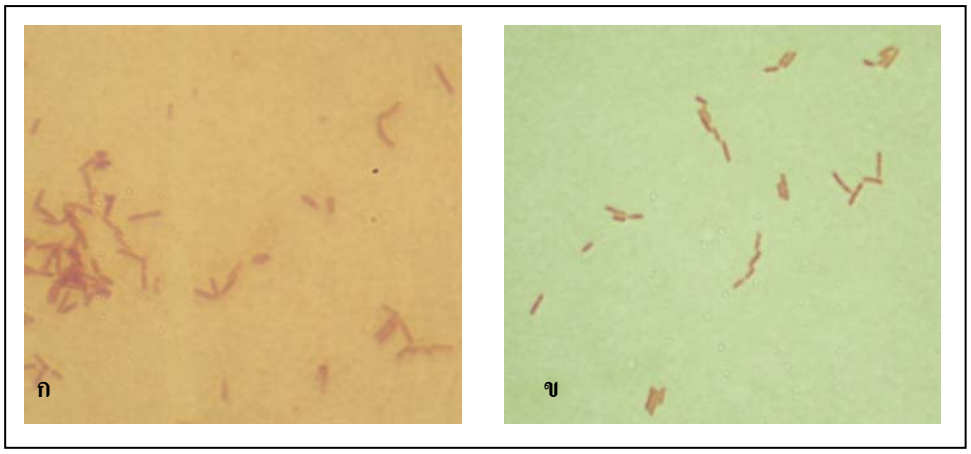
จากการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน ระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ก่อนดำเนินการฝังกลบขยะสด และหลังดำเนินการฝังกลบขยะสด วันที่ 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 ตามลำดับ สามารถคัดแยกเชื้อแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป จากการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PCA ในสภาวะมีออกซิเจน บ่มที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 – 48 ชั่วโมง โดยอาศัยลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกันที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหาร ซึ่งจากตัวอย่างขยะสดที่ฝังกลบตลอดการทดลอง สามารถแยกได้ 68 ไอโซเลต จากดินบริเวณหลุมฝังกลบแยกได้ 38 ไอโซเลต และจากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิงแยกได้ 64 ไอโซเลต นำตัวอย่างที่คัดแยกได้ข้างต้นมาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อ โดยการย้อมสีแกรม และศึกษาลักษณะเซลล์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า สามารถแบ่งแบคทีเรียได้ 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ แบคทีเรียแกรมบวก (ติดสีม่วง) รูปท่อน สร้างเอนโดสปอร์ และ แบคทีเรียแกรมลบ (ติดสีแดง) รูปท่อนสั้น

เมื่อทำการศึกษาคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อ พบว่า แบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อนที่สร้างเอนโดสปอร์ ให้ผลการทดสอบ catalase เป็นบวก และสามารถเคลื่อนที่ได้ มีลักษณะคุณสมบัติทางชีวเคมีตามที่ทดสอบดังตารางที่ 11 ซึ่งลักษณะของเชื้อดังกล่าวมีลักษณะใกล้เคียงกับแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* sp. ส่วนแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนสั้น ที่ให้ผลการทดสอบ catalase และ oxidase เป็นบวก สามารถเคลื่อนที่ได้ ผลทดสอบ TSI ให้ผลเป็น N/N หรือ K/N ซึ่งแสดงว่าเชื้อไม่มีการย่อยน้ำตาลกลูโคส ซูโคลส และ แลกโทส ได้ และไม่มีการผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาวะไม่มีออกซิเจน ให้ผลการทดสอบอินโดลที่เป็นลบ ดังนั้นจากผลการทดสอบทั้ง TSI และอินโดล เชื้อที่คัดแยกได้คาดว่าไม่ใช่แบคทีเรียในตระกูลเอนเทอโรแบคทีริเอซี รวมทั้งเมื่อทดสอบความต้องการออกซิเจนในการเจริญ พบว่า เชื้อมีความสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนซึ่งเป็นแบคทีเรียกลุ่ม aerobe จากลักษณะ และคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อดังกล่าวตามที่ทำการทดสอบดังตารางที่ 11 แบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนสั้น ดังกล่าว มีลักษณะใกล้เคียงกับแบคทีเรียในจีนัส *Pseudomonas* sp. และ แบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนสั้น ซึ่งมีลักษณะโคโลนีที่ปรากฏบนผิวหน้าอาหาร nutrient agar เป็นสีเหลือง ให้ผลการทดสอบ catalase เป็นบวก และ oxidase เป็นลบ

สามารถเคลื่อนที่ได้ ผลทดสอบ TSI ให้ผลการทดสอบเป็นทั้ง N/N, K/N หรือ K/K ซึ่งผลการทดสอบแสดงว่าเชื้อไม่สามารถใช้น้ำตาลน้ำตาลกลูโคส ซูโคลส และ แลกโทส ได้ และไม่มีการผลิตไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาวะไม่มีออกซิเจน ให้ผลการทดสอบอินโดลที่เป็นลบ จากผลการทดสอบทั้ง TSI และ อินโดล แสดงว่า เชื้อที่คัดแยกได้ไม่ใช่แบคทีเรียในตระกูลเอนเทอโรแบคทีริ-เอซี เช่นกัน รวมทั้งเมื่อทดสอบความต้องการออกซิเจนในการเจริญของเชื้อ พบว่า เชื้อมีความสามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจน ซึ่งจัดเป็นแบคทีเรียกลุ่ม aerobe จากลักษณะและคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อตามที่ทำการทดสอบดังตารางที่ 11 แบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนสั้นดังกล่าว มีลักษณะใกล้เคียงกับแบคทีเรียในจีนัส *Xanthomonas* sp. ซึ่งผลการตรวจสอบลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรีย และคุณสมบัติทางชีวเคมีของแบคทีเรียที่แสดงเป็นตัวอย่าง 8 ไอโซเลต สามารถแสดงได้ตารางที่ 11 ภาพที่ 11 และภาพที่ 12 และผลการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของแบคทีเรียทุกไอโซเลตแสดงดังตารางผนวก ค1



ภาพที่ 11 ลักษณะสัณฐานวิทยาของแบคทีเรียแกรมบวกรูปท่อนมีเอนโดสปอร์ ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* sp. (ก คือ 4SB0, ข คือ $1R_2$38, ค คือ 4G38, ง คือ $2R_1$0)



ภาพที่ 12 ลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อแบคทีเรียแกรมลบรูปท่อนซึ่งซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับแบคทีเรียในจีนัส *Pseudomonas* sp. (ก คือ 1SB0, ข คือ $5R_2 3$)

<u>ตารางที่ 11</u> ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะที่ฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิง

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ							
	4SB0	4G17	1SB0	$2R_1 0$	1SBo	$5R_2 3$	2G3	3SB24
การติดสีแกรม	+	+	+	+	-	-	-	-
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างเอนโดสปอร์	+	+	+	+	-	-	-	-
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+
Oxidase test	+	+	-	+	+	+	-	-
Motility	+	+	+	+	+	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	-	+	-	-	+
Nitrate reduction	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	ND	ND	aerobe	aerobe	aerobe	aerobe
TSI	N/N	K/N	N/N	N/N	K/N	N/N	K/K	K/K
การสร้าง H_2S	-	-	-	-	-	-	-	-
จีนัสที่น่าจะเป็น	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.

<u>หมายเหตุ</u> ND = not determined

K = สีอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม

N = ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ

N/N, K/N, K/K = แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย

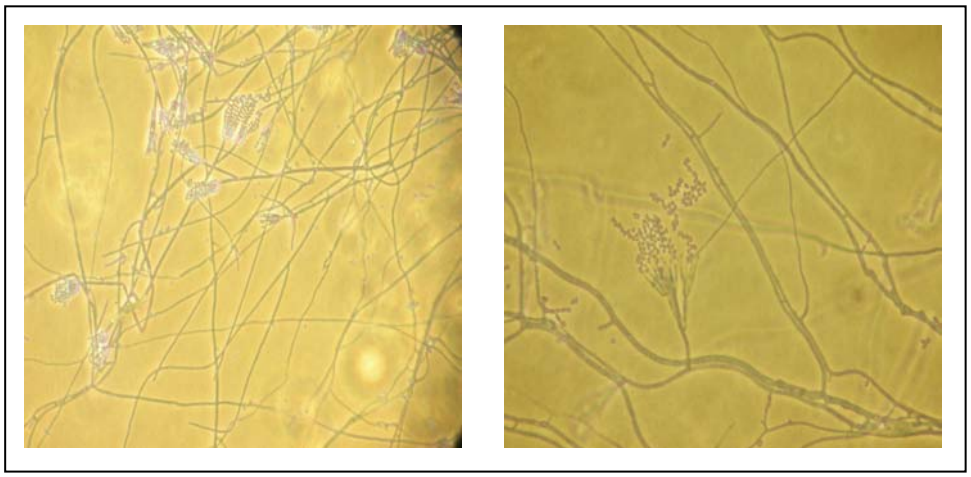
H_2S = ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เกิดเป็นตะกอนสีดำของเฟอร์รัสซัลไฟด์ที่ก้นหลอด

จากการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน พบว่า ก่อนทำการฝังกลบขยะสดในขยะสดแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ที่คัดแยกได้โดยการแยกเชื้อจากตัวอย่างด้วยการเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร PCA ในสภาวะมีออกซิเจน ที่อุณหภูมิห้อง นาน 24 – 48 ชั่วโมง และทำการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ และคุณสมบัติทางชีวเคมี ตามตารางที่ 11 แบคทีเรียที่พบมีลักษณะใกล้เคียงกับจีนัส *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp. และ *Xanthomonas* sp. ซึ่งเชื้อ *Xanthomonas* sp. นี้ พบว่าเป็นเชื้อที่ก่อโรคในพืช ส่วนในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด ซึ่งคัดแยกแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ด้วยวิธีเดียวกันกับขยะสด พบแบคทีเรียในจีนัสเดียวกันกับในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ซึ่งแบคทีเรียที่คัดแยกได้มีลักษณะใกล้เคียงกับจีนัส *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. และในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง สามารถพบแบคทีเรียที่คาดว่าจัดอยู่ในจีนัส *Xanthomonas* sp. ได้บ้างเล็กน้อย แบคทีเรียที่คัดแยกได้เหล่านี้จัดเป็นแบคทีเรียกลุ่ม aerobic bacteria ซึ่งต้องการออกซิเจนในการเจริญ โดยใช้ออกซิเจน เป็นตัวรับอิเล็คตรอนในกระบวนการหายใจ รวมทั้งในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อยและไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียที่คัดแยกได้บางสปีชีย์ ยังสามารถใช้สารอนินทรีย์อื่น เช่น ไนเตรต เป็นตัวรับอิเลคตรอนได้ ดังนั้นแบคทีเรียซึ้งมีลักษณะคล้ายกับ จีนัส *Pseudomonas* sp. และ *Bacillus* sp. บางสปีชีย์ จึงให้ผลบวกในการทดสอบการรีดิวส์ไนเตรตได้ ภายหลังดำเนินการฝังกลบขยะสดไป 3 วัน แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะที่ฝังกลบ มีลักษณะคล้ายกับแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. และ *Bacillus* sp. เป็นหลัก ส่วนในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ พบแบคทีเรียที่มีลักษณะคล้ายกับจีนัส *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. ในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง พบแบคทีเรียที่มีลักษณะคล้ายกับจีนัส *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. เช่นเดียวกันเริ่มต้น ภายหลังดำเนินการฝังกลบขยะสดไป 10 วัน แบคทีเรียที่คัดแยกได้โดยวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้นจากขยะที่ฝังกลบ มีลักษณะคล้ายกับแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp. และ *Xanthomonas* sp. ส่วนในดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง พบว่าเป็นแบคทีเรียกลุ่มเดิมกับวันที่ 3 ของการฝังกลบขยะสด หลังดำเนินการฝังกลบไป 17 วัน พบว่า แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะที่ฝังกลบมีลักษณะคล้ายกับแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* sp. มากกว่า *Pseudomonas* sp. และยังสามารถพบแบคทีเรียที่คาดว่าอยู่ในจีนัส *Xanthomonas* sp. ได้เล็กน้อย ในวันที่ 24, 31, 38 และ 52 ของการฝังกลบ โดยตลอดการฝังกลบขยะสด 52 วัน แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะที่ฝังกลบทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่าง คือ แบคทีเรียที่คาดว่าเป็นจีนัส *Bacillus* sp. ส่วนจีนัส *Pseudomonas* sp. ไม่พบในตัวอย่างขยะที่ผ่านการฝังกลบไป 24 วัน และ 45 วัน แต่จะสามารถพบได้อีกในการเก็บตัวอย่างขยะที่ผ่านการฝังกลบในวันที่ 31, 38 และ 52 ส่วนแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากตัวอย่างดินหลุมฝังกลบเป็นแบคทีเรียที่มีลักษณะคล้ายกับจีนัส *Bacillus* sp. ซึ่งสามารถพบได้ทุกครั้ง ส่วนจีนัส *Pseudomonas* sp. ในดินหลุมฝังกลบพบได้เช่นกัน แต่ในระยะเวลาฝังกลบผ่านไป 17 วัน และ 38 วัน ไม่พบเชื้อในกลุ่มนี้

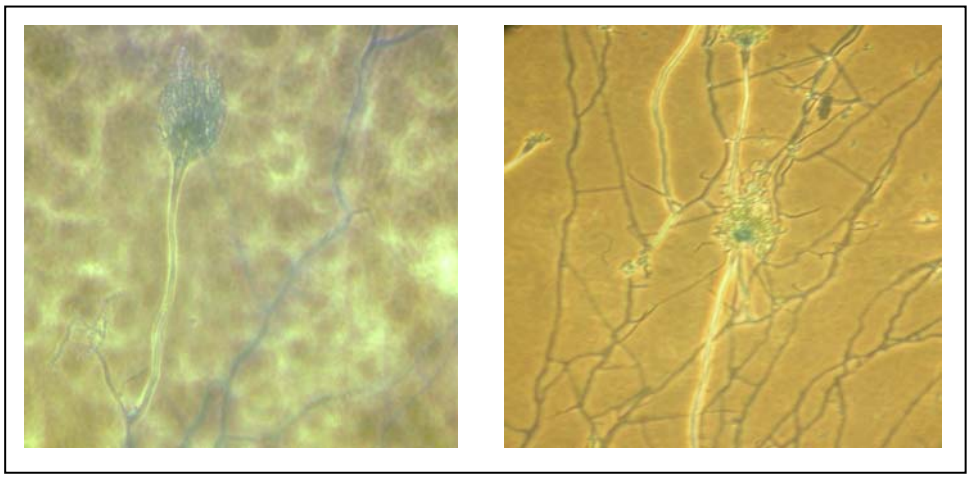
สำหรับดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง แบคทีเรียที่สามารถคัดแยกได้ด้วยวิธีที่กล่าวไว้ข้างต้น คาดว่าเป็นแบคทีเรียในจีนัส *Bacillus* sp. และ จีนัส *Pseudomonas* sp. ซึ่งสามารถพบได้ทุกครั้งที่ทำการเก็บตัวอย่างตลอดการทดลอง แบคทีเรียกลุ่มเด่นในดินป่าชายเลนที่คัดแยกได้ตามวิธีที่ศึกษา จึงเป็นแบคทีเรียจีนัส *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. ส่วนในขยะที่ฝังกลบ เมื่อผ่านการฝังกลบแล้ว พบว่า กลุ่มแบคทีเรียที่พบเป็นกลุ่มเดียวกันกับที่พบในดินป่าชายเลนทั้งบริเวณดินหลุมฝังกลบ และ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

