บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การรวบรวมจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลส

จากการแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสชนิดต่างๆ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย เชื้อรา และแอคติโนมัยซีส จากแหล่งตัวอย่างทั้งหมด 10 แหล่ง ได้เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส แต่ละประเภทที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกันรวมทั้งหมด 189 ไอโซเลท ดังรายละเอียดในตารางที่ 12 กลุ่มเชื้อจุลินทรีย์พวก Mesophile ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย 36 ไอโซเลท เชื้อแอคติโนมัยซีส 38 ไอโซเลท และเชื้อรา 34 ไอโซเลท ส่วนในกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ประเภท Thermophile เป็นเชื้อแบคทีเรีย 33 ไอโซเลท เชื้อแอคติโนมัยซีส 34 ไอโซเลท และเชื้อรา 14 ไอโซเลท

ตารางที่ 12 จำนวนไอโซเลทของเชื้อจุลินทรีย์ประเภทต่างๆจากแหล่งตัวอย่าง 10 แหล่ง

แหล่งที่มาของตัวอย่าง	Mesophile (30°C)			Thermophile (55°C)			รวม
	จำนวน isolate			จำนวน isolate			
	Bacteria	Actinomycetes	Fungi	Bacteria	Actinomycetes	Fungi	
หัวเชื้อพด.1	3	3	3	1	1	2	13
มูลวัวแห้ง	4	4	6	7	6	2	29
มูลวัวสด	5	2	3	3	5	2	20
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	3	6	6	3	3	3	24
ปุ๋ยหมักแม่เหียะ	2	4	3	5	4	3	21
กองใบไม้แห้งดอยสุเทพ	3	6	4	3	4	-	20
กองใบไม้แห้งแม่เหียะ	8	5	2	6	4	2	27
กองข้าวเปลือก	4	3	2	1	3	-	13
Filler cake	3	4	5	4	4	-	20
ดินบ่อแก้ว	1	1	-	-	-	-	2
รวม	36	38	34	33	34	14	189

จากการตรวจสอบประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสของจุลินทรีย์แต่ละไอโซเลทด้วยวิธีของ Teacher และ Wood (1982) โดยใช้อัตราส่วนของเส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone กับ colony (clear zone ratio) เป็นดัชนีในการตรวจสอบพบว่าในจำนวนเชื้อจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทั้งหมด 189 ไอโซเลท เป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส ซึ่งให้ clear zone ratio อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2 ถึง 33 จำนวนทั้งหมด 34 ไอโซเลท ประกอบด้วยเชื้อ Thermophile 12ไอโซเลท และเป็นเชื้อ Mesophile 22 ไอโซเลท ดังรายละเอียดในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนไอโซเลทของเชื้อจุลินทรีย์จากแหล่งตัวอย่าง 10 แหล่งที่มีความสามารถในการย่อยสลายเซลลูโลส

แหล่งที่มาของตัวอย่าง	Mesophile (30°C)			Thermophile (55°C)			รวม
	จำนวน isolate			จำนวน isolate			
	Bacteria	Actinomycetes	Fungi	Bacteria	Actinomycetes	Fungi	
หัวเชื้อพด.1	2	2	0	0	0	1	5
มูลวัวแห้ง	3	0	0	1	0	0	4
มูลวัวสด	0	0	0	0	0	0	0
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	1	3	0	1	0	0	5
ปุ๋ยหมักแม่เหียะ	0	2	1	0	0	1	4
กองใบไม้แห้งดอยสุเทพ	1	0	0	0	0	0	1
กองใบไม้แห้งแม่เหียะ	1	2	0	1	1	0	5
กองข้าวเปลือก	1	0	0	0	1	0	2
Filler cake	0	0	1	3	2	0	6
ดินบ่อแก้ว	1	1	0	-	-	-	2
รวม	10	10	2	6	4	2	34

สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ประเภท mesophile ซึ่งสามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้มีจำนวนทั้งหมด 22 ไอโซเลท มีค่า clear zone ratio อยู่ในช่วง ตั้งแต่ 5-15 ดังแสดงไว้ในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 อัตราส่วน* เส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone กับ colony ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ประเภท mesophile ย่อยสลายเซลลูโลสได้

แหล่งที่มา	isolate no.	ประเภทของเชื้อ	clear zone ratio**	isolate code
หัวเชื้อพด.1	2	Bacteria	5.33ab	BM 1/2
หัวเชื้อพด.1	3	Bacteria	12.00e	BM 1/3
หัวเชื้อพด.1	1	Actinomycetes	5.67ab	AM 1/1
หัวเชื้อพด.1	2	Actinomycetes	5.00a	AM 1/2
มูลวัวแห้ง	1	Bacteria	5.00a	BM 2/1
มูลวัวแห้ง	2	Bacteria	15.00f	BM 2/2
มูลวัวแห้ง	4	Bacteria	5.00a	BM 2/4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 14 (ต่อ) อัตราส่วน* เส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone กับ colony ของเชื้อจุลินทรีย์ที่ประเภท mesophile ย่อยสลายเซลลูโลสได้

แหล่งที่มา	isolate no.	ประเภทของเชื้อ	clear zone ratio**	isolate code
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	2	Bacteria	6.67abc	BM 4/2
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	3	Actinomycetes	10.00d	AM 4/3
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	5	Actinomycetes	6.33abc	AM 4/5
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	6	Actinomycetes	8.00c	AM 4/6
ปุ๋ยหมักศูนย์แม่เหียะ	3	Actinomycetes	8.00c	AM 5/3
ปุ๋ยหมักศูนย์แม่เหียะ	4	Actinomycetes	7.00bc	AM 5/4
ปุ๋ยหมักศูนย์แม่เหียะ	3	Fungi	5.00a	FM 5/3
กองใบไม้แห้งดอยสุเทพ	3	Bacteria	5.50ab	BM 6/3
กองใบไม้แห้งศูนย์แม่เหียะ	7	Bacteria	7.50c	BM 7/7
กองใบไม้แห้งศูนย์แม่เหียะ	3	Actinomycetes	5.50ab	AM 7/3
กองใบไม้แห้งศูนย์แม่เหียะ	5	Actinomycetes	14.00f	AM 7/5
กองข้าวเปลือก	4	Bacteria	5.00a	BM 8/4
Filter Cake	4	Fungi	5.00a	FM 9/4
ดินบ่อแก้ว	1	Bacteria	7.67c	BM 10/1
ดินบ่อแก้ว	1	Actinomycetes	5.00a	AM 10/1

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อใช้ clear zone ratio เป็นดัชนีในการจัดกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ประเภท mesophile ที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ พบว่าสามารถแยกจุลินทรีย์ดังกล่าวออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่	clear zone ratio	จำนวน
1	14 – 15	2
2	12	1
3	10	1
4	7 – 8	5
5	5.33 – 6.67	6
6	< 5.33	7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการคัดเลือกเชื้อที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสในเบื้องต้น โดยใช้ clear zone ratio ในการพิจารณา พบว่าเชื้อที่ clear zone ratio มี 2 เชื้อ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท ที่ 2 ซึ่งแยกได้จากมูลวัวแห้ง ให้ค่า clean zone ratio 15 รองลงมาคือ เชื้อแอคติโนมัยซีสไอโซเลท ที่ 5 ซึ่งแยกได้จากกองใบไม้แห้งที่เก็บมาจากศูนย์แม่เหียะ ให้ค่า clean zone ratio 14 เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด ถือว่าเป็นเชื้อที่มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสลายเซลลูโลส สำหรับการคัดเลือกในเบื้องต้น สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากหัวเชื้อ พด 1 ซึ่งเป็นเชื้อประเภท mesophile ประกอบด้วย แบคทีเรีย 2 ไอโซเลท และแอคติโนมัยซีส 2 ไอโซเลท เป็นเชื้อที่ให้อัตราส่วนของ CZ : CL อยู่ในช่วงตั้งแต่ 5-12 และมีเพียงเชื้อแบคทีเรียไอโซเลท ที่ 3 ที่ให้ค่า clear zone ratio สูง (12)

สำหรับเชื้อจุลินทรีย์ประเภท mesophile ที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลส ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 12 ไอโซเลท มีค่า clear zone ratio ตั้งแต่ 5-33 ดังแสดงไว้ตารางที่ 15 เชื้อที่ให้ค่า clear zone ratio สูงที่สุด 2 อันดับแรก (20 และ 33) ได้แก่ เชื้อแบคทีเรียไอโซเลท ที่ 4 และเชื้อแอคติโนมัยซีสไอโซเลทที่ 4 ซึ่งแยกได้จากกองใบไม้แห้งในศูนย์แม่เหียะตามลำดับ ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากหัวเชื้อ พด 1 เป็นเชื้อราอยู่ในกลุ่มจุลินทรีย์ที่ให้ค่า clear zone ratio ต่ำ (5-6.5)

ตารางที่ 15 อัตราส่วน* เส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone กับ colony ของเชื้อจุลินทรีย์ประเภท thermophile ที่ย่อยสลายเซลลูโลสได้

แหล่งที่มา	isolate no	ประเภทของเชื้อ	clear zone ratio**	isolate code
หัวเชื้อพด.1	1	Fungi	5.00a	FT 1/1
มูลวัวแห้ง	6	Bacteria	5.00a	BT 2/6
ปุ๋ยหมักคณะเกษตร	3	Bacteria	6.00a	BT 4/3
ปุ๋ยหมักศูนย์แม่เหียะ	3	Fungi	5.00a	FT 5/3
กองใบไม้แห้งศูนย์แม่เหียะ	4	Bacteria	33.33f	BT 7/4
กองใบไม้แห้งศูนย์แม่เหียะ	4	Actinomycetes	20.00e	AT 7/4
กองข้าวเปลือก	3	Actinomycetes	10.00b	AT 8/3
Filter Cake	1	Bacteria	14.00c	BT 10/1
Filter Cake	3	Bacteria	16.00d	BT 10/3
Filter Cake	4	Bacteria	6.50a	BT 10/4
Filter Cake	1	Actinomycetes	10.00b	AT 10/1
Filter Cake	2	Actinomycetes	9.33b	AT 10/2

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อใช้ clear zone ratio ในการจัดกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ประเภท thermophile ตามประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสในเบื้องต้น สามารถแยกจุลินทรีย์ดังกล่าวออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่	clear zone ratio	จำนวน
1	33	1
2	20	1
3	16	1
4	14	1
5	9.33 – 10	3
6	5 – 6.5	5

4.2. การทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูโลส

เมื่อนำแบคทีเรีย ที่ให้ค่า clear zone ratio สูงที่สุด ห้าอันดับแรก ซึ่งได้แก่ เชื้อ BM1/3 BM2/2 BT7/4 BT9/1 และ BT9/3 ไปทดสอบกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสได้ผลการทดสอบดังแสดงไว้ในรูปที่ 2 และ 3

ในชั่วโมงที่ 24 เชื้อทั้ง 5 ไอโซเลท มีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุด (รูปที่ 2) โดยให้เอนไซม์อยู่ในช่วง 0.031-0.139 U/ml หลังจากชั่วโมงที่ 24 กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อแต่ละไอโซเลท มีความแปรปรวน คือ มีกิจกรรมลดลงในบางช่วงเวลา และในระยะต่อมามีกิจกรรมเพิ่มขึ้นอีก จากรายงานของ Khyami-Horani (1996) อ้างโดย จุฑาธัญ (2544) ซึ่งศึกษาการแยกและการคัดเลือกแบคทีเรียทนความร้อนที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส และพบความแปรปรวนของกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส เช่นกัน การลดลงของกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสในบางช่วงเวลา Khyami-Horani (1996) อ้างโดย จุฑาธัญ (2544)ได้อธิบายว่าน่าจะเกิดจากจุลินทรีย์ที่ผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้รับผลิตผล (product) จากกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวมากพอสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตของเชื้อได้โดยตรงจึงไม่จำเป็นต้องสังเคราะห์เอนไซม์เซลลูเลส ในช่วงเวลาที่ผลิตผลจากกิจกรรมของเอนไซม์ เซลลูเลสมีสะสมเพียงพอ กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสจึงลดลง เนื่องจากเกิด feed back repression โดยผลิตผลที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างเอ็นไซม์กับสับสเตรตจะไปกดกลไก catabolite repression ของการสังเคราะห์เซลลูเลส (Nisizawa, 1970 อ้างโดย จุฑาธัญ, 2544) เมื่อผลิตผลดังกล่าวถูกใช้ไป และจุลินทรีย์เริ่มขาดแคลน คาร์บอนและพลังงาน กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสจะเพิ่มขึ้นอีก ความแปรปรวนของกิจกรรมของเซลลูเลสที่เกิดจากแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลท ในช่วงต่างๆของการทดลอง อาจมีสาเหตุดังที่ Khyami-Horani (1996) และ Nisizawa (1970) ซึ่งอ้างโดย จุฑาธัญ (2544) รายงานไว้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างของเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลท ในด้านการเกิดกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส โดยใช้กิจกรรมเอนไซม์สูงสุดของแต่ละเชื้อในการเปรียบเทียบ ได้ผลดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงสุดและอัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone (CZ) กับ colony (CL) ในเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูเลสแต่ละไอโซเลท

Bacterial isolate no.	clear zone ratio	Cellulase activity (U/ml)
BM 1/3	12.00d	0.031e
BM 2/2	15.00bc	0.039d
BT 7/4	33.33a	0.139a
BT 9/1	14.00c	0.077c
BT 9/3	16.00b	0.122b

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

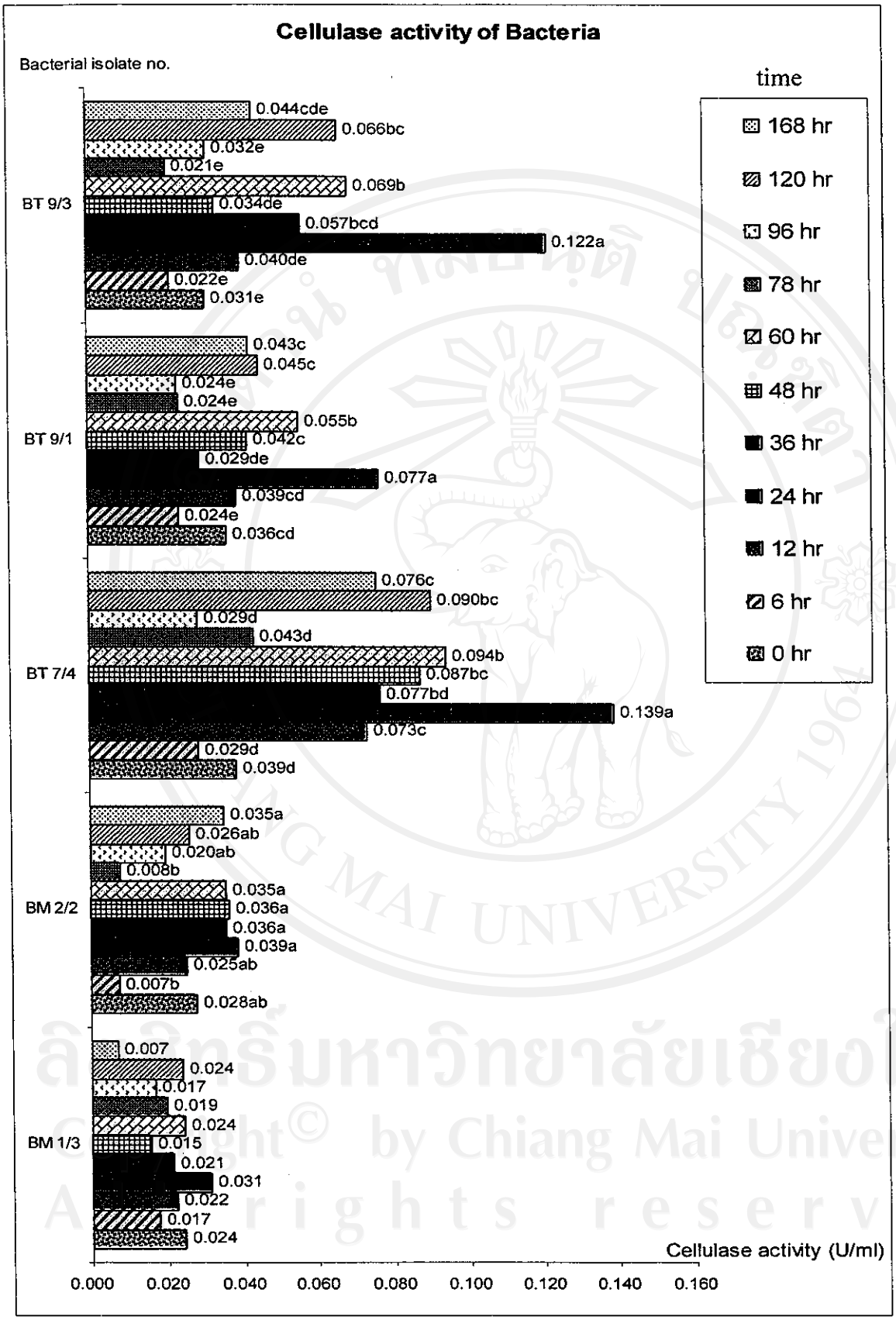
จากตารางที่ 16 พบว่าเชื้อแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เชื้อ BT 7/4 มีประสิทธิภาพดีที่สุด ทั้งในแง่ของกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส และ clear zone ratio รองลงมา คือ เชื้อ BT 9/3 และ BT 9/1 ตามลำดับ สำหรับเชื้อ BM 2/2 แม้ว่าจะให้ค่า clear zone ratio ไม่แตกต่างจากเชื้อ BT 9/1 และ BT 9/3 ในทางสถิติ แต่ในแง่ของกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส เชื้อ BM 2/2 มีประสิทธิภาพต่ำกว่าเชื้อ BT 9/1 และ BT 9/3 อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนเชื้อ BM 1/3 มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อแบคทีเรียไอโซเลทอื่น ทั้งในแง่ของ clear zone ratio และกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส จากผลการทดลองในตารางชี้ให้เห็นว่า โดยทั่วไปการตรวจสอบประสิทธิภาพในการย่อยเซลลูโลสสามารถใช้ clear zone ratio และกิจกรรมสูงสุดของเอนไซม์เซลลูเลสเป็นดัชนีในการพัฒนาได้ และดัชนีทั้งสองมีความสอดคล้องกันพอสมควร แต่ในบางกรณีดังเช่น กรณีของเชื้อ BT 2/2 เชื้อที่ให้ค่า CZ:CL สูง อาจมีกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสต่ำ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า เอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อดังกล่าวมีขนาดเล็กจึงสามารถ diffuse ผ่านรูพรุนของ agar medium ได้ดี เป็นผลทำให้ clear zone มีขนาดใหญ่ ทั้งที่เชื้อไอโซเลทนี้มีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสต่ำ

สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของแอคติโนมัยซีส ที่ให้ค่า clear zone ratio สูง ห้าอันดับแรก แสดงไว้ในรูปที่ 3 และ 4 จากผลการทดลองในรูปที่ 3 พบว่าเชื้อแอคติโนมัยซีสที่ใช้ทดสอบส่วนใหญ่มีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุดในวันที่ 3 ของการทดสอบ แต่มีเชื้อ AM 4/6 และ AT 9/1 ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงที่สุดในวันที่ 5 หลังจากวันที่ 3 หรือวันที่ 5 ซึ่งเชื้อแอคติโนมัยซีสมีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงสุดแล้ว พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เซลลูเลสของเชื้อแต่ละไอโซเลทเริ่มลดลง โดยเฉพาะเชื้อ AM 4/3 AM 4/6 AM 5/3 AM 7/5 AT 7/4 และAT 8/3 ซึ่งกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสที่ระยะหลังในบางช่วงลดต่ำลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเอนไซม์ในวันที่ 3 หรือ วันที่ 5 ของการทดสอบ อย่างไรก็ตามระยะต่อมากิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของ เชื้อ AM 4/3 ก็เพิ่มขึ้นอีก ความแปรปรวนของกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อแอคติโนมัยซิสน่าจะเกิดจากสาเหตุดังที่อธิบายไว้ในกรณีที่เกิดขึ้นกับเชื้อแบคทีเรีย

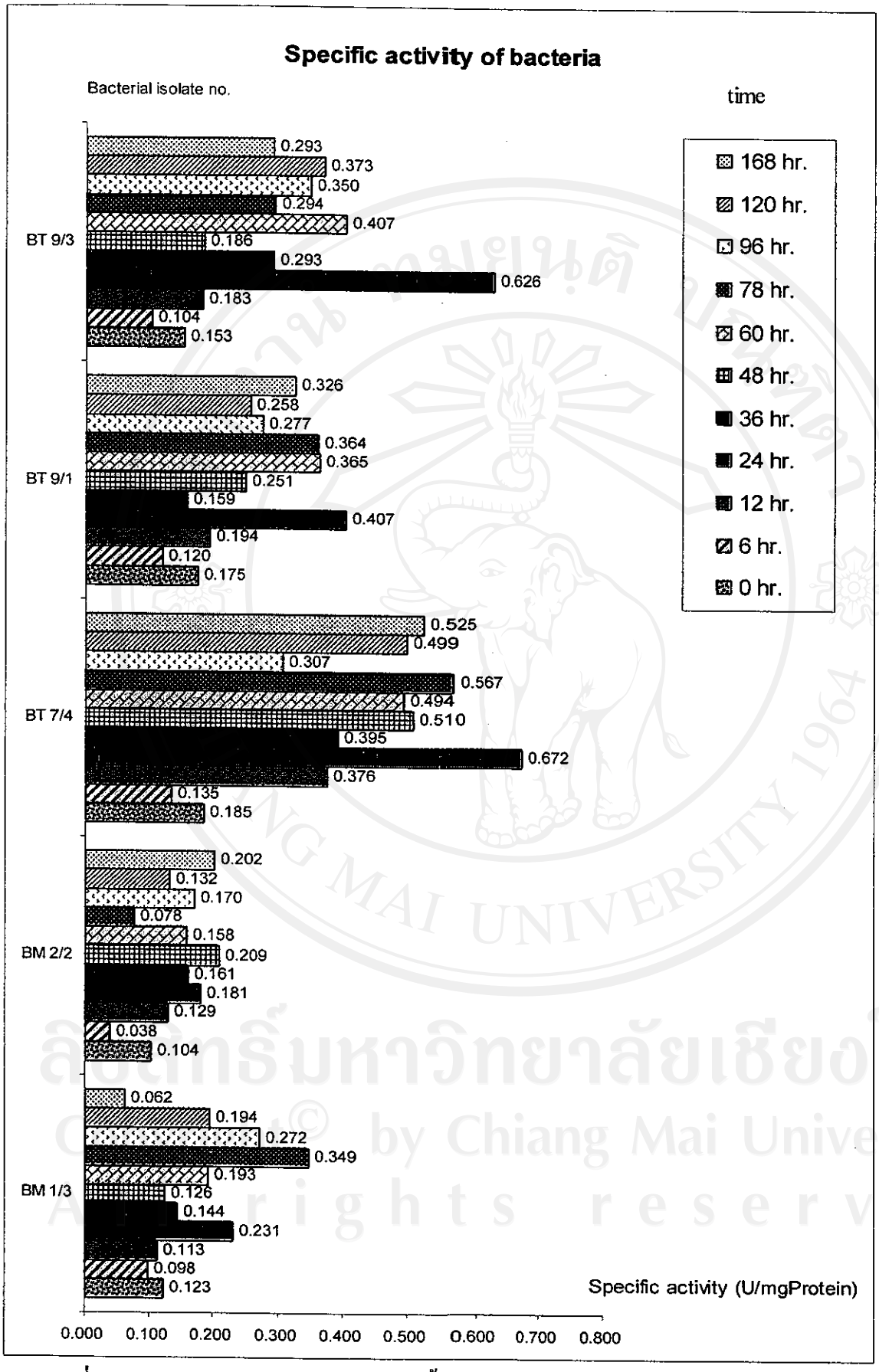
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 2 cellulase activity ของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสในช่วงเวลาต่างๆ

*ค่าเฉลี่ยใน isolate เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3 ค่าการทำงานเฉพาะเซลลูเลสของเชื้อแบคทีเรียไอโซเลสต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 17 กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูงสุดและอัตราส่วนเส้นผ่าศูนย์กลางของ clear zone (CZ) กับ colony (CL) ในเชื้อแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสลายเซลลูเลสแต่ละไอโซเลท

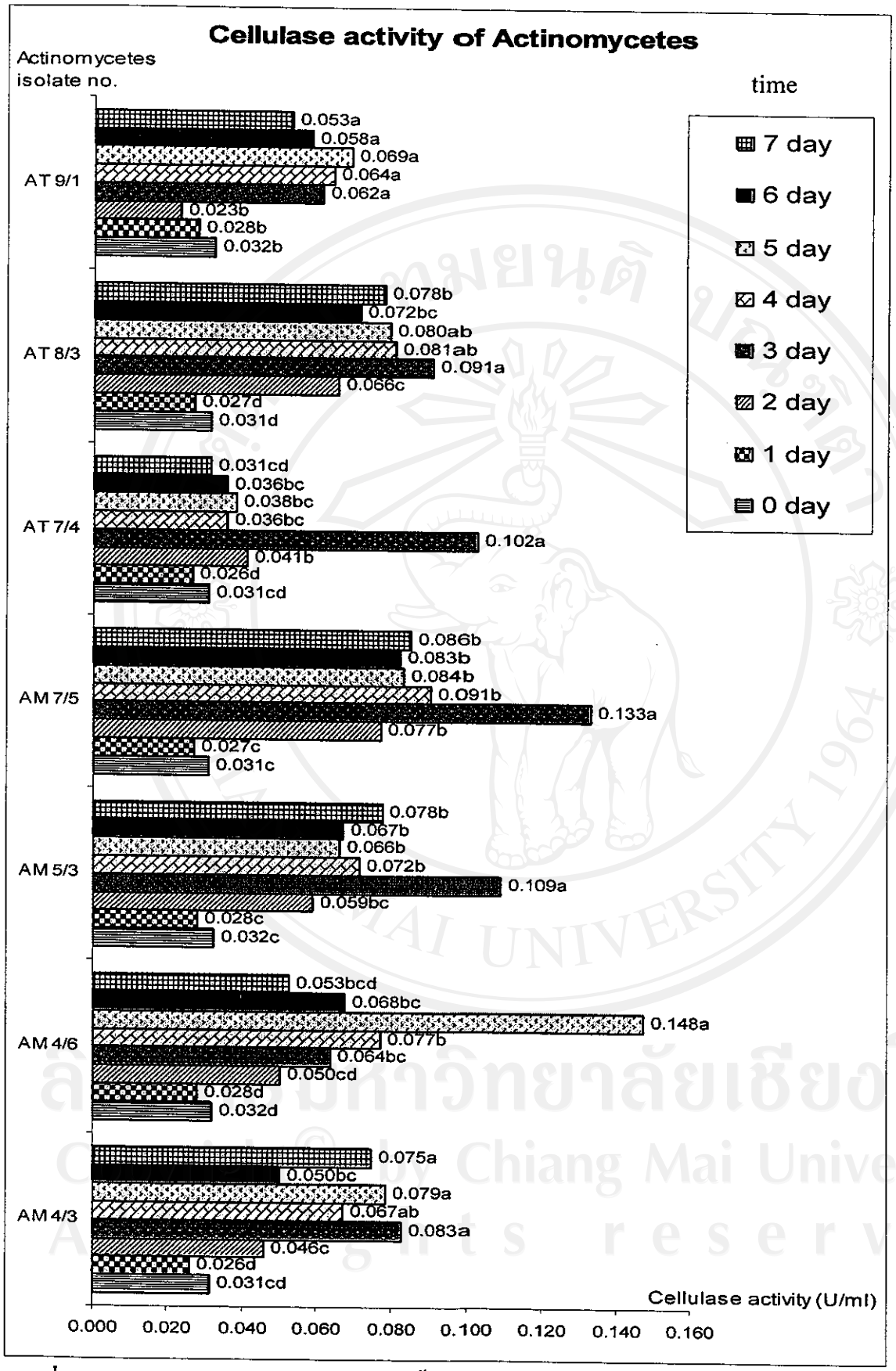
Actinomycetes isolate no	clear zone ratio	Cellulase activity (U/ml)
AM 7/5	14.00b	0.133ab
AM 4/3	10.00c	0.083c
AM 4/6	8.00d	0.148a
AM 5/3	8.00d	0.109abc
AT 7/4	20.00a	0.102abc
AT 8/3	10.00c	0.091bc
AT 9/1	10.00c	0.069c

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสของเชื้อแอคติโนมัยซีสแต่ละไอโซเลท (ตารางที่ 17) พบว่าเมื่อใช้กิจกรรมสูงสุดของเอนไซม์เซลลูเลสเป็นดัชนีในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อ AM 4/6 มีประสิทธิภาพดีที่สุด แต่ก็ไม่แตกต่างจากเชื้อ AM 7/5 AM 5/3 และAT 7/4 ในทางสถิติ ส่วนเชื้อ AT 9/1 มีประสิทธิภาพต่ำสุด แต่ไม่แตกต่างจากเชื้อ AM 4/3 และ AT 8/3 ในทางสถิติ เป็นที่น่าสังเกตว่าเชื้อแอคติโนมัยซีสบางไอโซเลทที่ให้กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสสูง เช่น AM 4/6 AM 5/3 มีค่า CZ : CT ratio ต่ำกว่าเชื้อ AT 9/1 ซึ่งมีกิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสต่ำที่สุด การที่เชื้อแอคติโนมัยซีสที่มีกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลสสูงมีค่า clear zone ratio ต่ำน่าจะเป็นเพราะเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อแอคติโนมัยซีสเหล่านี้มีขนาดใหญ่ไม่สามารถ diffuse ผ่านรูพรุนของ agar medium ได้ดีจึงทำให้ clear zone ratio มีค่าต่ำ ในกรณีเช่นนี้ กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลส น่าจะเป็นดัชนีที่เหมาะสมกว่า สำหรับใช้ประเมินประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายเซลลูโลส

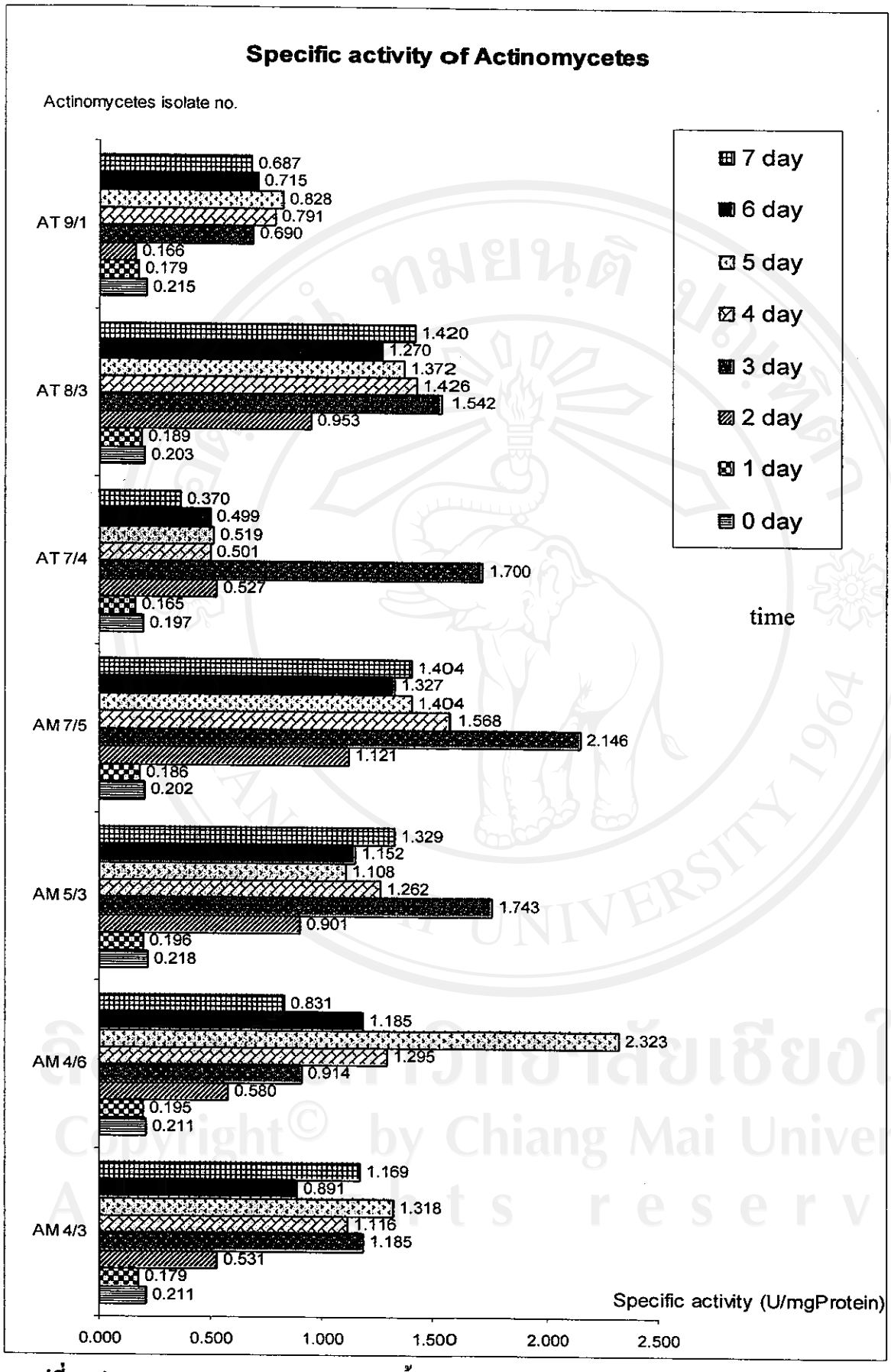
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 4 กิจกรรมของเอนไซม์เซลลูเลสของเชื้อแอคติโนมัยซีสไอโซเลสต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา

*ค่าเฉลี่ยใน isolate เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 5 ค่าการทำงานเฉพาะเซลลูเลสของเชื้อแอคติโนมัยซีสไอโซเลสต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.3 ผลการทดสอบความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุของโรคพืช

จากการทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสลายเซลลูโลส จำนวน 5 ไอโซเลท ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุของโรคพืช 4 ชนิด ได้แก่ *Fusarium* spp., *Collectotrichum fragarial*, *Rhizotonia* spp. และ *Sclerotium rolfsii* โดยใช้การทดสอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (ตารางที่ 18-20) พบว่าเชื้อแบคทีเรีย BT 7/4 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ทั้ง 4 ชนิด ในวันที่ 3 ของการทดสอบ ระยะห่างในการยับยั้งเชื้อ *Fusarium* spp., *Collectotrichum fragarial* และ *Rhizoctonia* spp. ประมาณ 7.5 7.17 และ 6.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับระยะห่างในการยับยั้งเชื้อ *Sclerotium rolfsii* มีเพียง 2 มม. ซึ่งแสดงว่าเชื้อ BT 7/4 มีความสามารถยับยั้งเชื้อดังกล่าวได้เล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชแต่ละเชื้อของ BT 7/4 กับเชื้อแบคทีเรียไอโซเลทอื่นๆ โดยพิจารณาระยะห่างในการยับยั้ง พบว่าเชื้อ BT 7/4 มีความสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุของโรคพืชทุกเชื้อดีกว่าเชื้อแบคทีเรียไอโซเลทอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับเชื้อ BM 2/2 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. และ *Sclerotium rolfsii* ได้ ส่วนเชื้อ BM 1/3 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Collectotrichum fragaria* *Rhizoctonia* spp. และ *Sclerotium rolfsii* สำหรับเชื้อ BT 9/3 และ BT 9/1 มีความสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. *Collectotrichum fragarial* และ *Rhizoctonia* spp. ได้ในระดับหนึ่ง แต่ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Sclerotium rolfsii*

ตารางที่ 18 ผลการทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุของโรคพืช เมื่อทดสอบครบ 1 วัน

Bacterial isolate no.	ระยะห่างระหว่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อสาเหตุโรค (มม.)*			
	***Fusarium* spp.**	***Collectotrichum fragariae***	***Rhizoctonia* spp.**	***Sclerotium rolfsii***
1. BT 7/4	4.83a**	3.33a	5.33a	1.83a
2. BT 9/1	0.00c	0.00c	1.00d	0.00b
3. BT 9/3	1.83b	2.00b	2.50b	0.00b
4. BM 1/3	0.00c	0.00c	0.00e	0.00b
5. BM 2/2	0.00c	2.33b	1.67c	0.00b

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 19 ผลการทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุของโรคพืช เมื่อทดสอบครบ 2 วัน

Bacterial isolate no.	ระยะห่างระหว่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อสาเหตุโรค (มม.)*			
	Fusarium spp.	*Collectotrichum fragariae*	*Rhizoctonia* spp.	*Sclerotium rolfsii*
1. BT 7/4	7.50a**	6.5.a	6.17a	2.00a
2. BT 9/1	0.83c	1.00d	1.00d	0.00b
3. BT 9/3	1.83b	2.00c	2.67b	0.00b
4. BM 1/3	0.00c	0.00e	0.00e	0.00b
5. BM 2/2	0.00c	4.83b	2.00c	0.00b

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ตารางที่ 20 ผลการทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุของโรคพืช เมื่อทดสอบครบ 3 วัน

Bacterial isolate no.	ระยะห่างระหว่างเชื้อแบคทีเรียและเชื้อสาเหตุโรค (มม.)*			
	Fusarium spp.	*Collectotrichum fragariae*	*Rhizoctonia* spp.	*Sclerotium rolfsii*
1. BT 7/4	7.50a**	7.17a	6.17a	2.00a
2. BT 9/1	1.83b	2.00c	2.00d	0.00b
3. BT 9/3	2.17b	2.00c	4.33b	0.00b
4. BM 1/3	1.17c	0.00d	0.00e	0.00b
5. BM 2/2	0.00d	5.50b	2.67c	0.00b

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

สำหรับผลการทดสอบความสามารถของเชื้อแอคติโนมัยซีสที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีจำนวน 7 ไอโซเลทในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืช แสดงในตารางที่ 21-23 เมื่อพิจารณาจากผลการทดสอบในวันที่ 3 พบว่าเชื้อ AM 4/6 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. *Collectotrichum fragaria* และ *Sclerotium rolfsii* ได้ดีกว่าเชื้อแอคติโนมัยซีสไอโซเลทอื่นๆ ($P<0.05$) และยังอยู่ในกลุ่มเชื้อที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Rhizoctonia* spp. ได้ดีด้วย สำหรับความสามารถของเชื้อ AT 9/1 และ AT 8/3 ในการยับยั้งเชื้อ *Fusarium* spp., *Collectotrichum fragaria* อยู่ในระดับใกล้เคียงกัน แต่เชื้อ AT 8/3 มีความสามารถยับยั้งเชื้อ *Rhizoctonia* spp. ได้ดีกว่าเชื้อ AT 9/1 ($P<0.05$) สำหรับเชื้อ AT 7/4 แม้ว่าจะไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. *Collectotrichum fragaria* และ *Sclerotium rolfsii* แต่สามารถยับยั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Rhizoctonia spp. ได้ดี สำหรับเชื้อ AM 4/3 และ AM 7/5 ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรคพืชทั้ง 4 ชนิดได้

ตารางที่ 21 การทดสอบความสามารถของเชื้อแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสลายเซลลูโลส ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เมื่อทดสอบครบ 1 วัน

Actinomycetes isolate no	ระยะห่างระหว่างแอคติโนมัยซีสและเชื้อสาเหตุโรค (มม.)*			
	***Fusarium* spp.**	***Collectotrichum fragariae***	***Rhizoctonia* spp.**	***Sclerotium rolfsii***
1. AT 7/4	5.17b**	0.00e	3.00bc	0.00c
2. AT 9/1	4.33c	1.00d	1.83c	0.00c
3. AT 8/3	5.50b	2.17b	4.50a	0.00c
4. AM 4/3	0.00d	0.00e	0.00d	0.00c
5. AM 4/6	7.17a	5.67a	3.33ab	1.17a
6. AM 5/3	0.00d	1.33c	0.00d	0.67b
7. AM 7/5	0.00d	0.00e	0.00d	0.00c

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ตารางที่ 22 การทดสอบความสามารถของเชื้อแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสลายเซลลูโลส ในการยับยั้งกสนเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เมื่อทดสอบครบ 2 วัน

Actinomycetes isolate no	ระยะห่างระหว่างแอคติโนมัยซีสและเชื้อสาเหตุโรค (มม.)*			
	***Fusarium* spp.**	***Collectotrichum fragariae***	***Rhizoctonia* spp.**	***Sclerotium rolfsii***
1. AT 7/4	2.67c**	0.00c	3.33b	0.00c
2. AT 9/1	5.67b	1.67b	1.67c	0.00c
3. AT 8/3	5.67b	2.17b	4.50a	0.00c
4. AM 4/3	0.00d	0.00c	0.00d	0.00c
5. AM 4/6	10.00a	7.17a	4.17ab	1.33a
6. AM 5/3	2.50c	2.33b	2.17c	0.83b
7. AM 7/5	0.00d	0.00c	0.00d	0.00c

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 23 การทดสอบความสามารถของเชื้อแอคติโนมัยซีสที่ย่อยสลายเซลลูโลส ในการยับยั้งกสนเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคพืช เมื่อทดสอบครบ 3 วัน

Actinomycetes	ระยะห่างระหว่างแอคติโนมัยซีสและเชื้อสาเหตุโรค (มม.)*			
isolate no	*Fusarium* spp.	*Collectotrichum fragariae*	*Rhizoctonia* spp.	*Sclerotium rolfsii*
1. AT 7/4	0.33d**	0.00d	4.50a	0.00c
2. AT 9/1	6.00b	2.00c	1.67c	0.00c
3. AT 8/3	5.83b	2.17bc	4.67a	0.00c
4. AM 4/3	0.00d	0.00d	0.00d	0.00c
5. AM 4/6	10.83a	7.33a	4.17a	1.50a
6. AM 5/3	2.67c	3.17b	3.00b	0.83b
7. AM 7/5	0.67d	0.00d	0.00d	0.00c

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

4.4 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร

4.4.1. ผลการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด

4.4.1.1. การทดลองที่ 1 : ดินสันทรายไม่ฆ่าเชื้อ

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 24) พบว่า ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์กับการใส่วัสดุเหลือใช้ (M*W interaction effect) มีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินอย่างมีนัยสำคัญ ดินสันทรายที่ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้และเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสมีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน ประมาณ 35 mgN/kg การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดินดังกล่าว ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีประมาณ 67 และ 69 mgN/kg ตามลำดับ การใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น โดยมีปริมาณ 49 mgN/kg ($P<0.05$) ซึ่งคาดว่าเป็นกิจกรรมการย่อยสลายกากตะกอนบำบัดน้ำเสียโดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ การใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด มีผลทำให้ อนินทรีย์ไนโตรเจนลดลงเหลือเพียง 21 mgN/kg ($P<0.05$) ซึ่งเป็นผลจากกระบวนการ immobilization ของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส และแบคทีเรีย ที่ย่อยสลายเซลลูโลส มีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน หรือทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นัยสำคัญและมีปริมาณในช่วง 67-69 mgN/kg ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากไนโตรเจนที่มีอยู่ในอาหารเหลวที่ใช้เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิด การใส่เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดร่วมกับการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสีย ให้ผลแตกต่างกัน โดยการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสให้ผลดีกว่า คือทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นจากดินที่ไม่ใส่เชื้อ ประมาณเกือบ 3 เท่าตัว และเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสอย่างเดียว การใส่เชื้อดังกล่าวร่วมกับตะกอนบำบัดน้ำเสีย ก็ทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอีกอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับการใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับการใส่ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่เชื้อแบคทีเรียแต่เพียงอย่างเดียว ผลการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่า เชื้อแอคติโนมัยซีสสามารถช่วยเร่งการสลายตัวของกากตะกอนบำบัดน้ำเสีย ที่ใส่ลงไปในดินสันทราย ส่วนการใส่เชื้อร่วมกับของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด พบว่า ให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อในทางสถิติ

ตารางที่ 24 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและการกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดปลดปล่อยต่อการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจน ในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้	**ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากวัสดุเหลือใช้ (mgN/kg)**			$\bar{X}$ **วัสดุเหลือใช้**
	ไม่ใส่เชื้อ	**ใส่เชื้อ Actinomycetes**	**ใส่เชื้อ Bacteria**	
ไม่ใส่วัสดุ	34.52**	66.80	69.07	56.80b
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัด	49.07	97.54	60.85	69.15a
ใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด	20.72	27.28	17.37	21.79c
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 9.186			
$\bar{X}$เชื้อจุลินทรีย์	34.77c	63.87a	49.10b	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้และเชื้อจุลินทรีย์ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่าปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินชุดสันทราย เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับระยะ 1 เดือน และปฏิสัมพัทธ์ระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์กับการใส่วัสดุเหลือใช้ยังคงมีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 25)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 25 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืช การทดลองที่ 1 ดินชุดสันทรายที่ไม่ฆ่าเชื้อระยะเวลา 2 เดือน

ชนิดวัสดุเหลือใช้ W	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg) M			$\bar{x}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	68.91	120.29	99.88	96.36b**
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัด	92.59	141	122.75	118.78a
ใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด	2.50	10.56	3.79	5.62c
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 15.091			
$\bar{x}$ เชื้อจุลินทรีย์	54.67	90.62	75.47	

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้ที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

จากการตรวจสอบ pH ของดินเมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 26) พบว่าในดินที่ใส่ของเหลือใช้จาการเพาะเห็ด มี pH อยู่ในช่วง ตั้งแต่ 6.85- 6.92 ในขณะที่ดินที่ใส่ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย มี pH 5.13-5.67 ส่วนดินที่ไม่ได้ใส่วัสดุเหลือใช้ มี pH 5.77-6.01 การที่ดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดมี pH สูงกว่าตำรับอื่นๆ เป็นเพราะในการเพาะเห็ดมีการใส่ปูนลงในวัสดุที่ใช้เพาะเห็ดด้วย

ตารางที่ 26 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดต่อ pH ของดินชุดสันทราย เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน*

Treatment	pH ดิน		
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	ใส่เชื้อแบคทีเรีย
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	6.01	5.90	5.77
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย	5.13	5.49	5.67
ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด	6.96	6.85	6.92

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

เมื่อประเมินปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ ซึ่งปลดปล่อยจากวัสดุเหลือใช้เหล่านี้ (ตารางที่ 27) พบว่า มีเฉพาะกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย ที่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากการสลายตัว โดยการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส ช่วยทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นประโยชน์ได้เพิ่มจาก 7.28 % เป็น 15.37% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย เมื่อบ่มครบ 1 เดือน

ในขณะที่การใส่เชื้อแบคทีเรียไม่ช่วยเร่งการปลดปล่อยในเดือนที่ 2 การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากกากตะกอนบ่อบำบัดโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินตามธรรมชาติมีประมาณ 11.84 % และที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส มีปริมาณ 10.30% ส่วนที่ใส่แบคทีเรียมีปริมาณ 11.44 %

ตารางที่ 27 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย ในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 และ 2 เดือน*

Treatment	ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากวัสดุเหลือใช้			
	mgN/kg		% ของ TTN ในวัสดุ	
	เดือนที่1	เดือนที่2	เดือนที่1	เดือนที่ 2
ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์	14.55	23.68	7.28	11.84
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	30.74	20.71	15.37	10.36
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	0.00	22.87	0.00	11.44

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

4.4.1.2.การทดลองที่ 2 : ดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อ

จากการศึกษาการปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจน (NH^+_4+NO^-_2+NO^-_3-N) จากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดที่ใส่ลงในดินแม่เหียะ โดยการบ่มดินเป็นเวลา 1 เดือน (ตารางที่ 28) พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์และประเภทของวัสดุเหลือใช้มีผลต่อปริมาณของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินแม่เหียะอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อไม่มีการใส่เชื้อและไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ลงไปในดินปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินมีประมาณ 19 mgN/kg การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดินโดยไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่วนการใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นประมาณ 3 เท่า การเพิ่มขึ้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่ไม่ใส่วัสดุแต่ได้รับการใส่เชื้อจุลินทรีย์คาดว่าน่าจะเป็นผลจากปริมาณ N ที่มีอยู่ในอาหารแหล่งที่ใช้เลี้ยงเชื้อ การใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเกือบ 2 เท่าตัว ($P<0.05$) ในขณะที่การใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนลดต่ำลงเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกับดินที่ไม่ใส่วัสดุอย่างมีนัยสำคัญ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสร่วมกับการใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้นประมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.6 และ 4.5 เท่าตัวตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากการใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย หรือการใส่เชื้อจุลินทรีย์อย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีของดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดพบว่าการใส่เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ประเภท ไม่ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ดแตกต่างจากดินในตำรับ control และเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์อย่างเดียว พบว่าการใส่เชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนลดต่ำลงในช่วง 2.6-3.7 เท่าตัว

ตารางที่ 28 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อระยะเวลา 1 เดือน

ชนิดวัสดุเหลือใช้ W	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg) M			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	18.67	78.68	58.94	52.10a**
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัด	35.63	105	83.41	74.68a
ใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด	12.14	21.02d	22.39d	18.52b
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 14.970			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	22.15b	68.23a	54.91a	

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้และเชื้อจุลินทรีย์ดินที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน (ตารางที่ 29) พบว่า ปริมาณของอนินทรีย์ไนโตรเจนผันแปรตามประเภทของวัสดุเหลือใช้ และการใส่จุลินทรีย์ดิน อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนปฏิสัมพันธ์ ร่วมกันระหว่างประเภทวัสดุเหลือใช้กับการใช้จุลินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในทางสถิติ ที่ระยะนี้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ 1 เดือน การใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียไม่ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ใส่วัสดุ ในขณะที่การใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนลดลงอย่างมีนัยสำคัญ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ในทางสถิติ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 29 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อระยะเวลา 2 เดือน

