

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดและองค์ประกอบของมูลฝอย

มูลฝอยที่เกิดขึ้นในชุมชนอาจจำแนกตาม พัทรี หอวิจิตร (2536) ได้ดังนี้

2.1.1 เศษอาหาร (food waste หรือ garbage) ได้แก่ เศษผักผลไม้ และเนื้อสัตว์ที่เหลือทิ้งจากการเตรียมอาหาร การปรุงอาหาร และการบริโภคแล้ว คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของมูลฝอยชนิดนี้คือ จะย่อยสลายและเน่าเปื่อยได้เร็วมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีอากาศร้อน การเน่าเปื่อยของมูลฝอยชนิดนี้จะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้น นอกจากเขตที่อยู่อาศัยแล้ว แหล่งที่เกิดเศษอาหารปริมาณมาก ๆ ได้แก่ โรงอาหาร ภัตตาคาร โรงพยาบาล เรือนจำ และตลาดทั้งที่ขายปลีกและขายส่ง

2.1.2 มูลฝอยแห้ง (rubbish) ได้แก่ มูลฝอยจากอาคารบ้านเรือนที่แยกเศษอาหารและมูลฝอยที่เน่าเปื่อยได้ง่ายออกแล้ว มูลฝอยชนิดนี้จะประกอบด้วยวัสดุทั้งที่เผาไหม้ได้และเผาไหม้ไม่ได้ วัสดุที่เผาไหม้ได้ เช่น กระดาษ กระดาษแข็ง ทำกล่อง พลาสติก เศษผัก ขาง หนั ง ไม้ เครื่องเรือน และเศษใบไม้ กิ่งไม้ ส่วนวัสดุที่เผาไหม้ไม่ได้ เช่น แก้ว กระเบื้อง กระจกบรรจุอาหาร ภาชนะอะลูมิเนียม เหล็กและโลหะอื่น ๆ รวมทั้งฝุ่นละออง

2.1.3 ขี้เถ้าและสารตกค้าง (ashes and residues) ได้แก่ วัสดุที่หลงเหลืออยู่จากการเผาไหม้ของไม้ ถ่านหิน หรือขยะที่เผาไหม้ได้ การเผาไหม้เหล่านี้มักเกิดขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความอบอุ่นในบ้าน การปรุงอาหาร การทำลายมูลฝอย ส่วนประกอบขี้เถ้าและสารตกค้าง คือฝุ่น ขี้เถ้า ที่เหลืออยู่หลังการเผาไหม้และสารที่ตกค้างอยู่ ซึ่งไม่อาจเผาไหม้ได้ เช่น แก้ว กระเบื้อง และโลหะต่าง ๆ

2.1.4 มูลฝอยจากการทำลายตึกและการก่อสร้าง (demolition and construction waste) ในการทำลายตึกและการก่อสร้างจะเกิดมูลฝอยในปริมาณมากมาย มูลฝอยจากกิจกรรมนี้จัดเป็นมูลฝอยแห้งประเภทหนึ่งที่ประกอบด้วย ฝุ่น หิน คอนกรีต อิฐ ปูน ไม้ โลหะต่าง ๆ อุปกรณ์ในการต่อท่อ น้ำ และสายไฟ ฯลฯ

2.1.5 มูลฝอยพิเศษ (special waste) ได้แก่ มูลฝอยที่ได้จากการกวาดถนน จนถึงมูลฝอยริมถนนที่ผู้คนเดินผ่านไปมาทิ้งไว้ สัตว์ที่ตายแล้ว และรถหมดสภาพใช้วิ่งไม่ได้แล้ว

2.1.6 มูลฝอยจากการประปาและโรงบำบัดน้ำเสีย (treatment plant wastes) ได้แก่ ตะกอนที่ทิ้งออกจากระบบประปา และระบบบำบัดน้ำเสียมีลักษณะเป็นโคลนตะกอน

2.1.7 มูลฝอยจากเกษตรกรรม (agricultural wastes) ได้แก่ มูลฝอยที่เหลือทิ้งจากกระบวนการเกษตรกรรมทั้งหลาย เช่น การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวพืช ผัก ผลไม้ การเลี้ยงสัตว์ การรีดนมวัว และการฆ่าสัตว์

2.1.8 สารพิษ (hazardous waste) ได้แก่ สารใดๆ ที่จะเป็นโทษต่อชีวิตมนุษย์ พืชและสัตว์ ทั้งแบบเฉียบพลัน และ/หรือในระยะยาว สารเหล่านี้พบในหลายรูปแบบ เช่น สารเคมีอันตราย วัตถุระเบิด สารไวไฟ หรือสารกัมมันตรังสี

Lohani และ Boonthanon (1985) ได้ศึกษาคุณสมบัติของมูลฝอยและปฏิกิริยาที่ได้จากการหมักมูลฝอยในเขตเทศบาลกรุงเทพมหานคร โดยใช้ตัวอย่างมูลฝอยจากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช และหนองแขม ซึ่งได้เก็บตัวอย่างมาศึกษาเป็น 2 ระยะ คือ ระหว่างวันที่ 17-26 มิถุนายน และ 15-26 กรกฎาคม 2528 สรุปผลเป็นค่าเฉลี่ยของทั้งสองแห่ง (ดังตารางที่ 1, 2, 3 และ 4) ได้ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยจากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช และหนองแขม คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

องค์ประกอบ	ร้อยละ
1. พวกละไฟไหม้ได้ (combustible)	80.95
กระดาษ (paper)	13.61
สิ่งทอ (textile)	4.80
มูลฝอยสด (garbage)	39.18
เศษไม้และเศษหญ้า (wood & grass)	8.85
พลาสติก (plastics)	13.08
ยางและหนังสัตว์ (rubber & leather)	1.43
2. พวกละไฟไหม้ไม่ได้ (incombustible)	
โลหะ (metal or ferrous)	6.01
อโลหะ (non-ferrous)	1.64
แก้ว (glass)	0.31
หิน & เศษกระเบื้อง & กระจก	1.05
(stones & ceramics & bones)	3.01
3. อื่น ๆ (miscellaneous)	13.04

ที่มา : Lohani and Boonthanon (1985)

ตารางที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ยองค์ประกอบของมูลฝอยจากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุชและหนองแขม คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น (moisture content)	56.54
ส่วนที่เป็นขี้เถ้า (ash content)	11.56
ส่วนที่เผาไหม้ได้ (combustible content)	31.90

ที่มา : Lohani and Boonthanon (1985)

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของธาตุต่าง ๆ ในมูลฝอยเปียก จากโรงงานกำจัดมูลฝอยอ่อนนุช และหนองแขม คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักเปียก

องค์ประกอบ	ร้อยละ
คาร์บอน (carbon)	15.85
ไฮโดรเจน (hydrogen)	2.35
ไนโตรเจน (nitrogen)	0.53
ออกซิเจน (oxygen)	12.79
ซัลเฟอร์ (sulfur)	0.12
คลอรีน (chlorine)	0.25

ที่มา : Lohani and Boonthanon (1985)

ตารางที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางเคมีของปุ๋ยหมักภายหลังจากร่อนแล้ว จากโรงงานกำจัดมูลฝอย อ่อนนุช และหนองแขม คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น (moisture content)	31.11
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total $P_2 O_5$ dry basis)	0.60
โปตัสเซียมทั้งหมด (total $K_2 O$ dry basis)	0.58
ไนโตรเจนทั้งหมด (total N dry basis)	0.83

ที่มา : Lohani and Boonthanon (1985)

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2535) ได้ศึกษาองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยจากเทศบาลต่าง ๆ (ตารางที่ 5) ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ยองค์ประกอบทางกายภาพของมูลฝอยจากเทศบาลต่าง ๆ คิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก

องค์ประกอบทางกายภาพ	ขอนแก่น	นครราชสีมา	เชียงใหม่	ลำปาง	ชลบุรี	อยุธยา	ภูเก็ต	สุราษฎร์ธานี
เศษอาหาร	52.20	44.60	59.32	53.16	63.25	49.50	49.10	50.00
กระดาษ	1.69	17.20	10.69	7.59	5.25	3.90	15.20	13.30
พลาสติก	4.06	10.66	11.58	9.01	4.50	11.76	12.00	13.97
ยาง	4.72	1.60	0.95	1.59	1.88	1.80	0.50	0.85
หนัง	-	-	3.55	2.56	3.13	2.70	0.50	0.85
เศษผ้า	7.55	1.28	1.42	2.30	1.25	3.15	3.10	1.70
ใบไม้ กิ่งไม้	2.83	1.26	2.49	5.65	5.76	10.90	1.20	8.50
แก้ว/หิน	13.94	1.05	3.19	2.74	2.50	2.67	10.20	5.11
กระป๋อง	-	-	0.42	5.30	5.00	2.06	2.50	1.28
โลหะ	6.60	1.05	5.64	8.12	5.00	5.45	1.20	2.98
อื่น ๆ	6.41	21.30	0.75	1.95	2.48	6.11	5.00	1.46

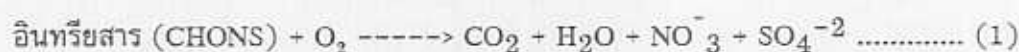
ที่มา : สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2535)

2.2 การหมักทำปุ๋ย (composting)

การหมักมูลฝอยเพื่อทำเป็นปุ๋ยนั้น เป็นการอาศัยกระบวนการทางชีววิทยาของจุลินทรีย์ ซึ่งสามารถย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ให้เป็นแร่ธาตุที่ค่อนข้างคงรูป และมีคุณค่าในทางเป็นปุ๋ยสำหรับบำรุงดินให้เป็นประโยชน์แก่พืชต่อไป มูลฝอยที่หมักได้ที่แล้ว จะมีปริมาณลดลงประมาณ 30-65% นอกจากนี้ยังสามารถทำลายพวกจุลินทรีย์ที่อาจทำให้เกิดโรคได้อีกด้วย (Thanh et al., 1978)

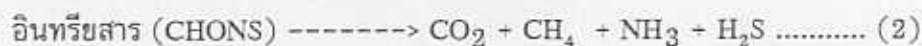
การหมักทำปุ๋ยสามารถทำได้ 2 แบบ ดังอดิศักดิ์ ทองไข่มุกต์ (2535) ได้กล่าวไว้ดังนี้

2.2.1) การหมักแบบใช้ออกซิเจน (aerobic decomposition) ผลผลิตของกระบวนการนี้จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ เป็นหลักดังสมการ



aerobic bacteria

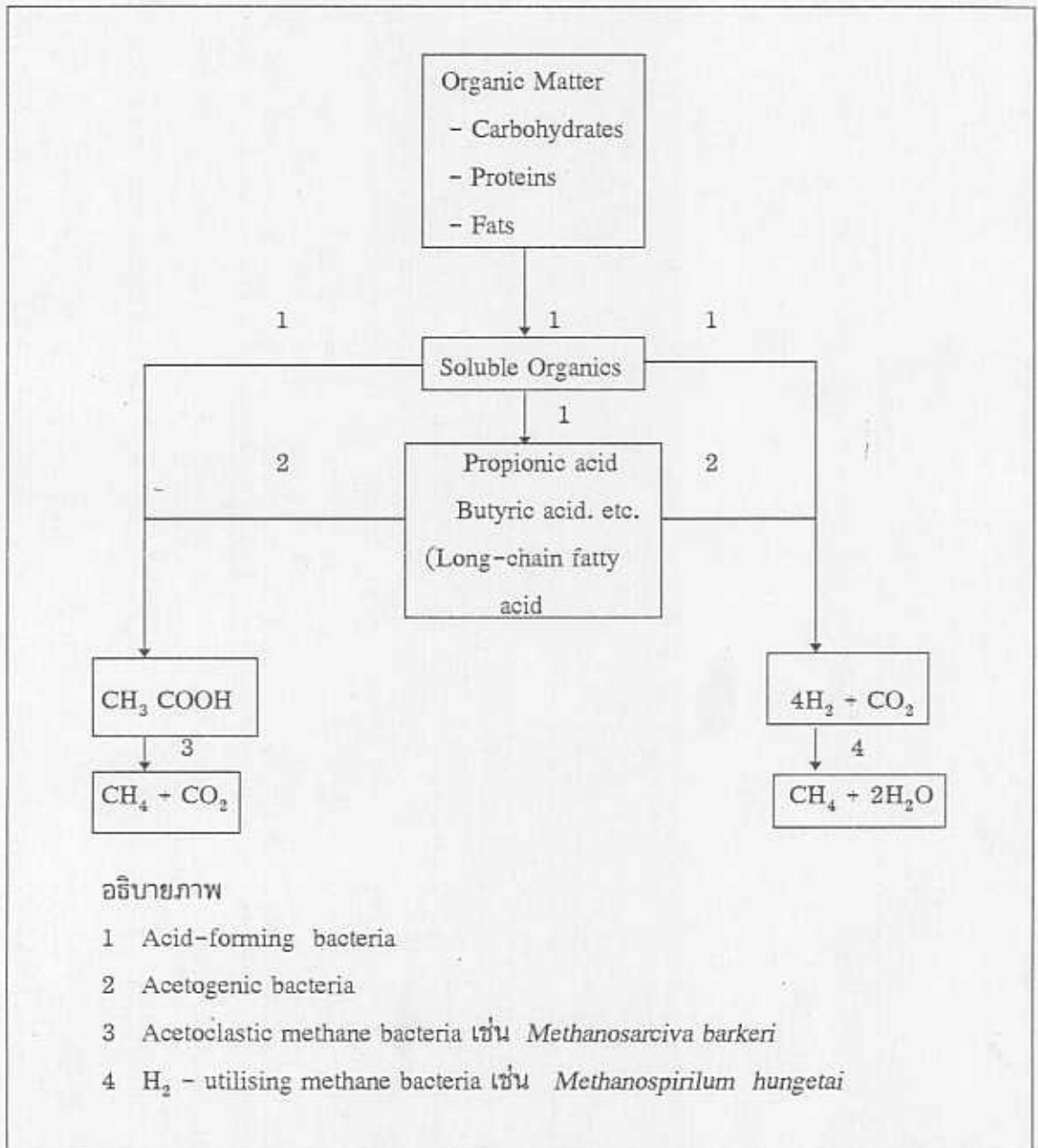
2.2.2) การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic decomposition) ผลผลิตของกระบวนการนี้จะได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน แอมโมเนีย และก๊าซไข่เน่า ดังสมการ



anaerobic bacteria

จุลินทรีย์ในกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ส่วนใหญ่เป็นพวกแบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจนอิสระซึ่งสามารถจัดแบ่งเป็นกลุ่มใหม่ได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตกรด (nonmethanogenic bacteria) และกลุ่มของแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน (methanogenic bacteria) นอกจากนี้ยังแบ่งแบคทีเรียออกเป็นกลุ่มย่อยได้อีกดังแสดงในภาพที่ 1 แบคทีเรียแต่ละกลุ่มจะมีการทำงานร่วมกันและต่อเนื่องอย่างสมดุล โดยแบ่งขั้นตอนการย่อยสลายออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้ (Henze และ Harremoes, 1983; Mosey, 1983; Parkin และ Owen, 1986)

ก) การแตกสลายสารโมเลกุลใหญ่ (hydrolysis หรือ liquefaction) การแตกสลายสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลซับซ้อนและอาจอยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ เป็นขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญในกระบวนการไร้ออกซิเจน ทั้งนี้เพื่อเปลี่ยนขนาดและรูปร่างโมเลกุลของสารทำให้แบคทีเรียสามารถนำสารอาหารผ่านผนังเซลล์เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงานได้ ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์จะยังไม่คงตัวหรือมีค่าซีโอดิลลดลงแต่จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ โดยแบคทีเรียจะขับเอนไซม์ออกมาย่อยภายนอกเซลล์ (extracellular หรือ hydrolysis enzymes) ผลของการย่อยสลายจะได้สารประกอบอินทรีย์ที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและละลายน้ำได้ง่าย เช่น น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโน กรดไขมันสายยาว เป็นต้น และยังได้กรดอินทรีย์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) กรดบิวทีริก (butyric acid) และกรดอะซิติก (acetic acid) เป็นต้น



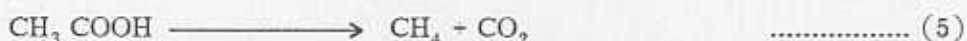
ภาพที่ 1 แผนผังขั้นตอนการทำงานของแบคทีเรียในการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน
(Mosey, 1983; Parkin และ Owen, 1986)

ข) การผลิตกรด (acid production) สารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลเล็กลงนี้จะถูกย่อยต่อโดยกลุ่มของแบคทีเรียที่สร้างกรด (acid forming bacteria) ซึ่งจะทำให้โมเลกุลมีขนาดเล็กลงเป็นกรดอินทรีย์อย่างง่ายที่สำคัญได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) ที่ใช้เป็นสารอาหารสำหรับขั้นตอนต่อไป กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดบิวทิริก (butyric acid) จะถูกสร้างขึ้นมา เช่นกัน แต่แบคทีเรียกลุ่ม acetogenic bacteria ทำหน้าที่เปลี่ยนกรดอินทรีย์ทั้งสองให้เป็นกรดอะซิติก ดังสมการ (3) และ (4)

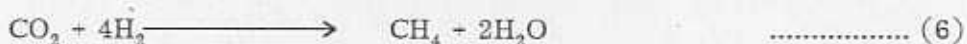


นอกจากนี้ในขั้นตอน การย่อยสลายพวกโปรตีนและกรดอะมิโน ทำให้มีแอมโมเนียถูกปลดปล่อยออกมาด้วย ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าไม่สูงจนเป็นพิษต่อปฏิกิริยาระหว่างการหมัก

ค) การผลิตก๊าซมีเทน (methane formation) ของเสียถูกทำให้คงตัวในขั้นตอนนี้ โดยการเปลี่ยนกรดอะซิติกให้เป็นก๊าซมีเทน ซึ่งจะไม่ละลายน้ำและแพร่ออกไปจากระบบก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นก็เช่นกันอาจจะแพร่ออกจากระบบ หรืออาจเปลี่ยนไปอยู่ในรูปของต่าง ไบคาร์บอเนต การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในขั้นตอนนี้จะเกิดได้ช้า เนื่องจากกลุ่มแบคทีเรียที่ผลิตก๊าซมีเทน (methanogenic bacteria) มีการเจริญเติบโตช้า สามารถเจริญได้ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเท่านั้น (obligate anaerobic bacteria) มีความไวต่อค่าพีเอช และมีจำนวนประชากรที่ต่ำ (Dague, 1968) ดังนั้นขั้นตอนนี้จึงเป็นขั้นตอนจำกัดของการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน ลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งในขั้นตอนคือ มีสารอาหารบางอย่างเท่านั้นที่แบคทีเรียสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารและพลังงานได้ ซึ่งได้แก่ กรดฟอร์มิก (formic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) เมทานอล (methanol) เอทานอล (ethanol) และก๊าซไฮโดรเจน (Buswell และ Mueller, 1952; Mah, Smith และ Baresi, 1978) สารอาหารที่สำคัญที่สุดในขั้นตอนนี้ได้แก่ กรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจน โดย 70 เปอร์เซ็นต์ของการผลิตก๊าซมีเทนได้จากกรดอะซิติก (Jeris และ McCarty, 1965)



ที่เหลือประมาณ 1 ใน 3 เป็นผลจากการทำปฏิกิริยาของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และไฮโดรเจนเป็นแหล่งพลังงาน โดยการทำงานของ hydrogen-utilising methane bacteria



2.3 จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ย

Poincelot (1974) ได้ทำการศึกษาจุลินทรีย์ในกองปุ๋ยหมักพบว่า ในระยะแรกของการหมักขณะที่อุณหภูมิค่อย ๆ สูงขึ้นจนถึง 104° ฟ (40° ซ) จะพบจุลินทรีย์ 2 จำพวก ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ชอบอาศัยอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูงปานกลาง (mesophile) ได้แก่ รา (fungi) และแบคทีเรีย (bacteria) และต่อมาเมื่ออุณหภูมิภายในกองหมักสูงขึ้น จาก 104 ฟ ถึง 160 ฟ (71° ซ) จะพบจุลินทรีย์พวกที่ชอบอาศัยอยู่ในที่มีอุณหภูมิสูง ได้แก่ แบคทีเรีย, รา และ แอคติโนมัยซีต (actinomycetes) ดังนั้นจึงสามารถแบ่งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการหมักทำปุ๋ยได้เป็น 3 พวกใหญ่ ๆ คือ แบคทีเรีย ราและ แอคติโนมัยซีต

2.3.1 แบคทีเรีย เป็นจุลินทรีย์ที่ขยายพันธุ์ได้เร็วและมีปริมาณมาก มีลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยวมีขนาด 0.001-0.005 มม. ขยายพันธุ์ได้โดยวิธีการแบ่งเซลล์จาก 1 เป็น 2 และ จาก 2 เป็น 4 ไปเรื่อย ๆ (binary fission) ดังนั้นในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม การเพิ่มปริมาณของแบคทีเรียจึงเป็นไปได้อย่างรวดเร็วทั้งนี้ เนื่องจากการแบ่งเซลล์แต่ละครั้งอาจใช้เวลาเพียง 20-30 นาทีเท่านั้น ในดินที่มีอาหารพอเพียง มีการถ่ายเทอากาศและความชื้นที่เหมาะสมแล้ว อาจพบแบคทีเรียในปริมาณมากถึง 10^7 เซลล์ต่อดินแห้ง 1 กรัม แต่อย่างไรก็ตาม ปริมาณแบคทีเรียที่มีอยู่ในธรรมชาติมักไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม ปริมาณความชื้น การถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และสภาพความเป็นกรด-ด่าง ตลอดจนปริมาณธาตุอาหารอื่นๆ ด้วยจุลินทรีย์พวกนี้จะพบอยู่ทุกช่วงของกระบวนการหมักทำปุ๋ยโดยธรรมชาติจะมีปริมาณทั้งหมดประมาณ 2.3×10^8 เซลล์ต่อน้ำหนัก 1 กรัม และพวกที่มีสปอร์ (spore) และทนต่อความร้อนได้อีกประมาณ 3.9×10^4 ต่อน้ำหนัก 1 กรัม ปริมาณของแบคทีเรียดังกล่าวจะแปรผันไปตามสภาพแวดล้อมและวัสดุที่นำมาใช้ในการหมักทำปุ๋ย อย่างไรก็ตามมีผู้พบว่าปริมาณของแบคทีเรียจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปมักจะพบ *Pseudomonas sp.*, *Achromobacter sp.*, *Flavobacterium sp.* *Micrococcus sp.* และ *Bacillus sp.* โดยเฉพาะพวกแบซิลลัสค่อนข้างจะพบในปริมาณที่มากกว่าพวกอื่น ๆ และส่วนใหญ่เป็นพวกที่ชอบอุณหภูมิสูง ๆ ได้แก่ *Bacillus subtilis* และ *Bacillus stearothermophilus* ซึ่งเจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 50-55 °C ในบางกรณีอาจจะถึง 65 °C

แบคทีเรียจำพวกแบซิลลัสนี้เป็นพวกที่สามารถสร้างสปอร์ได้ จากการตรวจสอบพบว่าสปอร์จะมีเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่อุณหภูมิ 55 °C และเพิ่มขึ้นอีกเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่านี้ นอกจากนี้ยังพบว่าพวก *Clostridium sp.* ซึ่งสามารถสร้างสปอร์ได้เช่นเดียวกัน แต่สามารถเจริญในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนได้ และมีบางสายพันธุ์ของพวกนี้ที่มีคุณสมบัติในการย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี ในบางครั้งอาจจะพบแบคทีเรียอีกพวกหนึ่งที่สามารถทนต่อความร้อนได้สูง คือ *Thermus aquaticus* เจริญได้ในช่วงอุณหภูมิ 40°-79° C แต่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 70° C

2.3.2 รา เป็นไมโครฟลอรา (microflora) ที่มีลักษณะคล้ายเส้นใยซึ่งเรียกว่ามัยซีเลียม (mycelium) และอาจมีกิ่งก้านสาขาแตกแยกออกจากมัยซีเลียมอีกมากมาย มีคุณสมบัติในการสร้างสปอร์ (special spore forming or fruiting bodies) ซึ่งจัดเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการใช้อาหารได้กว้างมาก สามารถอยู่ในดินที่มีสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำได้ดี

ในกองปุ๋ยหมักจะตรวจพบเชื้อราอยู่เสมอ ชนิดของเชื้อราที่พบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของวัสดุที่นำมาหมัก ความชื้นและอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมก็เป็นปัจจัยสำคัญที่ควบคุมชนิดและปริมาณของเชื้อราในกองปุ๋ยหมักด้วย การที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นและมีความชื้นสูง เป็นสภาพที่เหมาะสมต่อแบคทีเรียมากกว่าเชื้อรา แต่ก็ยังพบเชื้อราเจริญอยู่บริเวณผิวนอกของกองปุ๋ยหมัก ซึ่งมีสภาพอุณหภูมิต่ำและมีความชื้นน้อยกว่าภายในกอง

Sen et al. (1982) ได้ทำการศึกษาเชื้อราในกองปุ๋ยหมักพบว่าในช่วงอุณหภูมิ 50°ซ สามารถพบเชื้อราได้ แต่เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 65°ซ จะไม่พบเชื้อราเลย และเมื่ออยู่ในสภาพที่แห้งพบว่า ที่อุณหภูมิสูงขนาด 62-63°ซ ยังสามารถพบเชื้อราได้ สำหรับชนิดของเชื้อราที่แยกได้จากกองปุ๋ยหมักในระยะแรกที่อุณหภูมิเริ่มสูงขึ้นจะพบ *Geotrichum candidum* และ *Aspergillus fumigatus* และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นจาก 45°ซ เป็น 55°ซ จะพบพวก *Cladosporium* sp., *Aspergillus* sp. และ *Mucor* sp. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่านี้อาจจะพบพวก *Penicillium duponti* อย่างไรก็ตาม ชนิดต่าง ๆ ของเชื้อราดังกล่าวนี้ จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย

2.3.3 แอคติโนมัยซิส มีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกับแบคทีเรียและเชื้อรา คือมีขนาดเซลล์ 1.0 ไมครอน (0.001 มม.) เกือบเท่ากับเซลล์ของแบคทีเรีย แต่มีลักษณะเป็นเส้นสายมัยซีเลีย และประกอบด้วยกิ่งก้าน (hyphae) มากมาย และยังมีการสร้างสปอร์ซึ่งเป็นลักษณะต่าง ๆ ที่มีในเชื้อรา

โดยทั่วไป แอคติโนมัยซิสเจริญเป็นกลุ่มได้ช้ากว่าพวก แบคทีเรียและเชื้อรา และจะเจริญได้ดีเมื่ออยู่ในสภาพที่มีอากาศเพียงพอ เนื่องจากจุลินทรีย์พวกนี้เป็นชนิดที่ต้องการออกซิเจนในการเจริญเติบโต ถ้าสภาพความเป็นกรด-ด่างต่ำกว่า 5.0 ลงไป การเจริญเติบโตจะหยุดชะงักทันที ระดับ pH ที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 6.0 - 7.0 เมื่อเจริญเป็นกลุ่มบนวัสดุที่ใช้ทำปุ๋ยหมัก จะมีลักษณะเป็นจุดสีขาว ๆ คล้ายผงปูนขาว ซึ่งลักษณะเช่นนี้จะเห็นได้ในกองปุ๋ยหมักหลังจากอุณหภูมิเพิ่มขึ้นสูงถึงจุดสูงสุด จากการทดลองพบว่า แอคติโนมัยซิสยังคงเจริญเติบโตได้ดีในช่วงที่อุณหภูมิสูงถึง 65°ซ การเจริญจะลดลงหรือหยุดเลยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเกินกว่า 75°ซ คุณสมบัติของความสามารถที่เจริญได้ในสภาพอุณหภูมิสูงแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของแอคติโนมัยซิส ที่มักพบเสมอในกองปุ๋ยหมักได้แก่พวก *Thermoactinomyces* และ *Thermomonospora* sp. นอกจากนี้คุณสมบัติที่สำคัญ อีกอย่างหนึ่งคือ สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส (cellulase enzymes) ออกมาย่อยเซลลูโลสได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากแอคติโนมัยซิสทั้งสองชนิดดังกล่าวข้างอาจพบพวก *Streptomyces* sp. และ *Micropolyspora* sp. อีกด้วย จากข้อมูลที่ได้ทำการศึกษาต่าง ๆ พอสรุปได้ว่าจุลินทรีย์พวกนี้มีบทบาทที่สำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในกองของปุ๋ยหมักในขณะที่มีอุณหภูมิสูง ๆ

2.4 ปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับอัตราการย่อยสลายภายในกองปุ๋ยหมัก

การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในกองปุ๋ยหมัก เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ดังได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการทนทานต่อสภาพแวดล้อมและมีความสามารถในการย่อยสลายต่างกันออกไป สำหรับปัจจัยต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ แบ่งออกได้ดังนี้

2.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่นำมาใช้ในการหมัก โดยทั่วไปใช้ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจน เป็นตัวกำหนดอัตราการย่อยสลายในกระบวนการหมักทำปุ๋ยเนื่องจากเป็นสารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ Poincelot (1974) รายงานว่า ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนที่เหมาะสมในกระบวนการหมักมีค่าเท่ากับ 30 หรืออยู่ระหว่าง 26-35 ถ้ามีค่าสูงเกิน 35 จะทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายลดน้อยลง และถ้ามีค่าต่ำกว่า 26 ก็จะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนไปในบรรยากาศโดยกระบวนการแอมโมนิฟิเคชัน ได้

2.4.2 ความชื้น เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำภายในกองหมัก ซึ่งมีความจำเป็นต่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

Poincelot (1974) รายงานว่า ถ้าความชื้นภายในกองหมักต่ำกว่า 40% อินทรีย์วัตถุจะย่อยสลายได้ช้า และถ้าเกิน 60% ก็จะทำให้กระบวนการหมักเปลี่ยนแปลงไปเป็นแบบไม่ต้องการอากาศ และจะทำให้เกิดกลิ่นเหม็นขึ้นมาได้ ในทางปฏิบัติปริมาณความชื้นที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 50-60%

Finstein และ Morris (1975) พบว่า อินทรีย์วัตถุที่นำมาใช้หมักมีลักษณะความหนาแน่นแตกต่างกัน จะมีผลต่อระดับความชื้นที่เหมาะสมในการย่อยสลาย คือ ถ้าอินทรีย์วัตถุมีความหนาแน่นมาก ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 50-60% (โดยน้ำหนักเปียก) และในอินทรีย์วัตถุที่มีความหนาแน่นน้อย ได้แก่ พืชเศษพืชที่เป็นเส้นใย ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมสูงถึง 80-85%

Suler และ Finstein (1977) พบว่าระดับความชื้น 50-60% และมีปริมาณออกซิเจนอย่างพอเพียง อัตราการย่อยสลายจะเกิดได้สูงสุด และเมื่อเพิ่มปริมาณความชื้นเป็น 70% อัตราการย่อยสลายจะลดลง

2.4.3 อุณหภูมิ หลังจากการทำการหมักอินทรีย์วัตถุได้ 2-4 วัน อุณหภูมิภายในกองหมักจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และจะสูงขึ้นจนถึง 50-60°ซ ภายในระยะเวลา 27 วัน เนื่องจากพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากขบวนการย่อยสลายประกอบกับคุณสมบัติในการเป็นฉนวน (insulator) ของวัสดุที่นำมาใช้ในการหมักทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นไม่ค่อยแพร่กระจายออกไปจากกองหมัก (Stutzenberger Kaufman และ Lossin ,1970)

Finstein และ Morris (1975) รายงานว่า ระดับอุณหภูมิจะสูงขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ชนิดของวัสดุที่นำมาใช้หมัก และขนาดของกองหมักด้วย ในสภาพที่อุณหภูมิสูงขึ้นดังกล่าว อาจเกิดกระบวนการทางเคมีร่วมด้วยจนทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นไปถึง 80°ซ ได้ และที่อุณหภูมิระดับนี้จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทำให้ปฏิกิริยาการย่อยสลายลดช้าลงระยะหนึ่ง เป็นเหตุให้อุณหภูมิค่อยๆ ลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสม จุลินทรีย์ที่ยังเหลืออยู่ก็จะเริ่มทำปฏิกิริยาการย่อยสลายต่อไป

Suler และ Finstein (1977) ได้ทำการทดลองปรับอุณหภูมิให้คงที่ในระดับต่าง ๆ และวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น พบว่า ที่อุณหภูมิ 57-61 °C (ความชื้น 60%) กระบวนการย่อยสลายจะเกิดขึ้นได้ดี โดยจะมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นมาก แต่ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นน้อย แสดงว่าที่ระดับอุณหภูมิสูง อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุจะสูงกว่าในสภาพอุณหภูมิปกติ

2.4.4 สภาพความเป็นกรด-ด่าง ในระหว่างที่มีการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ (biological conversion) ของวัสดุที่นำมาใช้หมักทำให้เปลี่ยนสภาพเป็นชีวมวล จะเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นกรด-ด่างภายในกองหมักด้วย

Poincelot (1974) รายงานว่า ในระยะแรกของการหมักอินทรีย์วัตถุจะมีสภาพค่อนข้างเป็นกรดและต่อมามีจะมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น เนื่องจากปฏิกิริยาของแบคทีเรียชนิดที่ทำให้เกิดกรดได้ (acid-forming bacteria) จากนั้นเมื่อมีการสร้างแอมโมเนียขึ้น (ammonia formation) อินทรีย์วัตถุก็จะเปลี่ยนสภาพเป็นด่าง ในที่สุดก็จะมีสภาพเป็นกลางหรือเป็นด่างอ่อน ๆ ด้วยชีวมวลซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวบัฟเฟอร์ (buffer) โดยธรรมชาติ

สมศักดิ์ วังโน (2524) ได้รายงานไว้ว่า ในช่วง 2-3 วันแรกของการหมักระดับความเป็นกรด-ด่างภายในกองปุ๋ยหมักที่ลดลงนั้น เนื่องจากการที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ง่ายอย่างรวดเร็วและผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดขึ้นมา ทำให้ระดับความเป็นกรดอาจลดลงมากถึง 4.5-5.0 และในช่วงที่อุณหภูมิสูงขึ้น ระดับความเป็นกรดต่างอาจเพิ่มมากขึ้นเล็กน้อย และรักษาระดับอยู่ในช่วง 7.5-8.5 สำหรับการหมักอินทรีย์วัตถุจำพวกซากพืชผักไม่ควมมีปัญหาเกี่ยวกับสภาพความเป็นกรด-ด่างมากนัก เพราะปกติจะอยู่ในระดับเป็นกลางหรือเป็นกรดเล็กน้อย ประกอบกับมีลักษณะเป็นตัวบัฟเฟอร์ที่ต่ออยู่แล้ว หากใช้วัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม หรือมีการเติมสารบางอย่างลงไปในกองหมัก จะต้องพิจารณาความเป็นกรดเป็นด่างประกอบไปด้วย เพราะจะทำให้มีผลกระทบต่ออัตราย่อยสลายได้

2.5 จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM)

2.5.1 ประวัติความเป็นมาของจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM)

หลังสงครามโลกครั้งที่ 1 สงบลง (พ.ศ. 2469) สารเคมีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการสงครามได้นำมาประยุกต์ใช้ในทางวิทยาศาสตร์และการเกษตรอย่างมากมาย เพื่อเร่งผลผลิตทางการเกษตรให้เพียงพอต่อความต้องการของประชากรโลก ปุ๋ยเคมีและสารกำจัดศัตรูพืชขนาดนี้ได้ถูกผลิตและนำมาใช้แพร่หลายทั่วโลกเรียกว่า ยุคเกษตรเคมี แทนการเกษตรธรรมชาติที่มีมาแต่โบราณของมนุษยชาติ

เกษตรเคมีได้เข้าสู่ประเทศญี่ปุ่น ในปี 2473 และได้ก่อให้เกิดมลพิษต่อดิน น้ำและสิ่งมีชีวิต รวมทั้งเกิดอันตรายต่อเกษตรกรเป็นอันมาก หลังจากใช้สารเคมีทางการเกษตรติดต่อกัน

เป็นระยะเวลานาน นักวิทยาศาสตร์พยายามค้นคว้าวิธีการแก้ไขป้องกันโดยศึกษาวิธีการเกษตรธรรมชาติในประเทศญี่ปุ่นมาตั้งแต่ พ.ศ. 2478

ศ.ดร. เทรูโอะ ฮิงะ ผู้เชี่ยวชาญพืชสวนของมหาวิทยาลัยริวกิว โอกินาวา ของประเทศญี่ปุ่นได้เคยสังเกตสมัยเด็ก ๆ ว่า ต้นไม้ในป่า และต้นไม้ตามหนองบึงและป่าพรุมีความเจริญงอกงามดีมาก โดยไม่มีใครไปใส่ปุ๋ยหรือสารกำจัดแมลง ศ.ดร.ฮิงะได้เคยศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการทำงานของจุลินทรีย์ในดินมาก่อนและจากข้อสังเกตในวัยเด็ก ศ.ดร.ฮิงะ ได้นำเอาจุลินทรีย์ตามป่าเขา หนองบึง และป่าพรุ ที่ต้นไม้เจริญงอกงาม มาทำการทดลองเพาะเลี้ยง แล้วแยกเป็นแต่ละชนิดในแปลงทดลองและในแปลงสุดท้าย ได้นำจุลินทรีย์ที่เลือกจากการทดลองหลายชนิดรวมกัน แล้วเททิ้งไปบนดินในแปลงทดลองนั้น แล้วไปทำการกิจจังหวัดอื่นโดยให้นักศึกษารดน้ำ หลังจากนั้นประมาณ 1 สัปดาห์ ศ.ดร.ฮิงะ กลับมาดูปรากฏว่าแปลงสุดท้ายที่ใช้จุลินทรีย์รวมกัน ต้นพืชทดลองเจริญงอกงามกว่าแปลงที่มีจุลินทรีย์แยกแต่ละชนิดมาก รวมทั้งพื้นที่ที่นำจุลินทรีย์ที่เลือกจากการทดลองไปเททิ้งรวมกันไว้ข้างหน้าต่าง ปรากฏว่าต้นหญ้าบริเวณนั้นขึ้นงอกงามกว่าพื้นดินปกติบริเวณใกล้เคียงกัน ศ.ดร. ฮิงะ จึงตั้งสมมติฐานว่า จุลินทรีย์หลายชนิดสามารถอยู่รวมกัน และเกื้อกูลการทำงานซึ่งกันและกัน จึงก่อให้เกิดประโยชน์ต่อพืช

ในปี พ.ศ. 2526 ศ.ดร.ฮิงะ ได้ศึกษาทดลองต่อมาว่า หากคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมแล้ว จุลินทรีย์กลุ่มนี้จะอยู่ร่วมกันและเกื้อกูลประโยชน์ซึ่งกันและกัน สร้างสารและแร่ธาตุอาหารในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช รวมทั้งการปรับปรุงคุณภาพของดินให้ร่วนโปร่งซุย น้ำและธาตุอาหารของพืชสามารถลงสู่รากได้ง่าย รากของพืชสามารถหาอาหารได้ง่าย ทำให้พืชเจริญเติบโตแข็งแรงสามารถต่อต้านการป้องกันโรคและแมลงศัตรูพืชบางชนิดได้ดี อีกทั้งสร้างการเกาะตัวของดินป้องกันการพังทลายของดินได้ดีด้วย จึงได้เรียกจุลินทรีย์กลุ่มนี้ว่า “จุลินทรีย์ธรรมชาติ (effective microorganism)”

การนำกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดังกล่าวข้างต้นมากกว่า 80 ชนิดมารวมกันแล้วสร้างสภาวะสมดุล และสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์ดังกล่าวแล้วนำไปหมักกับมูลสัตว์ เศษหญ้าแห้ง ฟางแห้ง ใบไม้แห้ง จะได้ปุ๋ยธรรมชาติที่ประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ เมื่อนำไปใส่ในดินจะเกิดปฏิกิริยาระหว่างจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพกับจุลินทรีย์เดิมที่มีอยู่ในดินมีผลทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเป็นอนินทรีย์วัตถุ เป็นแร่ธาตุอาหารของพืช เช่น lactic acid น้ำตาล ฟอสฟอรัสอินทรีย์ (P_2O_5) ไนโตรเจน (N_2) เป็นต้น และยังผลิตฮอร์โมน ไซโตไคนิน ซึ่งจะช่วยสร้างกรดอะมิโนให้พืชดูดเป็นอาหารง่ายขึ้น จะเป็นประโยชน์ในการสร้างความเจริญเติบโตแข็งแรงให้พืช ตลอดจนการไปยับยั้งการเจริญเติบโตของ จุลินทรีย์ตัวอื่นที่จะเป็นโรคพืชอีกด้วย นอกจากนั้นยังทำให้ดินร่วนซุยแต่ยึดติดป้องกันการกัดเซาะ และพังทลายของดิน นอกจากนี้ EM ที่รวมกันยังช่วยยับยั้งการบูดเน่าเน่าเสียโครกต่าง ๆ ทำให้กลิ่นเหม็นจากน้ำโสโครกลดลงด้วย

จากการค้นพบกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพและประโยชน์ของมัน ศ.ดร.ฮิงะ ได้นำผลการทดลองค้นคว้าเสนอต่อการประชุมวิชาการทางการเกษตรนานาชาติหลายครั้ง เช่น การ

ประชุม สัมมนาเกษตรแถบเอเชียและแปซิฟิก การประชุมเพื่อรณรงค์เกษตรธรรมชาติเป็นครั้งแรกในประเทศไทย ในปี 2529 รวมทั้งเสนอเข้าที่ประชุมเกษตรธรรมชาติสากลที่ประเทศสหรัฐอเมริกา และในปี 2534 ได้เสนอเข้าที่ประชุมเกษตรธรรมชาติสากลที่ประเทศบราซิล

ปัจจุบัน ได้มีผู้นำเอา EM ไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในประเทศต่าง ๆ อาทิเช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา บราซิล ฝรั่งเศส เยอรมัน โปรตุเกส ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ และประเทศไทย

2.5.2 การนำเข้ามาใช้แพร่หลายในประเทศไทย

ในปี 2529 เป็นครั้งแรกที่ ศ.ดร. อิงะ ศาสตราจารย์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยยวทิว โอกินาวา ประเทศญี่ปุ่นได้นำ EM เข้ามาในประเทศไทย โดยขอความร่วมมือกับกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเกษตรกรรมโดยตรง ได้บรรยายถึงเทคนิคการใช้ EM ให้นักวิชาการฟัง แต่ทุกคนที่เข้าฟังกลับไม่เชื่อในประสิทธิภาพของ EM มีบ้างที่เชื่อครึ่งไม่เชื่อครึ่ง จึงไม่นำสิ่งนี้ไปทดลอง มีเพียงมูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา ซึ่งเป็นหน่วยงานของเอกชนหน่วยงานเดียวที่นำไปทดลองที่รังสิตระยะหนึ่ง ซึ่งได้ผลดีมาก (อิงะ, 2536)

หลังจากนั้น ศ.ดร. อิงะ ได้ติดต่อกับ ดร.ชัยทัศน์ ไพรินทร์ อาจารย์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ประสานงานกับมูลนิธิฯ ดังกล่าวจัดประชุมสัมมนาเกี่ยวกับ “เกษตรธรรมชาติคิวเซซากุส ครั้งที่ 1” ขึ้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นในเดือนตุลาคม 2532 การประชุมครั้งนี้มีตัวแทนจาก 17 ประเทศ จำนวน 300 กว่าคน เข้าร่วมประชุมด้วย เขาได้เสนอผลการใช้ EM จากประเทศญี่ปุ่น ได้หัวน และอีก 2-3 ประเทศ รายงานให้ที่ประชุมทราบ แทบทุกคนบอกว่านั้นเป็นผลที่ได้จากประเทศญี่ปุ่นหรือได้หัวนเท่านั้นไม่ใช่ผลที่เกิดในประเทศไทย จะเอามาใช้ในประเทศไทยได้อย่างไร ในวันสุดท้ายของการประชุมสัมมนา ทั้งหมดมาที่ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ อ.แก่งคอย จ.สระบุรี เพื่อให้ชมผลงานที่มูลนิธิฯ ได้ทดลองซึ่งได้ผลดีทุกคนเสนอให้จัดตั้งหน่วยงานที่สามารถประสานงานระหว่างประเทศต่าง ๆ ในแถบเอเชียและแปซิฟิก จึงได้ตั้ง “สมาพันธ์เกษตรธรรมชาติคิวเซซากุส” ขึ้น เรียกชื่อย่อ ๆ ว่า APNAN Asia-Pacific Natural Agriculture Network. โดยให้สำนักงานกลางตั้งอยู่ที่ประเทศไทย

หลังจากนั้นมาทุกปีมีการจัดประชุมประเมินผลและจัดทำเป้าหมายในแต่ละปีสำหรับ APNAN ขึ้น ปี 2536 เป็นครั้งที่ 5 ในครั้งที่ 4 (2534) ได้จัดขึ้นที่ประเทศบราซิล ซึ่งมีพื้นที่ที่ใช้ EM ประมาณ 12 ล้านเฮกตาร์ ปริมาณการใช้ EM ที่ผ่านมา 700 ตัน/ปี นับว่าเป็นปริมาณสูงที่สุดกว่าทุกประเทศ

แต่ประเทศที่ได้มีการเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซในลักษณะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ได้คุณภาพมากที่สุดได้แก่ ประเทศไทย โดยการสนับสนุนเผยแพร่ของ “มูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา” ที่ประเทศบราซิลนั้นมีแต่เกษตรกร รายใหญ่ ๆ 4 -5 ราย ใช้ EM ก็สามารถใช้ได้ปริมาณ 700 ตัน แต่ที่ประเทศไทยนั้น ทั้งจากการเปิดให้มีการฝึกอบรมและจากการเผยแพร่ต่อ ๆ กันไป ทำให้มีผู้นำเอา EM ไปใช้ในปริมาณกว้างขวางมาก ในอนาคต

อันไกลนี้ บราซิลก็จะเริ่มเปลี่ยนลักษณะการเผยแพร่สนับสนุนให้เหมือนกับประเทศไทยด้วย(อิงะ, 2536)

APNAN จะมีการจัดประชุมเกี่ยวกับเทคนิคใหม่ ๆ ของ EM ในเดือนพฤศจิกายน ของทุกปีที่สระบุรี และในปี 2538 จะจัดให้มีการประชุมที่ประเทศฝรั่งเศส ในปี 2540 จะจัดประชุมที่ประเทศแอฟริกา ในปี พ.ศ. 2542 หรือ ค.ศ. 1999 จะจัดประชุมขึ้นที่ประเทศจีน โดยรัฐบาลจีนได้ขอร้องให้มีการจัดประชุมให้เร็วที่สุดเท่าที่จะเร็วได้ เพราะประเทศจีนกำลังประสบปัญหาถล่มทลายจากฟาร์มหมู และฟาร์มไก่ อย่างมาก รัฐบาลจีนจึงสนใจที่จะนำเอา EM ไปให้เกษตรกรทั่วไปได้ใช้เพื่อกำจัดกลิ่นและจัดการสภาพแวดล้อมให้ดี และในปี ค.ศ. 2001 หรือปี พ.ศ. 2544 จะไปจัดประชุมกันที่ ประเทศรัสเซีย พอถึงปีนั้น ก็ถือว่าได้จัดประชุมครบทั่วโลกแล้ว

2.5.3 องค์ประกอบของจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM)

จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) คือ กลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ (effective microorganism, EM) ซึ่ง ศ.ดร. อิงะ แห่งคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยวักิว ประเทศญี่ปุ่น เป็นผู้ค้นพบได้จากธรรมชาติ นำมาเพาะเลี้ยงและขยายให้จุลินทรีย์แต่ละชนิดขยายตัวด้วยปริมาณที่สมดุลกันด้วยเทคโนโลยีพิเศษ โดยใช้อาหารจากธรรมชาติ เช่น น้ำตาล โปรตีน รำข้าว และสารประกอบอื่น ๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต (มูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา, 2538)

ในระยะแรก EM ที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมี 5 ชนิด คือ EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ และ EM₅ ซึ่งมีองค์ประกอบและบทบาทต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้ (ชัยทัศน์ ไพรินทร์ และคณะ, 2536)

EM₁ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นเชื้อราในรูปเส้นใย (filamentous fungi) ที่สำคัญคือ *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.* และ *Mucor sp.* ทำหน้าที่เป็นตัวเร่งการย่อยสลายอินทรีย์สาร ทำงานได้ดีในสภาพที่มีออกซิเจน ทนทานต่อความร้อน ปกติใช้เป็นหัวเชื้อร่วมกับ EM₂, EM₃ และ EM₄ เพื่อทำปุ๋ยหมัก

EM₂ ประกอบด้วยจุลินทรีย์มากกว่า 10 สกุล (genera) และ 80 ชนิด (species) เช่น แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (photosynthetic bacteria) พวก *Rhodospseudomonas capsulate*, *R. palstoris*, *Rhodospirillum sp.*, *Aspergillus sp.*, *Mucor sp.*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Actinomyces* พวก *Streptomyces* และพวกยีสต์ EM₂ นี้จะช่วยเปลี่ยนให้ดินเข้าสู่วัฏจักรของการย่อยสลาย นอกจากจะใช้ปรับปรุงดินแล้วยังใช้ประโยชน์อย่างอื่น เช่น เป็นหัวเชื้อในการผลิตปุ๋ยหมักกระตุ้นให้ *Azotobacter* และ *Mycorrhiza* ในดินทำงานได้ดีขึ้น ลดอัตราการชะล้างพังทลายของดิน ป้องกันโรคและแมลงศัตรูบางชนิดของพืชและสัตว์ รวมทั้งใช้บำบัดน้ำเสียได้ด้วย

EM₃ ประกอบด้วยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง (photosynthetic bacteria) ประมาณ 95% โดยเฉพาะ *Rhodospseudomonas capsulate*, *R. palstoris*, *Rhodospirillum sp.*,

Chromatium sp. และ *Actinomyces* พวก *Streptomyces* EM₃ จะทำการสังเคราะห์อินทรีย์สารในดินให้เป็น น้ำตาลและสังเคราะห์ Amino acid ขึ้น นอกจากนั้นยังช่วยกระตุ้นให้ *Azotobacter* สังเคราะห์ไนโตรเจนได้มากขึ้น

EM₄ ประกอบด้วยแบคทีเรียพวก *Lactobacillus casei*, *L. brugaricus* และ *Streptococcus lactis* เป็นส่วนใหญ่ คือมีปริมาณมากกว่า 90% นอกนั้นจะเป็นจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสง เชื้อรารูปเส้นใยและยีสต์ ทำหน้าที่ต่อต้านเชื้อราที่ไม่มีประโยชน์และพวก Anaerobic bacteria จึงสามารถเปลี่ยนดินที่มีเชื้อโรคให้หมดสภาพไป โดยช่วยลดปริมาณของจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืช นอกจากนั้นยังช่วยสลายเปลือกเมล็ดพืชให้งอกได้เร็วขึ้น

EM₅ เป็นผลผลิต ของ EM₂, EM₃ และ EM₄ ผสมกับ 30% ของ ethyl alcohol น้ำส้มสายชู และกากน้ำตาล ในอัตราส่วน 1:2:1:1 ซึ่ง EM₅ สามารถ ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชและสัตว์ได้

แต่ในปัจจุบันได้มีการรวม EM₁, EM₂, EM₃, EM₄, และ EM₅, เข้าด้วยกันเป็นสูตรเดียวกัน เรียกชื่อว่า จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) มีการใช้อย่างกว้างขวาง

2.5.4 คุณสมบัติของจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ที่ใช้ในการทดลอง

2.5.4.1. เชื้อรา ได้แก่

ก) *Trichoderma* sp. ต้องการออกซิเจน จะพบมากในบริเวณป่าไม้ เจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ช่วยยึดอนุภาคดินให้ติดกันเป็นก้อน ย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี ทนต่อสภาพแห้งแล้ง หรือกึ่งแห้งแล้ง (semi-arid) แต่ต้องการน้ำอย่างเพียงพอเพื่อการเจริญเติบโต ถ้าน้ำมากเกินไปจะทำให้ขาด O₂ และการเจริญของราจะชะงัก และทำให้มีปริมาณน้อยลง อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 37°ซ

ข) *Mucor* sp. ต้องการออกซิเจน พบมากในบริเวณป่าไม้ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 6 ซ เจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ช่วยยึดอนุภาคดินให้เป็นก้อน ย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี ทนต่อความแห้งแล้ง หรือกึ่งแห้งแล้ง (semi-arid) แต่ถ้าน้ำมากเกินไปจะทำให้ขาด O₂ การเจริญของราจะชะงัก ทำให้มีปริมาณน้อยลง

ค) *Penicillium* sp. ต้องการออกซิเจน พบในบริเวณที่มีอากาศเย็น เจริญได้ดีในสภาพที่เป็นกรด ช่วยยึดอนุภาคดินให้ติดกันเป็นก้อน เนื่องจากราไม่มีคลอโรฟิลล์ จึงจำเป็นต้องใช้คาร์บอนจากอินทรีย์สารในกระบวนการสังเคราะห์เซลล์ใหม่ เมื่อใส่อินทรีย์วัตถุลงไปในดิน โดยเฉพาะในดินที่มี pH ต่ำ ราจะเพิ่มปริมาณอย่างรวดเร็ว และจะย่อยสลายเซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส, เพคติน, แป้ง และลิกนิน ภายใต้อุณหภูมิที่เหมาะสมที่มีการระบายอากาศดี กิจกรรมของราในการย่อยสลายอินทรีย์สารจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเร็วกว่ากิจกรรมที่กระทำโดยแบคทีเรีย

ง) *Aspergillus* sp. ต้องการออกซิเจน แยกได้จากในดินที่มีวัสดุเศษพืชปนอยู่ จัดอยู่ในพวกที่ชอบอยู่ในที่มีอุณหภูมิ 37°ซ สร้างโครงสร้างที่เรียกว่า เวสิเคิล (vesicle) ที่ส่วน

ปลายของเวสิเคิลจะมีเพียไลด์ (phialide) ซึ่งเป็นของโคนิเดีย หรือสปอร์ (conidia or spore) มีรูปร่างกลมผิวขรุขระ สีเขียวอ่อน ติดอยู่ที่ปลายของเพียไลด์ ย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี ร่วมในการสังเคราะห์ฮิวมัส

2.5.4.2. แบคทีเรีย ได้แก่

ก) แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (photosynthetic bacteria) ได้แก่ *Rhodopseudomonas sp.*, *Rhodospirillum sp.* และ *Chromatium sp.* พวกนี้เป็น anaerobic bacteria สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ สามารถตรึงไนโตรเจนแบบอิสระ (non-symbiotic nitrogen fixation) ซึ่งเป็นการตรึงไนโตรเจนหรือการจับก๊าซไนโตรเจนจากอากาศแล้วเปลี่ยนไปเป็นสารประกอบ ไนโตรเจนโดยจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่อย่างอิสระในดินหรือน้ำ จุลินทรีย์ต่าง ๆ เหล่านี้มีชีวิตอยู่ได้โดยไม่ต้องอาศัยสิ่งมีชีวิตอื่น การตรึงไนโตรเจนจะดำเนินไปได้ดีในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมระหว่าง 30-35°C ถ้ามีความชื้นมาก การตรึงไนโตรเจนจะมีมาก เนื่องจากการเปลี่ยนสภาพจาก aerobic เป็นสภาพ anaerobic

ข) *Lactobacillus casei*, *L. brogaricus* เป็น microaerophilic คือ สามารถเจริญได้ในสภาวะที่มีออกซิเจนน้อย เป็น gram positive bacilli แต่บางครั้งอาจจะติดสี gram negative เช่น แบคทีเรียที่อายุมาก ๆ หรือเลี้ยงในสภาวะที่เป็นกรด ส่วนใหญ่เป็นรูปแท่งตรง การเรียงตัวพบอยู่เดี่ยว ๆ เป็น chain หรือ filament, สามารถสลายน้ำตาล ได้ lactic acid เชื้อทนสภาวะกรดได้ดีที่ pH 5.5-5.8 หรือต่ำกว่า

2.5.4.3. แอคติโนมัยซิส

Streptomyces sp. ย้อมติดสีแกรมบวก มัยซีเลียมที่เจริญเต็มที่จะสร้างสปอร์ที่มีลักษณะเป็นขดเกลียว (coil) เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อจะสร้างสปอร์สีน้ำตาล โคโลนี (colony) มีขนาดเล็ก สามารถแยกเชื้อนี้ได้จากดิน ย่อยสลายเซลลูโลสได้ดี ต้องการภาวะ aerobic (highly oxidative) ทุก species สามารถใช้น้ำตาล glucose ได้, การ reduce nitrate เป็น nitrites, เชื้อส่วนใหญ่ต้องการ optimum temperature ที่ 25-35°C แต่มีเพียงส่วนน้อยที่สามารถเจริญได้ในช่วงของ thermophilic temperature, optimum pH ที่ 6.5-8.0 ไม่ทนต่อสภาพ pH ต่ำกว่า 5, ถ้าความชื้นสูง 85-100% จะพบพวกนี้อยู่บ่อยมาก สามารถทนต่อสภาพแห้งได้ดี

2.5.4.4. Yeast

มีอยู่ทั่วไปในดินแต่ปริมาณไม่มากนัก ถูกจัดแบ่งอยู่ในกลุ่มของรา เป็นจุลินทรีย์ที่มีเซลล์เดี่ยว มีการขยายพันธุ์แบบ budding หรือ fission สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ และชอบอยู่ในที่อุณหภูมิสูง เจริญได้ดีที่ pH 4.0 ยีสต์เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องการอาหารที่เฉพาะเจาะจงมากกว่าจุลินทรีย์ชนิดอื่น เช่น ยีสต์ ต้องการอินทรีย์วัตถุที่ย่อยสลายได้ง่าย ๆ ถ้าเป็นอินทรีย์วัตถุที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน หรือขนาดของโมเลกุลใหญ่ ๆ ยีสต์ไม่มีความสามารถเข้าย่อยได้เป็นต้น

2.5.5 แนวคิดและทฤษฎีของ EM (Higa และ Wididana , 1989)

จากการศึกษาของ ศ.ดร.ฮิเงะ ที่เกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ซึ่งเขาได้สรุปไว้ว่า การนำจุลินทรีย์หลาย ๆ ชนิดมาปนกัน แล้วนำไปใส่ลงไปในดินหรือพ่นไปบนต้นพืชนั้น จะมีประสิทธิภาพมากกว่า และจะมีอายุยืนยาวกว่าการใช้จุลินทรีย์เพียงชนิดเดียว เนื่องจากเขาได้พัฒนาจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาปนกัน 3 ชนิด ซึ่งเขาพบว่ามีประสิทธิภาพมาก จุลินทรีย์ที่ปนกันนี้ได้แก่ แบคทีเรียสังเคราะห์แสง เรฟิงไจ ยีสต์ และเชื้อรา ประกอบด้วย 10 สกุล และแตกต่างกัน 80 ชนิด ซึ่งเขาเรียกว่า EM₂ ส่วนแบคทีเรียสังเคราะห์แสงที่ปนกันหลายชนิด เรียกว่า EM₃ และ แลคโตบาซิลลัสหลายชนิด และจุลินทรีย์อื่น ๆ ที่ผลิตกรดแลคติก เรียกว่า EM₄

การทดลองต่าง ๆ อันเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เหล่านี้ แสดงทั้งการใช้ EM ใส่ลงไปในดินและพ่นบนใบพืช สามารถจะเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของพืชสวนหลาย ๆ ชนิด เช่น EM ช่วยให้เพิ่มปริมาณวิตามินและน้ำตาลในผลไม้มากกว่าการที่ไม่ได้ใช้จุลินทรีย์เหล่านี้ ในปัจจุบันนี้ ได้มีการผลิตและจำหน่าย EM ในรูปของการค้า และใช้กันอย่างแพร่หลายและกว้างขวางในด้านการเกษตรและพืชสวนในประเทศญี่ปุ่น เช่น มะม่วง มะเขือเทศ ข้าว แตงโม เป็นต้น

ในบรรดาจุลินทรีย์ที่ทำงานอยู่ในดินนั้น มีจุลินทรีย์กลุ่มหนึ่งที่มีชื่อว่า แบคทีเรียสังเคราะห์แสง (photosynthetic bacteria) และแบคทีเรียตรึงไนโตรเจน (azotobactor) แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้มีหน้าที่ในการตรึงไนโตรเจนในดิน แต่แบคทีเรียทั้งสองมีสภาพแวดล้อมในการอยู่รอดที่แตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง แบคทีเรียสังเคราะห์แสงจะไม่ชอบออกซิเจน แต่สำหรับแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนที่เป็นตัวตรึงไนโตรเจนในดินนั้น เป็นแบคทีเรียตระกูลแอโรบิกที่ชอบออกซิเจน

ทำไมจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนี้สามารถอาศัยอยู่ร่วมกันได้?

เหตุผลประการหนึ่งก็คือ มันสามารถแลกเปลี่ยนอาหารกันได้ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนจะย่อยอินทรีย์วัตถุเป็นอาหารเพื่อทวีจำนวนและขับถ่ายออกมาเป็นอาหารของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ๆ จะทวีจำนวนและผลิตอินทรีย์วัตถุเป็นอาหารของแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนอีกด้วย การวนเวียนดังกล่าวที่กล่าวมาจึงทำให้จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้อาศัยอยู่ร่วมกันได้ แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนจะเพิ่มจำนวนโดยใช้ออกซิเจน เมื่อเพิ่มจำนวนมากเกินไปก็จะเกิดสภาพขาดอากาศขึ้นที่แบคทีเรียสังเคราะห์แสงจะอาศัยบริเวณที่เกิดการปลอดอากาศนี้เพิ่มจำนวนขึ้น

จากผลของการวิจัย ทำให้รู้ว่าการที่จะใช้แอโรบิกแบคทีเรีย กับ แอนแอโรบิกแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ด้วยกันนั้นสามารถทำได้ จุลินทรีย์ชนิดอื่นก็จะสามารถใช้ชีวิตร่วมกันได้ โดยใช้ระบบที่กล่าวมา ในดินน้ำหนัก 1 กรัม จะมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่หลายล้านตัว ในบรรดาจุลินทรีย์เหล่านี้ก็มีแอโรบิกแบคทีเรีย อยู่ด้วยแน่นอน และเมื่อเรานึกถึงการทำงานของแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนก็จะเข้าใจได้ว่ามีจุลินทรีย์มากชนิดที่อาศัยรวมกันอยู่โดยใช้หลักการเดียวกัน

ทฤษฎีของ EM

การใส่ EM ลงในดินสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและคุณภาพของพืชได้ผลดีขึ้นได้อย่างไร? EM ป้องกันพืชผลจากการทำลายเชื้อโรคและโรคพืชได้อย่างไร? การใช้ EM สามารถทำให้เปลี่ยนจากดินควบคุมโรคเป็นดินหมักและดินสังเคราะห์ได้หรือไม่? ในการตอบปัญหาเหล่านี้และปัญหาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกต่าง ๆ ว่า EM ไปทำปฏิกิริยา หรือปฏิกิริยาร่วมของสภาพแวดล้อมดิน-พืช ซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับทฤษฎีต่าง ๆ ต่อไปนี้

ทฤษฎีควบคุมโรค

คำว่าดินควบคุมโรคนี้อ้างถึงการที่สิ่งมีชีวิตควบคุมการเกิดขึ้นของโรคพืชต่าง ๆ 3 กรณี ด้วยกันคือ

1. เชื้อโรคไม่สามารถเข้าทำลายพืชผลได้
2. เชื้อโรคปรากฏอยู่ แต่ไม่สามารถทำให้พืชผลเป็นโรคได้
3. เชื้อโรคทำให้เกิดโรคได้ แต่การเป็นโรคนั้นลดลงหรือเป็นแต่เพียงเล็กน้อยด้วยเชื้อเดี่ยว ๆ ไม่มีเชื้อโรคที่ 2 หรือ 3 แทรกซ้อน

การใช้ EM ทำให้จำนวนของเชื้อราต่าง ๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งจะไปควบคุมเชื้อโรคพืช (*Fusarium*) ให้ปรากฏอาการของโรคให้เห็นลดลง การทดลองอื่น ๆ แสดงให้เห็นว่า ดินที่ใส่ EM 2,3,4 จะมีเชื้อโรคพืชที่เป็นเชื้อรา (*Thielaviopsis* และ *Verticillium*) และโรคพืชที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย (*Xanthomonas*, *Erwinia*, *Agrobacterium* และ *Pseudomonas*) น้อยกว่าดินที่ใส่ปุ๋ยเคมี การไปควบคุมเชื้อโรคพืช และอาการของโรคพืชที่ปรากฏให้เห็น ขึ้นอยู่กับสภาพของดิน พืช และเชื้อ EM หรือองค์ประกอบของเชื้อที่ใช้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า EM สามารถชักนำให้ดินกลายเป็นดินที่ปราศจากโรคได้ในธรรมชาติ

ทฤษฎีพลังงานอินทรีย์

ทฤษฎีทั่ว ๆ ไปเข้าใจว่าเมื่อใส่อินทรีย์วัตถุลงไปในดิน อินทรีย์วัตถุก็จะสลายตัวโดยจุลินทรีย์ต่าง ๆ แล้วธาตุอาหารก็จะถูกปลดปล่อยออกมา หลังจากนั้นพืชก็นำไปใช้ประโยชน์ ส่วนทฤษฎีพลังงานอินทรีย์หมายถึง การที่อินทรีย์วัตถุได้รับการหมัก โดยจุลินทรีย์พวกแลคโตบาซิลลัสและจุลินทรีย์ที่ผลิตกรดแลคติก หลังจากนั้นก็จะปลดปล่อยกรดอะมิโนและน้ำตาลในรูปของสารประกอบอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ แล้วพืชจะดูดซึมไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการเมตาโบลิซึมต่าง ๆ Kinjo (1990) พบว่า ปริมาณของกรดอะมิโน ซึ่งผลิตภายหลังจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ โดยใช้ EM ประมาณ 5 วันจะสูงอย่างมีนัยสำคัญกว่าการที่ไม่ได้ใช้ EM ซึ่งการดูดกรดอะมิโน น้ำตาล และสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ โดยรากพืชนั้น ได้รับการสาธิตในการทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช ซึ่งการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชี้ให้เห็นว่า ต้นอ่อน กลุ่มเซลล์หรือเซลล์พืชไม่ต้องการเฉพาะธาตุหลักและธาตุรองเท่านั้น แต่ยังต้องการสารอินทรีย์ที่เพิ่มพลังให้ได้ผลผลิตสูง เช่น กรดอะมิโนและน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ในกระบวนการหมักมักจะใช้ประโยชน์ในการเตรียม

อาหาร เช่น เต้าเจี้ยว น้ำปลาและหมักสำหรับสัตว์เลี้ยง แต่ถึงอย่างไรก็ตาม การหมักในดิน และการนำประโยชน์จากการหมักมาใช้กับพืชนั้น ยังมีการศึกษาน้อยมาก

ทฤษฎีการละลายของธาตุอาหารอินทรีย์ต่าง ๆ

จุลินทรีย์ มีความสำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ และนำธาตุอาหาร เหล่านั้นกลับมาให้พืชนำไปใช้ประโยชน์อีก ความสามารถในการให้พืชผลของดินจะลดลง ถ้าดินนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง (มักจะเกิดการชะล้างพังทลายของดิน และการนำอินทรีย์วัตถุที่เหลือใช้และเศษวัสดุต่าง ๆ กลับลงไปดินไม่เพียงพอหรือน้อยเกินไป) เมื่อเกิดขึ้นเช่นนี้จำนวนของจุลินทรีย์ดิน และสิ่งมีชีวิตที่มีมากขึ้นในดินก็จะลดจำนวนลง การทดลองที่ใช้กากน้ำตาลผสมน้ำ 0.1 เปอร์เซ็นต์กับดิน และพ่นไปในบนต้นผักกาด (*Brassica rapa*) และพริกไทยเขียว (*Capsicum sp.*) กับเป็นแหล่งของคาร์บอน และพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า มีการเพิ่มจำนวนของแบคทีเรียแอคติโนมัยซิสและเชื้อราทั้งในดินและบนผิวใบอย่างมีนัยสำคัญมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ทำการพ่น การพ่นกากน้ำตาลบนใบของต้นผักกาดยังทำให้แบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างมากบนผิวใบอีกด้วยเมื่อเทียบกับการไม่ได้พ่น ผลผลิตของพริกไทยเขียวและผักกาดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีความสัมพันธ์กับจำนวนของจุลินทรีย์ต่าง ๆ

สารประกอบของอินทรีย์สารฟอสฟอรัสที่ไม่ละลายน้ำซึ่งไม่เป็นประโยชน์แก่พืชสามารถทำให้ละลายน้ำได้โดยจุลินทรีย์ ซึ่งผลการทดลองที่คล้ายคลึงกันนี้ได้รับจากการทดลองซึ่งมีการใช้ EM หลายชนิดใส่ลงไปในดิน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นอย่างมากของอินทรีย์สารฟอสฟอรัส (P_2O_5) เนื่องจากการใช้ EM เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้ใช้ EM

ทฤษฎีของการสังเคราะห์แสงและตรึงไนโตรเจน

เมื่อนำ EM ไปใส่ในดิน หรือพ่นไปในบนผิวใบพืช ประชากรของแบคทีเรียสังเคราะห์แสงและแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนจะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ซึ่งเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นต่อมาคือพืชจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ให้ผลผลิตสูงขึ้นและคุณภาพของผลผลิตก็ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นเช่นเดียวกัน (อยู่บนพื้นฐานของการเพิ่มปริมาณวิตามินซี และน้ำตาลในผลไม้) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ได้ใช้ EM คาดคะเนว่าถ้าแบคทีเรียสังเคราะห์แสง และแบคทีเรียที่ตรึงไนโตรเจนในดินและที่พื้นผิวใบพืชมีจำนวนมาก อาจจะช่วยให้พืชมีอัตรา และมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงเพิ่มมากขึ้น อย่างไรก็ดีตาม ยังไม่มีการทดลองสนับสนุนความคิดนี้ได้ Reid (1979) พบว่า พลังงานสุทธิที่ได้รับจากการสังเคราะห์ของ *Pinus ponderosa* และ *P. flexilis* มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ขณะที่ *Ectomycorrhizae* อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืชเพิ่มจำนวนขึ้น Ruinen (1970) เป็นหนึ่งในจำนวนนักวิทยาศาสตร์ที่เริ่มดำเนินการค้นคว้าถึงการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรียที่ผิวใบ Pati และ Chandra (1981) และ Sen Gupta และคณะ (1982 a; 1982b) รายงาน ว่าแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ตรึงไนโตรเจนบนผิวใบสามารถจะเพิ่มผลผลิตของพืชผลได้

ปัญหาเกี่ยวกับความถูกต้องทางด้านวิทยาศาสตร์ EM

มีนักวิทยาศาสตร์ เป็นจำนวนมากยังสงสัยว่าจะเป็นไปได้หรือที่จะนำเอาจุลินทรีย์ไปใส่ในสภาพแวดล้อมของดิน-พืช และไปเปลี่ยนสมดุลของจุลินทรีย์ เพื่อให้เกิดผลไปในทางที่เป็นประโยชน์ในการเจริญเติบโตเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตของพืชผล นักวิทยาศาสตร์เหล่านี้กล่าวว่า กรณีนี้เป็นไปได้เฉพาะในกรณีของการคลุกเชื้อ *Rhizobium sp.* ของเมล็ดถั่วเท่านั้น โดยใช้สปอร์ของแบคทีเรียจำนวนมากคลุกเปลือกหุ้มเมล็ดเพื่อให้รอดชีวิตและอยู่อาศัยที่รากถั่ว ยิ่งกว่านั้น นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับจุลินทรีย์ดินได้รู้ว่ามีผู้พยายามที่จะเพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ลงไปในดิน โดยการใช้จุลินทรีย์เพียงชนิดเดียว ซึ่งก็ล้มเหลวโดยไม่ได้รับการตอบสนองที่เป็นไปตามที่คาดคิด ที่เป็นเช่นนี้ เพราะจุลินทรีย์ที่นำไปปลูกเชื่อนั้นจะตายในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในดิน

ความถูกต้องทางด้านวิทยาศาสตร์ในการปลูกเชื้อลงไปในดินโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์หลายชนิดจะเป็นจริงหรือไม่ บางท่านพิจารณาถึงการยอมรับในแง่การปฏิบัติ ซึ่งเช่นเดียวกับการใส่มูลสัตว์ เศษซากพืชที่เหลือใช้และปุ๋ยเคมีสดลงไปในดินเพื่อใช้ในการเกษตร อินทรีย์วัตถุทั้งหมดก็จะเป็นที่อยู่อาศัยของประชากรจุลินทรีย์เป็นประโยชน์ ซึ่งไม่ใช่จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดิน ในทิศทางที่จะเพิ่มผลผลิตและป้องกันโรคแมลง การที่จะทำให้เป็นที่ยอมรับหรือทำให้ดีขึ้นสำหรับการใช้ EM โดยนำเชื้อของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์หลายชนิดมาปนกันแล้วนำไปใส่ลงในระบบนิเวศวิทยาการเกษตร เพื่อให้แน่ใจว่าจะได้รับผลอย่างเหมาะสมในช่วงเวลาชยาวนาน และใช้ประโยชน์เมื่อทำซ้ำและได้ผลเหมือนเดิมอีก

อย่างไรก็ตาม ยังมีคำถามที่ยังไม่มีคำตอบ เกี่ยวกับกลไกต่าง ๆ ว่า EM ทำงานหรือร่วมกันทำงานในสภาพแวดล้อมของดิน-พืชอย่างไร และความมีประสิทธิภาพของ EM ภายใต้สภาพแวดล้อมของดิน-พืช ในสภาพเครียด (stress) (เช่น แสงอย่างรุนแรง อุณหภูมิดินสูง และในสภาพที่ดินขาดธาตุอาหาร) เมื่อพิจารณาถึงงานวิจัยเกี่ยวกับ EM ในขณะนี้แล้ว ยังอยู่ในระหว่าง ค้นคว้าวิจัยเป็นจำนวนมากในแถบประเทศเอเชียและแปซิฟิก เพื่อที่จะตอบปัญหาเหล่านี้ซึ่งคงจะเพิ่มความถูกต้องทางด้านวิทยาศาสตร์ของ EM ในปีต่อ ๆ ไป

2.5.6 ลักษณะโดยทั่วไปของ EM (ศูนย์ฝึกอบรมและเผยแพร่เกษตรธรรมชาติคิวเซ, 2538)

EM เป็นของเหลวสีน้ำตาลมีกลิ่นหอมเปรี้ยวอมหวาน (เกิดจากการทำงานของกลุ่มจุลินทรีย์ต่าง ๆ ใน EM) เป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ไม่สามารถใช้ร่วมกับสารเคมีหรือยาปฏิชีวนะและยาฆ่าเชื้อต่าง ๆ ได้ EM ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น คน สัตว์ พืชและแมลงที่เป็นประโยชน์ ช่วยปรับสภาพความสมดุลของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ลักษณะการผลิต

เพาะขยายจากจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มากกว่า 80 ชนิด จากกลุ่มจุลินทรีย์สังเคราะห์แสง กลุ่มจุลินทรีย์ผลิตกรดแลคติก กลุ่มจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน กลุ่มจุลินทรีย์แอคติโนมัยซีท และกลุ่ม



จุลินทรีย์ยีสต์ ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ได้จากธรรมชาติ นำมาเพาะเลี้ยงและขยายให้จุลินทรีย์แต่ละชนิดขยายตัวด้วยปริมาณที่สมดุลกัน ด้วยเทคโนโลยีพิเศษโดยใช้อาหารจากธรรมชาติ เช่น น้ำตาล โปรตีน รำข้าว และสารประกอบอื่นๆ ที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต

การเก็บรักษา

หัวเชื้อ EM จากมูลนิธิบำเพ็ญสาธารณประโยชน์ด้วยกิจกรรมทางศาสนา สามารถเก็บรักษาไว้ได้นาน 1 ปี อย่างน้อย 6 เดือน ในอุณหภูมิห้องปกติ ไม่เกิน 45-50 C ต้องปิดฝาให้สนิท อย่าวงให้อากาศเข้าเพราะเชื้อ EM ส่วนใหญ่ไม่ต้องการอากาศและอย่าเก็บไว้ในตู้เย็น ทุกครั้งที่แบ่งไปใช้ต้องรีบปิดฝาให้สนิท การนำ EM ไปขยายต่อ ควรใช้ภาชนะที่สะอาดและใช้ให้หมดภายในเวลา 2 ชั่วโมงถึง 3 วัน

ข้อสังเกตพิเศษ

หากนำไปส่งด้วยกล่องจุลทัศน์ที่มีกำลังขยายสูงไม่ต่ำกว่า 700 เท่า จะเห็นจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ อยู่มากมาย ปกติ EM จะมีกลิ่นหอมอมเปรี้ยวอมหวาน ถ้าเสียแล้วจะมีกลิ่นเหม็นเน่าเหมือนกลิ่นจากท่อน้ำทิ้งเก่าๆ กรณีที่เก็บไว้หลายวันโดยไม่มีการเคลื่อนไหวภาชนะ จะมีฝ้าขาวๆ เหนือผิวน้ำของ EM นั่นคือการทำงานของ EM ที่พักตัว เมื่อเขย่าแล้วทิ้งไว้ชั่วขณะ ฝ้าสีขาวจะสลายตัวกลับไปอยู่ใน EM เหมือนเดิม EM ที่นำไปขยายเชื้อแล้วควรใช้ให้หมดภายใน 2 ชั่วโมงถึง 3 วัน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเสื่อมคุณภาพที่อาจเกิดจากความไม่สะอาดของน้ำ ภาชนะ และสิ่งแปลกปลอมจากอากาศ

2.5.7 บทบาทของจุลินทรีย์ธรรมชาติในด้านเกษตรและสิ่งแวดล้อม

พูนพิโล สุวรรณฤทธิ์ และคณะ (2538) ได้ศึกษาปริมาณเชื้อราใน EM พบว่าปริมาณของเชื้อราในระดับบน กลาง ล่าง ของอาหารเลี้ยงเชื้อ ไม่แตกต่างกันมากนัก ใน EM ชุดที่ 1 จะมีปริมาณเชื้อราเฉลี่ยเมื่อ 0 สัปดาห์เท่ากับ 8×10^4 CFU/ml ใน EM ชุดที่ 2 พบว่าปริมาณเชื้อราเฉลี่ยเมื่อ 0 สัปดาห์ เท่ากับ 9.6×10^4 CFU/ml ใน EM ชุดที่ 3 พบว่าปริมาณเชื้อราเฉลี่ยเมื่อ 0 สัปดาห์ เท่ากับ 2.5×10^4 CFU/ml ส่วนการศึกษานิตของเชื้อราใน EM พบว่า EM แต่ละชุดจะมีชนิดของเชื้อราที่แตกต่างกัน เชื้อราที่พบใน EM ทุกชุดคือ *Aspergillus niger*, *Penicillium* (สีเขียวเข้ม), *Penicillium* (สีเทา) และ *Penicillium* (สีเขียวผิวหยาบ) ส่วนการศึกษาความอยู่รอดของเชื้อราใน EM ในช่วงเวลาต่างๆ ตั้งแต่ 0, 8 และ 16 สัปดาห์ พบว่าเชื้อราส่วนใหญ่จะมีปริมาณมากใน EM และสามารถคงทนอยู่ได้ทั้งในระดับผิวบน ผิวล่าง และกลางภาชนะ และจะลดลงอย่างรวดเร็วภายใน 8 สัปดาห์

ธงชัย คัมภีร์ และคณะ (2538) ได้ศึกษาเชื้อแบคทีเรียใน EM 2 สกุล คือ *Actinomyces sp.* และ *Streptomyces sp.* ในการแยกเชื้อบริสุทธิ์ของ *Actinomyces sp.* จากสาร EM 3 ตัวอย่างโดยอาหารเลี้ยงเชื้อจำเพาะ 2 ชนิด ปรากฏว่าไม่พบแบคทีเรียชนิดนี้เลย ผลของการแยกเชื้อบริสุทธิ์ของ *Streptomyces sp.* จะได้ไอโซเลทที่แตกต่างกัน 6 ไอโซเลท การทดสอบความสามารถในการย่อยเซลลูโลสของเชื้อ *Streptomyces* 6 ไอโซเลท เปรียบเทียบกับเชื้อรา *Aspergillus niger* ซึ่งให้ค่าการย่อยกระดาษกรองเท่ากับ 0.034 U/ml พบว่ามีเพียง 2 ไอโซเลทเท่านั้นที่มีความสามารถในการย่อยเซลลูโลสค่อนข้างดี ส่วนการศึกษาการผลิตสารยับยั้งการเจริญต่อจุลินทรีย์อื่นของ *Streptomyces* 6 ไอโซเลท และประสิทธิภาพของการยับยั้งการเจริญต่อจุลินทรีย์ทดสอบ 5 ชนิด คือ *Bacillus Cercus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* และ *Aspergillus niger* มีเพียงไอโซเลทเดียวจาก 3 ไอโซเลทที่ผลิตสารยับยั้งการเจริญของ จุลินทรีย์อื่น ซึ่งมีประสิทธิภาพค่อนข้างดีต่อการยับยั้งการเจริญของ *Bacillus cereus* แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบชนิดอื่นและเชื้อรา *A.niger* ได้

นภา โล่ห์ทอง และคณะ (2538) ได้ศึกษาปริมาณ lactic acid bacteria ในตัวอย่าง EM 2 ตัวอย่างพบว่า มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นต่างกัน กล่าวคือ พบเชื้อ 9.9×10^6 cells/ml ในตัวอย่างที่ 1 และในขณะที่ในตัวอย่างที่ 2 มีเชื้อเพียง 6.6×10^5 cells/ml โดยที่ปริมาณ lactic acid bacteria ในตัวอย่างแรกจะคงอยู่ประมาณ 9 สัปดาห์ และลดลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 11 จนตรวจไม่พบในสัปดาห์ที่ 13 ส่วนตัวอย่างที่ 2 นั้น ปริมาณเชื้อจะลดลงตามลำดับ หลังจากเริ่มการทดลองและตรวจไม่พบในสัปดาห์ที่ 7 จากการจำแนกชนิดพบว่าเชื้อทุกไอโซเลทที่แยกได้อยู่ใน genus *Lactobacillus* และจัดจำแนกเป็น *L.plantarum*, *L.casei*, และ *L.rhamnosus* โดยพบ *L. plantarum* เป็นส่วนใหญ่

สาวตรี ลิ้มทอง และคณะ (2538) ได้ศึกษาเชื้อยีสต์ใน EM 2 ตัวอย่าง พบว่ามีเชื้อยีสต์อยู่ $10^5 - 10^6$ CFU/ml จำนวนเชื้อเพิ่มขึ้นจากเริ่มต้นในช่วงเวลา 3 - 4 เดือนของการเก็บยีสต์ส่วนใหญ่อยู่ที่ผิวหน้าของ EM โดยมีการสร้างแผ่นฝ้า ซึ่งมีความหนาเพิ่มขึ้นตามอายุของการเก็บ เชื้อยีสต์ที่พบเสมอใน EM คือ *Candida*

นภาพรรณ นพรัตน์ภรณ์ และ กฤตวรรณ วงศ์ศิริเดช (2538) ได้ศึกษาแบคทีเรียสังเคราะห์แสง ใน EM พบว่าใน EM ไม่มีแบคทีเรียสังเคราะห์แสงทั้งในกลุ่ม purple และ green bacteria ผลการทดลองนี้เป็นเช่นเดียวกับผลที่รายงาน โดยนายคิมูรา จากสมาคมดินและปุ๋ยของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งตีพิมพ์ในนิตยสารข่าวสารสิ่งแวดล้อม "Terra" ของประเทศญี่ปุ่น ตีพิมพ์ฉบับเดือน กรกฎาคม 2537 และที่รายงานโดย Assoc. Prof. T. Morinaga แห่งภาควิชา Fermentation Technology, Faculty of Engineering, Hiroshima University, Japan.

สมพร ชุนท์ลิขานนท์ ,บรรหาร แดงน้ำ และ จิรยุทธ ตันวิญกุล (2538) ได้ทำการทดลองถึงผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน 5 ชนิด คือ *Nostoc sp.*, *Calothrix sp.*, *Tolypothrix sp.*, *Anabaena siamensis* และ *A.oryzae* ในสารละลาย BG₁₁ ที่มีสารละลาย EM เข้มข้น 3 ระดับ คือ 150, 300 และ 600 ppm. ผลการทดลองพบว่า สาร EM ในระดับ 150 และ 300 ppm ช่วยให้สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินมีการเจริญเติบโตและการตรึงไนโตรเจนเพิ่มมากขึ้นมากกว่าการเลี้ยงสาหร่ายโดยไม่ใส่สาร EM และการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ EM สูงกว่า 300 ppm.

บรรหาร แดงน้ำ และสมพร ชุนท์ลิขานนท์ (2538) ได้ศึกษาถึงผลของ EM ต่อการเจริญของเชื้อ *Azotobacter* และ *Azospirillum* จึงทำการทดลองโดยใช้ เชื้อ *Azotobacter* เลี้ยงในอาหารที่ปราศจากไนโตรเจน เปรียบเทียบกับการเลี้ยงเชื้อในอาหารที่ปราศจากไนโตรเจนแต่ใส่ซูเปอร์ EM ด้วย 1% ปรากฏว่าการเลี้ยงเชื้อทั้งสองวิธี จะให้ปริมาณเชื้อใกล้เคียงกันแต่การเลี้ยงเชื้อ *Azotobacter* ร่วมกับซูเปอร์ EM จะมีจุลินทรีย์อื่นปนเปื้อนอยู่มาก ส่วนการเลี้ยงเชื้อ *Azotobacter brasilense* ในอาหารสูตรDobereiner (1980) และในอาหารสูตรDobereiner (1980) ร่วมกับซูเปอร์ EM 1% ปรากฏว่าการเลี้ยงเชื้อในอาหารผสมซูเปอร์ EM จะมีเชื้อปริมาณน้อยกว่าไม่ใส่ซูเปอร์ EM

อรุณวรรณ หวังกอบเกียรติ และ คณะ (2538) ได้ศึกษาความสามารถของ EM ในการเป็นสารยับยั้งการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยแบ่งงานทดลองเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 ใส่สารทดสอบความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ไม่เจือจางจนถึงเจือจาง 10^{-7} พร้อมกับปลูกเชื้อ *Proteus vulgaris* ชุดที่ 2 ทำอย่างเดียวกับชุดที่ 1 แต่ไม่ปลูกเชื้อ *P.vulgaris* ผลการทดลองพบว่า EM ที่เพาะขยายและสารละลายกากน้ำตาลหมัก มีฤทธิ์เป็นสารยับยั้งมากที่สุด รองลงมา เป็น EM หัวเชื้อ ส่วนสารละลายกากน้ำตาลไม่หม่าเชื้อ และสารละลายกากน้ำตาลหม่าเชื้อ ไม่ออกฤทธิ์การยับยั้ง การทดลองทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า EM มีความสามารถในการใช้เป็นสารยับยั้งการเกิดไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ ความสามารถยับยั้งได้จากการด ซึ่งเกิดจากการหมักกากน้ำตาล โดยจุลินทรีย์ใน EM สามารถสร้างกรดได้เป็นปริมาณมากระดับหนึ่งและไปยับยั้งการสร้างไฮโดรเจนซัลไฟด์ของ *P.vulgaris* ได้

Srituma (1995) ได้ศึกษาทดลองใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) เพื่อแก้ไขปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมในฟาร์มสุกรในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา ผลการศึกษาพบว่า จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) สามารถลดกลิ่นเหม็นของฟาร์มสุกรได้ร้อยละ 80 สามารถลดจำนวนแมลงวันได้ร้อยละ 60.45 และ จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) สามารถกำจัด BOD ได้ร้อยละ 36.0 สามารถกำจัดสารแขวนลอย (SS) ได้ร้อยละ 68.8

สมชัย จันทรสว่าง และ คณะ (2537) ได้รายงานผลการทดลองการใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ในการบำบัดของเสียจากฟาร์มเลี้ยงสุกร โดยการเลี้ยงขยายจุลินทรีย์ธรรมชาติแบบกึ่งต่อเนื่อง (semi-continuous mass culture) และผสมในน้ำล้างคอกและน้ำดื่มของสุกร ผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) สามารถนำไปประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียจากคอกสุกรที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง สามารถลดความสกปรกเป็นค่า BOD ลงได้ถึง 91% ทั้งยังพบว่าการล้างคอกทุกวันด้วยน้ำสะอาดผสมจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ที่หมักแล้ว สามารถลดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นได้อย่างเป็นที่น่าสนใจ มูลสุกรที่บำบัดด้วยจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) แล้วพบว่ามีคุณค่าสูงทั้งทางด้านปุ๋ยและอาหารของพืช โดยมีส่วนประกอบของโปรตีน 23.6% และส่วนประกอบของกรดอะมิโนที่จำเป็นชนิดต่างๆ ที่สูงมาก

สารสิน อุษยานนท์ และคณะ (2538) ศึกษาการใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ในการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลศูนย์ขอนแก่น พบว่า น้ำเสียที่ใสและไม่ใสจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ให้ผลการบำบัดเช่นเดียวกัน ความเข้มข้นต่างๆ ของจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ที่ใสในน้ำเสีย ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย แบบแผนการย่อยสลายของน้ำเสียกลางแจ้งและในที่มืดมีปฏิกิริยาเป็นไปตามทฤษฎีของการย่อยสลายสารอินทรีย์ของน้ำเสียทั่วไป ไม่มีตัวแปรใดๆ ที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นโดยการใส่จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) กลิ่นอันเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย พบว่าเมื่อใสจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) กลิ่นซึ่งวัดเป็นค่า ammonia และ hydrogen sulfide ยังมีค่าสูง โดยการทดลองนี้พบว่า จุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM) ไม่มีส่วนในการลดปฏิกิริยาการเกิดกลิ่นดังกล่าว อัตราการย่อยสลายของน้ำเสียเมื่อใส จุลินทรีย์ธรรมชาติพบว่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งก็เหมือนกับการ Seeding ระบบน้ำเสียโดยทั่วไป ผลของการทดลองมิได้แสดงให้เห็นถึงการเกิด antioxidation reaction ตามรายงานของผู้คัดค้านจุลินทรีย์ธรรมชาติ (EM)

สาทร ลีสิงห์ และขวัญชัย สมบัติศิริ (2538) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ EM ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้า พบว่า การใช้ EM ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้าที่สำคัญ ได้แก่ หนอนใยผัก หนอนกระทู้หอม หนอนคืบกะหล่ำ และด้วงหมัดผัก ตั้งแต่คะน้าอายุ 10 วัน จนกระทั่งเก็บเกี่ยวนั้น ไม่มีประสิทธิภาพในการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงศัตรูคะน้าได้

ภาวนา ลิขณานนท์ และสมศักดิ์ วังใน (2538) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยหมักที่ผลิตโดยใช้ EM, ปุ๋ยหมักจากไฮเทค, ปุ๋ยหมักจาก พด.1, ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์เคี้ยวเอื้อง (มูลโคสด), ปุ๋ยหมักจาก EM (โบกาฉี) และปุ๋ย NPK โดยศึกษาความสูงและน้ำหนักสดของผักบุ้ง, ผักคะน้าและผักกวางตุ้ง ผลการทดลองสรุปได้ว่าปุ๋ยหมักจาก EM, ปุ๋ยพด.1, มูลสัตว์ และ โบกาฉี มีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน ทั้งยังมีประสิทธิภาพสูงกว่าปุ๋ยหมักจากจุลินทรีย์ไฮเทค และปุ๋ย NPK

สมศักดิ์ วัจโน และภาวนา ลิกขนานนท์ (2538) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของกองปุ๋ยหมักซึ่งได้แก่ การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ ปริมาณเชื้อรา แอคติโนมัยซีท แบคทีเรีย การลดลงของปริมาตร และการลดลงของอัตราส่วนของอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์ไนโตรเจนของกองปุ๋ยหมักในช่วงระยะเวลา 0-90 วัน แสดงให้เห็นว่า จุลินทรีย์ปุ๋ยหมัก พด. 1 หรือกรมพัฒนาที่ดิน 1 มีประสิทธิภาพในการทำให้ฟางข้าวกลายเป็นปุ๋ยหมักสูงที่สุด รองลงไปได้แก่ มูลสัตว์เคี้ยวเอื้องสด จุลินทรีย์ปุ๋ยหมักไฮเทค และ EM ตามลำดับ สรุปว่าจุลินทรีย์ปุ๋ยหมัก พด.1 และ มูลสัตว์เคี้ยวเอื้องสดเหมาะสมที่จะใช้ผลิตปุ๋ยหมักมากกว่าจุลินทรีย์ไฮเทคและ EM

สมชัย จันทรสว่าง และคณะ (2538) ได้รายงานผลการศึกษาวิจัยเรื่อง "ผลของจุลินทรีย์ EM ต่อลักษณะการเจริญเติบโต การให้ไข่และลักษณะของของเสียในนกกระทาญี่ปุ่น" พบว่า เมื่อ 4 สัปดาห์ การเสริม EM ไม่มีผลต่อลักษณะการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและอัตราการตายของลูกนกกระทา ในระยะเจริญเติบโตเมื่อ 4-12 สัปดาห์ การเสริม EM ไม่มีผลต่อลักษณะการเจริญเติบโต การให้ไข่ และประสิทธิภาพการใช้อาหาร แต่มีผลอย่างมีนัยสำคัญของการเสริม EM โดยพบว่าในลักษณะคุณภาพของไข่ของนกกระทาที่ได้รับน้ำและ/หรืออาหารเสริมด้วย EM ให้ไข่แดงมีสีเหลืองเข้มกว่าพวกที่ไม่ได้รับ EM ในลักษณะของของเสียผลการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่า TVS ซึ่งใช้วัดกลิ่นเหม็นของมูล มีค่าลดลงมาก และส่วนประกอบของโปรตีนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในนกกระทาที่ได้รับ EM เสริมในอาหาร 1%

ภาวดี ภักดี และคณะ (2538) ได้ทดสอบประสิทธิภาพหัวเชื้อจุลินทรีย์ EM ในการทำปุ๋ยหมัก (การทำปุ๋ยหมักจากผักตบชวา) เปรียบเทียบกับสารเร่ง พด.1 ของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่ารูปแบบของระดับอุณหภูมิประจำวันในกองปุ๋ยหมักเป็นไปในแนวทางเดียวกันและอยู่ในช่วง 29.0 - 39.5 °C ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผักตบชวา พบว่าค่าไนโตรเจนทั้งหมดเฉลี่ย 1.45 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นเฉลี่ย 85.58 เปอร์เซ็นต์ pH เฉลี่ย 6.46 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักผักตบชวา อายุ 15 วัน พบว่า ค่าไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 1.75 ถึง 1.96 เปอร์เซ็นต์ ค่าความชื้นอยู่ใน 73.46 ถึง 74.93 เปอร์เซ็นต์ pH อยู่ในช่วง 6.58 ถึง 7.09