4.2 ชนิดเชื้อรา ในขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

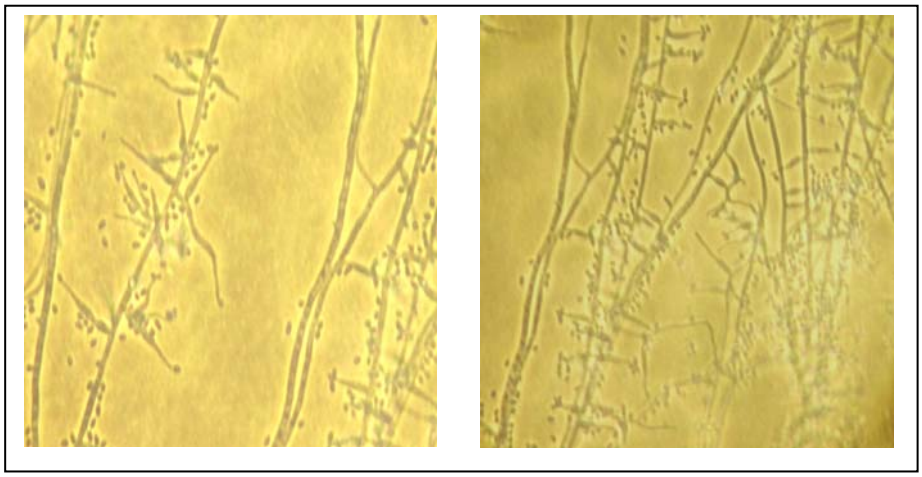
จากการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน ระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ก่อนดำเนินการฝังกลบขยะสด และหลังดำเนินการฝังกลบขยะสด วันที่ 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 ตามลำดับ สามารถคัดแยกเชื้อราโดยอาศัยลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน จากตัวอย่างขยะที่ฝังกลบตลอดการทดลองฝังกลบได้ 18 ไอโซเลต จากดินหลุมฝังกลบ 11 ไอโซเลต และจากดินหลุมอ้างอิง 26 ไอโซเลต นำตัวอย่างที่คัดแยกได้ข้างต้นมาทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อราต่อ โดยวิธี slide culture แล้วทำ wet mount ด้วย lactophenal cotton blue จากนั้นนำสไลด์ตัวอย่าง มาศึกษาลักษณะของเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อรา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าเชื้อราที่พบมีลักษณะโครงสร้างคล้ายคลึงกับเชื้อรา 4 กลุ่มสายพันธุ์ ได้แก่ *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp., *Acremonium* sp. และ *Geotrichum* sp. สามารถแสดงได้ดัง ภาพที่ 13, 14, 15 และ 16 ตามลำดับ ซึ่งตลอดการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน พบว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงของชนิดเชื้อราทั้งในขยะที่ทำการฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง โดยเฉพาะมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในขยะที่ฝังกลบ และดินหลุมฝังกลบ ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 12



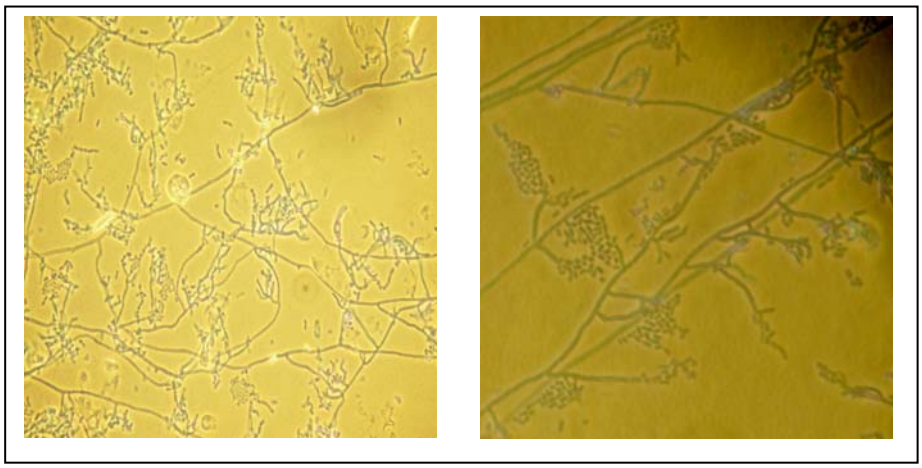
ภาพที่ 13 ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Penicillium* sp.



ภาพที่ 14 ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Aspergillus* sp.



ภาพที่ 15 ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Acremonium* sp.



ภาพที่ 16 ลักษณะเส้นใย และการสร้างสปอร์ของเชื้อราที่มีโครงสร้างคล้าย *Geotrichum* sp.

<u>ตารางที่ 12</u> การเปลี่ยนแปลงกลุ่มเชื้อราสายพันธุ์เด่น ในขยะที่ฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง ตลอดการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน 52 วัน

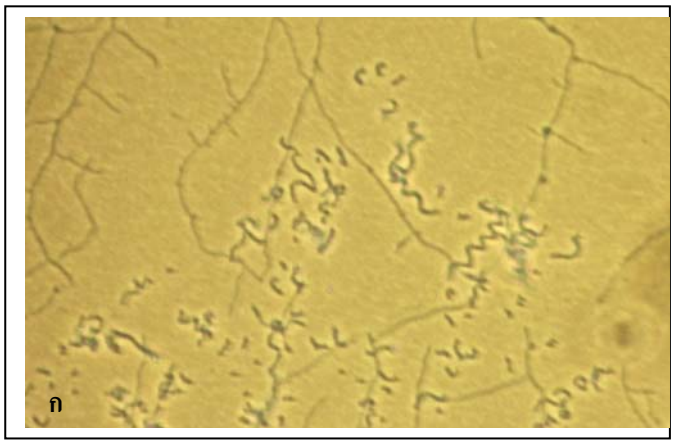
ระยะเวลาการฝังกลบ (วัน)	สายพันธุ์เชื้อราที่พบ		
	ขยะที่ฝังกลบ	ดินหลุมฝังกลบ	ดินหลุมอ้างอิง
0	*Penicillium* sp. *Geotrichum* sp.	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp.	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. *Acremonium* sp.
3	*Acremonium* sp.	*Geotrichum* sp	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. *Geotrichum* sp
10	*Acremonium* sp.	*Penicillium* sp. *Geotrichum* sp	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp.
17	*Acremonium* sp. *Geotrichum* sp	*Penicillium* sp. *Geotrichum* sp	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. *Acremonium* sp.
24	*Penicillium* sp.	*Acremonium* sp.	*Acremonium* sp.
31	*Penicillium* sp.	-	*Acremonium* sp.
38	*Penicillium* sp.	-	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp. *Acremonium* sp.
45	*Aspergillus* sp.	-	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp.
52	-	-	*Penicillium* sp. *Aspergillus* sp.

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่า เชื้อราที่คัดแยกได้ตามระยะเวลาที่ดำเนินการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน มีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มชนิดเชื้อราที่ไม่แน่นอน โดยในขยะสดก่อนทำการฝังกลบ พบเชื้อราที่มีลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย และการสร้างสปอร์คล้ายคลึงกับเชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium* sp. และ *Geotrichum* sp. ส่วนดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง พบเชื้อราที่มีลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย และการสร้างสปอร์คล้ายคลึงกับเชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. ในดินทั้ง 2 แหล่ง และยังพบเชื้อราที่มีลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย และการสร้างสปอร์ คล้ายคลึงกับเชื้อราสายพันธุ์ *Acremonium* sp. ในดินหลุมอ้างอิง ภายหลังดำเนินการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนไป 3- 10 วัน พบว่า ชนิดของเชื้อรามีการเปลี่ยนแปลงไปจากกลุ่มเดิมเมื่อเริ่มต้น โดยพบเพียง 1 สายพันธุ์ ซึ่งคาดว่าเป็นเชื้อรา *Acremonium* sp. ภายหลังการฝังกลบขยะผ่านไป 17 วัน ยังสามารถพบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Acremonium* sp. ได้ และพบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Geotrichum* sp. เพิ่มขึ้นมา ภายหลังฝังกลบขยะสดไป 24, 31 และ 38 วัน พบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Penicillium* sp. ในขยะที่ผ่านการฝังกลบในช่วงนี้ และภายหลังฝังกลบขยะสด 45 วัน ชนิดของเชื้อราที่คัดแยกได้พบเพียงชนิดเดียว ซึ่งคาดว่าเป็น *Aspergillus* sp. และไม่พบเชื้อราชนิดใดเลย ภายหลังสิ้นสุดการฝังกลบ 52 วัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงชนิดของเชื้อราในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ ระยะต่างๆ ของการฝังกลบ พบว่า ในวันที่ 3 ของการฝังกลบ พบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Geotrichum* sp. เพียงชนิดเดียว ในขณะที่ภายหลังฝังกลบขยะไป 10 และ 17 วัน พบชนิดของเชื้อราเพิ่มขึ้นซึ่งคาดว่าเป็น *Penicillium* sp. และยังสามารถพบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็น *Geotrichum* sp. ร่วมด้วย ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า เชื้อราที่คล้ายคลึงกับ *Geotrichum* sp. ที่พบในดินหลุมฝังกลบอาจมาจากขยะ หรือน้ำชะขยะที่ผุดขึ้นมาได้ และภายหลังฝังกลบขยะไป 24 วัน มีการเปลี่ยนแปลงชนิดของเชื้อราในดินหลุมฝังกลบจากกลุ่มเดิม เป็นเชื้อราที่คล้ายคลึงกับ *Acremonium* sp. และภายหลังดำเนินการฝังกลบขยะสดไป 31 วัน จนครบ 52 วัน ไม่พบเชื้อราชนิดใดในดินหลุมฝังกลบ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าสภาวะแวดล้อมบริเวณดินหลุมฝังกลบ เช่นสภาพที่มีน้ำท่วมขังหลุมขยะ จึงทำให้ดินมีสภาพไร้ออกซิเจน หรือการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ และก๊าซที่ผุดขึ้นมาซึ่งคาดว่าเป็นก๊าซมีเทน ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญของเชื้อราได้ดังที่กล่าวมาแล้วในข้อ 2.2 สำหรับชนิดของเชื้อราที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง พบว่าเป็นเชื้อราที่มีลักษณะโครงสร้างของเส้นใย และสปอร์คล้ายคลึงกับเชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. และสายพันธุ์ *Acremonium* sp. ซึ่งพบว่าเป็นเชื้อกลุ่มเด่น และที่พบได้น้อย คือ เชื้อราที่คล้ายคลึงกับสายพันธุ์ *Geotrichum* sp. พบในวันที่ 3 ของระยะเวลาการฝังกลบขยะสด ส่วนวันที่ 24 และ 31 พบเฉพาะเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Acremonium* sp. เพียงชนิดเดียว จากนั้นชนิดของเชื้อราเพิ่มขึ้น

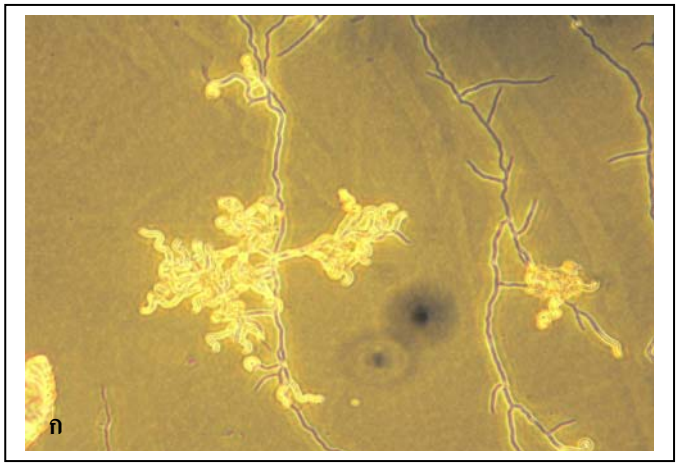
โดยสามารถพบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็น 3 สายพันธุ์ ข้างต้น จนสิ้นสุดการทดลองฝังกลบขยะสด พบว่าในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง สามารถพบเชื้อราซึ่งคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. ได้เช่นเดิม แสดงให้เห็นว่า ภายหลังสิ้นสุดการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน ชนิดของเชื้อราในดินป่าชายเลนไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม มีเพียงความหลากหลายของชนิดของเชื้อราที่เพิ่มขึ้น และลดลงในช่วงระยะการฝังกลบต่างๆ กัน

4.3 ชนิดเชื้อแอคติโนมัยซี ในขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

จากการศึกษาทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน ระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ทำการเก็บตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ก่อนดำเนินการฝังกลบขยะสด และหลังดำเนินการฝังกลบขยะสด วันที่ 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 ตามลำดับ สามารถคัดแยกเชื้อแอคติโนมัยซีส โดยอาศัยลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกันจากตัวอย่างขยะที่ฝังกลบตลอดการทดลองฝังกลบได้ 8 ไอโซเลต จากดินบริเวณหลุมฝังกลบ 4 ไอโซเลต และจากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง 12 ไอโซเลต นำตัวอย่างที่แยกได้ข้างต้นมาศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อ โดยเลี้ยงบนอาหาร glucose yeast extract agar และ oatmeal agar เพื่อดูสีของแอเรียลไมซีเลียม, สปอร์ และสีของซับสเตรตไมซีเลียม รวมถึงการสร้างรงควัตถุของเชื้อ สามารถได้ทั้งหมด 18 ไอโซเลต จากนั้นนำตัวอย่างเชื้อมาศึกษาสัณฐานวิทยาของสายสปอร์โดยวิธี slide culture แล้วทำ wet mount ด้วย lactophenal cotton blue นำสไลด์ตัวอย่างมาศึกษาลักษณะเส้นใย สายสปอร์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มเชื้อได้ดังภาพที่ 17 และ 18

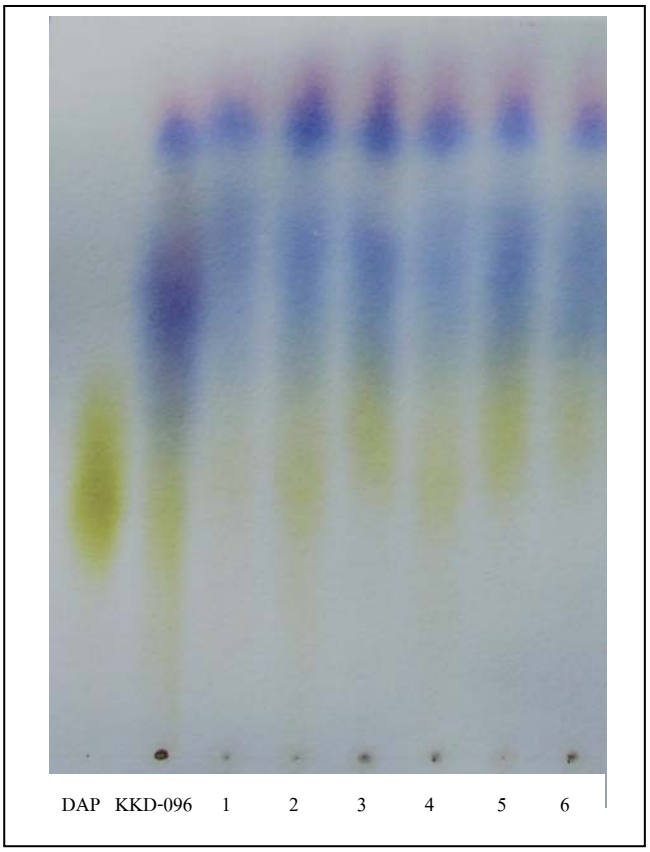


ภาพที่ 17 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสายสปอร์ และการโค้งงอของสายสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเส้นใยเล็กบาง ปลายสายสปอร์เป็นเกลียว หรือปลายโค้งงอ (ก คือ 1G1-0)