ชนิดวัสดุเหลือใช้ W	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg) M			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	55.52	95.27	87.70	79.50a**
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัด	55.24	117.20	81.01	84.48a
ใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด	1.62	53.26	5.68	20.19b
	M*W interaction effect =NS			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	37.46b	88.58a	58.13ab	

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยของวัสดุเหลือใช้และเชื้อจุลินทรีย์ดินที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อประเมินปริมาณการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดที่ใส่ลงในดินแม่เหียะ (ตารางที่ 30) พบว่าเมื่อไม่มีการใส่ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ ในการบ่มดินช่วงเวลา 1 เดือน ซึ่งเกิดจากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียมีประมาณ 8.48% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุดังกล่าว การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดิน ทำให้ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ปลดปล่อยจากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียเพิ่มเป็น 13 และ 12 % ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุดังกล่าว แต่ในการบ่มดินช่วงเวลา 1 เดือน พบว่าเมื่อไม่มีการใส่เชื้อหรือมีการใส่แบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดิน ไม่ทำให้กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียมีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ สำหรับการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ลดลงเหลือเพียง 11% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด การลดลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่ปลดปล่อยกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย คาดว่ามาจากการสูญเสียไนโตรเจน โดยกระบวนการ denitrification หรือกระบวนการ immobilization หรือ การระเหยของก๊าซแอมโมเนีย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 30 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ที่ปลดปล่อยจากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย ในดินแม่เหียะ เมื่อบ่มครบ 1 และ 2 เดือน*

เชื้อจุลินทรีย์	ระยะเวลาการบ่มดิน (เดือน)	ปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้	
		mg N/kg	% TTN ในวัสดุ
ไม่ใส่เชื้อ	1	16.97	8.48
	2	0.00	0.00
แอคติโนมัยซีส	1	26.31	13.16
	2	21.90	10.96
แบคทีเรีย	1	24.48	12.24
	2	0.00	0.00

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

การเพิ่มขึ้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่ใส่กากตะกอนบ่อบำบัดโดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์น่าจะเป็นผลมาจากการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนในกากตะกอนบ่อบำบัด โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินแม่เหียะตามธรรมชาติ แต่เมื่อใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่ไร้กากตะกอนบำบัดเพิ่มขึ้นประมาณ 5.6 และ 4.5 เท่าตัว แสดงว่าเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ประเภทช่วยทำให้การย่อยสลายกากตะกอนบำบัดน้ำเสียดีขึ้น และการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสให้ผลดีกว่าการใส่เชื้อแบคทีเรีย

ในกรณีของของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดการใส่เชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดร่วมกับการใส่วัสดุดังกล่าวมีผลทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน ในดินลดต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียว แสดงว่าในการย่อยสลายวัสดุดังกล่าวซึ่งมี C 33.24% และ N 1.04% ก่อให้เกิดกระบวนการ N immobilization

4.4.1.3. การทดลองที่ 3 : ดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

จากการใช้ดินและวัสดุเหลือใช้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ในการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนมัยซีส ในการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลส พบว่าการใส่วัสดุ(ตารางที่ 31) และชนิดของจุลินทรีย์ (ตารางที่ 32) มีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในช่วง 1 และ 2 เดือนหลังการบ่มดินอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อและการใส่วัสดุไม่มีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในทางสถิติ ทั้งสองช่วงเวลาการบ่ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 31 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้ต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

ประเภทของวัสดุเหลือใช้	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg)		
	1 เดือน	2 เดือน	ก่อนการฆ่าเชื้อ
ไม่ใส่วัสดุ	142.75 b**	163.76 b	34.52
กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย	155.47 a	219.60 a	49.07
ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด	138.99 b	166.89 b	20.72

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่เชื้อ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกัน แตกต่างกันที่ P 0.05

จากตารางที่ 31 ซึ่งแสดงถึงปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่าการฆ่าเชื้อมีผลทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนของดินสันทรายในช่วง 1 เดือนของการบ่มเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ 3 – 6 เท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ดินที่ใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียมีอนินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่าดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด และดินในตำรับควบคุมที่ไม่ใส่วัสดุอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดมีอนินทรีย์ไนโตรเจนประมาณ 139 mg N/kg ซึ่งไม่แตกต่างจากตำรับควบคุม ในช่วง 2 เดือนของการบ่ม อนินทรีย์ไนโตรเจนในดินทุกตำรับเพิ่มขึ้น และดินที่ใส่ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียยังคงมีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนมากที่สุด

ตารางที่ 32 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

Treatment	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	89.06 b**	147.38b
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	177.35a	203.30a
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	170.81a	199.57a

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมภ์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกัน แตกต่างกันที่ P<0.05

จากตารางที่ 32 ซึ่งแสดงผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ พบว่า เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลส มีผลทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ และการใส่เชื้อทั้งสองชนิด ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในเดือนที่ 2 มีมากกว่าที่พบในเดือนแรก

4.4.1.4.การทดลองที่ 4 : ดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

การใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินและประเภทของวัสดุเหลือใช้มีผลต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนของดินแม่เหียะ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว อย่างมีนัยสำคัญทั้งที่ระยะ 1 เดือน(ตารางที่ 33) และ 2 เดือน (ตารางที่ 34) หลังการบ่มดิน ส่วนปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อกับประเภทของวัสดุเหลือใช้มีผลเฉพาะในเดือนที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 33 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะฆ่าเชื้อระยะเวลา 1 เดือน

ชนิดวัสดุเหลือใช้ W	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg)M			$\bar{x}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	51.74	122.31	156.00	110.02b
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัด	44.25	131.00	197.18	124.15a
ใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด	60.19	121.97	107.32	96.49c
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 22.056			
$\bar{x}$ เชื้อจุลินทรีย์	52.06c	125.09b	153.50a	

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยของการใส่เชื้อจุลินทรีย์และการใส่วัสดุเหลือใช้ที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 34 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะฆ่าเชื้อระยะเวลา 2 เดือน

ชนิดวัสดุเหลือใช้ W	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mg N/kg)M			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	55.600	130.483	116.424	100.84b
ใส่กากตะกอนบ่อบำบัด	59.204	154.448	143.724	119.125a
ใส่ขี้เลื่อยหลังการเพาะเห็ด	77.937	146.763	137.725	120.809a
	M*W interaction effect =NS			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	64.25c	143.90b	132.62a	

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยของการใส่เชื้อจุลินทรีย์และการใส่วัสดุเหลือใช้ที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

จากผลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสกับการใช้วัสดุเหลือใช้ ต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 33) พบว่า เมื่อไม่มีการใส่เชื้อ ปริมาณของอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่ใส่ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด ไม่มีความแตกต่างจาก ดินในตำรับควบคุมที่ไม่ใส่วัสดุ ในทางสถิติ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดินโดยไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น โดยการใส่เชื้อแบคทีเรีย ทำให้ อนินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่าการใส่แอคติโนมัยซีส การเพิ่มขึ้นอนินทรีย์ไนโตรเจนดังกล่าว น่าจะเป็นผลจากปริมาณ ไนโตรเจนในอาหารเหลว อย่างไรก็ตามเนื่องจากปริมาณ ไนโตรเจนในอาหารเหลวที่ใช้เร่งการสลายของของแบคทีเรีย มีไนโตรเจนน้อยกว่าอาหารเหลวที่ใช้เพาะเลี้ยงแอคติโนมัยซีส แต่ตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อแบคทีเรีย มีปริมาณ อนินทรีย์ไนโตรเจนมากกว่าดินที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสจึงคาดว่าเชื้อแบคทีเรียน่าจะมีส่วนช่วยเร่งการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดินแม่เหียะได้ดีกว่าเชื้อ แอคติโนมัยซีส สำหรับการใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย ร่วมกับเชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างเดียว ในขณะที่การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสร่วมกับกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียให้ผลไม่แตกต่างจากการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสอย่างเดียว ผลการทดลองนี้สนับสนุนสมมุติฐานที่ว่าเชื้อแบคทีเรียมีส่วนช่วยเร่งการสลายตัวของเซลลูโลส และทำให้ การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนจากกากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียดีขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใส่แอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลสร่วมกับของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดมีผลทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินที่ใส่ของเหลือใช้ดังกล่าวเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ของเหลือใช้ดังกล่าวอย่างเดียว เป็นที่สังเกตว่าการฆ่าเชื้อนั้นมีผลทำให้ดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดมีปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ตารางที่ 28) ซึ่งมีอนินทรีย์ไนโตรเจนเพียง 12 mg N/kg แสดงว่า การฆ่าเชื้อด้วยการนึ่งอบไอน้ำทำให้วัสดุดังกล่าวมีการสลายตัวง่ายขึ้น ดังนั้นการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสจึงทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้ชนิดนี้ดีขึ้น

สำหรับช่วง 2 เดือนหลังจากการบ่ม (ตารางที่ 34) ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนของดินแม่เหียะผันแปรตามประเภทของวัสดุเหลือใช้และการใส่จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส โดยการใส่กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย และของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดให้ผลไม่แต่ต่างกัน และวัสดุทั้ง 2 ชนิดทำให้ อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการใส่แอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลสทำให้อนินทรีย์ไนโตรเจนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ โดยการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสให้ผลดีกว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย

ตารางที่ 35 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ที่ปลดปล่อยจากวัสดุที่ผ่านการฆ่าเชื้อในดินแม่เหียะ ในระยะ 1 และ 2 เดือนของการบ่มดิน*

Treatment	ปริมาณไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากวัสดุเหลือใช้			
	mg N/kg		%ของ TTN ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย + ไม่ใส่เชื้อ	0.00	3.60	0.00	1.80
กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย + ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	8.70	23.97	4.35	11.98
กากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสีย + ใส่เชื้อแบคทีเรีย	41.18	27.3	20.59	13.65
ของเหลือจากการเพาะเห็ด + ไม่ใส่เชื้อ	8.45	22.34	4.230	11.17
ของเหลือจากการเพาะเห็ด + ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	0.00	22.34	0.00	8.14
ของเหลือจากการเพาะเห็ด+ ใส่เชื้อแบคทีเรีย	0.00	21.31	0.00	10.65

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากการประเมินปริมาณไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ที่ปลดปล่อยจากวัสดุเหลือใช้ที่ผ่านการฆ่าเชื้อในดินแม่เหียะ (ตารางที่ 35) พบว่า การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียมีมากที่สุด คือ มีประมาณ 20.59% ของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุภายหลังการบ่มดินครบ 1 เดือน แต่ในระยะ 2 เดือน ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการสูญเสียไนโตรเจนจากกระบวนการ denitrification การระเหยของ

แอมโมเนีย และการเกิด N-immobilization สำหรับการใส่แอคติโนมัยซีส ทำให้การปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้จากตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียมีประมาณ 4 % ในช่วง 1 เดือนแรก และเพิ่มขึ้นประมาณ 12 % ของไนโตรเจนทั้งหมดในวัสดุ ในเดือนที่ 2 สำหรับของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด พบว่า มีการปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ได้ คือ 11 % ของไนโตรเจนทั้งหมด โดยไม่ต้องใส่เชื้อจุลินทรีย์ภายในระยะเวลา 2 เดือน การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส และแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลส ไม่ให้ผลดีกว่าการไม่ใส่เชื้อ

4.4.2. ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากวัสดุเหลือใช้จากตะกอนหม้อกรอง (Filter cake)

4.4.2.1.การทดลองที่ 5 : ดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดิน

ตารางที่ 36 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ จากตะกอนหม้อกรอง (Filter cake) ในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (mg P/kg) (M)			X วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	38.67**	45.33	143.67	75.89b
ใส่ filter cake	175.00	182.67	325.67	227.78a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 12.657			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	106.83b	114.00b	234.67a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใส่วัสดุเหลือใช้และการใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

จากตารางที่ 36 ซึ่งแสดงถึงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายเมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสกับการใส่วัสดุเหลือใช้มีผลต่อปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์และไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้ ดินสันทรายที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ประมาณ 39 mg P /kg แต่เมื่อใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นจากตำรับควบคุม 3.7 เท่าตัวซึ่งแตกต่างจากดินในตำรับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

control อย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณ P ที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ ส่วนการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและไม่แตกต่างจากดินในตำรับ control ในทางสถิติ การใส่ filter cake โดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินสูงกว่าดินในตำหรับ control ประมาณ 5 เท่าตัว ($P<0.05$) ซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติสามารถย่อยสลาย P ใน filter cake ให้เป็นประโยชน์ได้เช่นกัน การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสร่วมกับการใส่ filter cake ไม่ทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้แตกต่างจากการใส่ filter cake เพียงอย่างเดียว แสดงว่าเชื้อแอคติโนมัยซีสไม่ได้มีส่วนช่วยเร่งการปลดปล่อย P จาก filter cake การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสร่วมกับการใส่ filter cake ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มเป็น 326 mg P/kg ซึ่งสูงกว่าดินที่ใส่ filter cake อย่างเดียว 1.8 เท่า ($P<0.05$) และเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับที่ใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างเดียวจะมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้มากกว่า 2.3 เท่า ($P<0.05$) แสดงว่าแบคทีเรียที่ใช้ในการทดลองนี้น่าจะมีบทบาทในการช่วยปลดปล่อย P จาก filter cake

แต่เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน (ตารางที่ 37) พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินทุกตำรับลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในช่วงที่บ่มครบ 1 เดือน โดยเฉพาะตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อแบคทีเรียปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ต่ำกว่าที่พบในเดือนที่ 1 ประมาณ 1 เท่าตัว คาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจาก P fixation ที่ระยะนี้ปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่วัสดุเหลือใช้กับการใส่เชื้อจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายอย่างมีนัยสำคัญ การใส่ filter cake ทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายเพิ่มขึ้นเกือบ 3 เท่าตัว ($P<0.05$) และการใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในขณะที่การใส่แอคติโนมัยซีสไม่มีอิทธิพลแต่อย่างใด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 37 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากตะกอนหม้อกรอง (Filter cake) ในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มครบ 2 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (mg P/kg) (M)			X วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	37.00	34.00	83.00	51.33b**
ใส่ filter cake	132.00	144.33	162.00	146.11a
	M*W interaction effect = NS			
X เชื้อจุลินทรีย์	84.50b	89.17b	122.50a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใช้วัสดุเหลือใช้และการใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ตารางที่ 38 ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จาก filter cake ในดินชุดสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

Treatment	ปริมาณการปลดปล่อย ฟอสฟอรัสจาก filter cake			
	Mg P / kg		% TTP ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	136.33	95.00	68.17	47.50
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส	137.34	110.33	68.67	55.17
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	182.00	79.00	91.00	39.50

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

จากตารางที่ 38 ซึ่งแสดงปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake พบว่าในระยะ 1 เดือน การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake ในดินชุดสันทรายซึ่งไม่ได้ใส่เชื้อจุลินทรีย์มีประมาณ 68 % ของปริมาณP ทั้งหมดที่มีในวัสดุ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสไม่ได้ช่วยทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake เพิ่มขึ้น แต่การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake เพิ่มเป็น 91 % ของปริมาณ P ทั้งหมด ใน filter cake ในระยะ 2 เดือน ปริมาณการสะสม P ที่ปลดปล่อยจาก filter cake ลดลง ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะมีการตรึงฟอสฟอรัสเกิดขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.2.2. การทดลองที่ 6 : ดินแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อ
ผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้

ตารางที่ 39 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากตะกอนหม้อกรอง ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (mg P/kg) (M)			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	4.00	5.67	92.33	34.00b
ใส่ filter cake	15.00	19.33	147.67	60.67a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 9.052			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	9.50b	12.50b	120.00a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใส่วัสดุเหลือใช้และการใส่จุลินทรีย์ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ตารางที่ 40 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ จากตะกอนหม้อกรอง ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 2 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (mg P/kg) (M)			X วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	4.33	5.00	86.00	31.78b
ใส่ filter cake	15.33	14.33	121.33	50.33a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 12.545			
X เชื้อจุลินทรีย์	9.83b	9.67b	103.67a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินและการใส่วัสดุเหลือใช้ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อบ่มดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อครบ 1 เดือน (ตารางที่ 39) พบว่า เมื่อไม่มีการใส่ filter cake ดินที่ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์และดินที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ใกล้เคียงกัน คือมีประมาณ 4-6 mg P/ kg แต่ถ้าใส่เชื้อแบคทีเรียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น 23 เท่าตัว ($P<0.05$) ซึ่งคล้ายคลึงกับผลที่เกิดขึ้นกับดินชุดสันทราย เมื่อใส่ filter cake ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น 3.7 เท่าตัว ($P<0.05$) การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสร่วมกับการใส่ filter cake ให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่เชื้อ แต่ถ้าใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้ปริมาณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น 9.8 เท่าตัว ($P<0.05$) แสดงว่าเชื้อแบคทีเรียมีส่วนช่วยการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake

สำหรับผลการทดลองในช่วงที่บ่มดินครบ 2 เดือน (ตารางที่ 40) คล้ายคลึงกับผลการทดลองระยะ 1 เดือน แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินในตำรับการทดลองที่ใส่เชื้อแบคทีเรียต่ำกว่าในระยะที่พบ 1 เดือน ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลจาก P fixation

ตารางที่ 41 ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จาก filter cake ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

Treatment	ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake			
	mg P / kg		% TTP ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	11.00	11.00	5.50	5.50
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	14.66	9.33	6.83	4.67
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	53.34	35.33	27.67	17.67

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 41) ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อและมีการใส่ filter cake โดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ดิน ทำให้การปลดปล่อย P จาก filter cake มีประมาณ 5.5 % ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดใน filter cake และเพิ่มขึ้น 6.83 และ 28 % เมื่อใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสตามลำดับ ในระยะ 2 เดือน การสะสมของฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยจาก filter cake ลดลง เหลือเพียง 5- 18 % ซึ่งคาดว่าเป็นผลจากการเกิด P fixation

4.4.2.3. การทดลองที่ 7 : ดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทราย

เมื่อใช้ดินและวัสดุที่ผ่านการฆ่าเชื้อในการทดลองพบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใช้วัสดุกับการใช้จุลินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทราย ทั้งในระยะที่บ่มครบ 1 และ 2 เดือน การใส่ filter cake มีผลทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งในระยะที่บ่มครบ 1 และ 2 เดือน (ตารางที่ 42) ที่ระยะ 2 เดือน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ลดลงเหมือนกับที่พบในดินที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ซึ่งคาดว่าเป็นผลจาก P fixation ในช่วงของการบ่มในระยะ 1 เดือน การใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินให้ผลไม่แตกต่างต่างจากการไม่ใส่เชื้ออย่างมีนัยสำคัญ แต่ในระยะ 2 เดือนการใส่แบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสช่วยให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นมากที่สุด รองลงมาคือแอคติโนมัยซิส (ตารางที่ 43)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 42 ผลของการใส่ filter cake ต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mgP/ kg)	
	บ่มครบ 1 เดือน	บ่มครบ 2 เดือน
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	80.67 b**	66.00b
ใส่ filter cake	253.33a	229.33a

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่เชื้อ

** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ P 0.05

ตารางที่ 43 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mgP/ kg)	
	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	117.83a	90.67c
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	124.00a	116.33b
ใส่ filter cake	259.17a	236.00a

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ P 0.05

4.4.2.4. การทดลองที่ 8 : ดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดิน

ที่ระยะ 1 และ 2 เดือนของการบ่มดิน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่ filter cake กับการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ การใส่ filter cake ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ของดินแม่เหียะที่ระยะ 1 และ 2 เดือนของการบ่มดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 44) การใส่เชื้อแบคทีเรียมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น ส่วนแอคติโนมัยซิสไม่มีผลทางสถิติ (ตารางที่45)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 44 ผลของการใส่ filter cake ต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ระยะ 1 และ 2 เดือนของการบ่มดิน

treatment	available P ในดิน (mgP/ kg)	
	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	49.00 b**	37.78b
ใส่ filter cake	69.67a	52.56a

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่เชื้อ

** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ P 0.05

ตารางที่ 45 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ระยะ 1 เดือนและ 2 เดือนของการบ่มดิน

treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mgP/ kg)	
	บ่มครบ 1 เดือน	บ่มครบ 2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	11.50b**	9.50b
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส	16.50b	10.67b
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	150.00a	115.33a

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ P 0.05

ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake จากดิน

ตารางที่ 46 ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake ในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

treatment	ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake			
	mgP/ kg		% TTP ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	163.67	145.70	81.44	72.85
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส	162.00	159.33	81.00	79.67
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	192.33	184.66	96.17	92.33

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

** ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันที่ P 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 47 ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ*

treatment	ปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake			
	mgP/ kg		% TTP ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	12.34	12.34	6.17	6.17
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส	18.34	9.33	9.17	4.67
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	31.34	22.67	15.67	11.34

จากตารางที่ 46 ซึ่งแสดงถึงปริมาณการปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake ในดินสันทราย ที่ผ่านการฆ่าเชื้อพบว่าเมื่อบ่มดินได้ 1 เดือน filter cake สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake ได้ 81 % ของปริมาณ P ทั้งหมดในวัสดุ การใส่แอคติมัยซิสไม่มีผลทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจาก filter cake เพิ่มขึ้น ส่วนการใส่แบคทีเรียทำให้การปลดปล่อย filter cake เพิ่มขึ้นเป็น 96 % ของปริมาณ P ทั้งหมด เนื่องจากการฆ่าเชื้อในดินและ filter cake ทำให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสมากถึง 82 % แสดงว่าการฆ่าเชื้อทำให้ฟอสฟอรัสในวัสดุดั้งเดิมเป็นประโยชน์ได้ง่ายขึ้น สำหรับดินแม่เหียะ(ตารางที่ 47) การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จาก filter cake ที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีเพียง 6 % ของปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ใน filter cake และเมื่อใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นเป็น 9 และ 16% ตามลำดับ คาดว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นไม่น่าจะเป็นผลจากกิจกรรมของเชื้อจุลินทรีย์ แต่น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณ P ในอาหารเลี้ยงเชื้อมากกว่า อีกประการหนึ่ง การที่พบว่ามีการสะสมของ P ที่เกิดจกการสลายตัวของ filter cake ในดินชนิดนี้น้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับดินสันทราย อาจจะเกิดจากดินชนิดนี้มีการเกิด P fixation ได้ดีก็เป็นได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การปลดปล่อย N และ K จาก filter cake ในดินที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 48 การปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนและโพแทสเซียมเป็นประโยชน์ได้จาก filter cake ในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน*

treatment	อนินทรีย์ไนโตรเจน (mgN/kg)		Exchangeable K (mg K/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์	-11.00	-35.6	85	211
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส	18.75	-50	86	183
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	3.57	-11	135	67

การใส่ filter cake ในอัตราที่ใส่ P 200 mg P/ ดิน 1 กก. โดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินลดลง ทั้งในระยะ 1 เดือน และ 2 เดือน ของการบ่มดิน สำหรับการใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียทำให้มีการปลดปล่อยไนโตรเจนจาก filter cake เป็น 18 และ 4 mg N /kg และไม่มีการปลดปล่อยไนโตรเจนอีกเลยในระยะ 2 เดือน ซึ่งแสดงว่าในการสลายตัวของ filter cake จุลินทรีย์ต้องใช้ไนโตรเจนที่มีในดินในการประกอบกิจกรรม และทำให้เกิดกระบวนการ N immobilization สำหรับการปลดปล่อยโพแทสเซียมจาก filter cake พบว่าเมื่อไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์หรือใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส ทำให้การปลดปล่อยโพแทสเซียมมีประมาณ 85-86 mg K/kg และเพิ่มเป็น 135 mg K/kg เมื่อมีการใส่เชื้อแบคทีเรีย ในระยะ 2 เดือน การปลดปล่อยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเป็น 211 และ 183 mg K/kg ในตำรับที่ไม่มีการใส่เชื้อและที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส ในการที่ไม่มีการใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้การสะสม K ที่ปลดปล่อยจาก filter cake ลดลง เหลือเพียง 67 mg K/ kg ซึ่งน่าจะเป็นผลจาก K fixation

ตารางที่ 49 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ที่ปลดปล่อยจาก filter cake ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

Treatment	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน (mgN/kg)		ปริมาณ Exchangeable K (mg K/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์	40.1	9.2	118	50.3
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส	71.4	55.4	43.6	126
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	68.0	55.2	1.4	133.7

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อบ่มดินแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อครบ 1 เดือนพบว่าการใส่ filter cake โดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ (ตารางที่ 49) ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจนปลดปล่อยจาก filter cake สะสมอยู่ในดินประมาณ 40 mg N/ kg และเพิ่มเป็น 71 และ 68 mg N/ kg เมื่อมีการใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส และแบคทีเรีย ตามลำดับ การบ่มดินครบ 2 เดือน ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจนที่ปลดปล่อยจาก filter cake ลดลง ซึ่งน่าจะเกิดจากการสูญเสีย N โดยกระบวนการต่างๆ เช่น การระเหยของ NH_3 denitrification ตลอดจน N -immobilization สำหรับการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยจาก filter cake มีประมาณ 118 mg K/ kg เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน เมื่อไม่มีการใส่จุลินทรีย์แต่เมื่อใส่แอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียพบว่า การปลดปล่อยโพแทสเซียมจาก filter cake มีเพียง 43 และ 1 mgK/kg แต่เมื่อบ่มครบ 2 เดือน การปลดปล่อยโพแทสเซียมจาก filter cake ในดินที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียเพิ่มขึ้นเป็น 126 และ 134 mgK/kg ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้การปลดปล่อย K จาก filter cake มีเพียง 50 mgK/kg

4.4.3. ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสในการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากวัสดุเหลือใช้จากใบยาสูบ

4.4.3.1 การทดลองที่ 9 : ดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 50 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากใบยาสูบในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณ exchangeable K ในดิน mg K/kg (M)			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	192.67**	222.00	246.00	220.22b
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	389.67	483.00	486.67	453.11a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect =24.902			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	291.17b	352.50a	366.33a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใส่วัสดุเหลือใช้และใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 50) พบว่าดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ลงไปในดินมีปริมาณของ exchangeable K ในดินประมาณ 193 mg K/kg การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดินทำให้ปริมาณของ exchangeable K เพิ่มขึ้นเป็น 222 และ 246 mg K/kg การใส่เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นอย่างที่นัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับดินในตำรับ control ซึ่งไม่มีการใส่เชื้อและไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ลงไปในดิน การใส่ใบยาสูบโดยไม่มีการใส่เชื้อทำให้ปริมาณของ exchangeable K เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่าตัว ($P<0.05$) และเมื่อใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นอย่างที่นัยสำคัญ โดยมีปริมาณ 483-486 mg K/kg ตามลำดับ เนื่องจากการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แสดงว่าการใส่เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดมีส่วนช่วยในการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบ

ตารางที่ 51 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากใบยาสูบในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 2 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	**ปริมาณ exchangeable K ในดิน mg K/kg (M)**			$\bar{X}$
	ไม่ใส่เชื้อ	**ใส่เชื้อ Actinomycetes**	**ใส่เชื้อ Bacteria**	**วัสดุเหลือใช้**
ไม่ใส่วัสดุ	193.00	245.00	294.67	244.22b**
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	404.33	428.33	476.00	436.22a
	M*W interaction effect = NS			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	298.67c	336.67b	385.33a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินและการใส่วัสดุเหลือใช้ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน(ตารางที่ 51) พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่ใบยาสูบกับการใส่เชื้อจุลินทรีย์ไม่มีผลต่อปริมาณของ exchangeable K อย่างที่นัยสำคัญ ที่ระยะนี้ปริมาณของ exchangeable K ในดินแตกต่างจากที่พบช่วง 1 เดือนแรกเล็กน้อย การใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดินทำให้การปลดปล่อย exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นโดยเชื้อแบคทีเรียจะมีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อแอคติโนมัยซีส และการใส่ใบยาสูบโดยทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นอย่างที่นัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากใบยาสูบในดิน

ตารางที่ 52 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากใบยาสูบในดินสันทรายที่ไม่ได้ฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน*

Treatment	ปริมาณของ exchangeable K ที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบ			
	mg K/kg		%ของ TT K ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	197	211	98.5	105.07
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	261	183	130.5	91.67
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	240.07	181	120.3	90.67

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

จากตารางที่ 52 พบว่าเมื่อใส่เชื้อจุลินทรีย์ดิน การปลดปล่อยโพแทสเซียมจากใบยาสูบมีประมาณ 98.5% ของปริมาณของโพแทสเซียมทั้งหมดในใบยาสูบ ภายในระยะการบ่ม 1 เดือน ซึ่งแสดงว่าจุลินทรีย์ในดินตามธรรมชาติก็สามารถย่อยสลายจากใบยาสูบ เป็นผลให้โพแทสเซียมในวัสดุเหลือใช้ชนิดนี้ถูกปลดปล่อยออกมาเกือบหมด การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียยังทำให้การปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ ดังนั้นปริมาณของโพแทสเซียมที่ปลดปล่อย ซึ่งสะสมอยู่ในดินจึงมีค่าเกิน 100% ในระยะการบ่ม 2 เดือน ปริมาณของโพแทสเซียมที่ปลดปล่อย ซึ่งสะสมอยู่ในดินลดลง ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากการตรึงโพแทสเซียมในดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบที่ใส่ลงไปในดิน

ตารางที่ 53 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบ ในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดิน (mg N/kg)		ปริมาณ available P ในดิน (mg P/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	101	69	22	18
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	88	50	20	15
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	103	67	64	52

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำและ 3 กรรมวิธีของการใส่วัสดุ

จากข้อมูลในตารางที่ 53 พบว่าเมื่อบ่มดินที่ใส่ใบยาสูบเป็นเวลา 1 เดือน ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบและที่สะสมในดินสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ และไม่ได้ใส่จุลินทรีย์มีประมาณ 101 mg N/kg การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสร่วมกับการใส่ใบยาสูบทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมอยู่ในดินมีประมาณ 88 และ 103 mg N/kg การบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนในดินทั้งที่ใส่และไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ลดลงเหลือเป็น 50-69 mg N/kg ซึ่งอาจเกิดจากกระบวนการ N immobilization หรือ Denitrification หรือ การสูญเสียไนโตรเจนโดยการระเหยของก๊าซแอมโมเนีย

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน ปริมาณ available P ในดิน ที่เกิดจากการสลายตัวของใบยาสูบ มีประมาณ 22 mg P/ kg เมื่อไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ดิน ซึ่งใกล้เคียงกับดินที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส แต่เมื่อใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้ปริมาณ available P เพิ่มขึ้นเป็น 64 mg N/kg ในระยะ 2 เดือนปริมาณ available P ในดินที่ไม่ได้ใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินและที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสมีปริมาณลดลงเหลือเพียง 18 และ15 mg P/kg ตามลำดับ ส่วนในดินที่ใส่เชื้อแบคทีเรียประมาณ 52 mg P/kg (ตารางที่ 53)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3.2. การทดลองที่ 10 : ดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

จากผลการทดลองบ่มดินเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงกับการใส่ใบยาสูบกับไม่มีผลต่อปริมาณของ exchangeable K ในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้ออย่างที่นัยสำคัญ

การใส่ใบยาสูบทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเพิ่มขึ้นอย่างที่นัยสำคัญ ในระยะการบ่มดินเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน (ตารางที่ 54) ที่ระยะการบ่มดิน 2 เดือน ปริมาณของ exchangeable K ในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อลดลง ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากการตรึงโพแทสเซียมในดิน

ตารางที่ 54 ผลของการใส่ใบยาสูบต่อปริมาณของ exchangeable K ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มดินเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน*

Treatment	ปริมาณ exchangeable K ในดิน (mg K/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	178b**	80b
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	341a	301a

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่เชื้อ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ $P_{0.05}$

ตารางที่ 55 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน*

treatment	ปริมาณ exchangeable K ในดิน (mg K/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	182.34 c**	146.83b
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	248.84b	160.17b
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	348.33a	264.33a

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่วัสดุเหลือใช้

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมน์เดียวกันที่ตามด้วยอักษรต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ P 0.05

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากตารางที่ 55 จะเห็นได้ว่าการใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะ เพิ่มขึ้นมากที่สุด ทั้งในระยะเวลา 1 และ 2 เดือน ของการบ่มดิน สำหรับการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสก็ให้ผลดีในการเพิ่มปริมาณการปลดปล่อย exchangeable K ในดินในช่วง 1 เดือนแรก แต่ในระยะเดือนที่ 2 การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อในทางสถิติ ในระยะ 2 เดือนของการบ่มดินพบว่าปริมาณของ exchangeable K ในดินลดลง เมื่อเทียบกับเดือนระยะ 1 เดือน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจาก การตรึงโพแทสเซียมในดิน การที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสร่วมกับใบยาสูบ ไม่ทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดิน ในเดือนที่ 2 แตกต่างจากดินในตำรับควบคุม คาดว่าโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากดินในตำรับการทดลองดังกล่าว บางส่วนถูกตรึงไว้

ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากใบยาสูบในดิน

ตารางที่ 56 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากใบยาสูบ ในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน*

treatment	ปริมาณของ exchangeable K ที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบ			
	mg N/kg		%ของ TT K ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	186.67	210.33	93.34	105.17
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	142.33	218.33	71.17	109.17
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	160.00	232.00	80.00	116.00

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่วัสดุเหลือใช้

จากตารางที่ 56 เมื่อบ่มดินแม่เหียะครบ 1 เดือน พบว่า ในดินที่ไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณโพแทสเซียม ที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบประมาณ 93 % ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่มีในใบยาสูบ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบซึ่งมีสะสมอยู่ในดินลดลงเหลือ 71 และ 80 % ของโพแทสเซียม ซึ่งเข้าใจว่าบางส่วนของโพแทสเซียม ที่ถูกปลดปล่อย เชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดอาจจะนำไปใช้ประโยชน์ในการ สร้างเซลล์

อย่างไรก็ตามเมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่า การใส่ใบยาสูบลงในดินทำให้ exchangeable K ในดินเพิ่มมากกว่าโพแทสเซียมที่มีอยู่ในใบยาสูบ ซึ่งแสดงว่า การใส่ใบยาสูบไม่เพียงแต่โพแทสเซียมในใบยาสูบจะถูกปลดปล่อยออกมาสะสมอยู่ในดิน การปลดปล่อยโพแทสเซียมจากดินก็ยังเพิ่มขึ้นด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.4.3.3. การทดลองที่ 11 : ดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน พบว่าการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อกับการใส่ใบยาสูบ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 57) แต่การใส่ใบยาสูบทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสไม่มีผลต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และการใส่ใบยาสูบโดยไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ก็ทำให้โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด แสดงว่า การฆ่าเชื้อทำให้โพแทสเซียมในใบยาสูบเป็นประโยชน์ได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 57 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากใบยาสูบในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณ exchangeable K ในดิน mg K/kg (M)			$\bar{x}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	212.33	187.67	352.00	250.67b**
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	440.33	454.67	462.33	452.44a
	M*W interaction effect =NS			
$\bar{x}$ เชื้อจุลินทรีย์	326.33	321.17	407.17	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใส่วัสดุเหลือใช้ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและกับการใส่วัสดุเหลือมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ อย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 53) ที่ระยะนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในตำรับการทดลองเกือบทุกตำรับต่ำกว่าที่พบในระยะ 1 เดือน ในดินที่ไม่ใส่วัสดุและไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ประมาณ 175 mg K/kg และเพิ่มเป็น183 และ 274 mg K/kg เมื่อมีการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียตามลำดับ แต่มีเฉพาะการใส่เชื้อแบคทีเรียที่ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้มีมากกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ และแตกต่างจากตำรับที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสด้วย การใส่เศษเหลือของใบยาสูบทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่วัสดุ และเมื่อใส่เชื้อจุลินทรีย์ร่วมกับการใส่เศษเหลือจากใบยาสูบเพิ่มมากกว่าการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ ($P<0.05$) โดยเชื้อแบคทีเรียมีประสิทธิภาพดีกว่าเชื้อแอคติโนมัยซีส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 54 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินชุดสันทรายที่ฆ่าเชื้อระยะเวลา 2 เดือน

ชนิดวัสดุเหลือใช้ W	ปริมาณ exchangeable K ในดิน (M) (mgK/kg)			X วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	175.00	182.67	274.00	210.56b**
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	368.00	380.00	519.00	422.33a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 26.742			
X เชื้อจุลินทรีย์	271.50b	281.33b	396.50a	

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** ค่าเฉลี่ยของการใส่วัสดุเหลือใช้และการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ตามด้วยอักษรที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ตารางที่ 55 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ได้จากใบยาสูบในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 และ 2 เดือน*

Treatment	ปริมาณของ exchangeable K ที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบ			
	mg K/kg		%ของ TT K ในวัสดุ	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	272	203	136	101
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	208	200	104	103
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	175	173	87	86

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ และ 3 กรรมวิธีการใส่วัสดุเหลือใช้

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 55) พบว่าในดินที่ไม่มีการใส่เชื้อและไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ลงไปในดินและการใส่ใบยาสูบปริมาณของ exchangeable K สะสมในดินมากกว่าปริมาณของ K ที่มีอยู่ในดินซึ่งอาจเพราะใบยาสูบที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีผลทำให้การปลดปล่อยปริมาณโพแทสเซียมในดินตามธรรมชาติดีขึ้น การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในดิน เพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะที่การใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้การปลดปล่อยปริมาณโพแทสเซียมจากใบยาสูบมีสะสมอยู่ในดินประมาณ 87 % ของปริมาณโพแทสเซียมในใบยาสูบ

เมื่อระยะ 2 เดือน (ตารางที่ 55) ปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยจากตำรับการทดลองที่ใส่ใบยาสูบอยู่ในระดับใกล้เคียงกับระยะ 1 เดือน ยกเว้นตำรับที่ไม่มีการใส่เชื้อซึ่งปริมาณโพแทสเซียมใกล้เคียงกับที่มีอยู่ในใบยาสูบซึ่งน่าจะเป็นผลจากการเกิด K fixation

เมื่อไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ดิน ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มเป็น 368 mg K/kg ซึ่งใกล้เคียงกับดินที่ใส่ร่วมกับการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส ส่วนการใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับใบยาสูบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงถึง 519 mg K/kg แตกต่างจากการใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างเดียว และ การใส่ใบยาสูบอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 56 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากใบยาสูบในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 2 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณ exchangeable K ในดิน mg K/kg (M)			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	175.00	182.67	274.00	210.56b**
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	368.00	380.00	519.00	422.33a
$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = 26.742				
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	271.50b	281.33b	396.50a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบ

ตารางที่ 57 ผลการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นระโยชน์ได้จากใบยาสูบในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจน (mg N/kg)		ปริมาณ available P (mg P/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	78.49	128.79	28.33	40.33
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	65.87	172.74	23.33	27.33
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	49.74	175.78	85.33	19.33

เมื่อไม่มีการที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปริมาณอนินทรีย์ที่ได้จากใบยาสูบ ที่ใส่ในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีประมาณ 78 mg N/kg ในเวลา 1 เดือน และเพิ่มขึ้น เป็น 129 mg N/kg ในเดือนที่ 2 การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสก็ให้ผลดีในการเพิ่มปริมาณการปลดปล่อย exchangeable K ในดินในช่วง 1 เดือนแรก แต่ในระยะเดือนที่ 2 (ตารางที่ 57) การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสและแบคทีเรียยังทำให้การ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปลดปล่อยอนินทรีย์ไนโตรเจนมีน้อยลง เมื่อเทียบกับการไม่ใส่เชื้อ ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างเซลล์บางส่วน ทำให้ปริมาณ อนินทรีย์ไนโตรเจนที่สะสมมีน้อยลง แต่เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่าปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ปลดปล่อยจากใบยาสูบที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ (172-175 mgN/kg) มีมากกว่าการไม่ใส่เชื้อ (129 mgN/kg) สำหรับ การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ พบว่า การใส่แบคทีเรียทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ที่ปลดปล่อยที่จากใบยาสูบ มากถึง 85 mg P/kg ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อและการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้การสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ มีประมาณ 28 และ 23 mgP/kg ตามลำดับ ในระยะ 2 เดือน การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากใบยาสูบ ในดินสันทรายที่ไม่ใส่เชื้อเพิ่มขึ้นเป็น 40 mg N/kg ในขณะที่การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากใบยาสูบ ในดินสันทรายที่ใส่เชื้อแบคทีเรียลดลงเหลือเพียง 19 mg P/kg ส่วนในดินที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบน้อยมาก การลดลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่เชื้อแบคทีเรีย น่าจะเกิดจาก P fixation

4.4.3.4. การทดลองที่ 12 : ดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 58 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากใบยาสูบในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 1 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	**ปริมาณ exchangeable K ในดิน mg K/kg (M)**			$\bar{X}$
	ไม่ใส่เชื้อ	**ใส่เชื้อ Actinomycetes**	**ใส่เชื้อ Bacteria**	**วัสดุเหลือใช้**
ไม่ใส่วัสดุ	91.00	179.33	295.00	188.44b**
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	363.00	387.00	469.67	406.56a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = Ns			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	227.00c	283.17b	382.30a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยของการใส่วัสดุเหลือใช้และการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 59 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากใบยาสูบในดินศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มครบ 2 เดือน*

ชนิดวัสดุเหลือใช้ (W)	ปริมาณ exchangeable K ในดิน mg K/kg (M)			$\bar{X}$ วัสดุเหลือใช้
	ไม่ใส่เชื้อ	ใส่เชื้อ Actinomycetes	ใส่เชื้อ Bacteria	
ไม่ใส่วัสดุ	42.33	49.00	159.00	83.44b**
ใส่ใบยาสูบ 200 ppmK	245.00	255.00	331.67	277.22a
	$LSD_{0.05}$ = M*W interaction effect = Ns			
$\bar{X}$ เชื้อจุลินทรีย์	143.67b	152.00b	245.33a	

*ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

**ค่าเฉลี่ยในคอลัมม์เดียวกันตามด้วยอักษรที่ต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดย DMRT ที่ระดับ $P_{0.05}$

จากตารางที่ 58 และ 59 ซึ่งแสดงผลการทดลองเมื่อบ่มดินเป็นเวลา 1 และ 2 เดือนตามลำดับ พบว่าปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงกับการใส่ใบยาสูบในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ ปริมาณของ exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นเมื่อมีการใส่ใบยาสูบและการใส่แบคทีเรียมีผลทำให้ปริมาณของ exchangeable K ในดินในระยะการบ่มดินเป็นเวลา 1 และ 2 เดือน เพิ่มขึ้น ส่วนการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสมีผลดี เฉพาะการบ่มที่ระยะเดือนที่ 1 ในระยะเดือนที่ 2 ปริมาณของ exchangeable K ในดินทุกตำรับลดลง เมื่อเทียบกับเดือนระยะ 1 เดือน ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจากการตรึงโพแทสเซียมในดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบ

ตารางที่ 60 ผลของการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบ ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ เมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจน (mg N/kg)		ปริมาณ available P (mg P/kg)	
	1 เดือน	2 เดือน	1 เดือน	2 เดือน
ไม่ใส่เชื้อ	34.46	140.4	10.67	8.34
ใส่เชื้อแอคติโนมัยซีส	80.57	157.7	7.00	10.33
ใส่เชื้อแบคทีเรีย	-4	152	14.07	25.67

จากข้อมูลในตารางที่ 60 พบว่า การใส่ใบยาสูบ โดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ทำให้มีการปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนจากใบยาสูบ 34 mg N/kg เมื่อบ่มครบ 1 เดือน และเพิ่มขึ้น เป็น 140 mg N/kg ในเดือนที่ 2 การใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้การปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนเพิ่มเป็น 81 mg N/kg ในเดือนที่ 1 และเพิ่มเป็น 158 mgN/kg ในระยะเดือนที่ 2 การใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้การปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนจากใบยาสูบดีขึ้นในเดือนที่ 2 โดยทำให้การปลดปล่อยอนินทรีย์ในโตรเจนออกมา 152 mgN/kg ในกรณีของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ พบว่าในเดือนที่ 1 มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากใบยาสูบประมาณ 11 mg P/kg เมื่อไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ และเพิ่มขึ้นเป็น 15 mgP/kg เมื่อมีการใส่แบคที่เรีย แบคทีเรีย ส่วนการใส่เชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้จากใบยาสูบมีประมาณ 7 mgP/kg ในระยะเดือนที่ 2 การใส่เชื้อแบคทีเรียและเชื้อแอคติโนมัยซีสทำให้ปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากใบยาสูบเพิ่มขึ้นเป็น 10 และ 26 mg P/kg ในขณะที่การไม่ใส่เชื้อทำให้การปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากใบยาสูบมีประมาณ 8 mgP/kg

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณของ Pและ K ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ที่ใส่ลงไปในดิน

ดินสันทรายที่ไม่ฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 61 ผลของการใส่วัสดุเหลือใช้และจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายเมื่อบ่มครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ aviablable P ในดิน (mg P / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	**Control	A	B	*Control	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	39	45	144	37	34	83
ใส่กากตะกอนบำบัด	48	60	15	32	30	98
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	69	73	208	78	68	165

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** control = การไม่ใส่เชื้อ A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

จากตารางที่ 61 ซึ่งแสดงถึงปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินชุดสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่ได้รับการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและการตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด ภายหลังการบ่มดินครบ 1 และ2 เดือน พบว่า ในช่วง 1 เดือนของการบ่มดิน การส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียลงไปในดินชุดสันทรายโดยไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นประมาณ 9 mg P / kg ส่วนการใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด เพิ่มขึ้น 30 mg P / kg การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสโดยไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น 6 และ 105 mg P / kg ตามลำดับ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสร่วมกับการใส่วัสดุเหลือใช้ทั้ง 2 ประเภท ให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ ในแง่ของการเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ แต่การใส่เชื้อแบคทีเรีย มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพิ่มขึ้นประมาณ 1 เท่าตัว การบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ได้ในดินในตำรับการทำลองส่วนใหญ่ลดลง โดยเฉพาะในตำรับการทดลองที่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากกระบวนการ P immobilization

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 62 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดตลอดจนการใส่จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส ต่อปริมาณ โพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ของดินชุดสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ

Treatment	ปริมาณ exchangeable K ในดิน (mg K / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	**Control	A	B	*Control	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	193	222	246	139	245	295
ใส่กากตะกอนบำบัด	202	232	316	206	224	319
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	312	363	409	288	297	374

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** control = การไม่ใส่เชื้อ A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

จากการตรวจสอบปริมาณของโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินชุดสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อภายหลังการบ่มจนครบ 1 และ 2 เดือน พบว่าในดินที่ไม่ได้ใส่เชื้อจุลินทรีย์ การใส่ของเหลือใช้จาการเพาะเห็ด ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นประมาณ 119 mg K / kg ในขณะที่การใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้น้อยมาก สำหรับดินที่ไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรีย ที่ย่อยสลายเซลลูโลส ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นประมาณ 29 และ 53 mg K / kg ตามลำดับ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสร่วมกันกับวัสดุเหลือใช้มีผลดีเฉพาะของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด โดยทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นถึง 141 mg K / kg ในขณะที่การใส่เชื้อแบคทีเรียให้ผลดีเมื่อใช้ร่วมกับวัสดุเหลือใช้ทั้งสองประเภท โดยทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้น 70 mg K / kg ส่วนในดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพิ่มขึ้น 163 mg K / kg เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างเดียว เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่า ในดินชุดสันทรายที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อ ซึ่งได้รับเชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสและไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้ มีปริมาณของโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินในระยะการบ่มครบ 1 เดือน แต่ในดินที่มีการใส่วัสดุเหลือใช้ทุกตำรับปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ ลดลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ 1 เดือน ซึ่งแสดงว่ามีกระบวนการ K immobilization

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 63 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดและการใส่จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลส ต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อ โดยบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mg P / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	**Control	A	B	*Control	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	4	6	92	4	5	86
ใส่กากตะกอนบำบัด	6	11	122	7	9	106
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	26	30	169	17	20	130

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** control = การไม่ใส่เชื้อ A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

จากข้อมูลด้านปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินแม่เหียะภายหลังหารบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน (ตารางที่ 63) พบว่าในดินที่ไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์การใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นประมาณ 6 เท่าตัว โดยเฉพาะที่การใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ได้น้อยมาก การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้เพิ่มขึ้นประมาณ 13 เท่าตัว ส่วนการใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เปลี่ยนแปลงน้อยมาก การใส่เชื้อแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่วัสดุเหลือใช้เพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด โดยทำให้เพิ่มขึ้น 30 mg P / kg สำหรับดินที่ใส่กากตะกอนบำบัดและในดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพิ่มขึ้น 77 mg P / kg ในขณะที่การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 64 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสีย และของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดและการใช้เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินแม่เหียะที่ไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มดินครบ 1และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mg P / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	**Control	A	B	*Control	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	88	178	268	42	51	148
ใส่กากตะกอนบำบัด	206	221	260	48	53	160
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	215	236	322	136	155	244

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** control = การไม่ใส่เชื้อ A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

