ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ต่อราที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส

นางส ศิริ รักษาศีล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาจุลชีววิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2533

ISBN 974-577-289-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

016439

I 10006295

Effects of Organotin Compounds on Cellulase Producing Fungi

Miss Sugima Rugsaseel

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
Department of Microbiology
Graduate School
Chulalongkorn University
1990

ISBN 974-577-289-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ต่อราที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส
โดย	นางสาวสุจิมา รักษาศีล
ภาควิชา	จุลชีววิทยา
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน
	รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. เผด็จ สิทธิสุนทร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุเทพ ธนียวัน)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. โสภณ เริงสำราญ)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. อมร เพชรสม)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สุจิมา รักษาศีล : ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ต่อราที่สร้างเอนไซม์เซลลูเลส (EFFECTS OF ORGANOTIN COMPOUNDS ON CELLULASE PRODUCING FUNGI) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สุเทพ ธนียวัน, รศ.ดร.ประกิตติ์สิน สีหนนทน์, 135 หน้า. ISBN 974-577-289-5

จากการคัดแยกราที่ก่อปัญหาบนไม้ยางพาราพบราอยู่ในกลุ่ม Syncephalustrum sp., Rhizopus sp., Aspergillus spp., Penicillium sp., Trichoderma sp. และ Unidentified เชื้อราทุกสายพันธุ์สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลสได้ โดย Trichoderma sp. Pol_1 เป็นราที่มีความสามารถผลิตเอนไซม์ได้สูงสุดทั้งในอาหารวุ้น คาร์บอกซิเมทธิลเซลลูโลส และในอาหารเหลวตามสูตรอาหารของ Mandel และ Sternberg

เมื่อทดสอบผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราต่อการยับยั้งการทำงานของเซลลูเลสที่ผลิตทางพาณิชย์ และเซลลูเลสที่สร้างจากตัวแทนราพบว่าสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราที่ใช้ทดสอบที่ความเข้มข้น 100 ppm มีผลค่อนข้างต่ำต่อการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ในขณะที่ที่ความเข้มข้นต่ำกว่าสามารถยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญของสายใยรา พบว่า บิสไตรบิวทิลทินออกไซด์ (T.B.T.O.) ที่สังเคราะห์โดยภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีประสิทธิภาพสูงสุด โดย T.B.T.O. เข้มข้นต่ำกว่า 200 ppm และ 60 ppm สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์และการเจริญของสายใยแบบกึ่งฆ่าได้ ตามลำดับ

เมื่อศึกษากลไกการยับยั้งการงอกของสปอร์ พบว่าการยับยั้งการงอกของสปอร์มี 3 แบบคือ การยับยั้งการงอกแบบชั่วคราว การยับยั้งการงอกแบบกึ่งฆ่า และการยับยั้งการงอกที่ให้ผลฆ่าสปอร์ พบว่า T.B.T.O. เข้มข้น 2 ppm ให้ผลยับยั้งการงอกของสปอร์ Trichoderma sp. Pol_1 แบบชั่วคราว คือ สปอร์ถูกยับยั้งการงอกในระบบที่มี T.B.T.O. แต่สามารถงอกในอาหารใหม่ได้ ขณะที่ที่ 5 ppm เมื่อบ่มกับสปอร์นาน 24 ชม. จะให้ผลยับยั้งแบบกึ่งฆ่า คือ พบผลการยับยั้งการงอกของสปอร์ในระบบที่มี T.B.T.O. และในอาหารเลี้ยงเชื้อใหม่ แต่พบว่าเมื่อเติม Tween 80 ลงในระบบการยับยั้งการงอกของสปอร์จะสามารถทำให้สปอร์ที่ถูกยับยั้งแบบกึ่งฆ่ากลับงอกขึ้นใหม่ได้ เมื่อเพิ่มระยะเวลาบ่มสปอร์ในระบบที่มี T.B.T.O. เป็น 72 ชม. แล้วสปอร์จะถูกฆ่า พบว่ามีการนำ T.B.T.O. เข้าไปภายในสปอร์แล้วมีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะบางอย่างของสปอร์รุ่นต่อ ๆ มา การยับยั้งการงอกของสปอร์โดยสารประกอบดีบุกอินทรีย์คาดว่าเกิดจากการที่สารประกอบดีบุกอินทรีย์เข้าสู่เซลล์และขัดขวางระบบเมตาบอลิสมของสปอร์และอาจจับอยู่บนผิวสปอร์ทำให้ขัดขวางการนำสารอาหารเข้าสู่สปอร์ได้ นอกจากนี้ยังพบว่า T.B.T.O. สามารถยับยั้งการเจริญของสายใยและยับยั้งการสร้างสปอร์โดยมีกลไกการยับยั้ง 3 แบบ เช่นเดียวกับกรณีการยับยั้งการงอกของสปอร์

ภาควิชา จุลชีววิทยา
สาขาวิชา จุลชีววิทยา
ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SUGIMA RUGSASEEL : EFFECTS OF ORGANOTIN COMPOUNDS ON CELLULASE PRODUCING FUNGI. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. DR. SUTHEP THANIYAVARN AND ASSO. PROF. PRAKITSIN SIHANONTH, Ph.D. 135 PP.

Rubber wood infected fungi were isolated and characterized as members of Syncephalustrum sp., Rhizopus sp., Aspergillus spp., Penicillium sp., Trichoderma sp. and few other unidentified strains. All isolated were found capable of producing enzyme cellulase. Among them, the Trichoderma sp. Pol_1 give the highest yield of cellulase when cultivated in both carboxymethyl cellulose agar and Mandel & Sternberg's liquid medium.

All of organotin compounds and fungicidal compounds tested, at concentration of 100 ppm gave poor inhibitory effect on cellulase activity of both commercial and crude enzyme from isolated fungi. It was found that at the smaller dose these compounds gave the inhibitory effect on spore germination as well as mycelial growth. Bis-tributyltin oxide (T.B.T.O.) synthesized by Dept. of Chemistry was found to be the most potent agent by which at concentration lesser than 20 and 60 ppm could inhibit spore germination and exerted sublethal effect on mycelial growth respectively.

Three types of inhibitory effect were characterized as static effect, sublethal effect and cidal effect. At concentration of 2 ppm T.B.T.O. gave static effect on Trichoderma sp. Pol_1 spore germination; could not germinate in T.B.T.O. system but germinated in fresh medium while at 5 ppm at 24 hours for incubation a sublethal effect was obserbed, this effect could not germinate in both T.B.T.O. system and fresh medium but could be reverse by the addition of Tween 80 into the inhibition system. Upon prolong the incubation time in T.B.T.O. system to 72 hours cidal effect of spore was observed. The inhibition of spore germination is probably due to the accumulation of T.B.T.O. in vegestative cell that somehow affect the metabolism of the vegestative cell as well as the binding on spore coat may interfere with nutrient uptake into cell. The same compound was also found inhibit mycelial growth and spore formation on fungi tested, 3 level of effects resemble the inhibition of spore germination were also detected.

ภาควิชา จุลชีววิทยา

สาขาวิชา จุลชีววิทยาทางอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2532

ลายมือชื่อนิสิต .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ธนียวัน และรองศาสตราจารย์ ดร. ประกิตติ์สิน สีหนนทน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ของการวิจัยมาด้วยดีตลอด ตลอดจนช่วยแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.เผด็จ สิทธิสุนทร รองศาสตราจารย์ ดร.โสภณ เริงสำราญ และอาจารย์ ดร. อมร เพชรสม ที่กรุณารับเป็นประธานกรรมการและกรรมการสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รวมทั้งเพื่อนและน้อง ๆ ที่ช่วยให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณบริษัทอิสต์เอเชียติกที่ให้ตัวอย่างเอนไซม์เซลลูเลส และโครงการวิจัยดีบุกอินทรีย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ตัวอย่างสารประกอบดีบุกอินทรีย์ และสารฆ่าราสำหรับใช้ในงานวิจัยนี้

เนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วน ได้รับมาจากทุกอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย และทุนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนา (STDB) จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย และสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ช

สารบัญรูป..... ญ

คำย่อ..... ท

บทที่

1. บทนำ..... 1
2. อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย..... 21
3. ผลการวิจัย..... 44
4. การอภิปรายและสรุปผลการวิจัย..... 113

เอกสารอ้างอิง..... 122

ภาคผนวก..... 129

ประวัติผู้เขียน..... 135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จุลินทรีย์ที่สามารถผลิตเอนไซม์เซลลูเลส.....	11
2	การย่อยสลายฝ้ายของเอนไซม์เซลลูเลสชนิดต่างๆที่ได้จากเชื้อ Trichoderma reesei.....	14
3	ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในการักษาเนื้อไม้ยางพาราเพื่อป้องกันการทำลายจากรา.....	17
4	ตัวอย่างสารประกอบดีบุกอินทรีย์ที่ใช้ในการรักษาเนื้อไม้เพื่อป้องกันการทำลายจากรา.....	19
5	ผลการเปลี่ยนแปลงหมู่อินทรีย์สารในสารประกอบ triorganotin ต่อคุณสมบัติการฆ่าทางชีวภาพ.....	20
6	ชนิดของสารเคมีที่นำมาใช้ทดสอบ.....	24
7	ผลการแยกและความสามารถในการสร้างเซลลูเลสบนอาหารแข็งของราจากตัวอย่างไม้ยางพารา.....	45
8	ความสามารถสูงสุดในการสร้างเอนไซม์ของต้วแทนราเมื่อเลี้ยงในอาหารเหลว.....	50
9	ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราเข้มข้น 100 ppm. ต่อการทำงานของเอคโซกลูคาเนสที่ผลิตทางพาณิชย์.....	57
10	ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราเข้มข้น 100 ppm. ต่อการทำงานของเอคโซกลูคาเนส ที่ pH 4.0-8.0.....	60
11	ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราเข้มข้น 100 ppm. ต่อการทำงานของเอนโดกลูคาเนสที่ผลิตทางพาณิชย์.....	63
12	ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราเข้มข้น 100 ppm. ต่อการทำงานของเอนโดกลูคาเนส ที่ pH 4.0-8.0.....	67
13	ผลของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราเข้มข้น 100 ppm. ต่อการทำงานของบีตา-กลูโคซิเดสที่ pH 4.0-8.0.....	69
14	ปริมาณต่ำสุดของสารประกอบดีบุกอินทรีย์และสารฆ่าราที่ให้ผลยับยั้งการงอกของสปอร์แบบชั่วคราว.....	76
15	ปริมาณต่ำสุดของสารประกอบดีบุกอินทรีย์ และสารฆ่าราที่ให้ผลยับยั้งการงอกของสปอร์แบบถึงฆ่า.....	78

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
16	ระยะเวลาที่บ่มสปอร์ในสารประกอบดีบุกอินทรีย์หรือสารฆ่าราเข้มข้น 15 ppm. ต่อการยับยั้งการงอกของสปอร์แบบกึ่งฆ่า..	80
17	ปริมาณของดีเทอร์เจนท์ที่ให้ผล reverse sporegermination...	83
18	ผลของระยะเวลาที่บ่มสปอร์ใน T.B.T.O. เข้มข้น 5 ppm. ต่อความสามารถในการเกิด revertant เมื่อเติม 1% tween 80.....	89
19	ผลของการแปรผันความเข้มข้นของ T.B.T.O. ต่อการฆ่าสปอร์....	100
20	ปริมาณต่ำสุดของ T.B.T.O. ต่อการยับยั้งการเจริญของสายใยตัวแทนราแบบชั่วคราว.....	102
21	ผลของ T.B.T.O. ต่อความสามารถในการสร้างสปอร์ของตัวแทนรา.....	103
22	ปริมาณต่ำสุดของ T.B.T.O. ต่อการยับยั้งการเจริญของสายใยแบบกึ่งฆ่า.....	110
23	ปริมาณต่ำสุดของสารดีเทอร์เจนท์ที่ให้ผล Reverse mycelium growth.....	111

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1	แสดงการแยกองค์ประกอบในเซลล์พืช.....	2
2	สูตรโครงสร้างของเซลลูโลส.....	3
3	ลักษณะโครงสร้างของเซลลูโลส.....	4
4	ลักษณะของไฟบริล.....	5
5	โครงสร้างเซลลูโลสที่พบในผนังเซลล์ของพืชทั่วไป.....	5
6	ชนิดของน้ำตาลและกรดยูโรนิคที่เป็นองค์ประกอบของเฮมิเซลลูโลส..	7
7	โครงสร้างของไซแลน.....	8
8	โครงสร้างของลิกนิน.....	9
9	การย่อยสลายและการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์.....	13
10	การสร้างเอนไซม์เซลลูเลสในอาหารเหลวโดย *Syncephalustrum* sp. YA_7.....	46
11	การสร้างเอนไซม์เซลลูเลสในอาหารเหลวโดย *Aspergillus* sp. CX_2.....	47
12	การสร้างเอนไซม์เซลลูเลสในอาหารเหลวโดย *Penicillium* sp. YA_6.....	48
13	การสร้างเอนไซม์เซลลูเลสในอาหารเหลวโดย *Trichoderma* sp. Pol_1.....	49
14	ผลการแปรผันความเข้มข้นของเอคโซกลูคาเนสที่ผลิตทางพาณิชย์ต่อการทำงานของเอนไซม์.....	52
15	ผลการแปรผันความเข้มข้นของเอนโดกลูคาเนสที่ผลิตทางพาณิชย์ต่อการทำงานของเอนไซม์.....	53
16	ผลการแปรผันความเข้มข้นของบีตา-กลูโคซิเดสที่ผลิตทางพาณิชย์ต่อการทำงานของเอนไซม์.....	54
17	ผลการแปรผันความเข้มข้นไตรเฟนิลทินอะซิเตตและระยะเวลาที่ใช้บ่มกับเอนไซม์ต่อความสามารถในการทำงานของเอคโซกลูคาเนส.....	58

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
18	ผลของไตรเฟนิลทินอะซิเตต 100 ppm และระยะเวลาบ่มกับเอนไซม์นาน 10 นาทีต่อความสามารถในการทำงานของเอคโซกลูคาเนส.....	59
19	ผลการแปรผันความเข้มข้นบิสไตรบิวทิลทินออกไซด์และระยะเวลาที่ใช้บ่มกับเอนไซม์ต่อความสามารถในการทำงานของเอนโดกลูคาเนส.....	64
20	ผลการแปรผันความเข้มข้นไตรบิวทิลทินอะซิเตตและระยะเวลาที่ใช้บ่มกับเอนไซม์ต่อความสามารถในการทำงานของเอนโดกลูคาเนส.....	65
21	ผลการแปรผันความเข้มข้นไตรฟินิลทินอะซิเตตและระยะเวลาที่ใช้บ่มกับเอนไซม์ต่อความสามารถในการทำงานของเอนโดกลูคาเนส.....	66
22	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 100 ppm ต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่สร้างจาก Syncephalustrum sp. YA_7.....	70
23	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 100 ppm ต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่สร้างจาก Aspergillus sp. CX_2.....	71
24	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 100 ppm ต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่สร้างจาก Penicillium sp. YA_6.....	72
25	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 100 ppm ต่อการทำงานของเอนไซม์เซลลูเลสที่สร้างจาก Trichoderma sp. Pol_1.....	73
26	ลักษณะการเจริญและการสร้างสปอร์ของ Trichoderma sp.Pol_1 ปรกติ ผ่านการบ่มใน tween 80 และ revertant บนอาหารแข็ง PDA.....	90
27	ลักษณะการสร้างสีลงในอาหารแข็ง PDA ของ Trichoderma sp. Pol_1 ปรกติ ผ่านการบ่มใน tween 80 และ revertant บนอาหารแข็ง PDA.....	90
28	ลักษณะสปอร์ของ Trichoderma sp.Pol_1 ปรกติ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	91

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
29	ลักษณะสปอร์ Trichoderma sp.Pol$_1$ จากเชื้อที่ผ่านการบ่มใน tween 80 ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	91
30	ลักษณะสปอร์ของ Trichoderma sp.Pol$_1$(revertant) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1,000 เท่า.....	92
31	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การงอกของสปอร์ Trichoderma sp.Pol$_1$ ชุดควบคุม สปอร์ที่สร้างจากเชื้อที่ผ่านการบ่มใน tween 80 และ revertant.....	93
32	เปรียบเทียบปริมาณการสร้างสปอร์ของ Trichoderma sp. Pol$_1$ ชุดควบคุม สปอร์ที่สร้างจากเชื้อที่ผ่านการบ่มใน tween 80 และ revertant.....	94
33	เปรียบเทียบการเจริญโดยการติดตามน้ำหนักเซลล์แห้งของ Trichoderma sp.Pol$_1$ชุดควบคุม สปอร์ที่สร้างจากเชื้อที่ผ่านการบ่มใน tween 80 และ revertant.....	95
34	เปรียบเทียบการเจริญโดยการติดตามปริมาณกลูโคซามีนของ Trichoderma sp.Pol$_1$ ชุดควบคุม และ revertant.....	96
35	การสร้างเอนไซม์ เซนลูเลสในอาหารเหลวโดย Trichoderma sp.Pol$_1$ revertant.....	97
36	การเปรียบเทียบความสามารถสร้างเอนไซม์เซลลูเลสในอาหารเหลวของ Trichoderma sp.Pol$_1$ชุดควบคุม กับ revertant...	98
37	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 15 ppm ต่อการยับยั้งการสร้างสปอร์ของ Trichoderma sp.Pol$_1$ ในอาหารเหลว.....	104
38	ผลของ T.B.T.O.เข้มข้น 15 ppm ต่อการเจริญของ Syncephalustrum sp.YA$_7$.....	105
39	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 15 ppm ต่อการเจริญของ Aspergillus sp.CX$_2$.....	106

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
40	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 15ppm ต่อการเจริญของ *Penicillium* sp. YA_8.....	107
41	ผลของ T.B.T.O. เข้มข้น 10 ppm ต่อการเจริญของ *Trichoderma* sp.Pol_1.....	108
42	ผลของ T.B.T.O.เข้มข้น 5 ppm ต่อการเจริญของ *Trichoderma* sp.Pol_1.....	109
43	กลไกการยับยั้งการงอกของสปอร์แบบ Static effect.....	116
44	กลไกการยับยั้งการงอกของสปอร์แบบ Sublethal effect.....	116
45	กลไกการยับยั้งการงอกของสปอร์แบบ Cidal effect.....	118

คำย่อ

มล.	=	มิลลิลิตร
มก.	=	มิลลิกรัม
ชม.	=	ชั่วโมง
ppm.	=	ส่วนในล้านส่วน (parts per million)