ภาพที่ 18 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสายสปอร์ และการโค้งงอของสายสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ลักษณะเส้นใยขนาดใหญ่ ปลายสายสปอร์เป็นเกลียวแบบปลายเปิด (ก คือ 1G3-0)

หลังจากศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสายสปอร์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์แล้ว พบว่า เชื้อแอคติโนมัยซีสทุกตัวที่แยกได้ ทั้งจากในขยะที่ทำการฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง คาดว่าน่าจะเป็นเชื้อแอคติโนมัยซีสในกลุ่ม *Streptomyces* sp. จึงทำการศึกษาเพื่อยืนยันว่า แอคติโนมัยซีสที่คัดแยกได้จากตัวอย่างเป็นเชื้อกลุ่ม *Streptomyces* sp. โดยการศึกษาชนิดของ diaminopimelic acid ในผนังเซลล์ของเชื้อแอคติโนมัยซีส วิธีการโดยนำเซลล์ที่ผ่านการย่อยแล้วมาทำ paper chromatography เพื่อเปรียบเทียบแถบของกรดอมิโนที่ปรากฏของเชื้อที่คัดแยกได้ กับแถบสารมาตรฐาน แสดงได้ดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 แถบกรดอมิโนของเชื้อแอคติโนมัยซีส เมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน DAP (LL-DAP, meso-DAP) และ KKD-096 (meso-DAP) โดย 1-6 คือเชื้อตัวอย่าง 1G1-24, 1G2-10, 1G1-10, 1G1-0, $1R_2$-38 และ $1R_2$-24 ตามลำดับ

ซึ่งจากการศึกษาข้างต้นโดยศึกษาโครงสร้างสายสปอร์ ร่วมกับศึกษาจากแถบกรดอมิโนของตัวอย่างเชื้อ พบว่า แถบสีเหลืองที่ปรากฏอยู่ในแนวเดียวกันกับแถบมาตรฐาน LL-DAP แสดงให้เห็นว่า ทั้งในตัวอย่างขยะที่ทำการฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง สามารถพบเชื้อแอคติโนมัยซีสในกลุ่ม *Streptomyces* sp. ได้ แม้ภายหลังการฝังกลบขยะสดไป 38 วัน จนสิ้นสุดการทดลองจะไม่พบเชื้อแอคติโนมัยซีสในตัวอย่างขยะที่ทำการฝังกลบ ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ ซึ่งคาดว่าในระยะยาวจะสามารถพบเชื้อแอคติโนมัยซีสในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบได้ เมื่อเทียบกับจำนวนที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ซึ่งพบได้น้อยในระยะหลัง

การทดลองที่ 2

1. ผลการศึกษาปัจจัยทางกายภาพ ภายในหลุมฝังกลบขยะสด และหลุมอ้างอิง บริเวณป่าชายเลนธรรมชาติที่ทำการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน

1.1 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะสดขณะทำการฝังกลบ เป็นดัชนีหนึ่งซึ่งบ่งบอกได้ว่า มีการกิจกรรมการย่อยสลายเกิดขึ้น ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบจะส่งผลต่อกิจกรรมการย่อยสลายของขยะสดได้ ซึ่งอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และการอยู่รอดของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม แต่ละชนิดแตกต่างกัน ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะสด เปรียบเทียบกับดินหลุมอ้างอิง โดยติดตั้งอุปกรณ์ microlog ในชั้นดินหลุมฝังกลบ ในชั้นขยะที่ฝังกลบ และติดตั้งในชั้นดินหลุมอ้างอิง ตลอดระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ผลการศึกษา พบว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในขยะที่ฝังกลบมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิสูงขึ้น 2 ช่วง คือ ภายหลังฝังกลบแล้ว 11 วัน และ 28 วัน จากนั้นภายหลังฝังกลบขยะไป 45 วัน อุณหภูมิขยะมีแนวโน้มลดลง ซึ่งพบว่าอุณหภูมิของขยะเมื่อทำการฝังกลบในครั้งนี้ มีอุณหภูมิสูงภายหลังฝังกลบขยะแล้ว 28 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง โดยอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 73.5 – 90.0 °C ทั้งนี้ยังพบว่า อุณหภูมิภายในขยะที่ฝังกลบยังมีอุณหภูมิสูงอยู่ นั่นแสดงว่ากิจกรรมการย่อยสลายขยะสดในหลุมฝังกลบยังไม่สิ้นสุด ส่วนอุณหภูมิดินหลุมฝังกลบขยะมีค่าใกล้เคียงกับดินหลุมอ้างอิงในช่วง 25 วันแรกของการฝังกลบ โดยมีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิดินทั้ง 2 บริเวณ อยู่ระหว่าง 26.98 - 27.97 °C และภายหลังฝังกลบไป 26 วัน ดินหลุมฝังกลบมีอุณหภูมิสูงขึ้นกว่าดินหลุมอ้างอิง และลดลงภายหลังการฝังกลบ 49 วัน โดยอุณหภูมิของดินหลุมระหว่างวันที่ 26 จนสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 31.21 - 38.65 °C การที่ดินหลุมฝังกลบมีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดจากกิจกรรมการย่อยสลายขยะสดโดยจุลินทรีย์กลุ่มแอนแอโรป ที่ให้พลังงานความร้อนออกมา แต่ที่ไม่สูงมากเนื่องจากดินหลุมฝังกลบได้รับอิทธิพลของน้ำขึ้น น้ำลง โดยตรง ซึ่งน้ำทะเลที่ท่วมหลุมฝังกลบจะช่วยลดอุณหภูมิความร้อนในชั้นดินด้านบนของหลุมฝังกลบให้ลดลงได้ ส่วนอุณหภูมิดินหลุมอ้างอิง มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 26.67 - 30.74 °C ซึ่งข้อมูลการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขยะที่ฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง แสดงดังตารางที่ 13 และภาพที่ 20

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติ โดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่า ค่าเฉลี่ยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิตลอดการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน ในขยะที่ฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบเปรียบเทียบกับดินหลุมอ้างอิง พบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 แสดงดังตารางที่ 13

<u>ตารางที่ 13</u> การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในหลุมฝังกลบขยะสด และอุณหภูมิดินหลุมอ้างอิง ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนในการทดลองฝังกลบขยะสด ตลอดการทดลอง 52 วัน

วันที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			วันที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ชั้นขยะ	ดินหลุมฝังกลบ	ดินหลุมอ้างอิง		ชั้นขยะ	ดินหลุมฝังกลบ	ดินหลุมอ้างอิง
0	24.95	26.04	28.33	26	65.73	31.21	27.47
1	25.11	26.97	27.97	27	73.52	35.44	29.00
2	24.90	25.43	28.60	28	77.56	35.99	28.67
3	24.94	26.41	28.17	29	78.49	36.77	29.00
4	24.91	25.44	27.17	30	79.38	37.65	30.00
5	24.97	25.76	26.83	31	79.90	38.09	30.00
6	25.28	25.44	26.67	32	83.34	37.67	29.50
7	25.67	25.97	26.67	33	84.62	38.00	30.07
8	25.82	25.76	27.17	34	85.14	35.96	29.33
9	26.29	25.46	28.17	35	86.67	36.44	29.60
10	26.42	25.55	28.33	36	87.45	36.53	30.00
11	26.41	26.76	28.33	37	88.30	36.35	30.22
12	34.27	27.04	28.67	38	88.43	37.67	30.00
13	44.18	27.91	28.33	39	89.31	38.45	30.17
14	50.91	26.93	28.01	40	89.99	37.98	28.67
15	55.19	25.66	27.83	41	89.48	38.65	28.67
16	56.10	27.79	28.17	42	88.03	38.53	29.60
17	55.53	27.04	28.33	43	85.59	36.73	30.46
18	56.26	28.00	28.33	44	83.53	35.97	30.56
19	57.30	28.13	28.34	45	81.25	34.57	30.72
20	57.67	27.67	28.33	46	78.57	33.45	30.20
21	57.33	28.04	27.33	47	77.68	34.04	30.69
22	57.10	28.43	26.83	48	76.19	33.45	30.08
23	57.23	28.97	27.96	49	76.17	31.89	30.33
24	57.29	28.96	28.84	50	75.45	31.44	30.74
25	59.27	29.87	29.38	51	75.64	31.32	30.57
				52	75.56	31.27	30.51

1.2 การเปลี่ยนแปลงค่า pH

จากการทดลองทำการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน ระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ทำการเก็บตัวอย่างขยะสด 9 ครั้ง คือ ก่อนทำการฝังกลบขยะสด และภายหลังทำการฝังกลบแล้ว 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน พบว่า ขยะสดก่อนทำการฝังกลบมีค่า pH เริ่มต้น เท่ากับ 7.00 ส่วนดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ มีค่า pH เริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 7.15 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่า pH ของดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ซึ่งมีค่าเริ่มต้นเฉลี่ย เท่ากับ 7.2 ภายหลังฝังกลบขยะสด 3 - 17 วัน ค่า pH ของขยะที่ฝังกลบ มีสภาพเป็นกรด โดยพบว่ามีค่าเท่ากับ 5.67, 6.17 และ 6.67 ตามลำดับ จากนั้นค่า pH ของขยะสดเมื่อฝังกลบ จนครบ 52 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 7.50 - 7.67 ส่วนค่า pH ของดินหลุมฝังกลบ ตลอด 52 วัน มีค่า pH อยู่ระหว่าง 7.00 - 7.45 ซึ่งใกล้เคียงกับดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง ที่มีค่า pH เฉลี่ยระหว่าง 7.03 - 7.45 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่า pH แสดงดังตารางที่ 14 และภาพที่ 21 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี DMRT พบว่า ตลอดการทดลองฝังกลบขยะสด 52 วัน ค่าเฉลี่ยของ pH ในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง ตามวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง พบว่า ค่าเฉลี่ยของ pH ในขยะที่ฝังกลบ 52 วัน มีความแตกต่างกับค่าเฉลี่ยของ pH ในดินหลุมฝังกลบ และในดินหลุมอ้างอิง ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ใน วันที่ 0, 3, 10, 17 และ 31 ของการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษา ซึ่งการเปลี่ยนแปลง ค่า pH ที่เกิดขึ้นแสดงได้ตามตารางที่ 14

<u>ตารางที่ 14</u> การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยของ pH ในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ในตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และในตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน

กลุ่มตัวอย่าง	วันทำการเก็บตัวอย่าง								
	0	**3**	**10**	**17**	**24**	**31**	**38**	**45**	**52**
ขยะที่ฝังกลบ	7.00[a]	5.67[a]	6.17[a]	6.67[a]	7.67[a]	7.50[a]	7.67[a]	7.50[a]	7.67[a]
ดินหลุมฝังกลบ	7.15[b]	7.05[b]	7.25[b]	7.30[b]	7.30[a]	7.45[a]	7.10[b]	7.00[b]	7.10[b]
ดินหลุมอ้างอิง	7.20[b]	7.25[b]	7.40[b]	7.35[b]	7.33[a]	7.20[b]	7.20[b]	7.03[b]	7.08[b]

<u>หมายเหตุ</u> อักษรที่เหมือนกันตามหลังตัวเลขแต่ละช่องในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

1.3 การเปลี่ยนแปลงความเค็ม

จากการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน ระยะเวลาการฝังกลบ 52 วัน ทำการเก็บตัวอย่าง 9 ครั้ง คือ ก่อนทำการฝังกลบขยะสด และภายหลังทำการฝังกลบแล้ว 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน วิเคราะห์ค่าความเค็มด้วยเครื่อง EC meter พบว่า ค่าความเค็มของดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด และดินบริเวณหลุมอ้างอิง พบว่า ก่อนการฝังกลบขยะสด ดินหลุมฝังกลบ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 143.50 dS/m ส่วนดินบริเวณหลุมอ้างอิงมีค่าความเค็มเฉลี่ย 133.75 dS/m ภายหลังทำการฝังกลบขยะสดแล้วทำการเก็บตัวอย่างวันที่ 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 มาวิเคราะห์หาความเค็ม ซึ่งความเค็มของดินแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงการทดลองและระหว่างทำการฝังกลบ พบว่า ความเค็มของดินหลุมฝังกลบ และขยะที่ผ่านการฝังกลบตลอดการทดลอง มีค่าความเค็มใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยความเค็มเพิ่มขึ้นสูงสุดในวันที่ 17 หลังจากทำการฝังกลบ ซึ่งขยะที่ฝังกลบมีค่าความเค็มเฉลี่ยระหว่าง 110.75 - 168.00 dS/m ส่วนดินหลุมฝังกลบมีค่าความเค็มเฉลี่ยระหว่าง 111.75 - 167.50 dS/m สำหรับดินบริเวณหลุมอ้างอิง ตลอดการทดลอง 52 วัน มีการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 125.00 - 174.13 dS/m ซึ่งแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเค็มสามารถแสดงดังตารางที่ 15 และภาพที่ 22 จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี DMRT พบว่า ตลอดการทดลองฝังกลบขยะสด

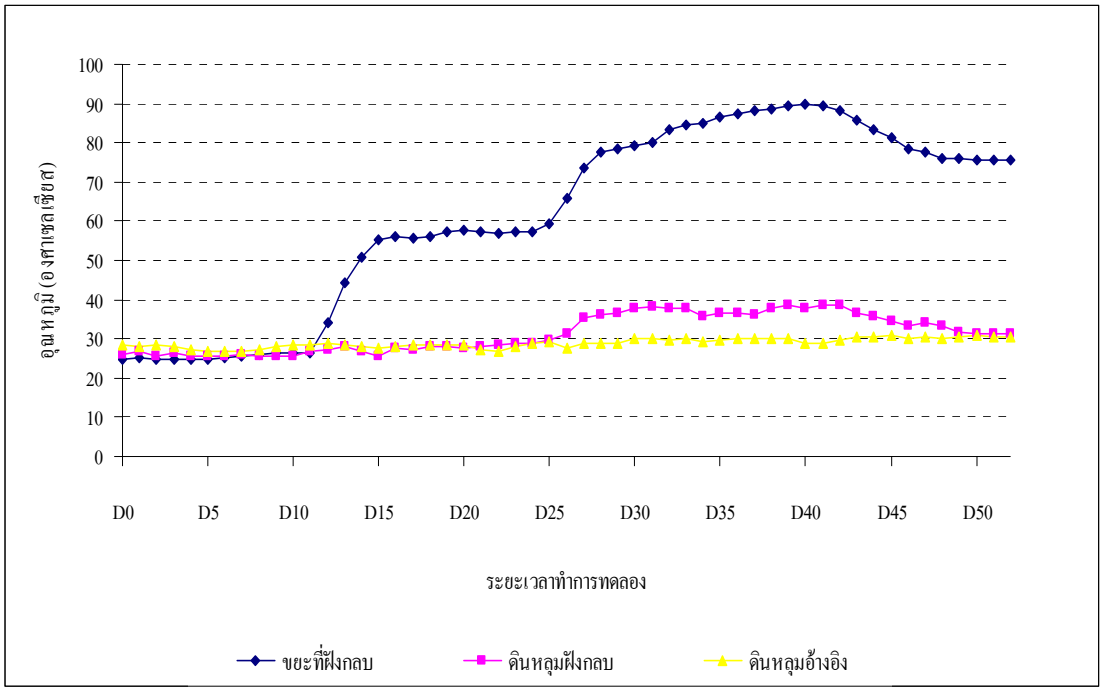
52 วัน ค่าเฉลี่ยความเค็มระหว่างกลุ่มตัวอย่างข้างต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยค่าเฉลี่ยความเค็มของดินบริเวณหลุมฝังกลบ และตัวอย่างขยะที่ทำการฝังกลบ มีค่าเฉลี่ยความเค็มไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยความเค็มระหว่าง 132.22-136.81 dS/m แต่หลุมฝังกลบขยะสดมีค่าเฉลี่ยความเค็มที่แตกต่างกันกับดินหลุมอ้างอิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยมีค่าเฉลี่ยความเค็มระหว่าง 148.03-152.89 dS/m เมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเค็มของขยะที่ฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิง กับระยะเวลาการฝังกลบ 3, 10, 17, 24, 31, 38, 45 และ 52 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยความเค็มของขยะที่ฝังกลบ ค่าเฉลี่ยความเค็มของดินหลุมฝังกลบ และค่าเฉลี่ยความเค็มของดินบริเวณหลุมอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ภายหลังฝังกลบ 3, 10 และ 17 วัน แต่ภายหลังการฝังกลบขยะสดไป 24 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง 52 วัน พบว่า ค่าเฉลี่ยความเค็มในกลุ่มตัวอย่างที่เปรียบเทียบข้างต้น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 โดยค่าเฉลี่ยของความเค็มของขยะที่ฝังกลบ และดินหลุมฝังกลบ มีค่าเฉลี่ยความเค็มไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับดินหลุมอ้างอิงแล้ว พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ซึ่งค่าเฉลี่ยความเค็มของดินบริเวณหลุมอ้างอิง มีค่าสูงกว่าในขยะที่ฝังกลบ และดินหลุมฝังกลบ สามารถแสดงดังตารางที่ 15 ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ที่บริเวณดินหลุมอ้างอิงนั้นได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลขึ้น – ลง ได้นานกว่าบริเวณหลุมฝังกลบ เนื่องจากแนวพื้นที่บริเวณหลุมอ้างอิงมีทิศทางใกล้หาดเลนมากกว่าบริเวณหลุมฝังกลบ

ตารางที่ 15 **การเปรียบเทียบเชิงซ้อนโดยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 ของค่าเฉลี่ยความเค็มในตัวอย่างขยะที่ฝังกลบ ตัวอย่างดินหลุมฝังกลบ และตัวอย่างดินหลุมอ้างอิง ระหว่างวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ระยะเวลาดำเนินการฝังกลบขยะสด 52 วัน**

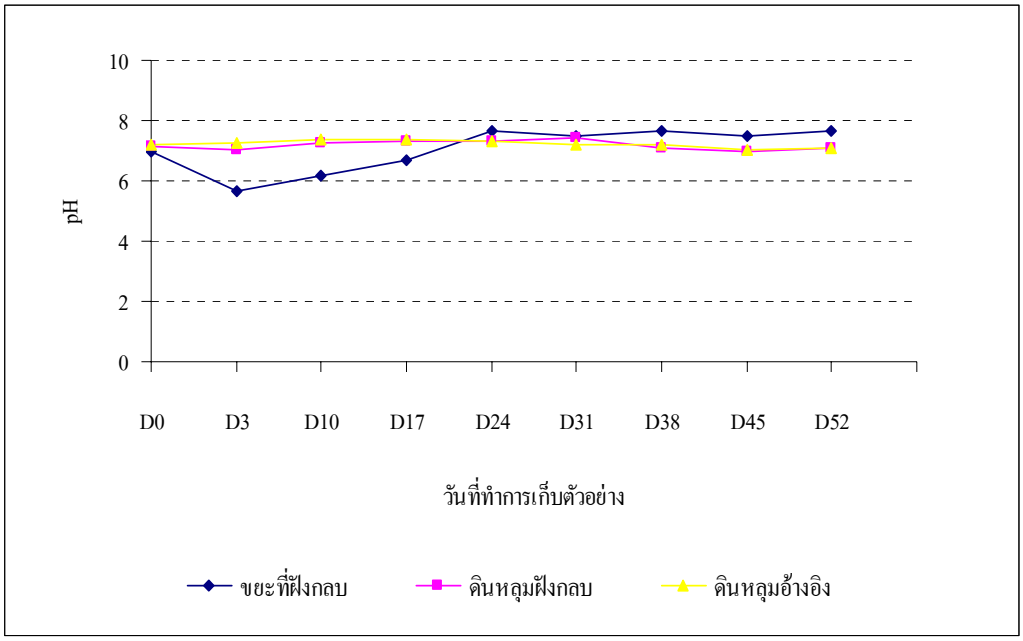
กลุ่มตัวอย่าง	วันทำการเก็บตัวอย่าง								
	0	**3**	**10**	**17**	**24**	**31**	**38**	**45**	**52**
ขยะที่ฝังกลบ	-	148.25[a]	130.00[a]	168.00[a]	121.75[a]	115.25[a]	138.75[a]	125.00[a]	110.75[a]
ดินหลุมฝังกลบ	143.50[a]	164.00[a]	133.25[a]	167.50[a]	127.50[a]	117.00[a]	141.00[a]	125.75[a]	111.75[a]
ดินหลุมอ้างอิง	137.75[b]	157.75[a]	130.00[a]	171.13[a]	167.88[b]	147.00[b]	174.13[b]	143.50[b]	125.00[b]

หมายเหตุ หน่วยความเค็ม dS/m

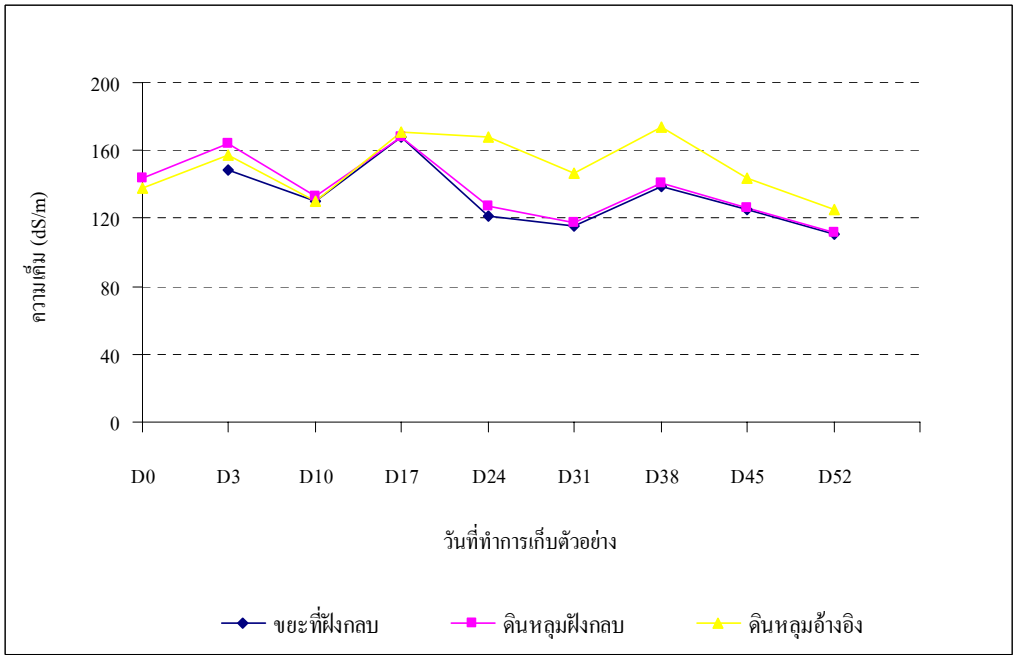
อักษรที่เหมือนกันตามหลังตัวเลขแต่ละช่องในแนวดิ่ง แสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05



ภาพที่ 20 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเฉลี่ยภายในขยะที่ฝังกลบ ดินหลุมฝังกลบ และดินหลุมอ้างอิงที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติในการทดลองฝังกลบขยะสด ตลอดการทดลอง 52 วัน



ภาพที่ 21 การเปลี่ยนแปลงค่า pH ของขยะที่ทำการฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิง ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศึกษา ณ วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง



ภาพที่ 22 การเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มของขยะสดที่ทำการฝังกลบ ดินบริเวณหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิง ในพื้นที่ป่าชายเลนบริเวณศึกษา ณ วันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังกลบขยะสด ที่ทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ 52 วัน พบว่า เริ่มต้นก่อนทำการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ดังกล่าว ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างขยะสด ดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบ และ ดินป่าชายเลนบริเวณอ้างอิง โดยยังไม่ดำเนินการขุดหลุม พบว่า เมื่อคัดแยกกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ตามวิธีในวิทยานิพนธ์นี้ พบจำนวนแบคทีเรียตามธรรมชาติในดินป่าชายเลนทั้ง 2 จุด มีจำนวนประมาณ 1.69-1.84 x 10^8 CFU/กรัมดินแห้ง โดยมีแบคทีเรีย จีนัสที่เด่นที่พบมีลักษณะใกล้เคียงกับ *Bacillus* sp. และพบแบคทีเรียที่คาดว่าเป็นจีนัส *Pseudomonas* sp. รวมทั้งในป่าชายเลนบริเวณอ้างอิง พบแบคทีเรียที่คาดว่าจัดอยู่ในจีนัส *Xanthomonas* sp. ด้วยแต่พบได้บ้างเล็กน้อย แบคทีเรียที่คาดว่าเป็น *Bacillus* sp. และจีนัส *Pseudomonas* sp. ที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษานี้ เป็นจัดแบคทีเรียกลุ่ม heterotrophic aerobic bacteria ที่สามารถพบได้และพบว่าเป็นจีนัสเด่นของแบคทีเรียกลุ่มดังกล่าว และเป็นจีนัสเด่นที่พบได้ในดินป่าชายเลนทั่วไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของนวลพรรณ (2524) และของปทุมพร และอรุณี (2532) จำนวนเชื้อราที่พบในดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง พบว่า มีมากกว่าบริเวณที่ใช้ทำการฝังกลบขยะ เนื่องจากสภาพพื้นที่ดังกล่าวมีซากต้นแสมที่ผุพังเน่าเปื่อยในบริเวณดังกล่าวมาก โดยจำนวนเชื้อราเริ่มต้นที่พบเท่ากับ 3.07 x 10^2 CFU/กรัมดินแห้ง เมื่อพิจารณาตามลักษณะสัณฐานวิทยาของเชื้อตามวิธีการในวิทยานิพนธ์ พบว่าลักษณะที่ปรากฏคาดว่าเป็นเชื้อราสายพันธุ์ *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Acremonium* sp. ส่วนดินบริเวณหลุมฝังกลบขยะสดพบเชื้อราเพียง 0.44 x 10^2 CFU/กรัมดินแห้ง และคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. ซึ่งปกติจะสามารถพบเชื้อราสายพันธุ์ดังกล่าวได้ทั่วไป รวมถึงในพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับเชื้อราที่พบในดินป่าชายเลนของ Jan and Erika (1979) และ Carmichael *et al*. (1980) โดยสายพันธุ์ที่คัดแยกได้และพบมากในการศึกษาครั้งนี้ คือ *Penicillium* sp. และ *Aspergillus* sp. สำหรับแอคติโนมัยซีสในดินป่าชายเลนทั้ง 2 จุด พบว่า มีจำนวนใกล้เคียงกัน คือ อยู่ระหว่าง 0.176-0.179 x 10^2 CFU/กรัมดินแห้ง และพบว่าเป็นแอคติโนมัยซีสในกลุ่ม *Streptomyces* sp. ซึ่งพบเช่นเดียวกันกับการศึกษาของอรินทิพย์ (2542) แอคติโนมัยซีสในกลุ่ม *Streptomyces* sp. เป็นแอคติโนมัยซีสกลุ่มที่สามารถพบได้มากที่สุด ส่วนขยะสดซึ่งมีองค์ประกอบของเศษผักสด ก่อนทำการฝังกลบพบว่ามีแบคทีเรียอยู่ประมาณ 7.77 x 10^8 CFU/กรัมขยะแห้ง ส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียซึ่งคาดว่าอยู่ในจีนัส *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. โดยพบว่ามีจำนวนมากกว่าเชื้อรา ซึ่งมีจำนวน 2.35 x 10^5 CFU/กรัมขยะแห้ง และคาดว่าเป็นสายพันธุ์ *Penicillium* sp. และ *Geotrichum* sp. ส่วนเชื้อแอคติโนมัยซีสในขยะสดพบว่ามีจำนวนน้อยที่สุด คือ 10.91 x 10^2 CFU/กรัมขยะแห้ง และเป็นเชื้อแอคติโนมัยซีสในกลุ่ม *Streptomyces* sp. เช่นเดียวกับที่พบในดินป่าชายเลนที่ทำการศึกษา โดยปกติแล้วมักพบว่าพืชผักจะมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่นๆ และมักพบสกุล *Pseudomonas,*

Bacillus และ *Enterobacter* เป็นต้น (สุมาลี, 2535) ในการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนครั้งนี้ มีกิจกรรมการขุดหลุมสำหรับฝังกลบขยะสด เปรียบเทียบกับหลุมอ้างอิง ซึ่งมีกิจกรรมการขุดหลุมเช่นกัน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพของพื้นที่โดยก่อให้เกิดการรบกวนและเปลี่ยนแปลงของชั้นดิน และเป็นการทำลายชั้นหน้าดินซึ่งเป็นชั้นที่มีอินทรียวัตถุมาก และเป็นชั้นที่สัมผัสกับออกซิเจนในบรรยากาศ รวมทั้งในดินป่าชายเลนที่ชั้นดินระดับลึกจะมีสภาวะขาดออกซิเจน และมีปริมาณซัลไฟด์สูง ทำให้พบจุลินทรีย์ได้น้อย ซึ่งกลุ่มที่พบจะเป็นจุลินทรีย์กลุ่มที่เจริญได้ในสภาวะไม่มีออกซิเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์กลุ่มหลัก คือ แบคทีเรีย (anaerobic bacteria) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชั้นดิน จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ซึ่งมีความสำคัญในการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาวะมีออกซิเจน ซึ่งมักพบได้บริเวณผิวหน้าดิน จึงมีการลดจำนวนลงได้ รวมทั้งซัลไฟด์ (S^{2-}) ที่ถูกรบกวน และมีการกระจายขึ้นมาบริเวณที่ขุดหลุม จะมีความเป็นพิษสูงต่อจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ดังนั้น ชั้นดินที่ถูกรบกวน และอยู่ในสภาวะไม่มีออกซิเจน รวมทั้งการกระจายของซัลไฟด์ (S^{2-}) จึงส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งจำนวนและกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลนทั้งดินหลุมฝังกลบ และดินบริเวณหลุมอ้างอิงในช่วงแรกให้มีจำนวนลดลง จากการทดลองฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน 52 วัน พบว่า จำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ได้แก่ แบคทีเรีย รา และ แอคติโนมัยซีส ในขยะที่ผ่านการฝังกลบ และดินบริเวณหลุมฝังกลบมีจำนวน ลดลงทุกช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับดินบริเวณอ้างอิง พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม มีจำนวนลดลงเช่นเดียวกัน แต่การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเชื้อจะมีแนวโน้มคงที่ภายหลังดำเนินระยะเวลาฝังกลบผ่านไป 17-24 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง แต่ทั้งนี้จำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ยังไม่มีการเพิ่มจำนวนขึ้นระหว่างการทดลองฝังกลบ 52 วัน และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 พบว่า จำนวนแบคทีเรีย และเชื้อรา ของจุลินทรีย์แต่ละกลุ่มที่พบในดินบริเวณอ้างอิง มีจำนวนไม่แตกต่างกันระหว่างการฝังกลบผ่านไป 3 – 52 วัน ส่วนแอคติโนมัยซีส ซึ่งมีจำนวนเชื้ออยู่น้อย ไม่มีความแตกต่างกันตลอดการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ค่า pH และความเค็มของดินหลุมอ้างอิง ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 26.67 - 30.72 °C, 7.03 - 7.40 และ 125.00 - 174.13 dS/m ตามลำดับ ไม่ส่งผลต่อการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ในดินหลุมอ้างอิง ระยะแรกเมื่อดำเนินการฝังกลบไป 3 วัน พบว่า จำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบ มีการลดลงอย่างรวดเร็ว พบว่าการลดลงของเชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และ เชื้อแอคติโนมัยซีส ลดลงจากเริ่มต้นคิดเป็น 88.8%, 96.9% และ 79.9% ตามลำดับ โดยที่อุณหภูมิในหลุมฝังกลบขยะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นในระยะนี้อุณหภูมิจึงมิใช่ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดจำนวนลงของจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของค่า pH พบว่า ภายในหลุมฝังกลบขยะมีสภาพเป็นกรด โดยมี pH เท่ากับ 5.67 ซึ่งค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญของแบคทีเรียอยู่ในช่วง 6.5 -

7.5 แต่สำหรับเชื้อรา และเชื้อแอคติโนมัยซีส แม้ว่าค่า pH ในหลุมฝังกลบขยะจะอยู่ในช่วงความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโต คือ 4.5-6.8 แต่กลับพบว่าจำนวนเชื้อลดลง แสดงให้เห็นว่าค่า pH ไม่มีผลต่อการลดลงของจุลินทรีย์ ส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าความเค็มภายในหลุมฝังกลบขยะคาดว่าเป็นปัจจัยเบื้องต้นที่ทำให้จุลินทรีย์ ทั้ง 3 กลุ่ม ในขยะสดที่ฝังกลบมีจำนวนลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรก เนื่องจากเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและการอยู่รอด เพราะดินป่าชายเลนซึ่งมีองค์ประกอบของเกลือ Mg^{2+}, K^{+} , Na^{+} (บัญญัติ, 2534) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและกลุ่มอื่นๆ ทั้งรา และแอคติโนมัยซีสได้ โดยการยับยั้งด้วยกลไก plasmolysis (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541) และการทำลายโพรโทพลาสซึมของเซลล์ โดยปกติจุลินทรีย์ทั่วไปสามารถทนความเค็มได้ ประมาณ 10-15% เกลือ และกลุ่ม *Streptomyces* สามารถทนเค็มได้ถึง 4-7 % เกลือ หรือบางชนิดทนเค็มได้ถึง 13 % เกลือ (Williams *et al*. 1989) ดังนั้นช่วงแรกของการฝังกลบ (3 วันแรก) ความเค็มจึงเป็นปัจจัยร่วมกับการเกิดสภาวะไร้ออกซิเจนจากกิจกรรมการฝังกลบ ที่ทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ศึกษาลดลง ซึ่งกระบวนการฝังกลบขยะในพื้นที่ป่าชายเลน จะก่อให้เกิดสภาวะการย่อยสลายอินทรียวัตถุในสภาวะไร้ออกซิเจน โดยเมื่อทำการฝังกลบไปแล้ว น้ำในดินเลนจะแทรกตามช่องว่างของขยะแทนที่ช่องอากาศในหลุมขยะ สภาวะภายในหลุมฝังกลบขยะสดจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำลง จุลินทรีย์ที่รอดจากการถูกทำลายโดยปัจจัยสิ่งแวดล้อมข้างต้น จะอยู่ระหว่างการปรับตัวซึ่งจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ที่คัดแยกได้จากขยะที่ฝังกลบจึงเป็นกลุ่มเฮทเทอโรโทป ที่สามารถเจริญในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนได้ด้วย สำหรับดินหลุมฝังในช่วง 3 วันแรกของการฝังกลบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของปัจจัยทางกายภาพทั้งอุณหภูมิดิน ค่า pH และ ความเค็ม ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดินหลุมอ้างอิง ดังนั้นการลดลงของจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินหลุมฝังกลบ จึงเกิดจากกิจกรรมการขุดหลุมโดยตรง ภายหลังฝังกลบขยะสดไป 10 วัน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของหลุมฝังกลบขยะในชั้นขยะอยู่ระหว่าง 24.9-26.29 °C และค่าความเค็มของขยะที่ฝังกลบ และดินบริเวณหลุมฝังกลบ มีค่าใกล้เคียงกับช่วงอุณหภูมิ และความเค็มของดินหลุมอ้างอิง โดยไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05 แต่พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของขยะที่ฝังกลบ ซึ่งมีค่า pH เป็นกรด คือ อยู่ในช่วง 5.67-6.17 การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์ที่รอดจากการถูกทำลายโดยปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น แบคทีเรียที่สามารถใช้ออกซิเจนในกระบวนการหายใจที่พบ เช่น *Bacillus* sp. , *Pseudomonas* sp. และ *Xanthomonas* sp. รวมทั้งเชื้อรา และแอคติโนมัยซีสที่พบในขยะ จะหายใจโดยกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจนเป็นตัวรับอิเล็กตรอนเพื่อให้เกิดพลังงาน และได้ผลิตภัณฑ์จากกระบวนการหายใจเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ซึ่งคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลให้ภาวะภายในหลุมฝังกลบขยะเป็นกรด เมื่อออกซิเจนภายในหลุมฝังกลบขยะหมด ภายในหลุมฝังกลบขยะจะเกิดภาวะขาดออกซิเจน และพบว่าภายหลังการฝังกลบ

ขยะสดผ่านไป 12 – 24 วัน อุณหภูมิภายในหลุมขยะมีการเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มสูงขึ้น อยู่ระหว่าง 34.27-57.29 °C อุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะที่สูงขึ้นมีความแตกต่างกับอุณหภูมิดินบริเวณหลุมอ้างอิงในช่วงเวลาเดียวกัน ขณะที่อุณหภูมิดินหลุมฝังกลบขยะยังมีค่าใกล้เคียงกับอุณหภูมิดินบริเวณหลุมอ้างอิง การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิช่วงวันดังกล่าว คาดว่าภายในหลุมฝังกลบขยะเกิดการย่อยสลายขยะสดโดยจุลินทรีย์กลุ่ม anaerobic bacteria ซึ่งนอกจากจะพบว่าอุณหภูมิในหลุมฝังกลบขยะสดจะเพิ่มสูงขึ้นแล้ว ยังพบว่า มีการยุบตัวของดินบริเวณหลุมฝังกลบ เกิดน้ำท่วมขังผิวหน้าดินหลุมในบางจุด รวมทั้งเกิดก๊าซซึ่งคาดว่าเป็นก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ซึ่งมีกลิ่นเหม็น และก๊าซมีเทนซึ่งเกิดเป็นฟองก๊าซผุดขึ้นมา การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวพอสรุปได้ว่าเกิดกระบวนการย่อยสลายขยะสดภายในหลุมฝังกลบขยะสดโดย anaerobic bacteria โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ซัลเฟต (SO_4^{2-}) หรือ ไนเตรต (NO_3^-) เป็นตัวรับอิเลคตรอนแทนออกซิเจน และย่อยสลายขยะสดจากกระบวนการเฟอร์เมนเตชั่นที่ให้กรดอินทรีย์เป็นผลผลิต แต่จากการศึกษาดังกล่าว ไม่ได้ทำการศึกษาครอบคลุมถึงจุลินทรีย์กลุ่ม anaerobic bacteria ในดินป่าชายเลน ดังนั้น เมื่อทำการคัดแยกจุลินทรีย์ด้วยวิธีการในวิทยานิพนธ์ จึงพบแบคทีเรียกลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป เช่น *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. ในหลุมฝังกลบขยะสด ภายหลังฝังกลบขยะไป 25 – 45 วัน มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิภายในหลุมฝังกลบขยะในชั้นขยะที่ฝังกลบสูงขึ้นอีกครั้ง โดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 59.27 - 89.99 °C จากนั้นอุณหภูมิเริ่มลดลง แสดงว่าภายในหลุมฝังกลบขยะมีกิจกรรมการย่อยสลายอินทรียวัตถุเกิดขึ้น แต่จากการนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ทุกกลุ่มมีจำนวนลดลงต่อเนื่อง แสดงว่าจุลินทรีย์ที่มีกิจกรรมย่อยสลายขยะสดในหลุมฝังกลบขยะสดเป็นกลุ่มหลัก คือ anaerobic bacteria ที่มีคุณสมบัติทนอุณหภูมิสูงได้ จากการคัดแยกแบคทีเรีย พบว่า ยังสามารถพบจีนัส *Bacillus* sp. ในขยะที่ฝังกลบได้ ซึ่งจีนัส *Bacillus* sp. เป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติในการสร้างสปอร์ซึ่งสามารถทนความร้อน และรอดชีวิตในสภาวะที่ไม่เหมาะสมได้ เช่นเดียวกันกับงานวิจัยที่มีการศึกษา พบว่า เมื่ออุณหภูมิในกองขยะหมักสูงขึ้นเกิน 40-70 องศาเซลเซียส จะพบแบคทีเรียกลุ่มที่สามารถสร้างสปอร์ได้ ได้แก่ *Bacillus* sp. (Chang and Hudson, 1967 ; Fumihito and Kazunori, 2005 ; Yusaku and Kume, 1991) สำหรับเชื้อราที่พบได้ในหลุมฝังกลบขยะสดในช่วงที่ค่า pH เป็นกรด (วันที่3-17 ของการฝังกลบ) และอุณหภูมิยังไม่สูงนัก คือ *Acremonium* sp. และ *Geotrichum* sp. ภายหลังการฝังกลบขยะไป 24 วัน อุณหภูมิภายในหลุมขยะจะสูงขึ้นมาก พบว่า เชื้อราสายพันธุ์ที่คัดแยกได้มากที่สุดมีลักษณะคล้ายกับ *Penicillium* sp., และ *Aspergillus* sp. เช่นกันกับที่ Stuezenberger *et al*. (1970) และ Kristin *et al*. (2003) ศึกษาไว้ ภายหลังการฝังกลบขยะสดผ่านไป 45 วัน กระทั่งสิ้นสุดการทดลองฝังกลบจะไม่พบเชื้อราในขยะสดที่ฝังกลบ รวมทั้งในดินบริเวณหลุมฝังกลบ ซึ่งไม่พบเชื้อราภายหลังการฝังกลบไป 31 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งการหายไปของเชื้อราในดินหลุมฝังกลบคาดว่าเกิดจาก

สภาวะแวดล้อมบริเวณปากหลุมมีน้ำท่วมขังผิวหน้าดินหลุม รวมทั้งเกิดซัลไฟด์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพิษสูงต่อสิ่งมีชีวิต และจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรป ซึ่งรวมเชื้อราด้วย ส่วนแอคติโนมัยซีส กลุ่ม *Streptomyces* sp. จะพบในช่วงแรกที่อุณหภูมิในหลุมฝังกลบขยะสดอุณหภูมิไม่สูงนัก (ช่วง 0-10 วัน) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kristin et al. (2003) และภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองฝังกลบขยะสดจะไม่พบเชื้อในกลุ่ม *Streptomyces* sp. ทั้งในขยะสดที่ฝังกลบและในดินหลุมฝังกลบ จากการทดลองแม้ค่า pH ในช่วงต้นของการฝังกลบขยะสดจะเปลี่ยนแปลง แต่เฉลี่ยตลอดการทดลองค่า pH ในขยะที่ทำการฝังกลบ ในดินหลุมฝังกลบ และในดินบริเวณอ้างอิง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งแสดงว่า pH ไม่มีผลต่อการลดจำนวนลงของจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ทั้ง 3 กลุ่ม ในขยะที่ทำการฝังกลบ และจากการทดลองค่าความเค็มจะมีอิทธิพลต่อการลดลงของจุลินทรีย์ที่ศึกษาในขยะสด เมื่อทำการฝังกลบขยะสดในช่วงแรกของการฝังกลบเท่านั้น ซึ่งภายหลังการฝังกลบขยะสด 10 วัน จนสิ้นสุดการทดลอง การเปลี่ยนแปลงความเค็มไม่มีผลต่อการลงลงของจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ทั้ง 3 กลุ่ม ในขยะที่ทำการฝังกลบ การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของขยะที่ฝังกลบระหว่างการฝังกลบขยะสด พบว่า ในช่วงระยะเวลาการฝังกลบเมื่อเริ่มต้นถึง 11 วันของการฝังกลบ อุณหภูมิไม่มีผลต่อการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ที่ศึกษา ภายหลังที่ในหลุมฝังกลบขยะอุณหภูมิสูงขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่สูงดังกล่าวส่งผลให้เกิดการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ ทั้งนี้อุณหภูมิที่สูงขึ้นมากเกิน 65 องศาเซลเซียส ทำให้เชื้อจุลินทรีย์กลุ่ม mesophile ถูกทำลาย และลดจำนวนลง รวมทั้งอุณหภูมิที่สูงเกินไปย่อมส่งผลให้กิจกรรมการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่ม mesophile หยุดชะงักลง เนื่องจากเป็นสภาวะที่ไม่เหมาะสมของการทำงานของเอนไซม์จุลินทรีย์กลุ่มดังกล่าว กิจกรรมการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน ซึ่งเกิดกระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ช่วงแรกจะยังสามารถพบเชื้อรา และแอคติโนมัยซีส ซึ่งต้องการออกซิเจนในการเจริญได้ ส่วนแบคทีเรียที่คัดแยกได้พบเป็นกลุ่ม aerobic bacteria และเจริญได้ทั้งในสภาวะมีออกซิเจน และในสภาวะไม่มีออกซิเจน aerobic bacteria บางสปีชีย์ ที่คัดแยกได้ สามารถใช้สารอนินทรีย์ เช่น ไนเตรท เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจในการสร้างพลังงานได้ แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวจะเปลี่ยนสารข้างต้นไปเป็นก๊าซไนโตรเจน แต่ในหลุมฝังกลบขยะสดมีกิจกรรมการย่อยสลายขยะสดโดย anaerobic bacteria ดังนั้นในสภาวะที่หลุมฝังกลบขยะไม่มีออกซิเจน แบคทีเรียกลุ่ม denitrifying bacteria, sulfate reducing bacteria และ methanogenic bacteria จะใช้ ไนเตรท ซัลเฟต เฟอร์ริก ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นตัวรับอิเล็กตรอนในกระบวนการสร้างพลังงานได้ แบคทีเรียกลุ่มดังกล่าวจะเปลี่ยนสารข้างต้น ไปเป็นก๊าซไนโตรเจน ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งทำให้มีกลิ่นเหม็น และมีก๊าซมีเทน เกิดขึ้นขณะทำการทดลองฝังกลบขยะสด ซึ่งการดึงไนเตรทไปเป็นตัวรับอิเลคตรอนส่งผลให้ธาตุอาหารในดิน

ของพืชลดลง ซึ่งเป็นการแย่งธาตุอาหารสำคัญของพืช รวมทั้งซัลไฟด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ จะมีความเป็นพิษต่อไซโตโครมของรากพืช ทำให้ตายได้ และเป็นพิษต่อสาหร่าย จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรป รวมถึงการเป็นพิษต่อสัตว์หน้าดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีสภาวะน้ำขัง (สุบัญฑิต, 2546) เช่นเดียวกับการศึกษาของ กมลวรรณ (2548) ซึ่งกล่าวว่า ผลกระทบจากการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสังคมสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่อย่างไม่พึงประสงค์ในระยะสั้น และการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน เป็นการเพิ่มปริมาณซัลไฟด์ให้ตะกอนดินในป่าชายเลนบริเวณที่ศึกษา ดังนั้นผลกระทบจากกิจกรรมการฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลนครั้งนี้ จึงเป็นการรบกวนชั้นดินจากกิจกรรมการขุด และทำให้เกิดการยุบตัวของผิวดินบริเวณฝังกลบขณะที่การย่อยสลายขยะสด ส่งผลต่อจุลินทรีย์ กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลน และสาหร่าย รวมทั้งเป็นการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์หน้าดินในบริเวณดังกล่าว อีกทั้งการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในหลุมขยะที่สูงมาก การเกิดซัลไฟด์ และภาวะที่ดินตะกอนขาดออกซิเจน ส่งผลต่อการทำลายสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศได้ทั้งจุลินทรีย์ และสัตว์น้ำ ให้มีจำนวนลดลง และพืชป่าชายเลนให้ตายได้

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์เฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในหลุมฝังกลบขยะสด ที่ใช้พื้นที่ป่าชายเลนของแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา พบว่า การฝังกลบขยะสดในพื้นที่ป่าชายเลน 52 วัน ส่งผลให้จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส ในดินบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด และดินบริเวณหลุมอ้างอิงมีจำนวนลดลง จากกิจกรรมการขุดหลุมฝังกลบ โดยลดลงอย่างรวดเร็วภายหลังฝังกลบขยะสดไป 3 วัน และลดลงจนเกือบคงที่ จุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบ มีจำนวนลดลงอย่างรวดเร็วหลังฝังกลบขยะสดไป 3 วันและมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ ในจุลินทรีย์ทั้ง 3 กลุ่ม ซึ่งภายหลังฝังกลบ 45 วัน จำนวนแบคทีเรียมีแนวโน้มคงที่ แต่ยังมีจำนวนสูงกว่าในดินป่าชายเลน เมื่อสิ้นสุดการฝังกลบขยะสดจะไม่พบเชื้อรา และแอคติโนมัยซีสในขยะที่ฝังกลบ ขณะที่จุลินทรีย์ในดินป่าชายเลนทั้งบริเวณหลุมฝังกลบขยะสด และหลุมบริเวณอ้างอิง มีการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มจุลินทรีย์ทั้งแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส โดยเฉพาะแอคติโนมัยซีสกลุ่ม *Streptomyces* sp. ซึ่งไม่พบในดินบริเวณหลุมฝังกลบภายหลังสิ้นสุดการทดลอง เชื้อราพบเพียงสายพันธุ์ที่น่าจะเป็น *Aspergillus* sp. ในดินบริเวณหลุมฝังกลบ ส่วนแบคทีเรียที่มีลักษณะใกล้เคียงกับจีนัส *Bacillus* sp. และ *Pseudomonas* sp. ยังสามารถพบได้ในพื้นที่ศึกษา การฝังกลบขยะสดดังกล่าวจึงส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจำนวนให้ลดลงจากเดิมตามธรรมชาติ

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความเค็ม และค่า pH ของดินป่าชายเลนบริเวณหลุมฝังกลบไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินบริเวณหลุมฝังกลบขยะสดให้ลดลง การเปลี่ยนแปลงความเค็มในหลุมฝังกลบขยะสดในระยะแรกของการฝังกลบ (0 – 3 วัน) ส่งผลต่อการลดลงของจำนวนจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในขยะที่ฝังกลบ

การใช้พื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติสำหรับฝังกลบขยะสดเป็นการไม่เหมาะสม เนื่องจากส่งผลต่อการลดลงของจำนวน และชนิดจุลินทรีย์กลุ่มเฮทเทอโรโทรฟิค แอโรป ในดินป่าชายเลน และการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของพื้นที่ คือ เกิดการยุบตัวของหลุมทำให้น้ำขัง เกิดซัลไฟด์ และก๊าซซึ่งน่าจะเป็นไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งเป็นพิษต่อระบบรากของพืชป่าชายเลน สัตว์น้ำและแพลงค์ตอน และจุลินทรีย์ รวมทั้งกลิ่นเหม็นรบกวน รวมทั้งเกิดการแย่งธาตุอาหารของพืชขณะที่จุลินทรีย์กลุ่ม แอนแอโรป ย่อยสลายในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศป่าชายเลนตามธรรมชาติ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กมลวรรณ พุ่มไม้. 2548. **ผลกระทบระยะสั้นของการฝังกลบขยะสดต่อสัตว์หน้าดินขนาดใหญ่ในป่าชายเลนบริเวณแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2541. **การจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล**. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

กรรณิการ์ ชูเกียรติวัฒนา. 2543. **จุลชีววิทยาสิ่งแวดล้อม.** โคราชออฟเซ็ทการพิมพ์, นครราชสีมา.

กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2527. **การจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูล**. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม. 2535. **พระราชบัญญัติสาธารณสุขพุทธศักราช 2535**. สำนักอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กรุงเทพฯ.

เกษม จันทร์แก้ว. 2541. **เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณะกรรมการทรัพยากรธรรมชาติป่าชายเลนแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2544. **การสัมมนาระบบนิเวศป่าชายเลน ครั้งที่ 11 ป่าชายเลน : มุมมองของปัญหา การแก้ไขและความต้องการของสังคมไทย**. เฟื่องฟ้าพรินติ้ง, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 9. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เฉลิมชัย โชติกมาศ. 2539. **ลักษณะโครงสร้างป่าชายเลน และลักษณะดิน ท้องที่อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงพร คันธโชติ. 2537. **อนุกรมวิธานของแบคทีเรียและปฏิบัติการ**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

เทศบาลเมืองเพชรบุรี. 2536. **รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับขยะมูลฝอย**. ม.ป.ท., เพชรบุรี. 12 น.

ธนิศร์ ปัทมพิฑูร. 2548. **การศึกษาแบคทีเรียรอบรากพุทธรักษา ธรรมรักษาและขิงแดงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทนา อรุณฤกษ์. 2537. **การจำแนกแบคทีเรียกลุ่มแอร์โรปส์**. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ, 2541. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

นวลพรรณ ณ ระนอง. 2524. **บักเตรีพวกเฮเทอโรโทรปที่ต้องการอากาศ และบักเตรีที่มีบทบาทในการย่อยสลายเซลลูโลสในป่าชายเลน อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิรันดร์ สิงหบุตรา. 2543. การทดลองนำร่องเพื่อหาเทคโนโลยีในการกำจัดขยะที่เหมาะสม, น. 3-1 – 3-15. ใน **เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการ รายงานการศึกษาวิจัยวิทยาศาสตร์การกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ**. โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. การสัมมนาวิชาการวิจัยนวัตกรรมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการกำจัดขยะและการบำบัดน้ำเสียตามแนวพระราชดำริ. ม.ป.ท., กรุงเทพฯ.

นิวัติ เรืองพานิช. 2541. **นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ.** สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ.

บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. **จุลชีววิทยาทั่วไป.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

ปทุมพร ศุภกิจวิเลขการ และ อรุณี สมมณี. 2532. **โพรโตซัวและแบคทีเรียในดินบริเวณราก พุทธรักษา แสม และสน**. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

ประธาน สังวร. 2548. **ลักษณะโครงสร้างป่าชายเลนฝั่งขวาปากแม่น้ำเพชรบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชิต สกุลพราหมณ์. 2535. **การสุขาภิบาลสิ่งแวดล้อม**. ธนะการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

พูนพิไล สุวรรณฤทธิ์ และคณะ. 2542. **ความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ในป่าชายเลน**. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาควิชาจุลชีววิทยา. 2547. **จุลชีววิทยาปฏิบัติการ**. พิมพ์ครั้งที่ 5. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2542. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542.** โรงพิมพ์ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์, กรุงเทพฯ.

เรียมสงวน วรรณยะลา. 2544. **ประสิทธิภาพการย่อยสลายมูลฝอยเป็นปุ๋ยโดยวิธีเติมอากาศจากมูลฝอยชุมชนเทศบาลเมืองเพชรบุรี จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สนิท อักษรแก้ว. 2532. **ป่าชายเลน นิเวศวิทยาและการจัดการ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2534. **ป่าชายเลน**. มูลนิธิคุ้มครองสัตว์ป่า และพรรณพืชแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2541. **การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนเพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย.** อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สมชาย พานิชสุโข. 2524. ป่าชายเลนในท้องที่ป่าไม้เขตนครศรีธรรมราช. **วารสารสักทอง** 6(3): 43-49.

สมศักดิ์ วังใน. 2528. **จุลินทรีย์และกิจกรรมในดิน.** ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2540. **มลพิษสิ่งแวดล้อม**. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุจิต วิทย์คงทน. **2508. การศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของปุ๋ยอินทรีย์โดยเชื้อจุลินทรีย์ ตอนที่ 1 อิทธิพลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและการทำงานของเชื้อจุลินทรีย์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุบัณฑิต นิ่มรัตน์. 2546. **จุลชีววิทยาทางดิน.** ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

สุมาลี เหลืองสกุล. 2535. **จุลชีววิทยาทางอาหาร**. ชัยเจริญ, กรุงเทพฯ.

เสาวภา สวัสดิ์พีระ. 2535. ป่าชายเลน. **จุลสารสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล** 5(1): 12-13.

สำนักรักษาความสะอาด. 2523. **เอกสารประกอบการศึกษา การศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับมูลฝอย**. ม. ป.ท., กรุงเทพฯ.

สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2541. **ป่าชายเลนกับการอนุรักษ์ทรัพยากรชายฝั่งทะเล**. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

อรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต. 2542. ความหลากหลายทางชีวภาพของ actinomycete คัดแยกจากบริเวณชายฝั่งทะเลในประเทศไทย. **รายงานผลการวิจัยประจำปี ทุนอุดหนุนวิจัย มก. ประจำปี 2542**. ภาควิชาพันธุ์ศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Agate, A.D., C.V. Subramanian and M. Vanncci. 1988. Role of Microorganisms in Nutrient Cycling of Mangrove Soils and Water. **Mangrove Microbiology.** UNDP/UNESCO Regional and Its Application to The Management of The Mangrove of Asia and The Pacific, Thailand. 39 p.

Aksornkoae, S., J. Kongsangchai, S. Panichsuko, W. Srisawat, S. Panichchart, V. Aguru, N. Jintana, J. Krachaivong and B. Kooha. 1989. **Inventory and Monitoring on Mangrove in Thailand.** Final Report, Submitted to the Office of National Environment Board, Bangkok. 95-96 p.

Aoshima, M., M.S. Pedro, S. Haruta, L. Ding, T. Fukada, A. Kigawa, T. Kodama, M. Ishii and Y. Igarashi. 2001. Analyses of microbial community within a composter operated using household garbage with special reference to the addition of soybean oil. **J. Biosci. Bioeng**. 91: 456–461.

APHA, AWWA and WECF. 1992. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, Washington D.C.,U.S.A.

Beffa, T., M. Blanc, P.F. Lyon, G. Vogt, M. Marchiani, J.L. Fischer and M. Aragno. 1996. Isolation of *Thermus* strains from hot composts (60 to 80 degrees C°). **Appl. Environ. Microbiol.** 62: 1723–1727.

Brock, T.D., M.T. Madigan, J.M. Martinko and J. Parker. 1994. **Biology of Microorganism.** Prentice Hall, Inc., New Jersey.

Carmichael, J. W., W. Brycekendrick, I. L. Conners and Lynne Sigler. 1980. **Genera of Hyphomycetes**. The Uni of Abberta Press, Abberta.

Chang, Y. and H.J. Hudson. 1967. The fungi of wheat strow compost : I. Ecological studies. **Trans. Br. Mycol. Soc**. 11(50): 649-666.

Derikx, P.J.L., G.A.H. de Jong, H.J.M. Op den Camp, C. van der Drift, L.J.L.D. van Griensven and G.D. Vogels. 1989. Isolation and characterization of thermophilic methanogenic bacteria from mushroom compost. **FEMS Microbiol. Ecol**. 62 : 251–258.

Du, J.V. 1962. **Ecology and Silviculture of Mangrove.** Yale Univ. School of Forest, New Heaven. 26 p.

Fumihito, M. and K. Iwabuchi. 2005. Effect of high compost temperature on enzymatic activity and species diversity of culturable bacteria in cattle manure compost. **Biores. Technol**. 96: 1821–1825.

Gerard, J. Tortora, R. Funke Berdell and L. Case Christine. 2004. **Microbiology an Introduction**. 8th ed. Benjamin Cumming Plubl. Pearson Education. Inc., San Fancisco.

Gino, H., M.G. Antonia and Y. Bashan. 1992. Two new nitrogen-fixing bacteria from the rhizosphere of mangrove trees: Their isolation, identification and in vitro interaction with rhizosphere *Staphylococcus* sp. **FEMS Microbiol. Lett**. 101(3): 207-216.

Gray K.R., K. Sherman and A.J. Biddlestone. 1971. A review of composting Part 1. **Procress Biochemistry**. 6(6): 32-36.

Haruta, S., M. Kondo, K. Nakamura, H. Aiba, S. Ueno, M. Ishii and Y. Igarashi. 2002. Microbial community changes during organic solid waste treatment analyzed by double gradient-denaturing gradient gel electrophoresis and fluorescence *in situ* hybridization. **Appl. Microbiol. Biotechnol**. 60: 224–231.

Haug, R.T. 1993. **The practical handbook of compost engineering**. Lewis Publishers, Boca Raton.

Hesse,P.R. 1961. Some difference betaween the soil of rhizophora and avicennia mangrove swamps in Seirra Leeone. **Plant and Soil**. 14(4): 335-346.

Hutchings, P. and P. Saenger. 1987. **Ecology of Mangroves.** Univ. of Queensland Press, Rockhampton. 135 p.

Jan, K. and K. Erika. 1979. **Marine Mycology**. Academic Press, Inc., New York.

Kristin, V.G., J. Mergaert, J. Swings, J. Coosemans and J. Ryckeboer. 2003. Bioremediation of diesel oil-contaminated soil by composting with biowaste. **Environ. Pollut**. 125: 361-368.

Nakamura, K., S. Haruta, H.L. Nguyen, M. Ishii and Y. Igarashi. 2004. Enzyme production-based approach for determining the function of microorganisms within a community. **Appl. Environ. Microbiol**. 70: 3329–3337.

Odum, W.E. and C.C. Mclvor. 1990. Mangrove, Cited by M.S. Dennis and J.F. Berry. **Wetland Guide to Science, Low and Technology.** Noyes Publications, United States of America. 439 p.

Paul, E.A. and F.E. Clark. 1996. **Soil microbiology and biochemistry.** Academic Press, San Diago.

Ryckeboer, J., J. Mergaert, K. Vaes, S. Klammer, D. de Clercq, J. Coosemans, H. Insam and J. Swings. 2003. A survey of bacteria and fungi occurring during composting and self-heating processes**. Ann. Microbiol**. 53: 349–410.

Schimper, A.F.W. 1903. **Plant Geogrsphy on a Physiological Basic**. Oxford Univ. Press, Oxford. 839 p.

Strom, P.E. 1985. Effect of temperature on bacterial species diversity in themophilic solid-waste composting. **Appl. Environ. Microbiol**. 50: 899-905.

Stuetzenberger, F.J., A.J. Kaufman and R.D. Lossin. 1970. Cellulolytic activity in municipal solid waste composting. **Can. J. Microbiol**. 16: 553-560.

Updegraff, D.M. 1972. Microbiological aspects of solid-waste composting. **Develop. Ind. Microbiol**. 13: 16-23.

Williams, S.T., M. Goodfellow and G. Alderson. 1989. Genus Streptomyces. In S.T. Williams, M.E. Sharpe and J.G. Holt(eds.). **Bergey's Manual of Determinative Bacteria. Vol 4.** Williams & Wilkins, Baltimore, USA. 2452-2492.

Yusaku, M. and S. Kume. 1991. Isolation and identification of thermophilic bacteria from sewage sludge compost. **J. Ferment. Bioeng**. 72(5): 334-337.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. อาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121° C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

1.1 Standard plate count agar (PCA)

Tryptone	5	g
Glucose	1	g
Yeast extract	2.5	g
Agar	15	g
Distilled water	1000	ml

1.2 0.1% peptone water

Peptone	1	g
Distilled water	1000	ml

1.3 Potato dextrose agar (PDA)

Potato	200	g
Dextrose	20	g
Agar	15	g
Distilled water	1000	ml

เตรียมสารละลาย โดยชั่งมันฝรั่งหั่นชิ้นประมาณ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร 200 g ใส่ในภาชนะและเติมน้ำกลั่นปริมาตร 500 ml นำไปต้มจนเดือดนาน 15 นาที และ นำมากรองเอาเฉพาะส่วนของเหลวมาใช้ เติม Dextrose และ agar แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเท่ากับ 1000 ml นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121° C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

1.4 Starch casein agar (SCA)

Soluble starch	10	g
Casein	0.3	g
Potassium nitrate (KNO_3)	2	g
NaCl	2	g
Dipotassium hydrogen phosphate (K_2HPO_4)	2	g
Magnesium sulfate, hydrate ($MgSO_4.7H_2O$)	0.05	g
Calcium carbonate ($CaCO_3$)	0.02	g
Ferrous sulfate, hydrate ($FeSO_4.7H_2O$)	0.01	g
Agar	15	g
Distilled water	1000	ml

1.5 Glucose yeast extract agar

Glucose	10	g
Yeast extract	10	g
Agar	15	g
Distilled water	1000	ml

ปรับ pH เป็น 7.0

1.6 Oatmeal agar

ข้าวโอ๊ต	20	g
Agar	18	g
Distilled water	1000	ml
Trace salt solution	1	ml

** Trace salt solution*

$FeSO_4.7H_2O$	0.1	g
$MnCl_2.4H_2O$	0.1	g
$ZnSO_4.7H_2O$	0.1	g
Distilled water	100	ml

ปรับ pH เป็น 7.0

เตรียมสารละลายข้าวโอ๊ต โดยชั่งข้าวโอ๊ต 20 g ใส่ในภาชนะและเติมน้ำกลั่นปริมาตร 500 ml หรือเหมาะสม นำไปต้มเดือดนาน 15 นาที กรองเอาเฉพาะส่วนของเหลวมาเติม trace salt solution และagar แล้วทำการปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตรเท่ากับ 1000 ml นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121° C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2. <u>อาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของเชื้อแบคทีเรีย</u>

สูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ นำไปนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121° C ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว นาน 15 นาที

2.1 Nutrient agar

Beef extract	3.0	g
Peptone	5.0	g
Agar	15.0	g
Distilled water	1000	ml

ปรับ pH เป็น 6.8-7.0

2.2 Motility test medium

Tryptone	10.0	g
Sodium chloride	5.0	g
Agar	5.0	g
Distilled water	1000	ml

ปรับ pH เป็น 7.2 ± 0.2

2.3 Nitrate broth

Bacto – Beef extract	3.0	g
Bacto – Peptone	5.0	g
Potassium nitrate	1.0	g
Distilled water	1000	ml

2.4 Simmons' citrate agar

$MnSO_4$	0.2	g
$(NH_4) H_2 PO_4$	1.0	g
K_2HPO_4	1.0	g
NaCl	5.0	g
Sodium citrate	2.0	g
Bacto – Bromthymol blue	0.08	g
Bacto – Agar	15.0	g
Distilled water	1000	ml

ปรับ pH เป็น 6.8 ที่ 25° C

2.5 Tryptone broth

Tryptone	10.0	g
Distilled water	1000	ml

2.6 TSI agar (Triple susar iron agar)

Bacto - Beef extract	3.0	g
Bacto - Peptone	15.0	g
Bacto - Yeast extract	3.0	g
Proteose peptone	5.0	g
Bacto - Lactose	10.0	g
Bacto - Dextrose	1.0	g
Saccharose	10.0	g
Sodium chloride	5.0	g
Ferrous sulfate	0.2	g
Sodium thiosulfate	0.3	g
Bacto phenal red	0.024	g
Bacto - Agar	12.0	g
Distilled water	1000	ml

2.7 Anaerobic agar

Tryptone	20.0	g
Glucose	10.0	g
NaCl	5.0	g
Sodium Thioglucollate	2.0	g
Sodium formaldehyde Sulfoxylate	1.0	g
Agar	15.0	g
Distilled water	1000	ml

ปรับ pH เป็น 7.2 ที่ 25° C

3. <u>สารเคมีที่ใช้ทดสอบคุณสมบัติในการจำแนกเชื้อ</u>

3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการสร้างเอนไซม์ catalase

3.1.1 3% H_2O_2

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการสร้างเอนไซม์ oxidase

3.2.1 1% tetramethyl paraphenylene diamine hydrochloride

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการสร้างอินโดล

3.3.1 Kovac's solution

3.4 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติการรีดิวซ์ไนเตรท

3.4.1 Sulfanilic acid

3.4.2 α- napthylamine

3.4.3 ผงสังกะสี

4. สารเคมีและน้ำยาที่ใช้ย้อมแกรม และย้อม slide culture

4.1 crystal violet

4.2 Gram's iodine

4.3 alcohol 95%

4.4 safranin O

4.5 lactophenal cotton blue

5. สารเคมีและน้ำยาที่ใช้ศึกษาชนิดของ diaminopimelic acid ของแอคติโนมัยซีส

5.1 6 N HCl

5.2 0.2 % ninhydrin ใน acetone

5.3 สารละลายสำหรับทำ paper chromatography

(อัตราส่วนโดยปริมาตร methanal : 6 N HCl : pyridine : H_2O = 80 : 4 : 10 : 26)

ภาคผนวก ข

1. การทดสอบคุณสมบัติทางชีวเคมีของจุลินทรีย์

1.1 Catalase test

เป็นการทดสอบเพื่อจัดจำแนกแบคทีเรียที่สามารถผลิตเอนไซม์ catalase โดยปกติในกระบวนการหายใจแบบใช้ออกซิเจน แบคทีเรียส่วนใหญ่สามารถผลิตเอนไซม์นี้ได้เพื่อย่อยสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้แตกออก และให้ก๊าซออกซิเจนและน้ำ การทดสอบว่าแบคทีเรียผลิตเอนไซม์ catalase หรือไม่ ทำได้โดยใช้เข็มเขี่ยโคโลนีของเชื้อที่ต้องการทดสอบ แตะลงบนแผ่นสไลด์ที่สะอาด แล้วหยดน้ำยา 3% ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ลงบนเชื้อที่อยู่บนแผ่นสไลด์สังเกตุฟองก๊าซที่เกิดขึ้นทันที

การอ่านผล + : มีฟองเกิดขึ้นทันที

- : ไม่มีฟองเกิดขึ้น

1.2 Oxidase test

เป็นการทดสอบการผลิตเอนไซม์ Cytochrome oxidase ของแบคทีเรียบางชนิด แบคทีเรียกลุ่มแอโรปส์มีกระบวนการ oxidative phosphorylation สำหรับกระบวนการหายใจและใช้พลังงาน ในระหว่างกระบวนการดังกล่าวเกิดขึ้น มีการถ่ายเทอิเลคตรอนให้แก่ออกซิเจนโดยกระบวนการขนส่งอิเลคตรอน ซึ่งอาศัยการทำงานของไซโตโครมต่างๆ ผลผลิตที่เกิดขึ้นคือน้ำ ในแบคทีเรียมีไซโตโครมมากมายที่ทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ oxidase ตัวสุดท้ายในการถ่ายเทอิเลคตรอนให้กับออกซิเจน การทดสอบการมีเอนไซม์ Cytochrome oxidase ของแบคทีเรียทำโดยใช้ 1% tetramethyl paraphenylene diamine hydrochloride หยดลงกระดาษกรองปราศจากเชื้อ จากนั้นเขี่ยเชื้อที่ต้องการทดสอบมาขีดลงบนกระดาษกรอง หากแบคทีเรียมีเอนไซม์ oxidase สีของแบคทีเรียที่ขีดบนกระดาษจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้มหรือม่วง ภายใน 10 วินาที (ไม่ควรใช้เข็มเขี่ยเชื้อที่เป็นเหล็ก หรือนิโครม ซึ่งอาจให้ผลบวกได้)

การอ่านผล + : เกิดสีน้ำเงินเข้มหรือสีม่วงบนกระดาษกรอง

- : ไม่เกิดการเปลี่ยนสีบนกระดาษกรอง

1.3 Motility test

เป็นการทดสอบความสามารถในการเคลื่อนที่ของเชื้อ จากการที่เชื้อมีแฟลกเจลล่าทำให้เชื้อสามารถเคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ออกจากบริเวณเดิมไปยังบริเวณใหม่ ซึ่งจะเกิดการเจริญและแบ่งตัวบริเวณนั้น การทดสอบโดยการเพาะเชื้อลงบนอาหาร motility test medium โดยการ stab ตรงๆ 1 ครั้ง ประมาณ 2/3 ของความสูงของอาหาร บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 ° C 18-24 ชั่วโมง

การอ่านผล + : เห็นการเจริญของเชื้อออกนอกรอย stab หรือไม่มีรอยการเจริญที่ชัดเจนบริเวณรอย stab แต่อาหารเลี้ยงเชื้อขุ่น

\- : เห็นการเจริญของเชื้อเฉพาะบริเวณรอย stab

1.4 Citrate utilization test

ใช้ในการจัดจำแนกแบคทีเรียแกรมลบโดยอาศัยความสามารถในการใช้ซิเตรต (citrate) เป็นแหล่งคาร์บอน และแหล่งพลังงาน โดยแบคทีเรียที่สามารถใช้ซิเตรต จะผลิตเอนไซม์ citriase ย่อยซิเตรตให้ผลผลิตเป็นออกซาโลอะซิเตต และอะซิเตต และมีเอนไซม์อีกชนิดหนึ่งคือ oxaloacetate decaboxylase ซึ่งย่อยอะซิเตตไปเป็นไพรูเวต และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับโซเดียมและน้ำ ได้โซเดียมคาร์บอเนตและสารประกอบที่มีฤทธิ์เป็นด่าง ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อมี pH สูงขึ้น และสีของอินดิเคเตอร์บรอมไธมอลบลูจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน การทดสอบโดยเพาะเลี้ยงเชื้อบนอาหาร Simmons' citrate agar บ่มที่อุณหภูมิ 35 ° C 24 ชั่วโมง

การอ่านผล + : อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อเจริญ เปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน

\- : อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีเชื้อเจริญไม่เปลี่ยนสี

1.5 Indole test

เป็นการทดสอบความสามารถของแบคทีเรียในการผลิตอินโดล จากทริปโตเฟน จากอาหารเลี้ยงเชื้อ indole broth เมื่อทริปโตเฟนถูกออกซิไดซ์โดยแบคทีเรีย ให้ indole, skatole และ indoleacetic acid ซึ่งสามารถตรวจสอบผลที่ได้จากการตรวจสอบอินโดล โดยใช้ alcoholic *p*-dimethylaminobenzaldehyde โดยอินโดลจะทำปฏิกิริยากับอัลดีไฮด์ให้ผลผลิตเป็นสีแดงในส่วนที่เป็นแอลกอฮอล์ ปัจจุบันมีรีเอเจนต์ 2 ชนิด ที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ Kovac's reagent และ Ehrlich's reagent Ehrlich's reagent มีความไวกว่า Kovac's reagent และใช้ทดสอบอินโดลที่ผลิตได้จากแบคทีเรียกลุ่มแอนแอร์โรปส์ และกลุ่ม nonfermentative Gram negative bacteria ส่วน Kovac's reagent มักใช้จำแนกแบคทีเรียวงศ์ Enterobacteriaceae การทดสอบโดยเพาะเลี้ยงเชื้อลงในอาหาร Tryptone broth บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 ° C 18-24 ชั่วโมง อ่านผลโดยหยด Kovac's reagent

ลงในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ 5 หยด เขย่าเบาๆ สังเกตุสีที่เกิดขึ้น ถ้าใช้ Ehrlich's reagent ขั้นแรกใส่อีเทอร์ 1 ml เขย่าเบาๆ แล้วหยดรีเอเจนต์ 5 หยด

การอ่านผล + : สีของรีเอเจนต์เปลี่ยนเป็นสีแดง

- : สีของรีเอเจนต์ไม่เปลี่ยนแปลง

1.6 Nitrate และ Nitrite test

เป็นการทดสอบความสามารถของเชื้อในการรีดิวส์ไนเตรตให้เป็นไนไตรต์ หรือก๊าซไนโตรเจน แบคทีเรียที่หายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน และใช้อนินทรีย์สาร เช่น ไนเตรต เป็นตัวรับอิเลคตรอนแทนออกซิเจน แบคทีเรียบางชนิดสามารถรีดิวส์ไนเตรตไปเป็นไนไตรต์ และรีดิวส์ไนไตรต์ไปเป็นแอมโมเนีย เช่น *Pseudomonas aeruginosa* ซึ่งเป็นแอร์โรปที่สามารถหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนได้ ดังสมการ

$$\underset{\text{Nitrate ion}}{NO_3^- + 2H^+ + 2e^-} \longrightarrow \underset{\text{nitrite ion}}{NO_2^- + H_2O} \longrightarrow \underset{\text{nitrous oxide}}{N_2O} \longrightarrow \underset{\text{nitrogen gas}}{N_2}$$

การทดสอบการรีดิวส์ไนเตรตของแบคทีเรีย แบ่งได้ 2 ขั้นตอน ขั้นแรก ตรวจสอบการรีดิวส์ไนเตรตไปเป็นไนไตรต์ โดยหลังทำการเพาะเลี้ยงเชื้อลงในอาหาร Nitrate broth แล้ว บ่มที่อุณหภูมิ 35-37 ° C 18-24 ชั่วโมง ทำการเติม 0.5% α- napthylamine และ 0.8% sulfanilic acid อย่างละ 5 หยด และสังเกตุการเปลี่ยนสีของอาหาร หากเกิดสารประกอบสีแดง (red azo dye) เกิดขึ้น จะให้ผลบวก แสดงว่าไนเตรตถูกรีดิวส์เป็นไนไตรต์ แต่ถ้าในขั้นแรกไม่เกิดสีแดง จะสามารถอธิบายได้ 2 ทาง คือไนเตรตไม่ถูกรีดิวส์ หรือไนเตรตถูกรีดิวส์เป็นไนไตรต์แล้ว และไนไตรต์ถูกรีดิวส์ต่อไปเป็นแอมโมเนีย หรือก๊าซไนโตรเจน ทำให้หาไนไตรต์ไม่พบ ขั้นที่ 2 ทำการตรวจสอบต่อโดยการเติมผงสังกะสี (zinc dust) ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อหลังทดสอบขั้นตอนแรก ถ้าขั้นแรกไนเตรตไม่ถูกรีดิวส์ ผงสังกะสีที่เติมลงไปจะทำปฏิกิริยาโดยรีดิวส์ไนเตรตไปเป็นไนไตรต์ ให้สีแดงเกิดขึ้น จะให้ผลการทดสอบเป็นลบ แสดงว่าแบคทีเรียไม่สามารถรีดิวส์ไนเตรตในอาหารให้เป็นไนไตรต์ได้ ถ้าไม่เปลี่ยนสี จะให้ผลการทดสอบเป็นบวก แสดงว่าแบคทีเรียสามารถรีดิวส์ไนไตรต์ต่อไปเป็นแอมโมเนีย หรือก๊าซไนโตรเจนได้

การอ่านผล + : มีสีแดงเกิดขึ้นในขั้นแรก หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเติมผงสังกะสี

- : มีสีแดงเกิดขึ้นเมื่อเติมผงสังกะสี

1.7 Triple sugar iron agar (TSI)

ใช้จำแนกแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน โดยใช้ความสามารถในการใช้น้ำตาลกลูโคส แลคโตส และซูโครส ของแบคทีเรีย ให้เกิดกรด หรือก๊าซ หรือในแบคทีเรียบางชนิดสามารถสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้

TSI agar ประกอบด้วย โปรตีน โซเดียมคลอไรด์ น้ำตาลกลูโคส แลคโตส และซูโครส แหล่งซัลเฟอร์ อินดิเคเตอร์ และวุ้น โดยในอาหารจะมีปริมาณน้ำตาลแลคโตส และซูโครสมากกว่าน้ำตาลกลูโคส 10 เท่า แบคทีเรียที่ใช้กลูโคสได้ในสภาวะที่ไม่มีอากาศโดยกระบวนการหายใจจะให้กรด ซึ่งอาหารจะเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเหลือง หรือมีกรดเกิดขึ้นเฉพาะที่ก้นหลอดมากกว่าบริเวณผิวหน้าอาหาร แบคทีเรียที่เจริญบนอาหารสามารถให้ผลผลิตเป็นด่างจากการใช้เปปโตนโดยวิธี oxidative decaboxylation ทำให้อาหารเลี้ยงเชื้อส่วนslant เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม ดังนั้นแบคทีเรียที่สามารถย่อยกลูโคสได้ แต่ไม่ย่อยแลคโตส และซูโครส จะเจริญบนผิวหน้าวุ้น เห็นเป็นสีแดง และสีเหลืองที่ก้นหลอด หลังบ่มเชื้อ 24 ชั่วโมง แบคทีเรียที่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตส หรือซูโครส (หรือทั้งสอง) รวมทั้งน้ำตาลกลูโคส จะให้ปริมาณกรดมากดังนั้น แม้จะเกิด oxidative deamination ที่ทำให้อาหารมีความเป็นด่าง แต่ค่า pH ไม่เพียงพอให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของสภาพความเป็นกรดได้ ดังนั้นในหลอดอาหารจึงมีสภาพเป็นกรดทั้งหลอด คือมีสีเหลืองทั้งหลอด สำหรับการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน สามารถสังเกตได้จากรอยแตก หรือฟองอากาศที่เกิดขึ้นในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ ส่วนก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เกิดจากกระบวนการรีดักชั่นของ thiosulfate ซึ่งเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ดังนั้นตรวจสอบโดยใช้ ferric ammonium sulfate (อินดิเคเตอร์) เมื่อเกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จะรวมตัวกับ ferric ion เกิดเป็นตะกอนสีดำ เรียกว่า เฟอร์รัสซัลไฟด์ กระบวนการดังกล่าวจะเกิดในสภาวะที่เป็นกรดเท่านั้น และเกิดที่ก้นหลอด

การทดสอบ ขีดเชื้อที่จะทดสอบบนผิวหน้าอาหาร และแทง (stab) ปลายเข็มเขี่ยเชื้อในตอนแรกลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ ประมาณ 2 ใน 3 ของอาหารถึงก้นหลอด บ่มที่ 37 ° C 18-24 ชั่วโมง และอ่านผล

การอ่านผล K/A : แบคทีเรียย่อยกลูโคสอย่างเดียว ผิวหน้าวุ้นเปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม (alkaline/K) ก้นหลอดสีอาหารเปลี่ยนเป็นสีเหลือง (acid/A)

A/A : แบคทีเรียสามารถหมักย่อยน้ำตาลกลูโคสและแลคโตส หรือกลูโคสกับซูโครส หรือสามารถย่อยน้ำตาลได้ทั้ง 3 ชนิด ดังนั้นที่ผิวหน้า และที่ก้นหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อจะเปลี่ยนสีอาหารเลี้ยงเชื้อจากสีส้มแดง เป็นสีเหลืองทั้งหลอด

N/N, K/N, K/K : แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

Gas + : เกิดก๊าซ สามารถสังเกตได้จากรอยแตก หรือฟองอากาศที่เกิดขึ้นในอาหารเลี้ยงเชื้อ

H_2S + : เกิดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เกิดเป็นตะกอนสีดำของเฟอร์รัสซัลไฟด์ เกิดที่ก้นหลอด

ภาคผนวก ค

<u>ตารางผนวกที่ ค1</u> ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	1G0	2G0	3G0	4G0	5G0	1G3	2G3	3G3	4G3	5G3	1G10	2G10	3G10	6G10	1G17
การติดสีแกรม	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Motility	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	aerobe	facultative anaerobe	aerobe	ND	facultative anaerobe	aerobe	aerobe	ND	ND	ND	ND	ND	aerobe	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	N/N	K/K	N/N	N/N	N/N	K/N	K/K	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N	K/K	K/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	unidentify	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	unidentify	*Xanthomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp	*Bacillus* sp.

<u>หมายเหตุ</u> G คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ และหมายเลขตามหลังอักษร G หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	2G17	3G17	4G17	5G17	6G17	7G17	10G17	11G17	12G17	14G17	1G24	2G24	5G24	6G24	7G24
การติดสีแกรม	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-
Motility	+	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	ND	ND	ND	aerobe	aerobe	ND	aerobe	ND	ND	ND	ND	aerobe	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/K	K/K	K/N	K/N	K/K	N/N	N/N	K/K	N/N	N/N	K/K	K/K	N/N	N/N	N/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ G คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ และหมายเลขตามหลังอักษร G หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	8G24	11G24	1G31	3G31	4G31	5G31	7G31	8G31	9G31	11G31	13G31	1G38	2G38	3G38	4G38
การติดสีแกรม	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Motility	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	aerobe	aerobe	aerobe	ND	aerobe	aerobe	aerobe	ND	ND	ND	facultative anaerobe	ND	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	N/N	K/K	N/N	K/K	N/N	N/N	N/N	K/K	N/N	K/K	N/N	K/N	K/N	K/N	N/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	unidentify	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ G คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ และหมายเลขตามหลังอักษร G หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	5G38	6G38	7G38	8G38	9G38	10G38	11G38	12G38	1G45	3G45	4G45	5G45	6G45	7G45	8G45
การติดสีแกรม	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
oxidase test	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
Motility	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	aerobe	aerobe	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/K	K/K	K/K	K/K	N/N	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/N	N/N	K/N	N/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ G คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ และหมายเลขตามหลังอักษร G หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ							
	1G52	2G52	3G52	4G52	5G52	6G52	7G52	8G52
การติดสีแกรม	+	+	-	+	+	+	+	-
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	-	+	+	+	+	-
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	-	+	+	+	+	+
Motility	+	-	+	+	+	+	-	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	+	-	+	-	-	-
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	aerobe	ND	ND	ND	ND	facultative anaerobe
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	N/N	N/N	K/N	N/N	K/N	K/K	N/N	K/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	unidentify

หมายเหตุ G คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากขยะในหลุมฝังกลบขยะ และหมายเลขตามหลังอักษร G หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

<u>ตารางผนวกที่ ค2</u> ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินส่วนบนของหลุมฝังกลบขยะสด

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	1SB0	2SB0	3SB0	4SB0	5SB0	1SB3	2SB3	3SB3	4SB3	5SB3	2SB10	3SB10	4SB10	5SB10	2SB17
การติดสีแกรม	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
catalase test	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Motility	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	-	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	+	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	aerobe	ND	ND	ND	ND	ND	ND	aerobe	ND	ND	aerobe	ND	ND	ND	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/N	K/K	N/N	N/N	N/N	K/K	N/N	K/K	K/N	N/N	K/N	K/N	N/N	K/K	N/N
จีนัส	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.

<u>หมายเหตุ</u> SB คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินส่วนบนของหลุมฝังกลบขยะสด และหมายเลขตามหลังอักษร SB หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	3SB17	4SB17	1SB24	2SB24	3SB24	4SB24	5SB24	1SB31	2SB31	3SB31	4SB31	1SB38	2SB38	3SB38	4SB38
การติดสีแกรม	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	-	+	-	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	+
Motility	+	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	-
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+
Nitrate reduction	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	ND	aerobe	aerobe	ND	ND	aerobe	ND	ND	aerobe	ND	ND	ND	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	N/N	K/K	N/N	K/N	K/K	K/K	K/N	K/N	N/N	K/N	K/K	N/N	K/N	N/N	K/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ SB คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินส่วนบนของหลุมฝังกลบขยะสด และหมายเลขตามหลังอักษร SB หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค2 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ							
	5SB38	1SB45	2SB45	3SB45	1SB52	2SB52	3SB52	4SB52
การติดสีแกรม	+	+	+	-	+	+	-	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	+	-	+	+	-	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+	-	+	+	+
Motility	+	+	+	+	+	+	+	-
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	+	-	+	+	-	+	+	+
Nitrate reduction	+	+	-	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	ND	facultative anaerobe	ND	ND	facultative anaerobe	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/N	K/K	K/N	K/K	N/N	K/N	K/K	K/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	unidentify	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	unidentify	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ SB คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินส่วนบนของหลุมฝังกลบขยะสด และหมายเลขตามหลังอักษร SB หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

<u>ตารางผนวกที่ ค3</u> ลักษณะทางสรีระวิทยาและชีวเคมีบางประการของเชื้อแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	$1R_10$	$2R_10$	$3R_10$	$4R_10$	$1R_20$	$2R_20$	$3R_20$	$4R_20$	$1R_13$	$2R_13$	$3R_13$	$4R_13$	$5R_13$	$1R_23$	$2R_23$
การติดสีแกรม	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	-	+	+	+	-	+	+	+	-	-	+	+	-
Motility	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	-
Nitrate reduction	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	aerobe	aerobe	aerobe	ND	aerobe	ND	ND	ND	aerobe	aerobe	aerobe	aerobe	aerobe
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	N/N	N/N	N/N	K/N	K/K	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N	K/K	N/N	K/K	K/K	N/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Xanthomonas* sp.

<u>หมายเหตุ</u> R คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง และหมายเลขตามหลังอักษร R หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	$3R_2 3$	$4R_2 3$	$5R_2 3$	$1R_1 10$	$2R_1 10$	$3R_1 10$	$5R_1 10$	$1R_2 10$	$2R_2 10$	$3R_2 10$	$4R_2 10$	$1R_1 17$	$2R_1 17$	$1R_2 17$	$2R_2 17$
การติดสีแกรม	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	-	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	-	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Motility	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	+	-	-	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Nitrate reduction	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	aerobe	ND	aerobe	ND	aerobe	ND	aerobe	ND	ND	ND	ND	ND	ND	aerobe	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/K	K/K	K/K	N/N	N/N	K/N	K/K	N/N	K/K	K/N	K/K	N/N	N/N	N/N	N/N
จีนัส	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Xanthomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ R คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง และหมายเลขตามหลังอักษร R หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	$3R_2$17	$1R_1$24	$2R_1$24	$3R_1$24	$6R_1$24	$1R_2$24	$2R_2$24	$4R_2$24	$2R_1$31	$3R_1$31	$5R_1$31	$6R_1$31	$1R_2$31	$2R_2$31	$3R_2$31
การติดสีแกรม	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	-	-	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
catalase test	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Motility	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Nitrate reduction	-	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	aerobe	aerobe	ND	aerobe	aerobe	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	aerobe
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/K	K/N	N/N	K/K	N/N	K/N	K/K	K/K	N/N
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.

หมายเหตุ R คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง และหมายเลขตามหลังอักษร R หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ														
	$1R_138$	$2R_138$	$3R_138$	$4R_138$	$1R_238$	$2R_238$	$4R_238$	$1R_145$	$2R_145$	$4R_145$	$1R_245$	$2R_245$	$1R_152$	$2R_152$	$3R_152$
การติดสีแกรม	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+	+	+	+	+	+
catalase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Motility	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
Indole	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Citrate	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	+	-	+	-	+
Nitrate reduction	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	aerobe	ND	ND	aerobe	ND	ND	aerobe	ND	aerobe	ND	ND	ND	ND	ND	ND
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/K	K/N	K/N	K/K	K/K	K/N	K/K	K/N	K/K	K/K	K/N	K/K	K/N	K/K	N/N
จีนัส	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.

หมายเหตุ R คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง และหมายเลขตามหลังอักษร R หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

\+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)

ตารางผนวกที่ ค3 (ต่อ)

คุณสมบัติ	รหัสเชื้อ			
	$4R_152$	$1R_252$	$2R_252$	$3R_252$
การติดสีแกรม	+	+	+	-
รูปร่าง	ท่อน	ท่อน	ท่อน	ท่อน
การสร้างสปอร์	+	+	+	-
catalase test	+	+	+	+
oxidase test	+	+	+	+
Motility	+	+	+	+
Indole	-	-	-	-
Citrate	-	-	+	+
Nitrate reduction	+	+	+	+
ความต้องการออกซิเจนในการเจริญ	ND	ND	ND	aerobe
TSI (ไม่ผลิต H_2S)	K/K	K/K	K/N	K/K
จีนัส	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Bacillus* sp.	*Pseudomonas* sp.

หมายเหตุ R คือ แบคทีเรียที่คัดแยกได้จากดินป่าชายเลนบริเวณหลุมอ้างอิง และหมายเลขตามหลังอักษร R หมายถึงระยะเวลาการฝังกลบ

+ คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลบวก, - คือ ผลตรวจทางชีวเคมีของเชื้อให้ผลลบ, ND คือ not determined

N/N, K/N, K/K คือ แบคทีเรียไม่สามารถใช้น้ำตาลชนิดใดได้เลย (N คือ ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีอาหารเลี้ยงเชื้อ, K คือ เปลี่ยนเป็นสีแดงเข้ม)