เมื่อบ่มดินแม่เหียะที่ไม่ฆ่าเชื้อเป็นเวลาครบ 1 เดือน (ตารางที่ 64) พบว่าเมื่อไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ การใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น 118 และ 127 mg K / kg การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสมีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินที่ไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้เพิ่มขึ้น 90 และ 180 mg K / kg ตามลำดับ ซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากปริมาณ K ที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ การใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสในดินที่ใส่วัสดุเหลือใช้ ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ในดินลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ใส่วัสดุเหลือใช้เพียงอย่างเดียว ซึ่งแสดงว่าการย่อยสลายวัสดุเหลือใช้จุลินทรีย์ใช้ K ในการสร้างเซลล์ ทำให้เกิด K immobilization

เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่า ปริมาณK ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินทุกตำรับลดลงไม่ต่ำกว่า 1 เท่าตัวเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดิน เมื่อบ่มครบ 1 เดือน การลดลงของปริมาณK ที่เป็นประโยชน์ได้ทั้งนี้คาดว่าน่าจะเป็นผลมาจากการเปลี่ยนรูปของ K ไปเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ได้ยากขึ้น (non exchangeable K) เพราะโดยปกติแล้ว K ในดินซึ่งมีอยู่ 3 รูป ได้แก่ K ที่แลกเปลี่ยนไม่ได้หรือถูกตรึง (non exchangeable K) K ที่แลกเปลี่ยนได้ และ K^+ ในสารละลายดิน K ทั้ง 3 รูป อยู่ในสมดุลกันแบบเปลี่ยนกลับไปกลับมาได้ (dynamic equilibrium)

non exchangeable K $\rightleftharpoons$ exchangeable K $\rightleftharpoons$ K^+ ในสารละลายดิน หากในดินมี K ที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นกว่าปกติ ซึ่งทำให้เสียความสมดุล บางส่วนของ K ที่แลกเปลี่ยนได้จะถูกเปลี่ยนเป็น K ที่แลกเปลี่ยนไม่ได้หรือถูกตรึง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี , 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 65 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดและการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อ โดยบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mg P / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	**Control	A	B	*Control	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	36	43	163	18	36	144
ใส่กากตะกอนบำบัด	46	62	211	42	49	168
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	85	91	247	71	79	209

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน พบว่าเมื่อไม่มีการใส่เชื้อจุลินทรีย์ดินที่ใส่กากตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด ที่ผ่านการฆ่าเชื้อมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น 10 และ 49 mg P / kg ตามลำดับ การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส และแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสลงไปในดินสันทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อและไม่มีวัสดุเหลือใช้ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินเพิ่มขึ้น 7 และ 127 mg P / kg การใส่แอคติโนมัยซิสลงในดินที่ใส่วัสดุเหลือใช้ทั้งสองประเภทให้ผลไม่แตกต่างจากการไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ แต่การใส่เชื้อแบคทีเรีย ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใช้ตะกอนบำบัดน้ำเสียและที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น 4และ 2 เท่าตัว เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างเดียวและการเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่เชื้อแบคทีเรียร่วมกับวัสดุเหลือใช้แต่ละประเภท มีมากกว่าดินที่ใส่วัสดุเหลือใช้อย่างเดียวด้วย เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน ปริมาณ P ที่เป็นประโยชน์ได้ในดินของทุกตำรับการทดลองลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ 1 เดือนแรก ซึ่งคาดว่าเป็นผลมาจาก P fixation และ P immobilization

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 66 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดและการใส่เชื้อจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินสันทราย ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mg P / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	**Control	A	B	*Control	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	212	188	352	175	183	274
ใส่กากตะกอนบำบัด	289	344	382	190	211	305
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	417	433	435	260	284	394

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 66) พบว่า ดินสันทรายที่ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้และไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์มีปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 212 mg K/kg และเพิ่มเป็น 289 และ 417 mg K/kg เมื่อมีการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดตามลำดับ ซึ่งแสดงว่า การฆ่าเชื้อทำให้ความเป็นประโยชน์ของ K ในวัสดุเหลือใช้ทั้ง 2 ประเภทเพิ่มขึ้น การใส่เชื้อแบคทีเรียในดินที่ไม่ใส่วัสดุ ทำให้ปริมาณ exchangeable K ในดินเพิ่มขึ้นเป็น 352 mg K / kg ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะ K ที่มีอยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อในการที่ใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส มีผลทำให้การเปลี่ยนแปลงของ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้มีเพียงเล็กน้อย การใส่วัสดุเหลือใช้ร่วมกับการใช้เชื้อจุลินทรีย์มีผลทำให้ปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสซึ่งทำให้ปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นเป็น 344 และ 433 mg K / kg ส่วนการใส่แบคทีเรียทำให้ปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินที่ใส่ตะกอนบ่อบำบัดน้ำเสียเพิ่มขึ้นเป็น 382 mg K / kg และในดินที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพิ่มขึ้นเป็น 435 mg K / kg เมื่อบ่มดินครบ 2 เดือน พบว่าทุกตำรับมีปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ลดลง ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจาก K fixation ดังที่ได้อธิบายไว้ในการทดลองที่กล่าวมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อ

ตารางที่ 67 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดต่อปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินแม่เหียะ ที่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ available P ในดิน (mg P / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	ไม่ใส่เชื้อ	A	B	ไม่ใส่เชื้อ	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	5	7	134	3	6	104
ใส่กากตะกอนบำบัด	18	26	166	16	16	127
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	9	12	152	7	29	160

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

เมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน (ตารางที่ 67) พบว่าดินแม่เหียะที่ไม่ได้ใส่เชื้อและไม่ใส่วัสดุเหลือใช้มีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ 5 mg P / kg และเพิ่มเป็น 18 และ 9 mg P / kg เมื่อใช้ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ด การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสลงไปในดินที่ใส่และไม่ใส่วัสดุเหลือใช้ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น 2 ถึง 8 mg P / kg ในขณะที่การใส่เชื้อแบคทีเรียทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้เพิ่มขึ้นเป็น 134 mg P / kg ซึ่งน่าจะเป็นเพราะมี P อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อในดินที่ไม่ใส่วัสดุ ส่วนในดินที่ใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและที่ใส่ของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดเพิ่มขึ้นเป็น 166 และ 152 mg P / kg การเพิ่มขึ้นของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่ของเหลือใช้ร่วมกับการใส่เชื้อแบคทีเรียมีมากกว่าดินที่ใส่วัสดุเหลือใช้แต่เพียงอย่างเดียว แสดงว่าเชื้อแบคทีเรียน่าจะมีส่วนช่วยในการย่อยสลายฟอสฟอรัสจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าว

การบ่มดินเป็นเวลา 2 เดือน ทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใส่เชื้อแบคทีเรียอย่างเดียวและที่ใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง ในขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดินในตำรับการทดลองอื่นมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การลดลงของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ น่าจะเกิดจากปฏิกิริยา P fixation แต่ในการทดลองนี้ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเพราะเหตุใด P fixation จึงเกิดในตำรับการทดลองบางตำรับมากกว่าตำรับอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 68 ผลของการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดและการใส่เชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มดินครบ 1 และ 2 เดือน

Treatment	ปริมาณ exchangeable K ในดิน (mg K / kg)					
	บ่มครบ 1 เดือน			บ่มครบ 2 เดือน		
	ไม่ใส่เชื้อ	A	B	ไม่ใส่เชื้อ	A	B
ไม่ใส่วัสดุเหลือใช้	91	179	295	42	49	159
ใส่กากตะกอนบำบัด	135	225	313	50	62	163
ใส่ของเหลือจากการเพาะเห็ด	270	290	368	149	161	269

* ค่าเฉลี่ยของ 3 ซ้ำ

** A = การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิส B = การใส่เชื้อแบคทีเรีย

จากตารางที่ 68 ซึ่งแสดงถึงปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินแม่เหียะที่ผ่านการฆ่าเชื้อเมื่อบ่มดินครบ 1 เดือน พบว่า เมื่อไม่มีการใส่วัสดุเหลือใช้และไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ของดินแม่เหียะมีประมาณ 91 mg K / kg และเพิ่มเป็น 135 และ 270 mg K / kg เมื่อมีการใส่ตะกอนบำบัดน้ำเสียและของเหลือใช้จากการเพาะเห็ดลงไปในดินตามลำดับ ซึ่งคล้ายคลึงกับผลที่เกิดในดินชุดสันทรายและแสดงว่าการฆ่าเชื้อทำให้การเป็นประโยชน์ของ K ในวัสดุเหลือใช้ดีขึ้น การใส่เชื้อแอคติโนมัยซิสและแบคทีเรีย ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินแม่เหียะเพิ่มขึ้นเป็น 179 และ 295 mg K / kg ซึ่งเป็นผลมาจาก K ที่อยู่ในอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่นเดียวกับที่พบในดินชุดสันทราย เมื่อใส่เชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิดร่วมกับวัสดุเหลือใช้ทั้ง 2 ประเภท พบว่าทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใส่วัสดุอย่างเดียว แต่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินที่ใส่วัสดุร่วมกับการใส่เชื้อ น้อยกว่าการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมในดินที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์อย่างเดียว ดังนั้นจึงคาดว่าจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายเซลลูโลสไม่น่าจะมีบทบาทในการช่วยให้วัสดุเหลือใช้มีการย่อยสลายโพแทสเซียมได้ดีขึ้น

การบ่มดินครบ 2 เดือน ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินทุกตำรับลดลง ซึ่งคาดว่าเป็นเพราะเกิดการตรึงโพแทสเซียมดังที่ได้อธิบายมาแล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.5 ผลการจัดจำแนกชนิดจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีในการย่อยสลายเซลลูโลสที่ผ่านการคัดเลือกด้วยเทคนิคทางโมเลกุล

การจัดจำแนกชนิดจุลินทรีย์โดยการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์จากลำดับเบส

ผลการนำเชื้อจุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลสที่ผ่านการคัดเลือก จากการทดลองขั้นต้นว่ามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีที่สุด 2 ลำดับแรก คือ เชื้อแบคทีเรียทนร้อนที่ได้จากกองใบไม้แห้งของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมแม่เหียะ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไอโซเลทที่ 4 และ เชื้อแอคติโนมัยซีสที่ได้จากกองปุ๋ยหมัก คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ไอโซเลทที่ 6 มาสกัด DNA แล้วผลที่ได้ไปทำการวิเคราะห์หาลำดับเบสโดยเครื่องอัตโนมัติ ได้ลำดับเบสของ เชื้อแบคทีเรียทนร้อน (BT 7/4) และ เชื้อแอคติโนมัยซีส (AM 4/6) ดังตารางที่ 63 และ 64 ตามลำดับ จากนั้นนำลำดับเบสของตัวอย่างเทียบกับคลังเก็บข้อมูลลำดับดีเอ็นเอของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ที่เก็บรวบไว้จาก 4 ศูนย์หลักคือ The DNA Databank of Japan (DDBJ) The European Molecular Biology Laboratory (EMBL) The Brookhaven Protein Data Bank (PDB) และ The Gene Bank ที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลเข้าด้วยกันผ่านเว็บไซท์ของ National Center for Biotechnology Information (NCBI) (http://www.ncbi.nlm.nih.gov/) โดยใช้โปรแกรม Nucleotide-nucleotide BLAST (blastn)

จากการเปรียบเทียบลำดับเบสบนยีนของ 16s RNA (รูปที่ 6) พบว่า เชื้อแบคทีเรียทนร้อน (BT 7/4) ความคล้ายคลึงกับ *Bacillus subtilis* YJ001 99 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 7) และเชื้อแอคติโนมัยซีส (AM 4/6) (รูปที่ 8) ความคล้ายคลึงกับ *Streptomyces* spp. CHR28 99 เปอร์เซ็นต์ (รูปที่ 9)

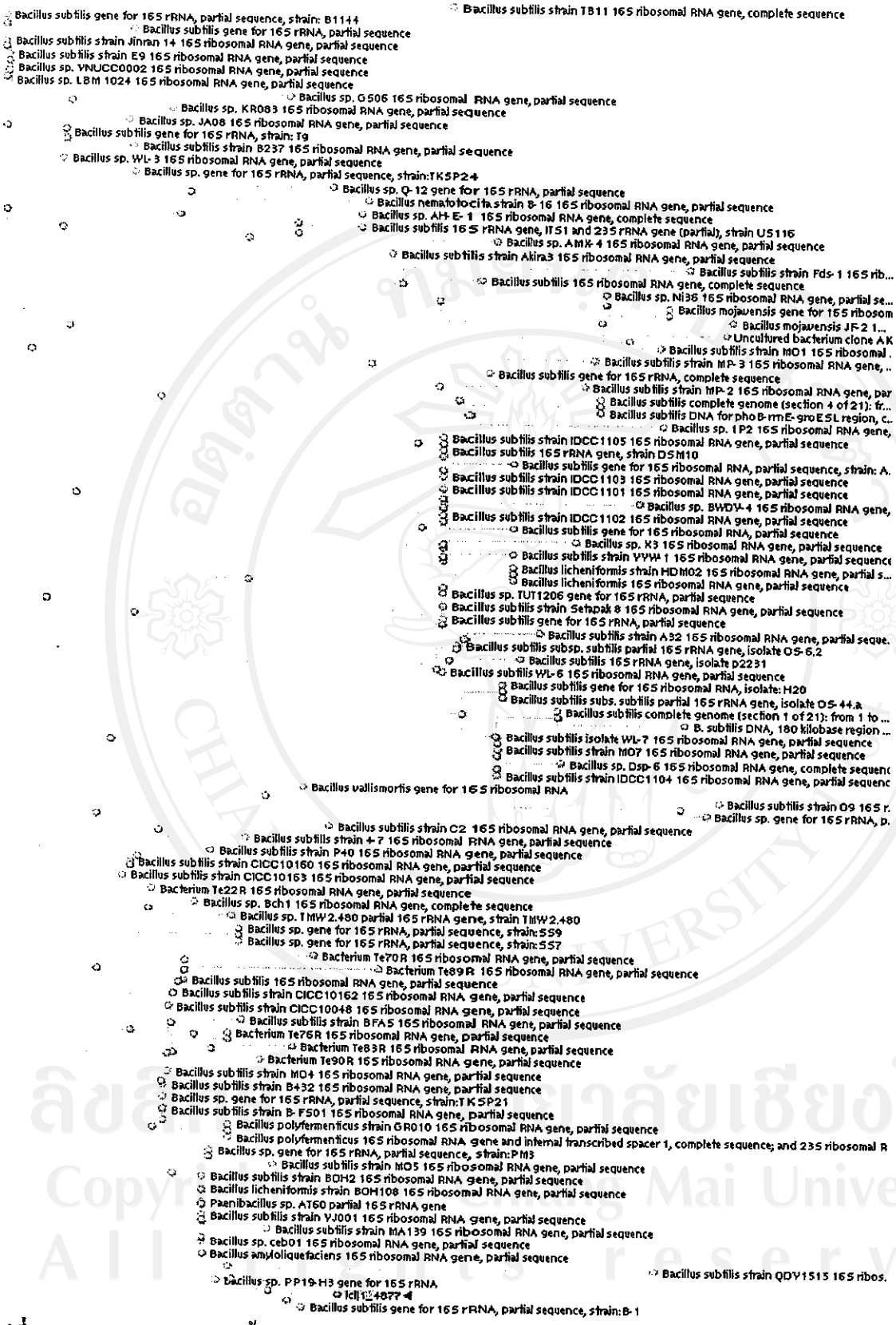
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Bacteria

GGGNCTNCGATNTTCTACCTTGTTACTNCNTCACCCCAATCATCTGTCCCACCTTCGGCGGCTGGCTCCAT
AAAGGTTACCTCACCGACTTCGGGTGTTACAAACTCTCGTGGTGTGACGGGCGGTGTGTACAAGGCCCGG
GAACGTATTCACCGCGGCATGCTGATCCGCGATTACTAGCGATTCCAGCTTCACGCAGTCGAGTTGCAGA
CTGCGATCCGAACTGAGAACAGATTTGTGGGATTGGCTTAACCTCGCGGTTTCGCTGCCCTTTGTTCTGTCC
ATTGTAGCACGTGTGTAGCCCAGGTCATAAGGGGCATGATGATTTGACGTCATCCCCACCTTCCTCCGGTT
TGTCACCGGCAGTCACCTTAGAGTGCCCAACTGAATGCTGGCAACTAAGATCAAGGGTTGCGCTCGTTGCG
GGACTTAACCCAACATCTCACGACACGAGCTGACGACAACCATGCACCACCTGTCACTCTGCCCCCGAAGG
GGACGTCCTATCTCTAGGATTGTCAGAGGATGTCAAGACCTGGTAAGGTTCTTCGCGTTGCTTCGAATTAA
ACCACATGCTCCACCGCTTGTGCGGGCCCCCGTCAATTCCTTTGAGTTTCAGTCTTGCGACCGTACTCCCCA
GGCGGAGTGCTTAATGCGTTAGCTGCAGCACTAAGGGGCGGAAACCCCCTAACACTTAGCACTCATCGTTT
ACGGCGTGGACTACCAGGGTATCTAATCCTGTTCGCTCCCCACGCTTTCGCTCCTCAGCGTCAGTTACAGAC
CAGAGAGTCGCCTTCGCCACTGGTGTTCCTCCACATCTCTACGCATTTCACCGCTACACGTGGAATTCCACT
CTCCTCTTCTGCACTCAAGTTCCCCAGTTTCCAATGACCCTCCCCGGTTGAGCCGGGGGCTTTCACATCAGAC
TTAAGAAACCGCCTGCGAGCCCTTTACGCCCAATAATTCCGGACAACGCTTGCCACCTACGTATTACCGCGG
CTGCTGGCACGTAGTTAGCCGTGGCTTTCTGGTTAGGTACCGTCAAGGTGCCGCCCTATTTGAACGGCACTT
GTTCTTCCCTAACAACAGAGCTTTACGATCCGAAAACCTTCATCACTCACGCGGCGTTGCTCCGTCAGACTTT
CGTCCATTGCGGAAGATTCCCTACTGCTGCCTCCCGTAGGAGTCTGGGCCGTGTCTCAGTCCCAGTGTGGCCG
ATCACCCTCTCAGGTCGGCTACGCATCGTCGCCTTGGTGAGCCGTTACCTCACCAACTAGCTAATGCGCCGCG
GGTCCATCTGTAAGTGGTAGCCGAAGCCACCTTTTATGTCTGAACCATGCGGTTCAGACAACCATCCGGTATT
AGCCCCGGTTTCCCGGAGTTATCCCAGTCTTACAGGCAGGTTACCCACGTGTTACTCACCCGTCCGCCGCTAAC
ATCAGGGAGCAAGCTCCCATCTGTCCGCTCGACTTGCATGTATTAGGCACGCCGCCAGCGTTCGTCCTGAGCCA
GGATCAAACTCAAN

รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์ลำดับเบสของเชื้อแบคทีเรียทนร้อน (BT 7/4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์เชื้อแบคทีเรียทนร้อน (BT 7/4) และ *Bacillus subtilis* YJ001

(Tree was produced using BLAST pairwise alignments)

lclj1_4887 = เชื้อแบคทีเรียทนร้อน (BT 7/4)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Actinomycetes

NTTCATAGGGCTAATGCAGTCNACGATGACCACTTAGGTGGGGATTAGTG

GCGAACGGGTGAGTAACACGTGGGCAATCTGCCCTGCACTCTGGGACAAG

CCCTGGAAACGGGGTCTAATACCGGATACTGAGCTACTTGGGCATCCAAG

TGGTTCGAAAGCTCCGGCGGTGCAGGATGAGCCCGCGGCCTATCAGCTTG

TTGGTGAGGTAATGGCTCACCAAGGCGACGACGGGTAGCCGGCCTGAGAG

GGCGACCGGCCACACTGGGACTGAGACACGGCCCAGACTCCTACGGGAGG

CAGCAGTGGGGAATATTGCACAATGGGCGAAAGCCTGATGCAGCGACGCC

GCGTGAGGGATGACGGCCTTCGGGTTGTAAACCTCTTTCAGCAGGGAAGA

AGCGAAAGTGACGGTACCTGCAAAAGAAGCGCCGGCTAACTACGTGCCAG

CAGCCGCGGTAATACGTAGGGCGCAAGCGTTGTCCGGAATTATTGGGCGT

AAAGAGCTCGTAGGCGGCTTGTCACGTCGGTTGTGAAAGCCCGGGGCTTA

ACCCCGGGTCTGCAGTCGATACGGGCAGGCTAGAGTTCGGTAGGGGAGAT

CGGAATTCCTGGTGTAGCGGTGAAATGCGCAGATATCAGGAGGAACACCG

GTGGCGAAGGCGGATCTCTGGGCCGATACTGACGCTGAGGAGCGAAAGCG

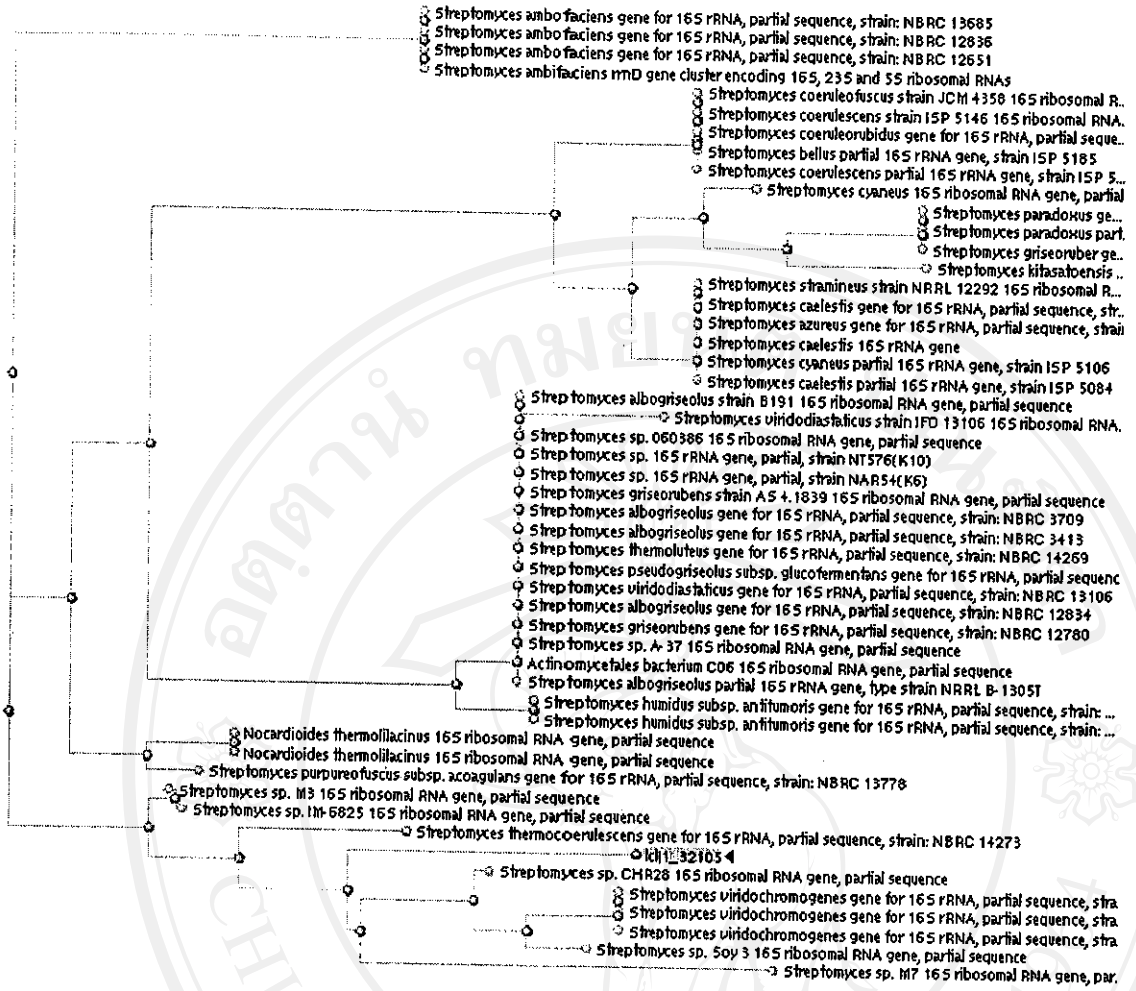
TGGGGAGCGAACAGGATTAGATACCCTGGTAGTCCACGCCGTAAACGGTG

GGCACTAGGTGTGGGCAACATTCCACGTTGTCCGTGCCGCAGCTAACGCA

TTAAGTGCCCCGCCTGGGGAGTACGGCCGCAAGGCTAAAACTCAA

รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์ลำดับเบสของ เชื้อแอคติโนมัยซีส (AM 4/6)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์เชื้อแอคติโนมัยซีส (AM 4/6) และ *Streptomyces* spp. CHR28 (Tree was produced using BLAST pairwise alignments) ● lclj1_52105 = เชื้อแอคติโนมัยซีส (AM 4/6)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากผลการทดลองที่พบแอคติโนมัยซีส ประเภท Mesophile ไอโซเลท AM 4/6 และเชื้อแบคทีเรีย ประเภท Thermophile ไอโซเลท BT 7/4 ซึ่งแยกได้จากปุ๋ยหมักจากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และกองใบไม้แห้งในศูนย์แม่เหียะตามลำดับ และเป็นเชื้อจุลินทรีย์ ที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ดีที่สุดในจำนวนเชื้อทั้งหมด 189ไอโซเลท โดยเชื้อแอคติโนมัยซีสไอโซเลท AM 4/6 มีกิจกรรมของ CMCase สูงสุดที่ระยะ incubate 5 วัน ประมาณ 1.48 U/ml/min ส่วนเชื้อแบคทีเรียกิจกรรมของ CMCase สูงสุดที่ 1.39 U/ml/min นั้น เนื่องจากเชื้อ BT 7/4 มีลำดับเบสของยีนในตำแหน่ง 16S rRNA คล้ายคลึงกับเชื้อ *Bacillus subtilis strain* YJ001 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการย่อยสลาย CMC โดยพิจารณาจากกิจกรรมของเอมไซม์ CMCase ของเชื้อดังกล่าว กับเชื้อ *B. sp.*.D04 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับ *B. subtilis strain* D2G และ *B. subtiliis* BSF 016 ในแง่ของ nucleotide sequence ของ gene ดังรายงานของ Han และคณะ (1995) กล่าวได้ว่า เชื้อ BT 7/4 มีกิจกรรมของ CMCase ต่ำกว่ามาก เพราะเชื้อ *B.sp.* DO4 มีกิจกรรมของเอมไซม์ CMCase เมื่อ incubate เป็นเวลา 72 ชม. ที่อุณหภูมิ 45^{0}C สูงถึง 22 UI/ml/min แต่ถ้าเปรียบเทียบกับรายงานของ Kotchoni และคณะ (2003) ซึ่งศึกษากิจกรรม CMCase ของเชื้อ *Bacillus pumilus* สายพันธุ์พื้นเมืองและพบว่าเชื้อดังกล่าวมีกิจกรรมของเอมไซม์ CMCase 0.30+0.04 IU/ml/min แต่ในเชื้อแบคทีเรียที่กลายพันธุ์ (mutant) มีกิจกรรม CMCase ประมาณ 1.20+0.5 IU/ml/min ในเวลา 18 ชั่วโมง กล่าวได้ว่าเชื้อ BT 7/4 ก็เป็นเชื้อแบคทีเรียที่ สลายเซลลูโลสที่น่าสนใจ สำหรับกิจกรรมของเอมไซม์ CMCase ของเชื้อ AM 4/6 เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ Actinomycetes ที่มีความสามารถต่อต้านเชื้อรา phytophthora fragariae ซึ่งเป็นสาเหตุของโรครากเน่าของราสเบอรี่ และมีกิจกรรมเอมไซม์ β-1,4-glueanase หรือ CMCase 0.035 U/ml/min β- 1,3-glucanase 0.015-2.21 U/ml และβ-1,3-glucanase 0.072-0.107 U/ml กล่าวได้ว่าเชื้อ AM4/6 มีกิจกรรม CMCase สูงกว่า แต่เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อ Thermomonospora ซึ่งเป็น alkalothermophilic actinomycete ซึ่งแยกได้จากกองปุ๋ยหมัก ซึ่ง George และคณะ (2001) รายงานไว้ว่าเชื้อ actinomycete isolate ดังกล่าว มีกิจกรรม CMCase สูงถึง 23 IU/ml ในเวลา 120 ชั่วโมง กล่าวได้ว่าเชื้อ AM4/6 มีกิจกรรมของ CMCase ต่ำกว่ามากจากรายงานของ Lee และคณะ (2002) พบว่า *B. subtiliis* มียีนที่ใช้สังเคราะห์เอมไซม์ Endo-β-glucanase และจากรายงานของ Han และคณะ (1995) ซึ่งพบว่า *Bacillus sp.* D04 มีความแตกต่างจาก *Bacillus spp.* อื่นที่มีทั้งเอมไซม์ endoglucanase และ exoglucanase ในการทดลองนี้ เชื้อ *Bacillus* isolate BT7/4 มีกิจกรรมของเอมไซม์ CMCase หรือ Endo-β-glucanase เช่นกันซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานของ Lee และ คณะ(2002) และ Han และคณะ (1995) จากผลการทดลองที่พบว่าเชื้อ BT7/4 มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้ สนับสนุนรายงายของ Mckeen และคณะ (1986) และ Loeffler และคณะ (1986) ซึ่งอ้างโดย Luna และคณะ (2002) ซึ่งรายงานว่า *Bacillus subtilis* สามารถควบคุมโรคที่เกิดจากแบคทีเรียและเชื้อราได้หลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชนิด โดยเชื้อดังกล่าวสามารถสร้าง peptide antibiotic ได้ และจากรายงานของ Luna และคณะ (2002) ยังพบเชื้อ *Bacillus subtilis* R14 *B. premilus* C110 *B. megaterium pv cerealis* RAB7 และ *B. cereus* C210 ยังสามารถต่อต้านเชื้อ *Xanthomonas campestnis pv. campetris* LFR-3 ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคเน่าดำของกะหล่ำปลีได้อีกด้วย ดังนั้นจึงอาจเป็นไปได้ว่าเชื้อ *Bacillus subtilis* isolate BT7/4 อาจจะมีความสามารถในการต่อต้านโรคที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียได้ด้วย ซึ่งสมควรที่จะได้มีการศึกษาต่อไปในอนาคต

ในการทดลองนี้ทำการศึกษาความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์เซลลูโลส ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุของโรคพืช แตกต่างจากวิธีการใช้กันทั่วไป คือใช้วิธีการ inoculate เชื้อตัวอย่างที่ต้องการทดสอบตรงกลาง petridish ที่บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ซึ่งในกรณีที่เชื้อที่ทดสอบมีการเจริญเติบโตกว่าเชื้อสาเหตุโรคพืชจะ incubate เชื้อดังกล่าวเป็นเวลา 3 วัน ก่อนการ inoculate เชื้อสาเหตุโรคทุกเชื้อลงไปใน petridish เดียวกันกับที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อ โดยinoculate เชื้อที่บนอาหารเลี้ยงเชื้อ ลงด้านข้างเชื้อสาเหตุ โดยใช้ทำ 2 ด้านที่อยู่ตรงกันข้าม (Alstrom, 2001) ดังนั้นอาจจะต้องมีการทดสอบยืนยันความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค โดยใช้วิธีการที่ใช้กันทั่วไป ซึ่งใช้วิธีการ incubate เชื้อสาเหตุโรคพืชไว้ตรงกลาง petridish และ incubate เชื้อที่ต้องการทดสอบแต่ละชนิดลงใน petridish เดียวกันกับที่ใช้เพาะเลี้ยงเชื้อสาเหตุโรคพืช

จากรายงานของ Hadas และคณะ (1996) ซึ่งศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจนในดินที่ใส่ปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ โดยใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ดังกล่าวในอัตราที่ให้ 5-15%C โดยน้ำหนัก พบว่าในระยะ 2 และ 4 สัปดาห์แรก ไนโตรเจนที่สะสมในดินที่ใส่ปุ๋ยหมักลดลง ซึ่งแสดงว่ามีการเกิด N immobilization ในระหว่างการบ่มดิน ความเข้มข้นของ NH^{+}_{4}-N ในดินลดลง เนื่องจากมีการเกิดการสูญเสียไนโตรเจน โดยการระเหยของก๊าซ NH_3 และการตรึง NH_4^+ ในดิน ในการทดลองนี้ก็พบว่าในระหว่างการทดลอง ปริมาณของ N ที่เป็นประโยชน์ได้ในดินที่ใช้ทดลองลดลงเช่นกัน ซึ่งน่าจะเกิดจากการสูญเสียไนโตรเจนในรูปต่างๆ หรือการตรึง NH_4ในดิน ดังที่ Hadas และคณะ (1996) ได้รายงานไว้ อย่างไรก็ตามจากรายงานของ Hadas และคณะ (1996) ได้มีการศึกษาปริมาณ N ในมวลจุลินทรีย์ด้วย ซึ่งก็พบว่าในช่วงที่มีการ N immobilization ปริมาณ N ในมวลจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น สำหรับในการทดลองนี้ ไม่ได้มีการศึกษาข้อมูลด้านมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ จึงไม่สามารถจะบอกได้แน่ชัดว่า การลดลงของปริมาณ N ที่เป็นประโยชน์ได้ในดิน เป็นผลจากการเกิด N-immobilization อย่างแน่นอน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved