

การใช้สารสกัดจากธรรมชาติยับยั้งเชื้อราผิวไม้
บนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

NATURAL AGENTS FOR FUNGAL INHIBITION ON
THE SURFACE OF MEDIUM DENSITY FIBERBOARD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2561

KMITL-2018-AR-M-006-050

การใช้สารสกัดจากธรรมชาติยับยั้งเชื้อราผิวไม้
บนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

NATURAL AGENTS FOR FUNGAL INHIBITION ON
THE SURFACE OF MEDIUM DENSITY FIBERBOARD



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2561

KMITL-2018-AR-M-006-050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NATURAL AGENTS FOR FUNGAL INHIBITION ON
THE SURFACE OF MEDIUM DENSITY FIBERBOARD



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE PROGRAM IN ARCHITECTURAL TECHNOLOGY
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2018

KMITL-2018-AR-M-006-050

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2018

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

นักศึกษา

รหัสประจำตัว

ปริญญา

สาขาวิชา

พ.ศ.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

การใช้สารสกัดจากธรรมชาติยับยั้งเชื้อราผิวไม้
บนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

นายอรรถสิทธิ์ วัฒนกิจพิศาล

56602103

สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เทคโนโลยีสถาปัตยกรรม

2561

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรงเกียรติ เที้ยฤทธิ์พรย์

รองศาสตราจารย์ ดร.เกษม สร้อยทอง

บทคัดย่อ

การควบคุมเชื้อราผิวไม้บนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางการยับยั้งเชื้อสาเหตุระหว่างการผลิตโดยไม่ใช้สารเคมี ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ไคโตซาน และ Nano-elicitor ควบคุมเชื้อรา *Aspergillus* spp. *Cladosporium* spp. *Fusarium* spp. และ *Penicillium* spp. ด้วยวิธี poisoned food technique พบว่าน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. มากที่สุด ที่ความเข้มข้น 1000 ppm ยับยั้งการเจริญได้ 21.75% และเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 94.76% โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 9.30 µg/ml ส่วนเชื้อ *Cladosporium* spp. พบว่าไคโตซานและ Nano-elicitor นั้นให้ผลที่ไม่ได้แตกต่างกันทางสถิติ ที่ความเข้มข้น 1000 ppm ไคโตซานและ Nano-elicitor สามารถยับยั้งการเจริญได้ที่ 34.25% และ 35.75% ตามลำดับ ยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 47.86% และ 45.06% ตามลำดับ ส่วนเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่าไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญได้มากที่สุด ความเข้มข้นที่ 1000 ppm ยับยั้งการเจริญได้ 38.50% และยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 47.86% การควบคุมเชื้อ *Penicillium* spp. พบว่าในทุกความเข้มข้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00 เซนติเมตรเต็มจานเลี้ยงเชื้อ กล่าวได้ว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ ส่วนการยับยั้งการสร้างสปอร์ พบว่า Nano-elicitor ที่ความเข้มข้น 1000 ppm. ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 58.41% คิดเป็นค่า ED₅₀ ได้ 4.51 µg/ml หลังจากการทดสอบในห้องปฏิบัติการด้วย Poisoned food technique ได้ทดสอบขึ้นไม้ตัวอย่างในตู้ภายในอาคารเป็นเวลา 30 วัน ปลุกเชื้อราสาเหตุบนชิ้นงานจำนวน 24 ชิ้น พบว่าชิ้นงานที่ไม่ได้ฉีดพ่นสารทดสอบมีโคโรเนียเกิดขึ้นทุกชิ้น ประเมินการเจริญตามคู่มือปฏิบัติการ ป้องกันเห็ดราทำลายไม้ กรมป่าไม้ ได้ระดับ 2 ถึง 4 ซึ่งเป็นระดับปานกลางถึงมาก ขณะที่ชิ้นงานที่ทำการฉีดพ่นทุก 5 วัน ด้วยสารยับยั้งทางชีวภาพ ได้แก่ น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ไคโตซาน และ Nano-elicitor พบว่าไม่มีการเจริญของเชื้อราสาเหตุ จึงสรุปได้ว่าสารสกัดจากธรรมชาติที่ใช้ในการควบคุมเชื้อราที่ใช้ในการเกษตรนั้น สามารถควบคุมเชื้อราผิววัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Natural agents for fungal inhibition on the surface of medium density fiberboard
Student	Mr.Attasit Wattanakitpisan
Student ID	56602103
Degree	Master of Architecture
Program	Architectural Technology
Year	2018
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Songkai Teartisup
Thesis Co-Advisor	Assoc. Prof. Dr. Kasem Soyong

ABSTRACT

The growth of fungi on the surface of medium density fiberboard (MDF) were investigated for interior and decoration work which assembling on site construction. Efficiency of Wood vinegar, Chitosan and Nano-elicitor was tested to control *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp., *Fusarium* spp. and *Penicillium* spp. by poisoned food technique. The resulted to wood vinegar at 1000 ppm was the most effective treatment to inhibit *Aspergillus* spp. with a growth inhibition of 21.75% and spore inhibition of 94.76% which the ED₅₀ value was 9.30 µg/ml. The testing of *Cladosporium* sp. resulted that Chitosan and Nano-elicitor significantly inhibited the growth of tested fungi. After mixing a Nano-elicitor or Chitosan at 1000 ppm with PDA, It was able to inhibited fungal growth at 35.75% and 34.25%, respectively, while the spore inhibition was 45.06% and 47.86%, respectively. The most effective controlled of *Fusarium* sp., was Chitosan. Inhibiting the growth of 38.50% and the spore inhibition was 47.86%. The resulted *Penicillium* spp. showed that the Fungus can fully grow on a media, In other words, all of biological inhibitors cannot inhibit the growth of the fungus. However, when compared to the ability to inhibit spore formation, it was found that these compounds inhibited spore production; Nano-elicitor at 1000 ppm was found to have 58.41% spore inhibition rate. While the ED₅₀ value of spore inhibition was 4.51 µg / ml. Eventually, when the biological inhibitor was tested for 30 days with pieces of MDF, the result showed that the fungi colony occurred at every replicate of Inoculation control. While MDF sprayed with biological inhibitors showed no symptom and any fungal colony on its surface.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขออุทิศให้แก่ผู้ปฏิบัติงานในสถานที่ก่อสร้างที่เจ็บป่วยและเสียชีวิตจากการทำงาน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.ทรงเกียรติ เที้ยอิทธิพรย์ ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา และ รศ.ดร.เกษม สร้อยทอง อาจารย์ประจำสาขาวิชาเอกโรคพืช ภาควิชาเทคโนโลยีผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์รับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ร่วมให้คำปรึกษา แนะนำและให้ความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ประหนึ่งอาจารย์ที่ปรึกษา รวมถึงสอนวิธีการทำงานวิจัยที่ดีเพื่อพัฒนาตนเองให้ดีขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณคุณยศนันท์ พรหมโชติกุล ผู้อำนวยการกองแมลงและจุลชีววิทยา กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตร ข้าราชการและเจ้าหน้าที่ของกระทรวงเกษตรในความอนุเคราะห์ข้อมูลอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบคุณ นายรัชสิทธิ์ แซ่ลี และนายธัญพิชชา กฤตสุวรรณ นักศึกษาภาควิชาโรคพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ช่วยให้การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ในคำแนะนำเพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์ พร้อมทั้งคณาจารย์และเจ้าหน้าที่คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังในความอนุเคราะห์ต่างๆจนวิทยานิพนธ์สมบูรณ์

ประโยชน์ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยครั้งนี้ ขอมอบให้บิดา มารดา ญาติและครอบครัว ที่มีพระคุณเสมอมา และขออุทิศให้กับญาติที่ล่วงลับไปแล้ว

อรรถสิทธิ์ วัฒนกิจพิศาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	VII
1.1 ความเป็นมาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	3
1.3 สมมติฐานของการศึกษา	3
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	3
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.7 คำสำคัญ.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 แผนโยมื่ออัดความหนาแน่นปานกลาง.....	6
2.2 เชื้อรา.....	10
2.3 แนวทางการป้องกันปัญหาเชื้อราผิวไม้โดยไม่ใช้สารเคมี.....	14
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	18
บทที่ 3 ระเบียบวิธีวิจัย	20
3.1 การเก็บตัวอย่างเชื้อรา การแยกเชื้อราสาเหตุและการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา	21
3.2 ศึกษาประสิทธิภาพสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ.....	22
3.3 การทดสอบสารธรรมชาติในการยับยั้งเชื้อราบนชิ้นงาน	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	26
4.1การเก็บตัวอย่างเชื้อรา การแยกเชื้อราสาเหตุและการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา.....	26
4.2 ศึกษาประสิทธิภาพสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ.....	37
4.3 การทดสอบสารธรรมชาติในการยับยั้งเชื้อราบนชิ้นงาน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 วิจัยรณัผลการทดลอง.....	60
บทที่ 6 สรุรูปผลการทดลอง	67
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก.....	73
ประวัติผู้เขียน.....	101.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 คุณลักษณะของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางตาม มอก. 966-2547.....	7
2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นสะสมของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง	9
3.1 แสดง Treatment ที่ใช้ในการทดสอบ	22
3.2 แสดงผังการทดลองหาความเข้มข้นของสารทดลอง	23
4.1 ตารางแสดงตำแหน่งวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อและเชื้อราที่พบ.....	26
4.2 ตารางแสดงลำดับชั้นไม้และเชื้อราที่แยกได้	27
4.3 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา <i>Aspergillus</i> spp.	38
4.4 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อ <i>Cladosporium</i> spp.	43
4.5 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา <i>Fusarium</i> spp.	48
4.6 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา <i>Penicillium</i> spp.	53
4.7 ผลการวัดระดับความรุนแรงของเชื้อราบนผิวไม้หลังจากทำการปลูกเชื้อ 30 วัน	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 วัสดุทดแทนไม้.....	1
1.2 เชื้อราผิวไม้แผงผนังลูกกลมถึงวัสดุผิวหน้า.....	2
2.1 วัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง.....	6
2.2 ลักษณะเส้นใยเชื้อราที่มีผนังกันตามขวาง เส้นใยมีการสร้าง Chlamydospore.....	11
2.3 เตาเผาถ่าน น้ำส้มควันไม้ และบรรจุภัณฑ์.....	16
2.4 โครงสร้างโคโตซานฉายรังสีและบรรจุภัณฑ์.....	18
3.1 แผนผังการทดลองการยับยั้งเชื้อราผิวไม้บนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง.....	20
3.2 เครื่อง HAEMACYTOMETER.....	24
3.4 แบบจำลองตู้ทดสอบประสิทธิภาพสารธรรมชาติบนชิ้นงาน อุปกรณ์วัดอุณหภูมิและความชื้น.....	33
4.1 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber	29
4.2 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber	29
4.3 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber	30
4.4 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber	30
4.5 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber	31
4.6 ลักษณะของเส้นใยเชื้อราบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber.....	31
4.7 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่บ่มด้วยวิธี Moist chamber.....	32
4.8 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ <i>Aspergillus</i> sp.....	33
4.9 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ <i>Cladosporium</i> sp.	34
4.10 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ <i>Fusarium</i> sp.	35
4.11 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ <i>Penicillium</i> sp.	36
5.1 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการเจริญของเชื้อ <i>Aspergillus</i> spp.....	60
5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ <i>Aspergillus</i> spp.	61
5.3 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการเจริญของเชื้อ <i>Cladosporium</i> spp.....	62
5.4 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ <i>Cladosporium</i> spp.	62
5.5 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการเจริญของเชื้อ <i>Fusarium</i> spp.	63
5.6 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ <i>Fusarium</i> spp.....	64
5.7 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ <i>Penicillium</i> spp.....	65
5.8 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ <i>Penicillium</i> spp.....	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญในสถาปัตยกรรม ใช้เป็นโครงสร้างและวัสดุตกแต่ง ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ความต้องการใช้ไม้เป็นวัสดุก่อสร้างยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่อง แหล่งวัตถุดิบสำคัญของอุตสาหกรรมไม้จากเดิมได้จากป่าไม้เป็นหลัก แต่ในปัจจุบันปริมาณป่าไม้ของประเทศไทยลดลงอย่างมาก ในปี 2557 เหลือพื้นที่ป่าคิดเป็นร้อยละ 31.62 ของพื้นที่ เทียบกับปี พ.ศ.2516 คิดเป็นร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ (กรมป่าไม้, 2557) ทั้งไม้ท่อนและเศษไม้มีปริมาณไม่เพียงพอ จึงมีการนำไม้จากแหล่งอื่นได้แก่ป่าปลูกรวมถึงพืชและเศษวัสดุจากการเกษตร ได้แก่ ไม้ยางพารา ชานอ้อย และพืชที่มีเส้นใยอื่นๆ นำมาผลิตเป็นวัสดุทดแทนไม้ (วรรณม อุ่นกิตติชัย, 2555) จากรายงานผลิตผลิตภัณฑ์ไม้ประจำปี 2557 ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ประเทศไทยนำเข้าผลิตภัณฑ์ไม้เป็นอันดับที่ 21 ของโลก (กรมป่าไม้, 2557)



รูปที่ 1.1 วัสดุทดแทนไม้ ที่มา วรรณม อุ่นกิตติชัย, 2555. วัสดุทดแทนไม้. กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 180หน้า.

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นเป็นวัสดุทดแทนไม้ที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ภายในอาคารได้แก่ ฝ้าผนัง ฝ้าเพดาน ประตู งานตกแต่งภายในอาคารและเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ เนื่องจากมีความแข็งแรงและมีผิวเรียบ ทว่าโลกมีความต้องการใช้แผ่นใยไม้อัดโดยที่ประเทศไทยส่งออกแผ่นใยไม้อัดเป็นอันดับ 3 ของทวีปเอเชียในปี 2554 และปี 2555 (กรมป่าไม้, 2557) แผ่นใยไม้อัดแบ่งตามความหนาแน่นได้ 2 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภท คือ ความหนาแน่นสูงและความหนาแน่นปานกลาง ใช้กระบวนการผลิตด้วยหลักการเดียวกันคือ อาศัยกาวและความร้อน แต่แตกต่างที่ความดันในกระบวนการผลิต การสร้างแรงดันที่มากกว่าจึงเป็นต้นทุนที่สูงกว่า ส่งผลให้ราคาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นสูงมีราคาสูงกว่า ทำให้แผ่นใยไม้ความหนาแน่นปานกลางถูกเลือกนำมาใช้งานเพื่อความเหมาะสมทั้งคุณสมบัติและราคา

พื้นผิวแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางมี 2 แบบ คือแบบผิวเรียบที่ขัดด้วยกระดาษทราย และผิวไม้ขัดกระดาษทราย สำหรับแบบผิวเรียบจะใช้กับงานที่ทำสีพ่นหรือทาสีทับ ส่วนแบบไม้ขัดผิวจะใช้กับการกรุผิวด้วยวัสดุแผ่นทับหน้าเช่นแผ่นพลาสติกลามิเนต นอกจากนี้การทำสีและกรุวัสดุทับยังเป็นตัวป้องกันการเสื่อมคุณภาพจากความชื้นและเชื้อราที่เป็นศัตรูสำคัญของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยเชื้อราสามารถพบได้ทั่วไปทั้งในน้ำ ในดินและในอากาศ ซึ่งเชื้อราในอากาศเป็นอนุภาคแขวนลอยประเภทจุลชีพ (แมนสรวง วุฒิอุดมเลิศ. 2555) ลอยปะปนอยู่ในอากาศ การไหลเวียนอากาศภายในอาคารเป็นการนำความชื้นและเชื้อราออกจากอาคาร หากการไหลเวียนไม่เหมาะสมเพียงพอ เชื้อราสามารถเพิ่มปริมาณได้เมื่อมีแหล่งอาหารและความชื้นที่เหมาะสม (Li. 2007) เมื่อเกิดขึ้นบนพื้นผิววัสดุก็จะลุกลามได้ในระยะเวลาอันรวดเร็ว โดยสามารถเกิดขึ้นได้บนวัสดุก่อสร้างหลายประเภท โดยเฉพาะวัสดุจากธรรมชาติ ได้แก่ ไม้ ไม้จริงและไม้แปรรูปประเภทต่าง ๆ



รูปที่ 1.1 เชื้อราผิวไม้แผงผนังลุกลามถึงวัสดุผิวหน้าในขณะก่อสร้างโครงการแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร
ที่มา: ผู้วิจัย 2555

ภายหลังกระบวนการผลิต การขนส่งและนำไปติดตั้งนั้น มีความเสี่ยงที่แผ่นจะเสียหายจากศัตรูตามธรรมชาติของไม้และความชื้น โดยเฉพาะในขั้นตอนการก่อสร้างนั้นมีกิจกรรมเกิดขึ้นพร้อมกันหลายอย่างและมีข้อจำกัดในการจัดการไหลเวียนอากาศ เช่นกรณีอุบัติเหตุที่มีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นเกินการควบคุมตัวอย่างเช่นท่อน้ำภายในอาคารแตก น้ำฝนรั่ว เหตุอุทกภัย ทำให้เกิดเชื้อราขึ้นบนพื้นผิวหรือกาวเสื่อมสภาพนำไปสู่การเปื่อยยุ่ยของแผ่น ในการป้องกันและยืดอายุการใช้งานของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมสามารถทำได้ด้วยการเติมสารเคมีรักษาเนื้อไม้เพื่อป้องกันศัตรูไม้ได้แก่แมลง และเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันมีการส่งเสริมวัสดุฉนวนใยแก้วที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมเชื้อราผิววัสดุระหว่างก่อสร้าง ควรคำนึงถึงความปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสุขอนามัยในสถานที่ก่อสร้าง การเลือกใช้สารเคมียับยั้งเชื้อราฉีดยาหรือทา ที่ทำงานโดยเฉพาะที่อากาศไหลเวียนไม่สะดวกอาจส่งผลกระทบต่อคนงาน

การควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธี (เกษม สร้อยทอง. 2551) ทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเสียหาย ลดลง มีความปลอดภัยทั้งเกษตรกรและผู้บริโภค เป็นแนวทางการควบคุมเชื้อราที่ควรนำมาพิจารณา ในการยับยั้งเชื้อราผิวไม้บนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางในระหว่างการก่อสร้าง ซึ่งเป็น ช่วงระยะเวลาที่สำคัญ หากเกิดปัญหาขึ้น จะทำให้เสียเวลาทำความสะอาด กรณีการเกิดเชื้อรารุนแรง อาจลุกลามไปวัสดุอื่น ทำให้การก่อสร้างชะงัก กระทบแผนงานก่อสร้างและสุขอนามัยของโครงการ อย่างไรก็ตามเมื่อจบงานแล้ววัสดุปิดผิวจะทำหน้าที่เหมือนผิวหนังป้องกันการสัมผัสอากาศโดยตรง ดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นต้องใช้สารควบคุมที่มีฤทธิ์รุนแรง งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางในการยับยั้งเชื้อรา ผิวไม้ระหว่างการก่อสร้างประมาณ 1 เดือน ในภาวะความชื้นในอากาศที่คนงานปฏิบัติงานอยู่ด้วย เพื่อไม่ให้งานชะงักเพราะต้องทำความสะอาดเชื้อราผิวงานก่อนเก็บงานในขั้นตอน สุดท้าย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 ยับยั้งการเกิดเชื้อราผิวไม้บนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางระหว่างก่อสร้าง โดย ศึกษาการใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรามอดินบนผิวเปลือยบนแผ่นใยไม้อัดความ หนาแน่นปานกลางที่ทำงานก่อนการทาสีหรือปิดทับผิวด้วยวัสดุทับหน้า

1.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราผิวไม้ของสารสกัดจากธรรมชาติ

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

สารธรรมชาติที่ใช้ในการควบคุมเชื้อราโดยชีววิธีที่ใช้ยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืชสามารถยับยั้ง การเกิดเชื้อราผิววัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 ศึกษาการเกิดราผิวบนแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางชนิดแผ่นเรียบความหนา 10 มม. ที่ติดตั้งภายในอาคาร โดยยังไม่ได้ตกแต่งพื้นผิวด้วยวัสดุอื่น

1.4.2 ศึกษาการรักษาเนื้อแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางภายหลังกระบวนการผลิต ในระหว่างการก่อสร้าง ด้วยสารสกัดจากธรรมชาติ

1.4.3 สารสกัดจากธรรมชาติที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อราศัตรูพืชที่ใช้ทดสอบเป็นของเหลว นำมา ทดลองด้วยวิธีการพ่นบนพื้นผิวหน้าแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4 ทำการทดลองโดยการวิเคราะห์จากชิ้นไม้ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการเห็ดรา คณะเทคโนโลยีเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.5 ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดที่มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อรา โดยมีกระบวนการดังต่อไปนี้

1.5.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.1.1 ส่วนประกอบของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

1.5.1.2 เชื้อราผิวไม้ที่เกิดขึ้นบนแผ่นวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

1.5.1.3 การยับยั้งเชื้อราด้วยชีววิธี

1.5.2 ศึกษาตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง และหาความสัมพันธ์กันของผลการทดลอง

1.5.3 ทำการทดลองและเก็บข้อมูลผลการทดสอบ

1.5.4 วิเคราะห์ผลหาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบกับสมมติฐานแล้วนำไปสรุปผลการศึกษาตามที่ได้กำหนดไว้ในวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 เป็นแนวทางการป้องกันเชื้อราบนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยไม่ใช้สารเคมี

1.6.2 นำสารสกัดไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเพื่อส่งเสริมการผลิตวัสดุก่อสร้างฉลากเขียว

1.6.3 นำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันเชื้อราผิวไม้กับวัสดุทดแทนไม้ประเภทอื่นในขั้นตอนการก่อสร้าง

1.6.4 เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.7 คำสำคัญ

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard) คือ วัสดุก่อสร้างที่ผลิตจากส่วนประกอบของไม้ได้แก่ เส้นใยของไม้หรือใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส ประสานกันด้วยวัสดุประสานประเภท Formaldehyde Resin ผ่านกระบวนการอัดด้วยแรงดันสูงและความร้อนทำให้ Resin ขึ้นรูปเป็นแผ่น จากนั้นจึงทำการอบแห้งแล้วจึงได้วัสดุทดแทนไม้จริงประเภทแผ่น นำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง ตกแต่งภายในอาคาร และเฟอร์นิเจอร์ มีข้อกำหนดมาตรฐานอุตสาหกรรม มอก. 966-2547 เพื่อให้การผลิตมีมาตรฐานและได้วัสดุที่มีคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารสกัดจากธรรมชาติ (Natural Agents) คือ สารชีวเคมีที่สกัดจากสิ่งมีชีวิตทั้งสัตว์และพืช โดยมีจุดมุ่งหมายสำคัญคือการจัดการศัตรูพืชด้วยชีววิธี แก้ปัญหาการตกค้างจากใช้สารเคมีควบคุมศัตรูพืชต่าง ๆ ที่ส่งผล กระทบต่อเนื่องจากสภาพแวดล้อมรวมถึงสิ่งมีชีวิต

เชื้อราผิวไม้ (Mold) คือเชื้อราประเภทหนึ่งที่ สปอร์ลอยปนเปื้อนอยู่ในอากาศ อาศัยความชื้นสมดุลของวัสดุและชิ้นส่วนของไม้เป็นอาหารสร้างโคโลนีบนพื้นผิววัสดุ

การยับยั้งเชื้อรา (Fungal Inhibition) หมายถึงการระงับหรือจำกัดการเจริญเติบโตของเชื้อรา (Inhibition) ทั้งในการสร้างเส้นใยและการสร้างสปอร์หรือทั้งสองกรณี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard) MDF เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นจากเส้นใยของเนื้อไม้หรือใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic Material) ขึ้นรูปด้วยวัสดุขาว เรซินสังเคราะห์ผ่านกระบวนการอัดแรงและผ่านความร้อนได้วัสดุเป็นแผ่นแข็งแล้วนำไปตัดตามขนาด ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการควบคุมมาตรฐานตามมาตรฐานอุตสาหกรรม 966-2547 จัดอยู่ในมาตรฐานอุตสาหกรรมกลุ่มไม้แปรรูป ที่ออกโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม โดยปรับปรุงจาก มอก. 966-2533

ในปัจจุบันมีการให้ความสำคัญต่อการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม นอกจากมาตรฐานผลิตแล้วก็ได้มีร่างข้อกำหนดฉลากเขียวโดยคำนึงถึงสิ่งแวดล้อมตลอดทั้งวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การเลือกแหล่งที่มาของวัสดุได้มีการใช้วัสดุที่ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบที่เหลือใช้จากการเกษตร หรือ การเลือกใช้ไม้โตเร็ว สวนป่า ในกระบวนการผลิต การขนส่งและหลังการใช้งาน เพื่ออนุรักษ์สิ่งแวดล้อม ขณะเดียวกันก็ลดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน



รูปที่ 2.1 วัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ที่มา: www.panelplus.co.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากร่างข้อกำหนดดรรชนีเย็บ แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง (Medium Density Fiberboard) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากใยของไม้หรือใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส (Lignocellulosic Material) โดยการอัดร้อนหรือให้ความร้อนเพื่อให้ใยไม้ติดกันเป็นแผ่น มีการใช้กาวหรือไม่ใช้กาวเป็นส่วนประกอบ โดยมีความหนาแน่นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 400-800 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามมาตรฐานอุตสาหกรรมระบุไว้เป็นวัสดุที่ใช้ภายในอาคารได้แก่งานเครื่องเรือนและงานตกแต่งทั่วไป ซึ่งมีคุณลักษณะดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงคุณลักษณะของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางตาม มอก. 966-2547

คุณลักษณะ	หน่วย	ค่าปริมาณ
ความหนาแน่น	Kg/m ³	400-800
ความคลาเคลื่อนความหนาแน่น	%	±10
ความชื้นสะสม(moisture content)	%	4-13
ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ชั้นคุณภาพ 1	mg/100g	≤ 9
ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ชั้นคุณภาพ 2	mg/100g	9-40

2.1.1 ส่วนประกอบของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

มีส่วนประกอบดังต่อไปนี้คือ

- ใยของวัสดุลิกโนเซลลูโลส หมายถึง ชั้นหรือส่วนของเนื้อไม้มีเซลลูโลสและลิกนินเป็นองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช มีรูปร่างคล้ายเข็มหรือด้าย

- กาว หมายถึงสารอินทรีย์ที่ใช้ติดใยไม้ในแผ่นเอ็มดีเอฟ ตามโครงการพัฒนาการติดไม้โดยกลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมไม้สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ได้แบ่งประเภทกาวเรซินที่แข็งตัวอาศัยการทำปฏิกิริยาทางเคมี กลายเป็นโครงสร้างโมเลกุลแข็งตัว ออกเป็น 4 กลุ่มดังนี้

1. กาวเรซินชนิดที่เกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างฟอร์มาลดีไฮด์กับสารอื่น ๆ
 - 1.1 กาวยูเรียฟอร์มาลดีไฮด์(Urea Formaldehyde)
 - 1.2 กาวเมลามีนฟอร์มาลดีไฮด์ (Melamine Formaldehyde)
 - 1.3 กาวฟีนอลฟอร์มาลดีไฮด์ (Phenol Formaldehyde)
 - 1.4 กาวฟีนอล-เรซอซินอลฟอร์มาลดีไฮด์ (P-RF,Phenol-Resorcinol Formaldehyde)

2. กาวแทนนิน (Tannin Resins)
3. กาวไอโซไซยาเนต (Isocyanate Resins)
4. กาวอีพ็อกซี (Epoxy Resin)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีของร่างข้อกำหนดฉลากเขียนขึ้น ระบุว่ากาวสังเคราะห์ (Synthetic resin adhesive) หมายถึง กาวที่ได้จากพอลิเมอร์เรซินหรืออะมีโนพลาสติกเรซินอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือทั้งสองอย่างรวมกัน

- สารเติมแต่ง หมายถึงสารที่ใช้ติดใยไม้ในแผ่นเอ็มดีเอฟ เพื่อให้มีคุณสมบัติพิเศษ ซึ่งรวมทั้งสารรักษาเนื้อไม้

2.1.2 ชั้นคุณภาพของ MDF

จากมาตรฐานอุตสาหกรรม แผ่นเอ็มดีเอฟแบ่งตามความเรียบได้ 2 แบบ ดังนี้

1. แบบขัดผิว (Sanded) มีสัญลักษณ์ SAN
2. แบบไม่ขัดผิว (Unsanded) มีสัญลักษณ์ UNS

แผ่นเอ็มดีเอฟแบ่งตามปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ

1. ชั้นคุณภาพ 1 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ ไม่มากกว่า 9 mg/100g
2. ชั้นคุณภาพ 2 ปริมาณฟอร์มาลดีไฮด์ มากกว่า 9 mg/100g ถึง 400mg/100g

2.1.3 ปัญหาของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางเป็นวัสดุทดแทนไม้ ซึ่งไม้แปรรูปนั้นมีศัตรูทำลายตามธรรมชาติ โดยศัตรูที่เป็นสิ่งมีชีวิตได้แก่ แมลงและเชื้อราต่าง ๆ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพสูญเสียคุณสมบัติเชิงกล โดยเฉพาะเชื้อรานั้นสามารถเข้าทำลายไม้ได้ทั้งก่อนและหลังตัดฟันเพื่อแปรรูป เชื้อราบางชนิดทำให้ไม้แปรรูปเปลี่ยนสี ในกรณีที่ไม้แปรรูปแล้วมีความชื้นสะสมมากกว่าร้อยละ 20 จะเป็นปัจจัยสำคัญทำให้เกิดเชื้อราทำลายไม้ (ยศนันท์ พรหมโชติกุลและคณะ. 2558)

ไม่ว่าจะชนิดนั้น มีความสามารถในการต้านทานเชื้อราต่างกันเนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ไม้ที่มีสีเข้มจะมีความทนทานตามธรรมชาติกว่าไม้ที่มีสีอ่อน และสารที่แทรกในเนื้อไม้แต่ละชนิด คือเหตุสำคัญในการทนทานต่อเชื้อราของไม้ (ยศนันท์ พรหมโชติกุลและคณะ 2558) กรณีของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนั้นมีรายงานเกี่ยวกับความสามารถในการต้านทานราทำลายไม้ของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยผลิตจากไม้ต่างชนิดกัน (Kartal and Green, 2003) โดยทำการเปรียบเทียบแผ่นที่ผลิตจากไม้สน ไม้บีช ไม้โอ๊คและไม้ผสมทั้งสามชนิด(ไม้สนร้อยละ 20, ไม้บีชร้อยละ 40 และไม้โอ๊คร้อยละ 40) กับเชื้อรา 3 ชนิด พบว่าแผ่นที่ผลิตจากไม้โอ๊คนั้นสามารถต้านทานเชื้อราทำลายไม้ทั้ง 3 ชนิดได้ดีกว่าไม้ชนิดอื่น ดังนั้นการผลิตแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ใช้ไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติเป็นวัตถุดิบจะมีโอกาสเสียหายจากเชื้อราน้อยกว่า

ความชื้นนั้นสร้างความเสียหายแก่แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางโดยตรง ความเสียหายรุนแรงตามระดับความชื้นสะสมในวัสดุ ผลคือเกิดการเสีรูปร่าง (Ganev, S. et.al, 2005) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังเป็นเหตุให้เกิดเชื้อราขึ้นได้ ดังนั้นแล้วหลังจากผ่านกระบวนการผลิต การจัดเก็บและการขนส่งจำเป็นต้องป้องกันความชื้นเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหายขึ้นกับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยมีมาตรการป้องกันความชื้นสะสมในวัสดุไม่ให้มากกว่าข้อกำหนดของ มอก. เช่น การคลุมด้วยแผ่นพลาสติกเพื่อป้องกันความชื้นในอากาศ รวมถึงการเก็บโดยยกกระดักก่องแผ่นไม้ไม่ให้สัมผัสพื้นเพื่อป้องกันความชื้นจากพื้น

ตารางที่ 2.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นสัมพัทธ์และความชื้นสะสมของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง

ความชื้นสัมพัทธ์(%)	ความชื้นสะสม(%)
30	6-8
45	7-9
65	9-11
75	10-12
90	15-16

ที่มา Australian Wood Panels Association Incorporated,2008

<http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=548902&fileId=1529883>

จาก มอก.966-2533 ที่ระบุความชื้นสะสมในวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางว่าอยู่ระหว่าง 4-13% จึงควรจัดการให้ความชื้นในอาคารไม่เกินกว่า 75% ตามตารางที่ 2.2 ซึ่งความชื้นที่มีในอาคารนั้นนอกจากจะมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศที่มีอยู่แล้ว ยังมีความชื้นที่เกิดขึ้นมาได้จากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การทำความสะอาดทั่วไปๆที่ใช้น้ำได้แก่การเช็ดถูพื้นผนัง การอาบน้ำชำระล้างร่างกาย ทำให้ห้องครัวและห้องน้ำเป็นห้องที่มีโอกาสทำให้ความชื้นสูงกว่าห้องทั่วไป (Li,2007) นอกจากนี้กิจกรรมภายในอาคาร ยังมีเหตุที่ไม่สามารถคาดการณ์ได้ เช่น การรั่วซึมของกรอบอาคาร ท่อประปารั่วซึม การเกิดการควบแน่นของระบบปรับอากาศรวมถึงอุทกภัย

กรณีของการก่อสร้างอาคาร วัสดุก่อสร้างหลายประเภทใช้น้ำเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ คอนกรีต ปูนฉาบ ปูนกาว ปูนยาแนวต่าง ๆ เมื่อทำการก่อสร้างวัสดุที่กล่าวมาจะใช้น้ำเป็นส่วนผสม และจะมีกระบวนการคายน้ำออกมา ทำให้มีความชื้นสะสมอยู่ภายในวัสดุและทำให้ความชื้นในอากาศสูง ต้องระบายอากาศโดยนำความชื้นออกนอกอาคารก่อนดำเนินการก่อสร้างที่เป็นวัสดุประเภทไม้ในลำดับต่อไปเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น อย่างไรก็ตามแผนงานก่อสร้างบางโครงการมีความจำเป็นต้องดำเนินงานก่อสร้างหลายๆอย่างพร้อมกัน ทำให้การตกแต่งภายในที่ใช้ไม้และวัสดุทดแทนไม้ต้องขึ้นงานในภาวะที่มีข้อจำกัดเรื่องการไหลเวียนของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เชื้อรา

ราเป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่ง เป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอาศัยอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ทั้งบนบกและในน้ำ ทางชีววิทยาจัดให้ราเป็นอาณาจักรหนึ่งเรียกว่าอาณาจักรรา Kingdom fungi จากการค้นพบเชื้อราว่ามีมากกว่า 1 แสนชนิด ต่างจากพืชคือไม่มีคลอโรฟิลล์ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์อาหาร ทำให้เชื้อราไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ ในการอาหารดำรงชีพของราทำได้โดยการดูดซึมอาหารจากสิ่งมีชีวิตอื่น ทั้งสัตว์และพืช และต่างจากสัตว์คือไม่มีระบบทางเดินอาหารและระบบย่อยอาหารที่ทำให้สามารถกลืนอาหารเป็นชิ้นแล้วนำไปย่อยในร่างกายได้ (เกษม สร้อยทอง. 2552)

ในทางระบบนิเวศเชื้อรามีส่วนสำคัญในความสมดุลทางธรรมชาติคือการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ ตัวอย่างของการย่อยสลายที่มีประโยชน์ต่อต้นไม้ได้แก่เชื้อรา Mycorrhiza ชนิดที่ขึ้นบริเวณรากไม้ของต้นยาง ราดังกล่าวอาศัยอาหารจากรากของต้นยางและย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ ทำให้โมเลกุลเล็กลงจนเป็นธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อการดูดซึมของต้นยาง มีการวิจัยเปรียบเทียบระหว่างต้นยางนาที่มีเห็ดรา Mycorrhiza กับไม่มีเห็ดรา พบว่าต้นยางที่มีเห็ดรา Mycorrhiza เจริญเติบโตได้ดีกว่า จึงกล่าวได้ว่าเห็ดราช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นไม้ได้ นอกจากนี้จะมีส่วนทำให้ระบบนิเวศสมดุลแล้ว มนุษย์รู้จักนำเชื้อรามาใช้ประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ได้แก่ เห็ดซึ่งอยู่ในอาณาจักรรา นำมาบริโภค ใช้ประโยชน์ทางการแพทย์เช่นการนำเชื้อราสกัดทำเป็นยา

อย่างไรก็ตามเชื้อราบางชนิดก็มีโทษกับมนุษย์ เป็นสาเหตุของความเจ็บป่วยต่าง ๆ ได้แก่ ระบบทางเดินหายใจเมื่อสูดหายใจเข้าไปในปริมาณมาก หรือระบบทางเดินอาหาร หากบริโภคอาหารที่ปนเปื้อนเชื้อราเข้าไป ในทางสถาปัตยกรรมเชื้อราเป็นศัตรูสำคัญของวัสดุก่อสร้างประเภทไม้ โดยความสร้างความเสียหายตั้งแต่การทำลายเนื้อไม้ ทำให้สีของไม้เปลี่ยนไป เรียกว่าราเสียสี (ยศนันท์ พรหมโชติกุลและคณะ. 2558) หรือไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับเนื้อไม้แต่เป็นเกิดขึ้นบนเนื้อไม้แล้วจะแพร่กระจายแล้วปนเปื้อนในอากาศทำให้เกิดความเจ็บป่วย

2.2.1 ลักษณะของเชื้อรา

โครงสร้างส่วนใหญ่เป็นเส้นใย (Hypha) เส้นใยที่เป็นกลุ่มเรียกว่า ไมซีเลียม (Mycelium) เชื้อราที่มีลักษณะเป็นกลุ่มเส้นใยใหญ่มากได้แก่ เห็ด ราบางชนิดเป็นเส้นหนาเกาะกลุ่มเป็นแผ่นเหนียว เส้นใยเชื้อราจำนวนมากจะมีผนังกันตามขวาง (Septate) ซึ่งเป็นลักษณะเชื้อราใน Subdivision Ascomycotina Deuteromycotina และ Basidiomycotina เชื้อราเหล่านี้ทำให้ไม้ผุพัง ส่วนกลุ่มเชื้อราที่เส้นใยไม่มีผนังกัน (Non-septate) ได้แก่เชื้อรา Subdivision Mastigomycotina และ Zygomycotina รวมทั้งพวกราน้ำขึ้นดำ (ยศนันท์ พรหมโชติกุล และคณะ. 2558)

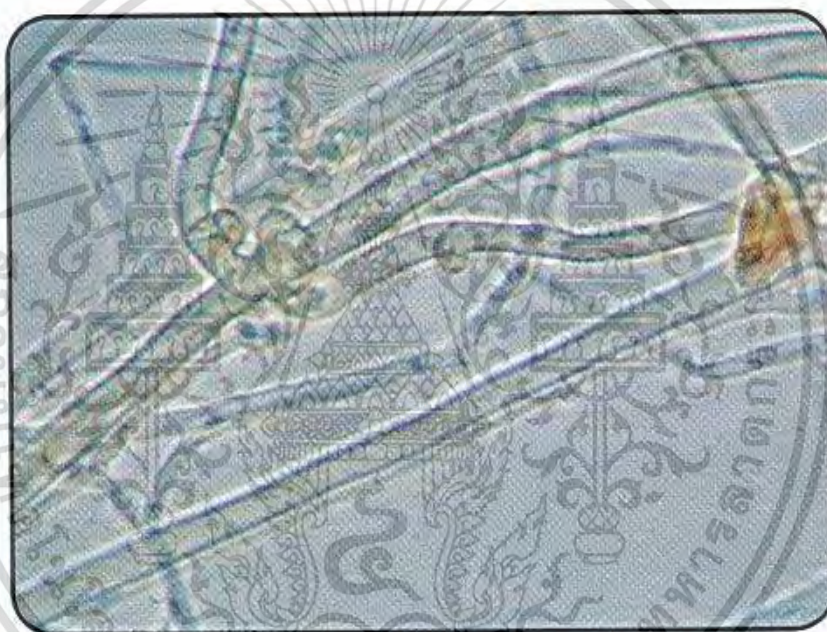
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสืบพันธุ์ เชื้อรามีการสืบพันธุ์ 2 แบบ

i. แบบอาศัยเพศโดยการผสมระหว่างเซลล์เพศและนิวเคลียส มีการแบ่งตัวของนิวเคลียสแบบ meiosis ให้สปอร์ที่มีลักษณะเป็น Sexual spore

ii. แบบไม่อาศัยเพศ เป็นการขยายพันธุ์โดยไม่มีการรวม Nuclei หรือเซลล์เพศมีการขยายพันธุ์ 4 แบบ

1. คือ การแบ่งเส้นใยเป็นท่อนๆ (Fragmentation)
2. การแบ่งเซลล์ (Fission)
3. การแตกตา (Budding)
4. การเกิดสปอร์ เช่น Zoospore เกิดจาก Sporangium และ Codinia เกิดจาก Conidiophores



รูปที่ 2.2 ลักษณะเส้นใยที่มีผนังกันตามขวาง เส้นใยมีการสร้าง Chlamydoconidia ซึ่งใช้ในการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศ ที่มา คู่มือปฏิบัติการป้องกันเห็ดราทำลายไม้

2.2.2 ลักษณะของเชื้อรา (ยศนันท์ พรหมโชติกุล และคณะ. 2558)

- i. ลักษณะเป็นเซลล์เดี่ยว (Unicellular)
- ii. หลายเซลล์ (Multicellular) กลุ่มที่มีหลายเซลล์มีรูปร่างเป็นเส้นสาย (Filament) การเจริญเติบโตจะเกิดที่ปลายเส้นใยเป็นเส้นเดี่ยว ๆ เรียกว่า Hypha จากนั้นจะแตกกิ่งก้านเป็นกลุ่มเส้นใย เรียกว่า Mycelium การแพร่กระจายของเส้นใยเป็นไปอย่างอิสระเป็นวงกว้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 การดำรงชีวิตของเชื้อรา

ราดำรงชีวิตได้ในสภาวะใช้อากาศและกึ่งไร้อากาศ ต่างจากพืชคือไม่สามารถสังเคราะห์อาหารได้เอง และต่างจากสัตว์คือไม่สามารถกลืนอาหารเป็นชิ้นๆได้ ต้องอาศัยแหล่งอาหารจากภายนอกได้ 2 ลักษณะ (วิจัย รักริทยาศาสตร์. 2551)

- i. โดยการเป็น Parasite ได้รับอาหารจากเซลล์ของสิ่งมีชีวิตอื่น ซึ่งอาจเป็น คน สัตว์หรือพืช
- ii. โดยการเป็น Saprobe ได้รับสารอาหารจากอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ที่ตายแล้ว (Dead Organic Matter)

2.2.4 เชื้อราภายในอาคาร

รานี้พบได้ทั่วไปทั้งบนบกและในน้ำ ส่วนสปอร์ของเชื้อรานี้สามารถปลิวไปได้ในอากาศ สามารถเข้าสู่ภายในอาคารได้โดยผ่านทางช่องเปิดต่าง ๆ หรือการรั่วซึมของรอยต่อวัสดุเปลือกอาคาร เมื่อสปอร์ไปตกในที่ที่มีปัจจัยในการเจริญเติบโต ก็จะเกิดราขึ้นได้ (ยศนันท์ พรหมโชคกุล และคณะ. 2558)

2.2.5 ปัจจัยการเจริญเติบโตของเชื้อราในอาคาร (Li. 2007)

1. อาหาร (Nutrition)

เชื้อราใช้ไฮโดรคาร์บอน ลิกนิน แป้ง และน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงาน และสร้างเซลล์ใหม่ นอกจากนั้นเชื้อราต้องการไนโตรเจนและแร่ธาตุอื่น ๆ เช่น ไทอะมีน ซึ่งเป็นสารอาหารที่เชื้อราทำลายไม้ส่วนใหญ่ต้องการในการเจริญเติบโต ส่งผลให้ไม่มีการผุพังอย่างรวดเร็ว

2. ความชื้น (Moisture)

การเสื่อมสภาพของเนื้อไม้จากจุลินทรีย์จะเกิดขึ้น เมื่อไม้มีปริมาณความชื้นมากกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้น แนวทางปฏิบัติที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการป้องกันจุลินทรีย์ทำลายไม้ คือ ต้องทำให้ไม้แห้งทันทีภายหลังจากตัดฟัน โดยใช้กระบวนการที่เหมาะสม เช่น การทำให้ไม้แห้งหรือการใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ นอกจากนั้น เชื้อราทำลายไม้สามารถสร้างความรุนแรงในการเข้าทำลายไม้เมื่อไม้มีความชื้นสูงกว่าระดับจุดหมาด (Fibre-saturation point) ปริมาณความชื้นที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของเชื้อรา แบ่งได้เป็น

- ความชื้นในเนื้อไม้ ปริมาณความชื้นที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของเชื้อราทั่วไป คือ ประมาณ 30-35% และจะไม่เจริญเมื่อความชื้นในเนื้อไม้ต่ำกว่า 20%
- ความชื้นในอากาศ เชื้อราสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีความชื้นในอากาศประมาณ 60-70% หากสูงหรือต่ำเกินไป เชื้อราจะไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุณหภูมิ (Temperature)

เชื้อราทำลายไม้ส่วนใหญ่สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในช่วง 25-35 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการทนความร้อนของเชื้อรา เช่น เชื้อราทำลายไม้ที่ทนความร้อนปานกลางเจริญได้ที่ 10-40 องศาเซลเซียส และเจริญได้ดีที่สุดที่ 20-30 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อราที่ทนความร้อนสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง 20-50 องศาเซลเซียส โดยทั่วไปเชื้อราสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในอุณหภูมิ 3-39 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิสูงเกินไปเชื้อราจะตายได้ แต่การใช้ความเย็นไม่สามารถฆ่าเชื้อราได้ เพียงแต่ชะงักการเจริญเติบโตเท่านั้น

4. ออกซิเจน (Oxygen)

การเจริญเติบโตของเชื้อรานี้ต้องการออกซิเจนไม่มากนัก แต่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโต หากไม่มีออกซิเจนเชื้อราไม่สามารถเจริญเติบโตได้ เช่นการพบไม้ที่ถูกฝังอยู่ในชั้นดินนั้นไม่พบความเสียหายจากเชื้อรา ดังนั้น การแช่ไม้ใต้น้ำจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันเชื้อรา

5. แสงสว่าง (Light)

เชื้อราทำลายไม้เจริญเติบโตและลุกลามในเนื้อไม้ได้ดีในสภาพที่ไม่มีแสง แต่หลายชนิดต้องการแสงเพื่อสร้างดอกเห็ด หากเชื้อราได้รับแสงมากมีแนวโน้มที่จะเกิดการชะลอการเจริญเติบโต และในบางครั้งเส้นใยเชื้อรามีสีเข้มขึ้น

6. ความเป็นกรด-ด่าง (Acidity and Alkalinity)

ในสภาพแวดล้อมที่เป็นกรดอ่อนๆช่วยให้เชื้อราทำลายไม้เจริญได้ดีขึ้น ความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการเข้าทำลายไม้อยู่ระหว่าง 4.5-5.5

7. ชนิดของไม้ (Wood Species)

ไม้แต่ละชนิดมีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะสารแทรกในเนื้อไม้ เช่น ยางเหนียว น้ำมัน เรซิน สามารถต้านทานเชื้อราได้ จึงทำให้เชื้อราบางชนิดเจริญได้ดีในเนื้อไม้ชนิดหนึ่ง และไม่เจริญในเนื้อไม้ชนิดหนึ่ง

8. ชนิดของเชื้อรา (Indoor Mold)

มีการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเชื้อราภายนอกอาคารและเชื้อราภายในอาคารนั้นมีความแตกต่างกัน แม้ว่าเชื้อราที่ปนเปื้อนในอากาศภายนอกจะปะปนกับอากาศแล้วเข้าสู่ภายในอาคารแต่เนื่องด้วยสภาพภายในอาคารได้แก่ แหล่งอาหาร สภาพพื้นผิววัสดุต่าง ๆ อุณหภูมิภายในอาคาร และความชื้นที่แตกต่างกัน ทำให้มีเพียงเชื้อราบางชนิดที่สามารถเติบโตได้ตามความเหมาะสม (Miller; 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 เชื้อราในการวิจัย

การวิจัยนี้ทำการศึกษาการยับยั้งเชื้อราในอากาศที่ก่อโรครายในอาคารที่เกิดขึ้นพื้นผิววัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง อาศัยความชื้นสมดุลของวัสดุในการสร้างโคโลนีและสปอร์เพื่อดำรงชีพและขยายพันธุ์ จึงทำการศึกษาข้อมูลเชื้อราจากสถานที่ก่อสร้างห้องที่เริ่มงาน ตกแต่งภายใน ตกเชื้อในอากาศ และบ่มชิ้นงาน MDF ที่ใช้ในสถานที่นั้น ด้วย moist chamber

ตารางที่ 2.3 ชนิดของเชื้อราที่เกี่ยวข้องกับมลพิษในอาคาร (แมนสรวง วุฒิอุดมเลิศ. 2555)

แหล่ง	ชนิด (Species)
รา	<i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Cladosporium alternarium</i>
ราที่สร้างสารพิษ	<i>Stachybotrys atra</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Penicillium aurantiogriseum</i> , <i>Fusarium spp.</i>
ราก่อโรค	<i>Aspergillus fumigatus</i> , <i>Histoplasma</i> , <i>Cryptococcus</i>

2.3 แนวทางการป้องกันปัญหาเชื้อราผิวไม้โดยไม่ใช้สารเคมี

ในการวิจัยนี้เลือกการยับยั้งเชื้อราโดยใช้สารจากธรรมชาติที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (เกษม สร้อยทอง. 2551) ศึกษาแนวทางจากงานวิจัยหาสาเหตุและแก้ปัญหาจุดเหลืองและเชื้อปนเปื้อนบนชิ้นงานไม้ยางพารา โดยวนรักษ์ มีพิง (2544) เก็บตัวอย่างเชื้อราสาเหตุในอากาศ ชิ้นงาน และเครื่องจักรในการผลิต แล้วทดลองการยับยั้งเชื้อราที่ทำให้ชิ้นงานไม้ยางพาราเสียหาย ด้วยสารธรรมชาติ (Natural Product) 5 ชนิด ได้แก่ bot-f(สารสกัดจากจุลินทรีย์ต่อต้าน *Chaetomium cupreum*, *Chaetomium globosum*, *Tricoderma hazianum*) Chitosan white carbon น้ำปูนขาวและ Silisic acid พบว่าChitosan และ Silisic acid ให้ผลในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าสารชนิดอื่น ๆ กรณีของ bot-f ยับยั้งเชื้อรา *Penicillium citrinum* ได้ดีกว่าเชื้อราชนิดอื่น จึงเลือกใช้ Chitosan Silisic acid และ Bot f มาศึกษา

เนื่องจากประกาศกระทรวงสาธารณสุขประกาศห้ามใช้ Silisic acid ในอุตสาหกรรมอาหาร เพราะการสะสมในร่างกายปริมาณมาก จะมีผลต่อการเพิ่มความเป็นกรดของเลือด จึงเลือกสารธรรมชาติอื่นที่มีความเป็นกรดแทนคือ น้ำส้มควันไม้ โดยได้รับความอนุเคราะห์จากกลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้ ให้นำน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส และ ในส่วนของ bot-f นั้น รศ.ดร.เกษม สร้อยทอง พัฒนาต่อมาเป็น Nano-elicitor ที่ประกอบด้วยสารปฏิชีวนะจากคีโตเมียมเช่นเดียวกับ bot-f

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1 น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) คือกรดอินทรีย์ชนิดที่ได้จากกระบวนการเผาถ่าน (Pyrolygneous Acid) เป็นของเหลวที่เกิดจากกระบวนการควบแน่นกลั่นตัวเป็นหยดน้ำจากควันไฟที่เกิดจากการเผาถ่านไม้ในสภาพอับอากาศ (Wood Pyrolysis) ที่ในเตามีอุณหภูมิตั้งแต่ 280-400 องศาเซลเซียส จึงมีสีน้ำตาล มีกลิ่นควันไฟ และมีสารอินทรีย์ที่อยู่ในเนื้อไม้ที่สลายตัวจากความร้อนทำปฏิกิริยากัน รวมตัวกับไอน้ำ ซึ่งประเทศญี่ปุ่นรู้จักการนำควันไม้เผาถ่านมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่สมัยเมจิ ค.ศ..1868-1912 มีพัฒนาการในการผลิตถ่านไม้อย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบันมีสมาคมผู้ผลิตถ่านไม้ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ.1985 และมีสมาคมน้ำส้มควันไม้ กำหนดมาตรฐานน้ำส้มควันไม้ เพื่อให้การผลิตที่มีมาตรฐานได้น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพ

เตาถ่านคุณภาพสูงของญี่ปุ่นมีชื่อว่าเตาอิวาเตะ (Iwate Kiln) ได้ผลิตผลที่เป็นถ่านไม้คุณภาพสูงและได้น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพอีกด้วย แต่ละปีทั้งถ่านและน้ำส้มควันไม้ ในประเทศไทยเองก็มีการผลิตถ่านใช้เองมาตั้งแต่สมัยโบราณ เตาเผาถ่านของไทยที่ใช้อยู่เดิมนั้นสามารถนำมาดัดแปลงโดยการทำปล่องควันเพื่อเก็บน้ำส้มควันไม้ ดังเช่นเตาเผาถ่านไม้โกงกางที่ตำบลยี่สาร อำเภอมัทพวา จังหวัดสมุทรสงคราม สามารถผลิตน้ำส้มควันไม้ได้คราวละกว่า 200 ลิตร (สุพรรณชัย. 2550)

2.3.1.1 กระบวนการผลิต

การผลิตน้ำส้มควันไม้นั้นเป็นผลพลอยได้จากการผลิตถ่านไม้ โดยการที่จะได้ถ่านที่มีคุณภาพและน้ำส้มควันไม้ที่มีคุณภาพ ต้องเผาด้วยเตาที่มีคุณภาพ ควบคุมอุณหภูมิ มีการกระจายความร้อนได้อย่างทั่วถึงทั้งกองฟืนได้รับความร้อนสม่ำเสมอ และมีการไหลเวียนของอากาศที่เหมาะสมทั้งอากาศเข้าและปล่องระบายควันออก ซึ่งน้ำส้มควันไม้นั้นจะได้จากปล่องระบายควันนี้

สมาคมน้ำส้มควันไม้แห่งประเทศไทยที่ทางสำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ใช้อ้างอิงมาตรฐานได้กำหนดมาตรฐานการเก็บน้ำส้มควันไม้จากเตาอิวาเตะ ไว้ให้ทำการเก็บจากควันโดยวัดอุณหภูมิที่ปากปล่องควันระหว่าง 80-150 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิภายในเตาคือ 300-400 องศาเซลเซียส เครื่องมือในการเก็บคือการทำปล่องดักควันด้วยวัสดุที่ทนกรด ให้ควันเดินทางผ่านปล่องดังกล่าวโดยที่ตองทั้งระยะห่างจากปล่องเตาเผา 20-30 เซนติเมตร หากปล่องทั้งสองต่อเนื่องกัน จะเป็นการรวบรวมการระบายอากาศของเตาเผา เมื่อควันไหลเข้าสู่ปล่องดักควันก็อาศัยหลักการควบแน่นคืออุณหภูมิที่ต่ำกว่าก็จะทำให้น้ำควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำส้มควันไม้

หลังจากขั้นตอนการเก็บน้ำส้มควันไม้จากปล่องควันแล้ว ต้องทิ้งไว้ให้น้ำส้มควันไม้ให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน เนื่องจากการเผาถ่านไม้นั้นจะมีน้ำมันดิน (Tar) ที่เกิดจากการสลายตัวของลิกนิน ซึ่งน้ำมันดินนี้เป็นมีความเป็นพิษ ต่อมาส่วนของน้ำมันดินจะนอนก้น ส่วนผิวบนจะเป็นน้ำมันใส (Light Oil) และน้ำส้มควันไม้จะอยู่ตรงกลาง หากต้องการเร่งการแยกชั้นทำได้โดยการใส่ผงถ่านประมาณร้อยละ 5 ของน้ำหนักลงไป ผงถ่านจะดูดซับน้ำมันใสและน้ำมันดินให้ตกตะกอนลงสู่ชั้น

ล่างสุด ใช้เวลาประมาณ 45 วัน ก็ได้น้ำส้มควันไม้บริสุทธิ์สามารถนำมาใช้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 เตาเผาถ่าน(A) น้ำส้มควันไม้(B) น้ำส้มควันไม้ในบรรจุภัณฑ์(C)

ที่มา : อัครพงษ์ นาคณอม สำนักโครงการพระราชดำริและกิจกรรมพิเศษ กรมป่าไม้, โครงการธนาคารฟืน จังหวัดแม่ฮ่องสอน[ออนไลน์], 2553. แหล่งที่มา

www.forest.go.th/orip/index.php?option=com_content&view=article&id=460

2.3.1.2 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบพื้นฐานของน้ำส้มควันไม้จะเป็นน้ำ 80%-90%

นอกจากนั้นประกอบไปด้วย

1. กรดอะซิติก (Acetic Acid)
2. อะซิโตน (Acetone)
3. เมทานอล (Methanol)
4. สารประกอบอินทรีย์มากกว่า 200 ชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ที่นำมาผลิต

ยศนันท์ พรหมโชติกุล และคณะ(2558) ทำการศึกษาศักยภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการป้องกันเชื้อราเสียดและราผิวไม้ เปรียบเทียบน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ 4 ชนิดได้แก่ ยูคาลิปตัส กระจับปี่ เทพาสัก และสนคาริเปี้ย พบว่าน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสความเข้มข้นร้อยละ 30 สามารถยับยั้งราเสียดและราผิวของชิ้นงานไม้ยางพาราได้ ส่วนน้ำส้มควันไม้ชนิดอื่นจะยับยั้งได้ตั้งแต่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 80 ขึ้นไป

ในการป้องกันเนื้อไม้จากแมลงนั้น จิระพงษ์ คูหากาญจน์และคณะ (2552) รายงานผลการวิจัยการใช้ประโยชน์ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเศษไม้ ปลายไม้สีก พบว่าน้ำส้มควันไม้จากไม้สีกมีความเป็นกรดสูง (pH=2.82) มีเมทานอลร้อยละ 2.24 และที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 3 เพื่อป้องกันรักษาเนื้อไม้ พบว่าไม่มีผลต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ ต้องมีการศึกษาต่อไปหากต้องการนำมาใช้ป้องกันปลวก

2.3.2 ไคโตซาน Chitosan

ไคโตซานคือสารโพลีเมอร์ชีวภาพที่สกัดจากไคตินซึ่งสกัดจากเปลือกของสัตว์ได้แก่ กุ้ง หอย การประยุกต์ใช้ไคโตซานในการเกษตรทั้งระหว่างเพาะปลูก และผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยวจากคุณสมบัติเป็นสารก่อฟิล์มและเจลใสไม่มีสีไม่มีกลิ่น ไม่ละลายน้ำสามารถย่อยสลายได้เอง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามธรรมชาติ ใช้ฉีดพ่นเคลือบผิวรักษาอายุผลผลิตทางการเกษตร มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดที่ก่อให้เกิดโรคพืช (สุธิดา คงทอง, 2552) ในปัจจุบันโคโตซานนำไปประยุกต์ใช้ทั้งในอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมอื่น ๆ เพื่อให้โคโตซานที่ออกจำหน่ายมีคุณภาพ ทางกระทรวงอุตสาหกรรมจึงได้ออกประกาศมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.2351-2550 ในรูปแบบผงเกล็ด และเม็ด ให้คุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีบรรจุภัณฑ์ที่คงสภาพคุณสมบัติไม่เสียคุณภาพก่อนการนำไปใช้ประโยชน์

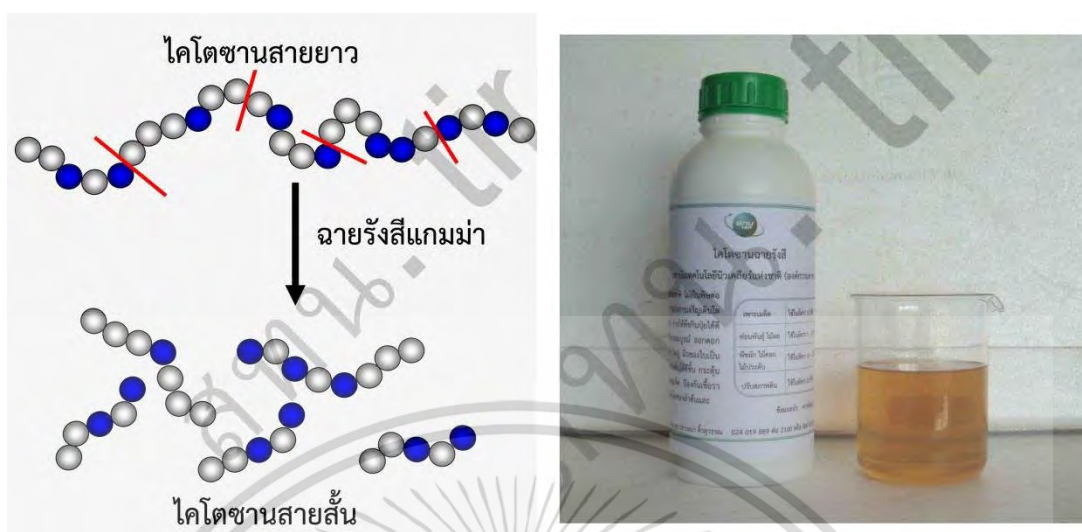
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ มีการศึกษาประสิทธิภาพของโคโตซานในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราสาเหตุโรคสำคัญทางเศรษฐกิจของพืชโดย พรทิพย์ วงศ์แก้ว และศุภลักษณ์ สิงหบุตร (2554) เพื่อส่งเสริมให้ใช้จัดการโรคพืชทดแทนการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่ตกค้างเป็นอันตรายต่อคนและสิ่งแวดล้อม โดยทดสอบประสิทธิภาพของโคโตซานกับเชื้อราสาเหตุโรคพืช 9 ชนิด คือ *Alternaria alternata*, *Aspergillus niger*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Didymella bryoniae*, *Fusarium oxysporium sp. Lycopersici*, *Helminthosporium sp.*, *Phytophthora parasitica*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยเชื้อ *Aspergillus spp.* นั้นเป็นเชื้อที่พบได้ทั่วไปในอากาศ นอกจากเป็นสาเหตุโรคพืชยังเป็นสาเหตุโรคในคนด้วย ทำให้โคโตซานมีความน่าสนใจเพื่อใช้ในการศึกษาครั้งนี้

2.3.3 Nano-Particle Product

ด้วยเทคโนโลยีทางรังสีแกมมา สามารถประยุกต์ใช้ในการเกษตรได้แก่ การปรับปรุงพันธุ์พืช การทำหมันแมลง การฉายรังสีอาหาร ในส่วนของสารธรรมชาติที่ใช้ในการเกษตรทำให้อนุภาคของสารมีขนาดเล็กลง การใช้สารธรรมชาติที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีระหว่างการเพาะปลูกทำให้ง่ายต่อการดูดซึมของพืช กรณีใช้กับผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว ใช้เคลือบเมล็ดพันธุ์ ช่วยยืดอายุการเก็บได้นานขึ้น (ปรารธนา คิ้วสุวรรณ. 2559) เมื่อนำโคโตซานผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ผลคือทำให้อนุภาคเล็กลง ทำให้ง่ายต่อการดูดซึม ทำให้โคโตซานมีประสิทธิภาพดีขึ้นทั้งระหว่างเพาะปลูกและผลิตผลหลังการเก็บเกี่ยว

นกน้อย ชูคงคา และคณะ (2554) รายงานผลของ Chitosan และ Chitosan Nanoparticles ในการยับยั้งเชื้อราที่เกิดกับเมล็ดพริก โดยเปรียบเทียบผลระหว่าง Chitosan และ Chitosan Nanoparticles ในการยับยั้งเชื้อราที่เกิดกับเมล็ดพริก 4 ชนิด ผลการทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่า Chitosan Nanoparticles ที่ 0.6% w/v ยับยั้งการสร้างเส้นใยเชื้อรา *Rhizopus sp.*, *Colletotrichum capsici*, *C. gloeosporioides* และ *Aspergillus niger* ได้มากกว่า Chitosan และผลการฉีดพ่นเมล็ดพริกด้วย Chitosan Nanoparticles ทำให้การงอกของสปอร์เชื้อราสาเหตุต่ำกว่า Chitosan นั้นหมายความว่า Chitosan Nanoparticles มีความสามารถคงสภาพ

เมล็ดพริกได้นานกว่าการพ่นด้วย Chitosan เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโคโตซานหลังการฉายรังสีแกมมา (A) โคโตซานฉายรังสีในบรรจุภัณฑ์ ที่มา ประรณนา คิวสุวรรณ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ 2559 แหล่งที่มา <http://www.clinictech.most.go.th/online/filemanager/fileclinic/F1/files/kitosan-tint.pdf>

เชื้อราบางชนิดผลิตสารปฏิชีวนะ Secondary metabolites ซึ่งสารนี้มีความสามารถในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรครากเน่า เชื้อรา ร้อยทอง และคณะ (2544) รายงานว่าเชื้อรา *Chaetomium* สามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรครากเน่าได้ โดยสามารถควบคุมเชื้อ *Fusarium* sp. ที่เข้าทำลายมะเขือเทศซึ่งพบได้ทั่วไปในอากาศ สอดคล้องกับเชื้อราที่จะนำมาศึกษาในการวิจัยนี้ นอกจากนี้สาร Chaetoglobosin C ที่เชื้อ *Chaetomium globosum* สร้างขึ้นสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันต้านทานโรค ในระหว่างการเพาะปลูกนั้นพืช มีโอกาสถูกทำลายจากแมลงและเชื้อโรคได้ หากพืชเองไม่มีภูมิคุ้มกันต้านทาน หากเกิดโรคจะมีความเสียหายมาก การกระตุ้นให้พืชสร้างภูมิคุ้มกันจึงมีส่วนสำคัญในการจัดการโรคและแมลง มีสารสกัดจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการกระตุ้น (Elicitor) ต่อพืชให้สร้างภูมิคุ้มกันโรคต่อเชื้อสาเหตุ เชื้อรา ร้อยทอง และคณะ (2556) ยังรายงานความสามารถในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันต้านทานให้กับพืชได้ ด้วยการทดสอบกับมะเขือเทศ เมื่อสารกระตุ้นดังกล่าวผ่านกระบวนการฉายรังสีแกมมา ทำให้โครงสร้างโมเลกุลเล็กลง ผลทำให้พืชดูดซึมได้ดีขึ้น สารนี้จึงเรียกว่า Nano-elicitor

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมโรคพืชด้วยชีววิธีด้วยการใช้สารสกัดจากธรรมชาติในการต่อต้านเชื้อสาเหตุโรครวมไปถึงเชื้อรา วนรักษ์ มีพึ้ง(2544) ได้วิจัยหาสาเหตุและแก้ปัญหาจุดเหลืองและเชื้อปนเปื้อนบนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชิ้นงานไม้ยางพารา รายงานว่าในการป้องกันราเสียสีของชิ้นงานไม้ยางพารา ด้วยสารธรรมชาติ (Natural Product) 5 ชนิด ได้แก่ bot-f(สารสกัดจากจุลินทรีย์ต่อต้าน *Chaetomium cupreum*, *Chaetomium globosum*, *Trichoderma hanzanum*) Chitosan white carbon น้ำปูนขาวและ Silicic acid ในงานอาหารทดลอง พบว่าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสม Chitosan และ Silicic acid ให้ผลในการยับยั้งเชื้อราได้ดีกว่าสารชนิดอื่น ๆ กรณีของ bot-f ยับยั้งเชื้อรา *Penicillium citrinum* ได้ดีกว่าเชื้อราชนิดอื่น สำหรับสารที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ นาโนโอลิโกเพปไทด์ประกอบด้วย Metabolites ของจุลินทรีย์ *Chaetomium* sp. นาโนโคโตซานและจุลินทรีย์ *Rhodospirillum rubrum* sp. ในการเกษตรนอกจากใช้กระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคให้กับพืชแล้วยังมีฤทธิ์ควบคุมเชื้อราโดยได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ.ดร.เกษม สร้อยทอง

กฤติกา วัฒนวิสุทธิ์ (2556) ศึกษาผลของสารเคลือบไม้ต่อผลการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด เปรียบเทียบระหว่างเซลลูลอสและแล็กเกอร์ ด้วยการทา 2 รอบ 3 รอบและ 4 รอบ ในสภาวะที่วัสดุสัมผัสน้ำโดยตรง ในสภาวะความชื้นสัมพัทธ์สูงและความชื้นสัมพัทธ์ทั่วไป โดยทดสอบกับเชื้อรา *Aspergillus niger* และเชื้อรา *Trichoderma harianum* เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเติบโตของเชื้อราสัมพันธ์กับความชื้นของวัสดุ เมื่อความชื้นสูงขึ้นจะพบการเจริญเติบโตมากขึ้น เมื่อทาสารเคลือบไม้ทับหลายรอบจะพบอัตราการเจริญเติบโตของเชื้อราลดลง และเซลแล็กเกอร์มีประสิทธิภาพดีกว่า

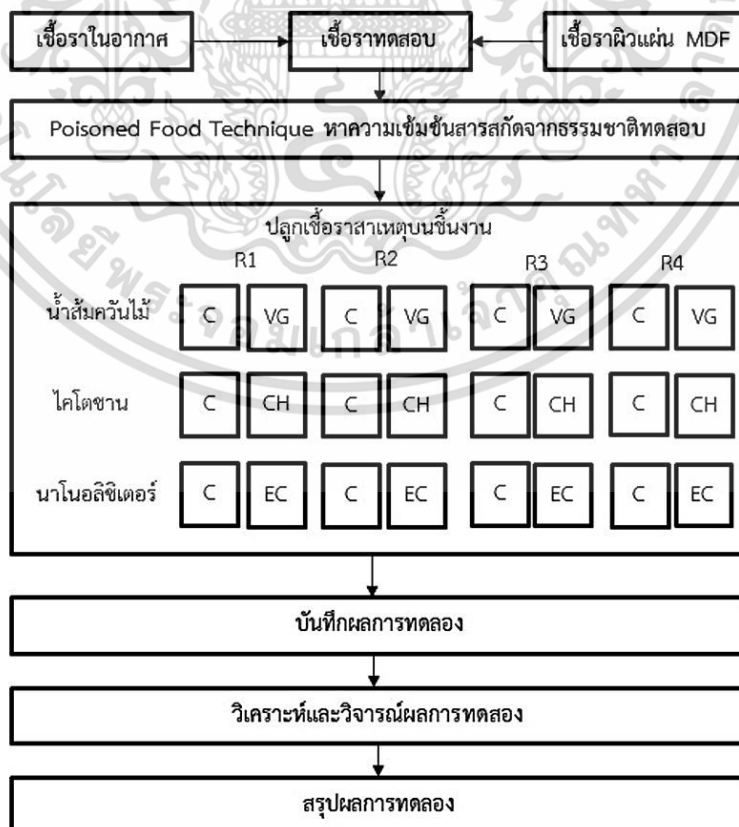
Dar and Soythong, (2014) ทำการวิจัยโดยใช้เชื้อราปฏิปักษ์ *Chaetomium* ที่ใช้ในการควบคุมโรคพืช มาพัฒนาโครงสร้างของเชื้อราปฏิปักษ์ *Chaetomium globosum* และ *Chaetomium cupreum* ให้เป็นอนุภาคนาโน (Nanomaterial) ด้วยเทคนิค Electrospinning เปรียบเทียบกัน พบว่าขนาดของ *C. globosum* และ *C. cupreum* มีขนาด 241 นาโนเมตรและ 171 นาโนเมตรตามลำดับ ซึ่งสารที่สกัดจากเชื้อ *Chaetomium* sp. นี้เป็นส่วนประกอบของสาร Nano-elicitor ที่ใช้ทำการศึกษานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการยับยั้งการเกิดเชื้อราบนผิวของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติที่ควบคุมศัตรูพืชในการเกษตร ทดแทนการใช้สารเคมี โดยทดสอบและประเมินประสิทธิภาพสารควบคุมเชื้อราตามคู่มือปฏิบัติการป้องกันเห็ดราทำลายไม้ (ยศนันท์ พรหมโชติกุล และคณะ. 2558) เป็นคู่มือทำการทดสอบกับไม้จริงและไม้แปรรูปนำมาประยุกต์ใช้กับแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เริ่มจากการหาเชื้อสาเหตุจากสถานที่ก่อสร้างแล้วนำมาทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติ 3 ชนิดคือ น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ไคโตซาน และนาโน-อลิซิเตอร์ ด้วยวิธี Poisoned food technique คือการปลูกเชื้อราทดสอบบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA (Potato-dextrose agar) ผสมสารทดสอบที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในจานทดลอง ประเมินความเป็นพิษของสารทดสอบจากขนาดโคโลนีและจำนวนสปอร์ที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ปลูกเชื้อราบนอาหาร PDA เท่านั้น เมื่อได้ความเข้มข้นสารทดสอบที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดแล้ว จึงนำไปฉีดพ่นกับชิ้นงานในตู้ทดสอบเพื่อสรุปผล นำไปวิเคราะห์ ตรวจสอบสมมติฐานและวัตถุประสงค์ ดังมีรายละเอียดขั้นตอนในการวิจัยต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3.1 แผนผังการทดสอบการยับยั้งเชื้อราผิวไม้บนวัสดุแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทดลอง

3.1 การเก็บตัวอย่างเชื้อรา การแยกเชื้อราสาเหตุและการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา

เชื้อราสาเหตุเก็บตัวอย่างจากอากาศและบ่มแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ซึ่งเป็นอาหารเลี้ยงเชื้อที่นิยมใช้ทั่วไปในห้องปฏิบัติการโรคพืช (ยศนันท์ พรหมโชติกุล และคณะ. 2558) ในจานเลี้ยงเชื้อแล้วนำไปวางที่สถานที่ก่อสร้างภายในอาคารเพื่อดักเก็บเชื้อราปนเปื้อนในอากาศ โดยเปิดจานอาหารเชื้อไว้เป็นเวลา 1-3 ชั่วโมง ครบเวลาแล้วปิดฝาผนึกด้วยแผ่นพลาสติก ในส่วนของแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง เก็บตัวอย่างจากโครงการก่อสร้างเดียวกัน จากนั้นนำกลับไปตรวจหาเชื้อสาเหตุที่ห้องปฏิบัติการเห็ดรา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เชื้อราในอากาศผนึกไว้เป็นเวลา 7 วัน ส่วนชิ้นไม้ตัวอย่างนั้นทำ Moist Chamber เป็นเวลา 7 วันเช่นเดียวกัน

ขั้นตอนต่อไปคือการแยกหาเชื้อรา โดยใช้เข็มเขี่ยเชื้อเขี่ยเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อและชิ้นตัวอย่างแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางที่ได้จากสถานที่ก่อสร้าง โดยทำความสะอาดเข็มด้วยการลนไฟจากตะเกียงแอลกอฮอล์ จนร้อนเป็นสีแดง แล้วทิ้งไว้ 15 วินาที จึงนำมาเขี่ยเชื้อโดยเปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อพอประมาณกับที่เข็มเขี่ยเชื้อทำงานได้ แล้วตัดชิ้นส่วนปลายของเส้นใยโคโลนีซึ่งเป็นส่วนที่มีการเจริญเติบโตของเชื้อราแล้ววางในจานเพาะเชื้อ Water agar (WA) ที่เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อไว้ สังเกตดูโคโลนีของเชื้อรา แล้วย้ายลงในอาหาร PDA จนกว่าจะได้เชื้อบริสุทธิ์ (Pure Culture) ทำการบันทึกภาพจากกล้องจุลทรรศน์ แล้วเก็บไว้ใช้ในการทดลองต่อไป

ข้อควรระวังในขั้นตอนการทดลองคือการปนเปื้อน (Contamination) จากเชื้อชนิดอื่น ดังนั้นอุปกรณ์ทุกชนิดต้องผ่านการฆ่าเชื้อ โดยเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการทำความสะอาดคือหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่เรียกว่า Autoclave ใช้ความร้อนชื้น (Moist heat) ในการฆ่าเชื้อโรค ด้วยอุณหภูมิ 121°C ที่ความดัน 15 ปอนด์/ตร.นิ้ว นาน 20-25 นาที ใช้ทำความสะอาดอุปกรณ์ทดลองรวมถึงอาหาร PDA และน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ

3.2 ศึกษาประสิทธิภาพสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ

นำเชื้อราแต่ละ Isolate มาทดสอบสารสกัดจากธรรมชาติ โดยนำน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ไคโตซานและสาร Nano-elicitor มาทดสอบการยับยั้งเชื้อราที่ทำ Stock culture ไว้ ด้วยวิธีการ poisoned food technique ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ทำการทดลองแบบ 2 Factors Factorial Experiment in Completely Randomized Design (CRD) (สายชล สีนสมบูรณ์ทอง. 2560) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมี 2 ปัจจัยได้แก่

- A. สารที่ใช้ในการทดสอบ
- B. ความเข้มข้นของการทดสอบ (ppm.)

ตารางที่ 3.1 แสดง Treatment ที่ใช้ในการทดสอบ

สารทดสอบ		ความเข้มข้น ppm.					
		B1	B2	B3	B4	B5	B6
		0	10	50	100	500	1000
A1	Wood Vinegar						
A2	Chitosan						
A3	Nano Particle Product						

ความเข้มข้นของสารธรรมชาติที่ใช้ทดสอบคือ 10 50 100 500 และ 1000 ppm ด้วยการผสมสารธรรมชาติแต่ละชนิดกับน้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ โดยเริ่มจากความเข้มข้นสูงสุดก่อน เมื่อได้แล้วจึงนำไปผสมกับอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA เขย่าให้เข้ากันแล้วนำเทลงในจานเลี้ยงเชื้อที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว หลังจากอาหารเลี้ยงเชื้อผสมสารสกัดจากธรรมชาติที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ เย็นลงและแข็งตัว จึงทำการเพาะเชื้อราสาเหตุในส่วนของโคโลนีวางลงกลางจานเลี้ยงเชื้อผสมสารธรรมชาติที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ เก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ทิ้งไว้จนเชื้อราในชุดควบคุมเกิดโคโลนีเต็มจานเลี้ยงเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ซม. จากนั้นวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีในจานทดลองทั้งหมด บันทึกค่าทั้งหมดนำมาเฉลี่ยแล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อราเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

$$(\%) \text{ ยับยั้งการเจริญของเชื้อรา} = \frac{R1-R2}{R1} \times 100$$

R1 = เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีหรือปริมาณสปอร์ชุดควบคุม

R2 = เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเชื้อราหรือปริมาณสปอร์บนอาหารผสมสารยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

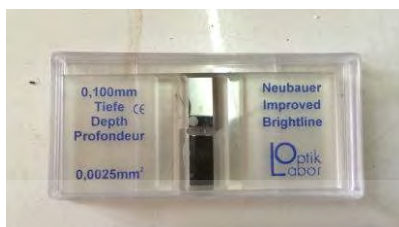
เมื่อใช้สารในปริมาณน้อยแต่ได้ผลยับยั้งการเจริญของเชื้อราสาเหตุได้มาก แสดงว่าสารนั้นมีความเป็นพิษต่อเชื้อราสูง โดยค่าที่ใช้ประเมินประสิทธิภาพนี้คือ ค่าความเป็นพิษของสารทดสอบที่ระดับยับยั้ง 50% Median Effective Dose (ED₅₀) หมายถึง ปริมาณของสารที่สร้างความเป็นพิษต่อการเจริญของโคโคนีหรือปริมาณสปอร์ที่สามารถทำให้เชื้อราสาเหตุแสดงอาการเป็นพิษโดยไม่ถึงตาย 50 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนเชื้อราทดลองทั้งหมด กล่าวคือค่า ED₅₀ ที่มีค่าตัวเลขที่ต่ำก็แสดงว่าสารนั้นใช้ปริมาณน้อยก็ออกฤทธิ์ยับยั้งเชื้อสาเหตุได้แล้ว

ตารางที่ 3.2 แสดงผังการทดลองหาความเข้มข้นของสารทดลอง

สารทดลอง	ความเข้มข้น (ppm)	Treatment Combination	R1	R2	R3	R4
A1	B1	A1B1				
	B2	A1B2				
	B3	A1B3				
	B4	A1B4				
	B5	A1B5				
	B6	A1B6				
A2	B1	A2B1				
	B2	A2B2				
	B3	A2B3				
	B4	A2B4				
	B5	A2B5				
	B6	A2B6				
A3	B1	A3B1				
	B2	A3B2				
	B3	A3B3				
	B4	A3B4				
	B5	A3B5				
	B6	A3B6				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองซ้ำแต่ละครั้ง ทุกขั้นตอนปฏิบัติด้วยวิธี Aseptic Technique ฆ่าเชื้ออุปกรณ์ทุกชนิดและทุกขั้นตอน เพื่อให้อยู่ในสภาพปลอดเชื้อปนเปื้อน (ยศนันท์ พรหมโชติกุลและคณะ. 2558) แล้วเก็บข้อมูลเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีและนับจำนวนสปอร์ด้วยเครื่อง Haemocytometer



รูปที่ 3.2 เครื่อง Haemocytometer ที่มาผู้วิจัย

3.3 การทดสอบสารธรรมชาติในการยับยั้งเชื้อราบนชิ้นงาน

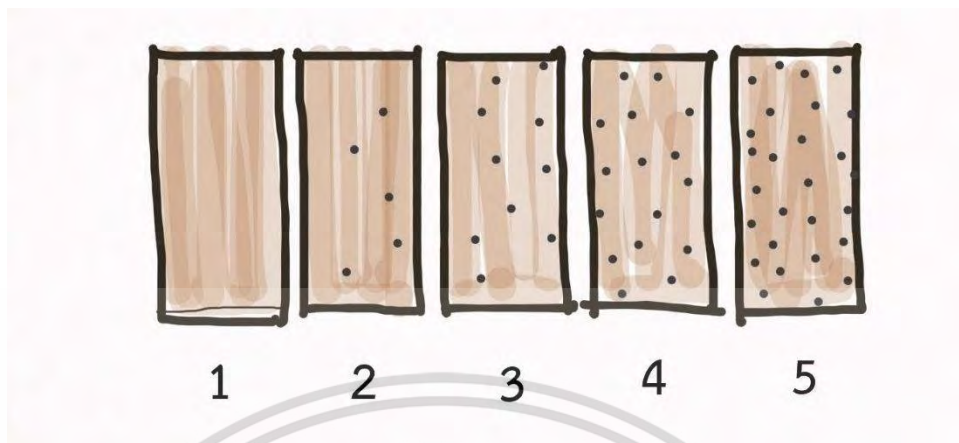
ทำการทดสอบบนชิ้นงานแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางชนิดเรียบขนาดกว้าง 7.5 ซม. ยาว 10 ซม. หนา 1.2 ซม. ภายในอาคารปฏิบัติการเห็ดรา ทำการทดสอบแบบ 2 Factor factorial in CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดย Factor A คือสารทดสอบ, น้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส (A1), ไคโตซาน (A2), และนาโนลิซิเตอร์(A3) และ Factor B คือ ความเข้มข้นของสารทดสอบ คือ 0 (B1) และ 1000 ppm. (B2) ทำการปลูกเชื้อราบนชิ้นงานทุกชิ้นโดยทำเป็นสปอร์แขวนลอยผสมเชื้อราสาเหตุทุกชนิดที่ใช้ในขั้นตอนที่ 3.2 รวมกันแล้วฉีดพ่นบนชิ้นงาน จากนั้นจึงทำการฉีดพ่นสารทดสอบตามวิธีการข้างต้น

ตารางที่ 3.3 ผังการทดลองในสถานะที่มีเชื้อราปนเปื้อน

สารทดลอง	ความเข้มข้น	Treatment	R1	R2	R3	R4
A1 น้ำส้มควันไม้	B1	A1B1				
	B2	A1B2				
A2 ไคโตซาน	B1	A2B1				
	B2	A2B2				
A3 นาโนลิซิเตอร์	B1	A3B1				
	B2	A3B2				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

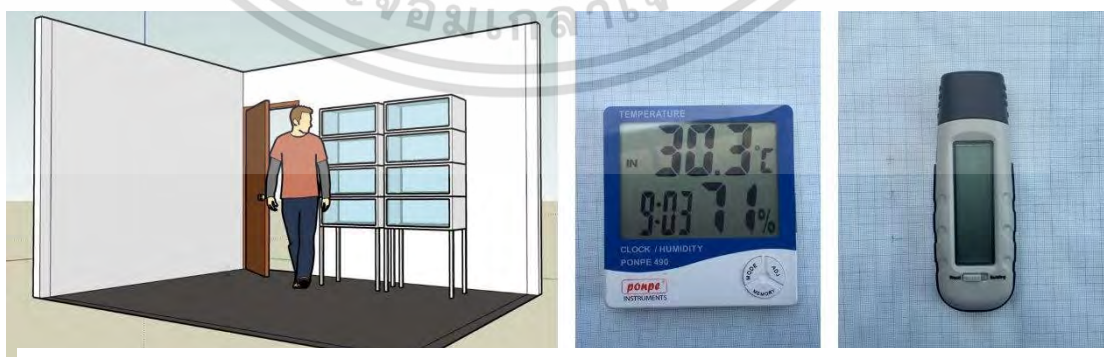
การเก็บข้อมูลโดยการประเมินระดับการเจริญของเชื้อราบนชิ้นไม้ (Degree of infection rating) 5 ระดับ



รูปที่ 3.3 แสดง DEGREE OF INFECTION RATING BY VISION (ยศนันท์ พรหมโชติกุล และคณะ. 2558)

ตารางที่ 3.4 ระดับการเจริญของเชื้อราบนชิ้นงาน

ระดับ	พื้นที่การเกิดเชื้อรา (%)	ความหมาย
1	0	ไม่เกิดรอยปนเปื้อนบนเนื้อไม้
2	1<25	เกิดรอยปนเปื้อนเล็กน้อย
3	26-50	เกิดรอยปนเปื้อนปานกลาง
4	51-75	เกิดรอยปนเปื้อนมาก
5	76>100	เกิดการปนเปื้อนรุนแรง



รูปที่ 3.4 แบบจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารธรรมชาติบนชิ้นงาน เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้น ในอากาศและวัดความชื้นสะสมในวัสดุ ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเก็บตัวอย่างเชื้อรา การแยกเชื้อราสาเหตุและการจัดจำแนกชนิดของเชื้อรา

4.1.1 การดักเก็บเชื้อราปนเปื้อนในอากาศ

จากการดักเชื้อจากอากาศโดยการวางจานอาหาร PDA เลี้ยงเชื้อบริเวณห้องที่มีงานตกแต่งภายในโครงการก่อสร้างแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เป็นเวลา 1 ครั้งต่อสัปดาห์ ครั้งละ 1-3 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 สัปดาห์ โดยทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ทั้งหมด 4 ตำแหน่ง แล้วนำไปกลับไปห้องปฏิบัติการเห็ดรา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง บ่มในจานเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 7 วัน พบเชื้อราในอากาศดังที่แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงตำแหน่งที่ทำการวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อและเชื้อราที่พบ

สัปดาห์ที่/จานที่	เชื้อที่พบ
1/1	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
1/2	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Curvularia</i> sp.
1/3	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
1/4	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.
2/1	<i>Fusarium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
2/2	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp.
2/3	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Phialophora</i> sp.
2/4	<i>Curvularia</i> sp., <i>Cladosporium</i> sp., <i>Phialophora</i> sp.
3/1	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Phialophora</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
3/2	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Phialophora</i> sp.
3/3	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
3/4	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
4/1	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp., <i>Rhizopus</i> sp.
4/2	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
4/3	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
4/4	<i>Aspergillus</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.

จานที่ 1 ตำแหน่งกลางห้องตกแต่งภายใน จานที่ 2 ตำแหน่งหน้าห้องทางเดินกลาง จานที่ 3 ตำแหน่ง

กลางห้องที่ติดกัน 1 จานที่ 4 ตำแหน่งกลางห้องที่ติดกัน
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การแยกเชื้อราจากไม้อัดที่ทำการบ่มใน Moist chamber

เก็บชิ้นงานแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางชนิดเรียบความหนา 10 มม. จากสถานที่ก่อสร้างโครงการเดียวกับที่ดักเชื้อในอากาศ ให้ช่างตัด เป็นขนาดกว้าง 25 มม. ยาว 50 มม. และ กว้าง 25 มม. ยาว 100 มม. นำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการเห็ดรา ทำการบ่มชิ้นไม้ใน moist chamber เป็นเวลา 7-14 วัน บันทึกเชื้อราที่เจริญบนผิวชิ้นงาน พบเชื้อราที่เจริญในสกุล *Aspergillus* sp. *Cladosporium* sp. *Rhizopus* sp. *Penicillium* sp.

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงลำดับชิ้นไม้และเชื้อราที่แยกได้

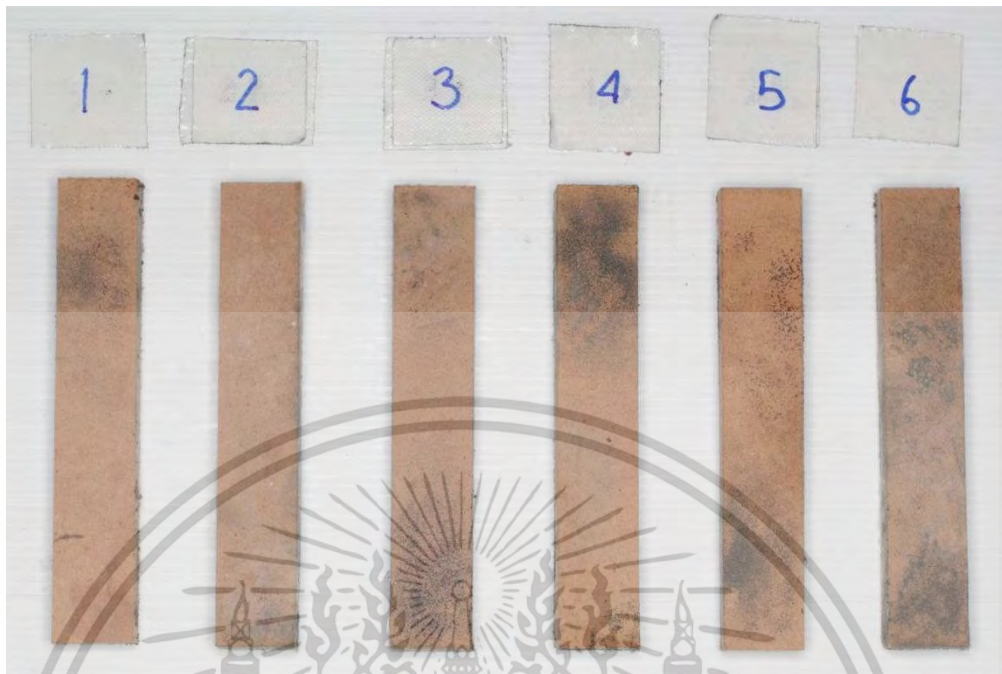
หมายเลขชิ้นไม้	เชื้อราที่พบ
1	<i>Aspergillus glaucus</i>
2	<i>Aspergillus niger</i>
3	<i>Cladosporium</i> sp.
4	<i>Cladosporium</i> sp.
5	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
6	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Cladosporium</i> sp.
7	<i>Cladosporium</i> sp.
8	<i>Cladosporium</i> sp.
9	<i>Cladosporium</i> sp.
10	<i>Cladosporium</i> sp.
11	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Neurospora</i> sp.
12	<i>Aspergillus glaucus</i> , <i>Aspergillus niger</i>
13	<i>Cladosporium</i> sp.
14	<i>Cladosporium</i> sp.
15	<i>Rhizopus</i> sp.
16	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Penicillium</i> sp.
17	<i>Rhizopus</i> sp.
18	<i>Cladosporium</i> sp.
19	<i>Cladosporium</i> sp.
20	<i>Cladosporium</i> sp.
21	<i>Cladosporium</i> sp.
22	<i>Cladosporium</i> sp.
23	<i>Cladosporium</i> sp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

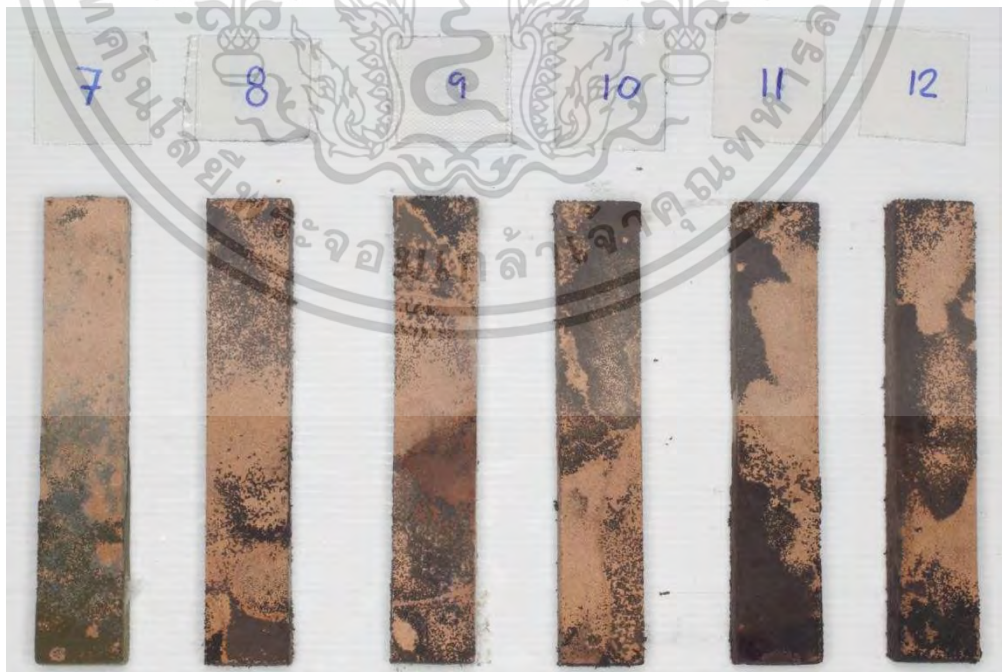
ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ลำดับของชิ้นไม้	เชื้อราที่พบ
24	<i>Cladosporium</i> sp.
25	<i>Cladosporium</i> sp.
26	<i>Cladosporium</i> sp.
27	<i>Cladosporium</i> sp.
28	<i>Cladosporium</i> sp.
29	<i>Cladosporium</i> sp.
30	<i>Rhizopus</i> sp.
31	<i>Rhizopus</i> sp.
32	<i>Cladosporium</i> sp.
33	<i>Cladosporium</i> sp.
34	<i>Aspergillus niger</i>
35	<i>Cladosporium</i> sp.
36	<i>Aspergillus niger</i>
37	<i>Cladosporium</i> sp., <i>Penicillium</i> sp.
38	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Cladosporium</i> sp.
39	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Cladosporium</i> sp.
40	<i>Aspergillus glaucus</i>
41	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Aspergillus flavus</i> , <i>Aspergillus glaucus</i>
42	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>Cladosporium</i> sp., <i>Aspergillus flavus</i> ,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

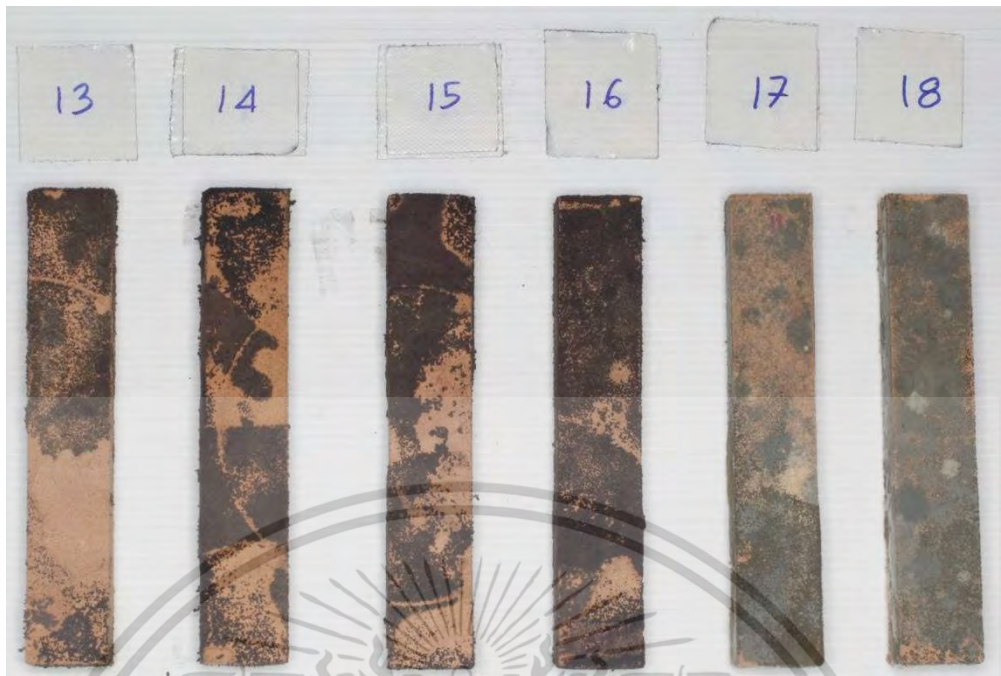


รูปที่ 4.1 เซื่อราผิวนบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา: ผู้วิจัย



รูปที่ 4.2 เซื่อราผิวนบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

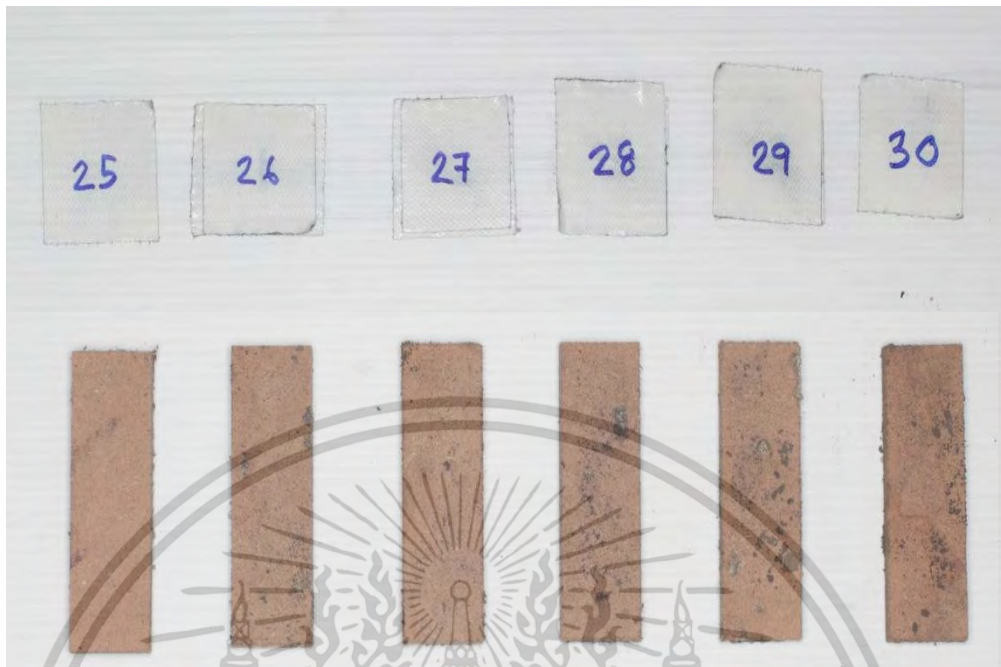


รูปที่ 4.3 เชื้อราผิวนบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา : ผู้วิจัย



รูปที่ 4.4 เชื้อราผิวนบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา: ผู้วิจัย



รูปที่ 4.6 เชื้อราผิวบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



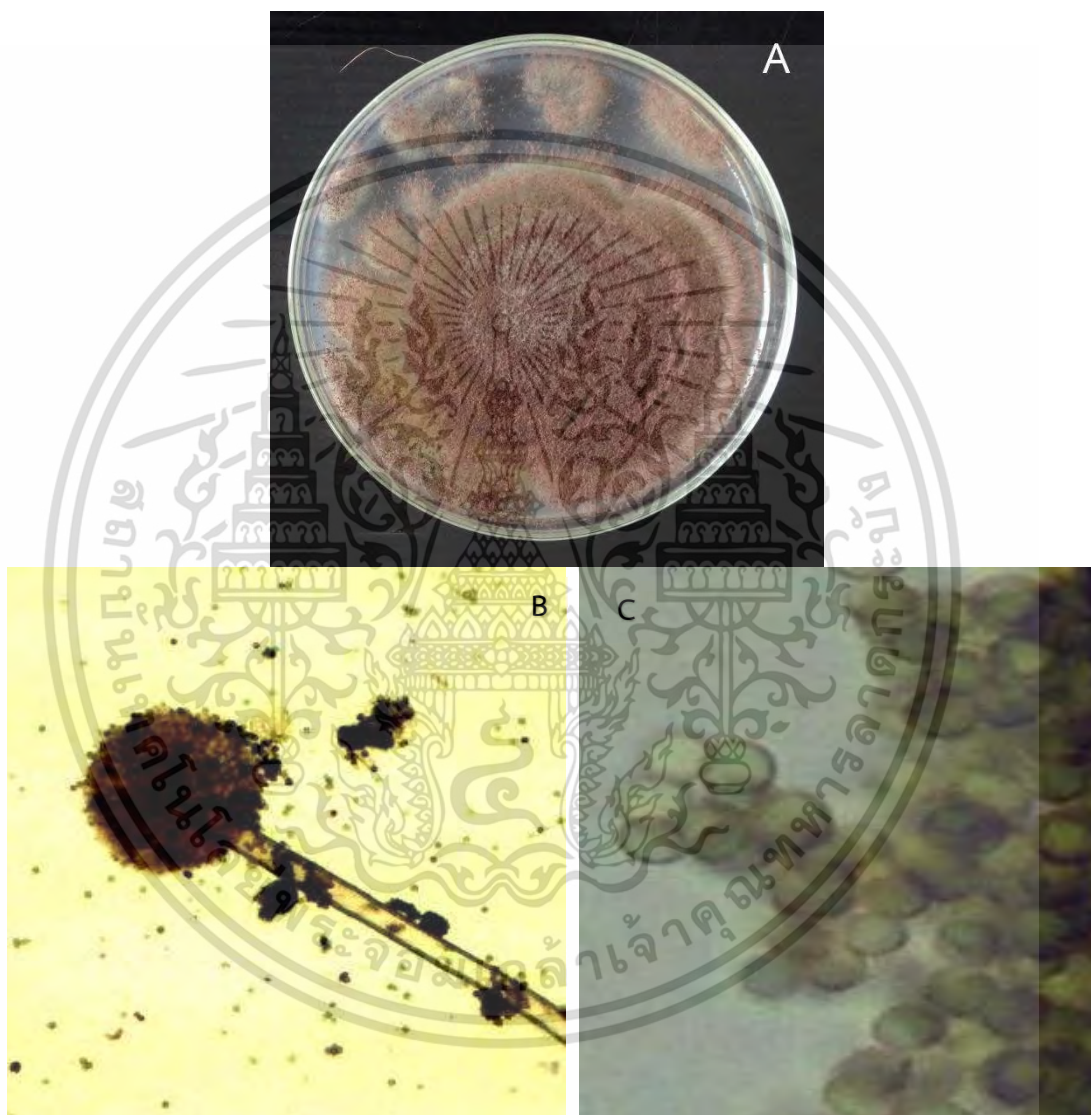
รูปที่ 4.7 เชื้อราผิวนบนชิ้นไม้ที่ทำการบ่มด้วยวิธี moist chamber จากตารางที่ 4.2 ที่มา : ผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อที่พบ

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Aspergillus sp.*

ลักษณะโคโคเนียของเชื้อมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ พบกลุ่มของสปอร์เป็นจำนวนมากบนเส้นใย เมื่อทำการศึกษาในกล้องจุลทรรศน์พบโคนิเดียของเชื้อมีจำนวนมากและมีลักษณะกลมอยู่เหนือกลุ่มของ phialides สีดำที่สร้างอยู่บนก้านชูสปอร์หรือ conidiophore มีลักษณะกลม (Globose) (รูปที่ 4-8)

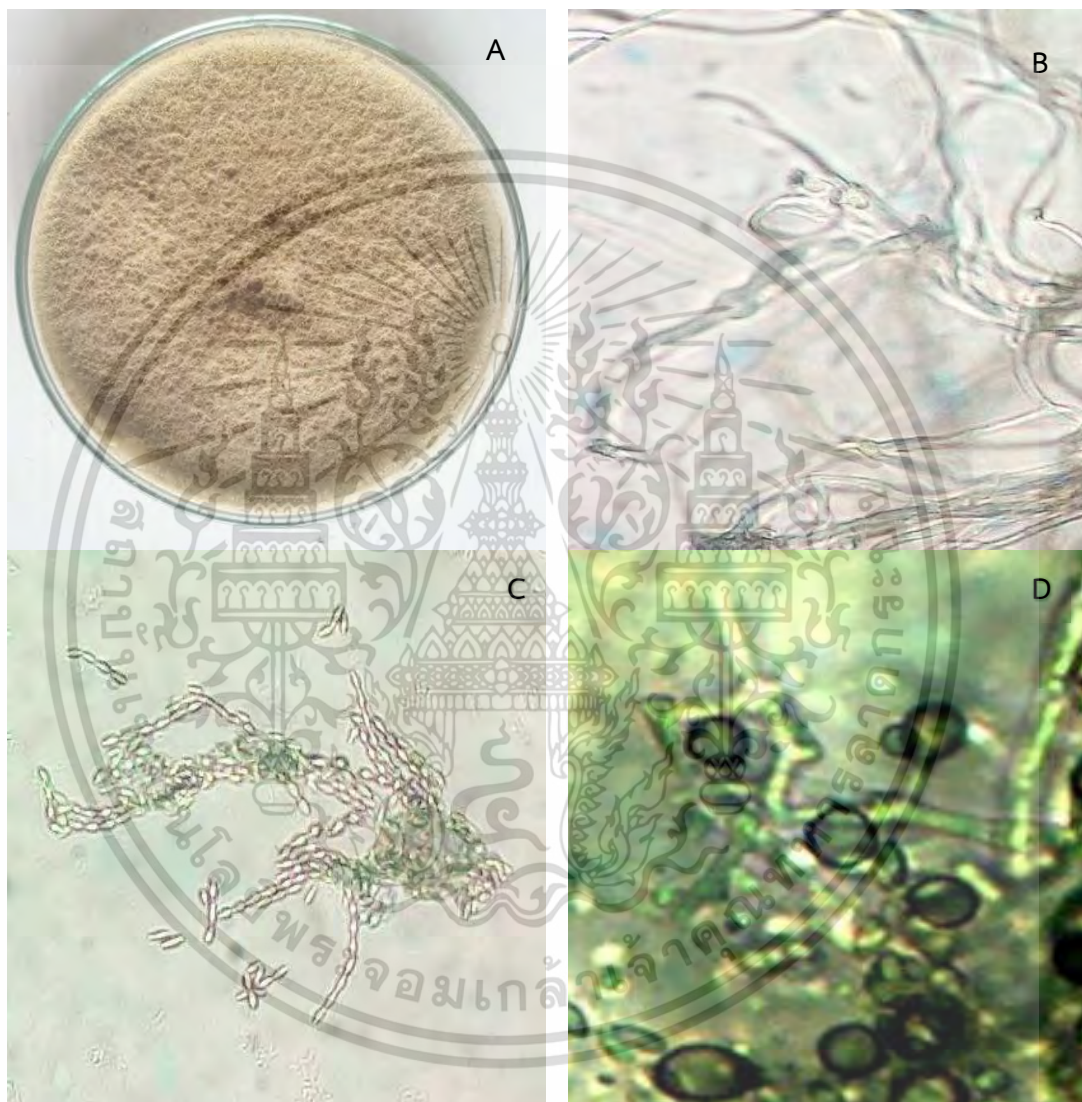


รูปที่ 4.8 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Aspergillus spp.*; รูป A : ลักษณะโคโคเนียของเชื้อสาเหตุโรคเมื่อทำการเลี้ยงบนอาหาร PDA ; รูป B : Conidia และ conidiophore ; รูป C : สปอร์ของเชื้อสาเหตุ มีลักษณะกลมรีติดกันเป็นสายยาว (กำลังขยายที่ 40X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Cladosporium* sp.

พบโคโลนีที่มีลักษณะฟูสีน้ำตาลอ่อน พบกลุ่มผงแป้งบนเส้นใยที่เป็นกลุ่มของโคนิเดียจำนวนมาก พบเส้นใยที่ค่อนข้างโค้งเรียวย โคนิเดียที่พบมีลักษณะเป็นสายโซ่ (Conidial chain) สปอร์มีลักษณะเป็นรูปกลมไข่ ผนังเซลล์เรียบ นอกจากนี้ยังพบกลุ่มของ Chlamydospore ที่ปลายเส้นใย (Terminal chlamydospore)

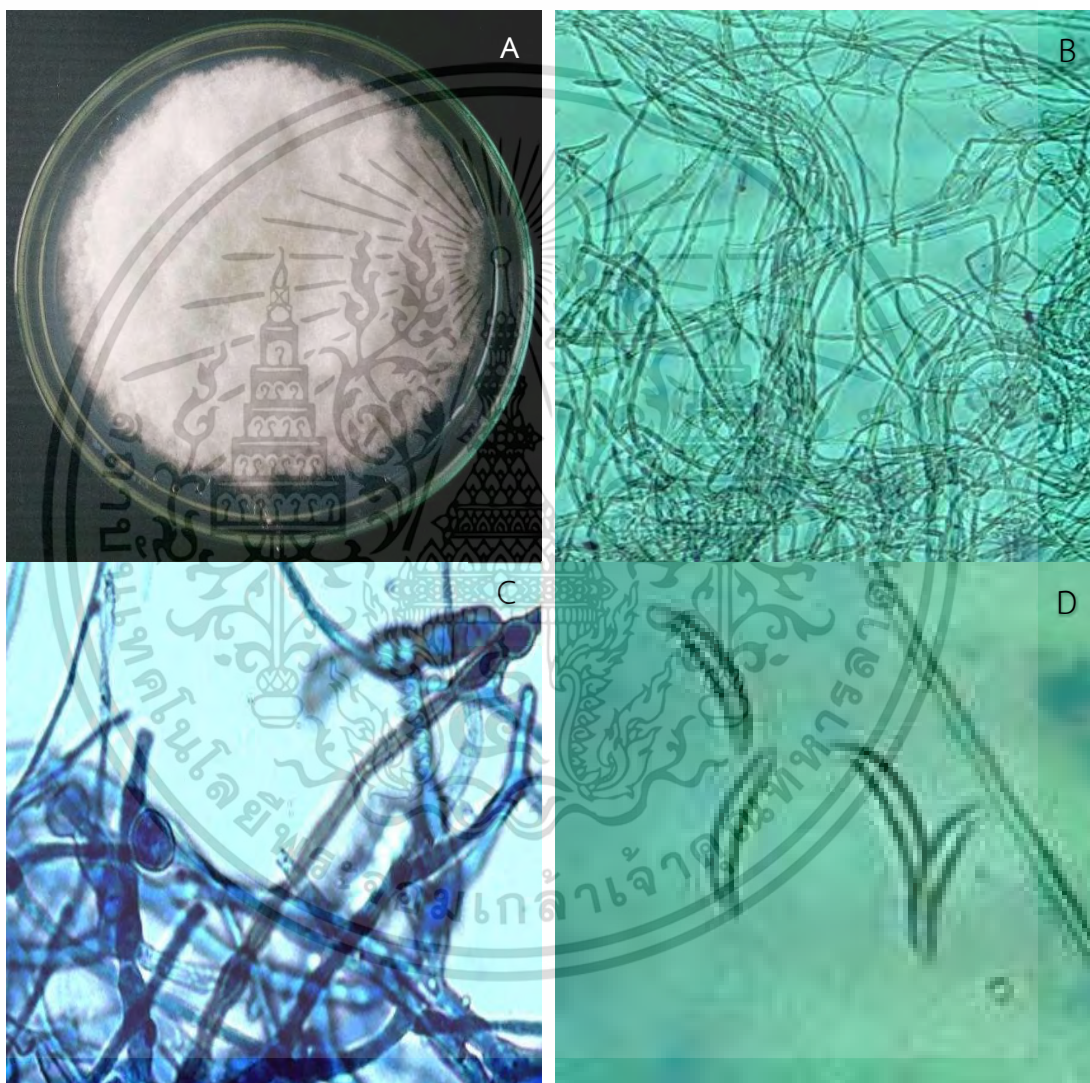


รูปที่ 4.9 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Cladosporium* spp.; รูป A : ลักษณะโคโลนีของ เชื้อสาเหตุโรคเมื่อทำการเลี้ยงบนอาหาร PDA ; รูป B : เส้นใยของเชื้อสาเหตุ ; รูป C :สปอร์ของเชื้อสาเหตุ มีลักษณะกลมรีติดกันเป็นสายยาว; รูป D Chlamydospore ของเชื้อสาเหตุ (กำลังขยายที่ 40X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Fusarium* sp.

โคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะฟูเป็นสีขาว เมื่อทำการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบเส้นใยสีขาวไม่มีสี (hyaline aerial mycelium) ก้านชูโคนิเดียแตกแขนงจากเส้นใย (Basitonously branched) พบโคนิเดียขนาดใหญ่ที่มีขนาดเรียวยาวเป็นจำนวนมาก (macroconidia) นอกจากนี้ยังพบกลุ่มของ chlamydospore ที่เจริญอยู่ระหว่างเส้นใย เรียกว่า intercalary chlamydospore

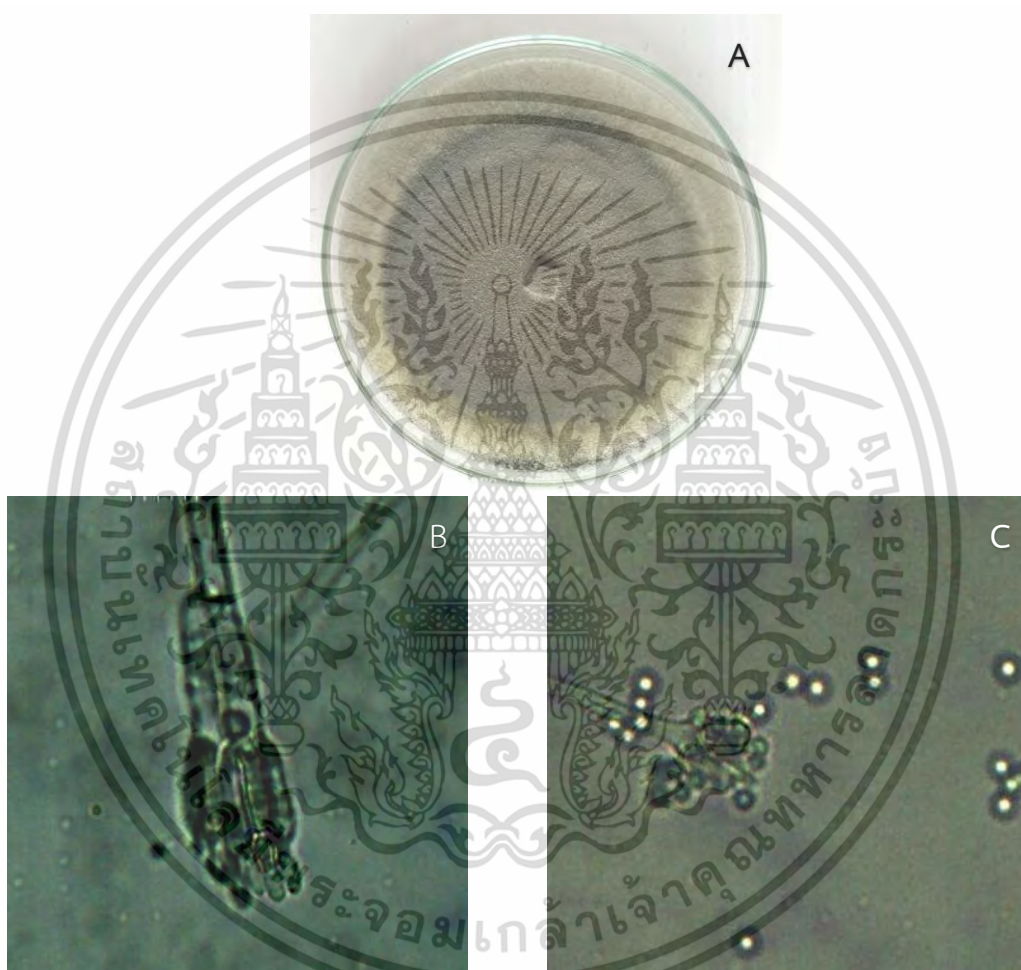


รูปที่ 4.10 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Fusarium* spp.; รูป A : ลักษณะโคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคเมื่อทำการเลี้ยงบนอาหาร PDA ; รูป B : เส้นใยของเชื้อสาเหตุ ; รูป C : Intercalary chlamydospore ของเชื้อสาเหตุ ; รูป D โคนิเดียของเชื้อสาเหตุ(กำลังขยายที่ 40X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Penicillium sp.*

โคโลนีของเชื้อที่พบมีลักษณะเป็นเส้นใยสีเขียวออกน้ำเงิน เมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีเทาอ่อน เมื่อนำไปตรวจใต้กล้องจุลทรรศน์พบ Phialospore ลักษณะกลมที่เกิดเป็นกลุ่มที่ปลายก้าน phialide ซึ่งเกิดแตกออกเป็นจุดเดียวกันจากจากก้าน phialophore เรียกว่า verticillate phialophore



รูปที่ 4.11 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Penicillium spp.*; รูป A : ลักษณะโคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคเมื่อทำการเลี้ยงบนอาหาร PDA ; รูป B : Phialide; รูป C : สปอร์ของเชื้อสาเหตุ มีลักษณะกลมรีติดกันเป็นสายยาว (กำลังขยายที่ 40X)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศึกษาประสิทธิภาพสารยับยั้งการเจริญของเชื้อราที่พบบนชิ้นงานในห้องปฏิบัติการ

4.2.1 ผลการศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Aspergillus* spp.

ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.84, 4.00, 3.74, 3.91 และ 3.91 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของโคโลนีเท่ากับ 23.25, 20.00, 25.25, 21.75 และ 21.75% ตามลำดับ สำหรับความสามารถการสร้างสปอร์ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 168.85×10^4 , 28.20×10^4 , 25.75×10^4 , 16.02×10^4 , 10.30×10^4 และ 8.85×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 83.30, 84.75, 90.51, 93.90 และ 94.76% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 9.30 $\mu\text{g/ml}$

ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย Nano - elicitor ความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 4.02, 3.96, 4.00, 4.02 และ 3.94 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 19.50, 20.75, 20.00, 19.50 และ 21.25% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ ที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm พบว่ามีจำนวนสปอร์เท่ากับ 168.85×10^4 , 40.25×10^4 , 37.10×10^4 , 32.00×10^4 , 26.00×10^4 และ 14.90×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 76.16, 78.03, 81.05, 84.05 และ 91.18% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 5.81 $\mu\text{g/ml}$

ทดสอบโคโตซานความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.98, 3.88, 4.00, 3.94 และ 4.13 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 20.50, 22.50, 20.00, 21.25 และ 17.50% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ ความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm พบว่ามีจำนวนสปอร์เท่ากับ 168.85×10^4 , 33.65×10^4 , 30.30×10^4 , 27.55×10^4 , 19.90×10^4 และ 14.60×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 80.07, 82.06, 83.68, 88.21 และ 91.35% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 9.21 $\mu\text{g/ml}$

ทดสอบสารบอแรกซ์ที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.98, 4.20, 4.16, 3.99 และ 3.31 เซนติเมตรตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 20.50, 16.00, 16.75, 20.25 และ 33.75% ตามลำดับ การสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ ความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm พบจำนวนสปอร์ 168.85×10^4 , 39.30×10^4 , 31.55×10^4 , 19.55×10^4 , 17.15×10^4 และ 11.50×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 76.72, 81.31, 88.42, 89.84 และ 93.19% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 5.65 $\mu\text{g/ml}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4. 3 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา *Aspergillus* spp.

Treatment	ความเข้มข้น (ppm)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โคโลนี (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ*;**	ปริมาณสปอร์ (10^4)/ml*	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสปอร์*;**	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการสร้างสปอร์ (µg/ml)
Wood	0	5.00 ^a	-	168.85 ^a	-	9.30
Vinegar	10	3.84 ^{ef}	23.25 ^{bc}	28.20 ^{ef}	83.30 ^{fg}	
	50	4.00 ^{bcde}	20.00 ^{cdef}	25.75 ^{ghi}	84.75 ^f	
	100	3.74 ^f	25.25 ^b	16.02 ^{ghi}	90.51 ^{de}	
	500	3.91 ^{def}	21.75 ^{bcde}	10.30 ^{ij}	93.90 ^{ab}	
	1000	3.91 ^{def}	21.75 ^{bcde}	8.85 ^j	94.76 ^a	
Nano-elicitor	0	5.00 ^a	-	168.85 ^a	-	5.81
	10	4.02 ^{bcde}	19.50 ^{cdef}	40.25 ^b	76.16 ^j	
	50	3.96 ^{cdef}	20.75 ^{bcdef}	37.10 ^{bcd}	78.03 ^{ij}	
	100	4.00 ^{bcde}	20.00 ^{cdef}	32.00 ^{def}	81.05 ^{gh}	
	500	4.02 ^{bcde}	19.50 ^{cdef}	26.00 ^f	84.60 ^f	
	1000	3.94 ^{cdef}	21.25 ^{bcde}	14.90 ^{ghij}	91.18 ^{cd}	
Chitosan	0	5.00 ^a	-	168.85 ^a	-	9.21
	10	3.98 ^{bcde}	20.50 ^{bcdef}	33.65 ^{cde}	80.07 ^{hi}	
	50	3.88 ^{ef}	22.50 ^{bcd}	30.30 ^{ef}	82.06 ^{fgh}	
	100	4.00 ^{bcde}	20.00 ^{cdef}	27.55 ^{ef}	83.68 ^{fg}	
	500	3.94 ^{cdef}	21.25 ^{bcde}	19.90 ^g	88.21 ^e	
	1000	4.13 ^{bcd}	17.50 ^{def}	14.60 ^{ghij}	91.35 ^{bcd}	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ)

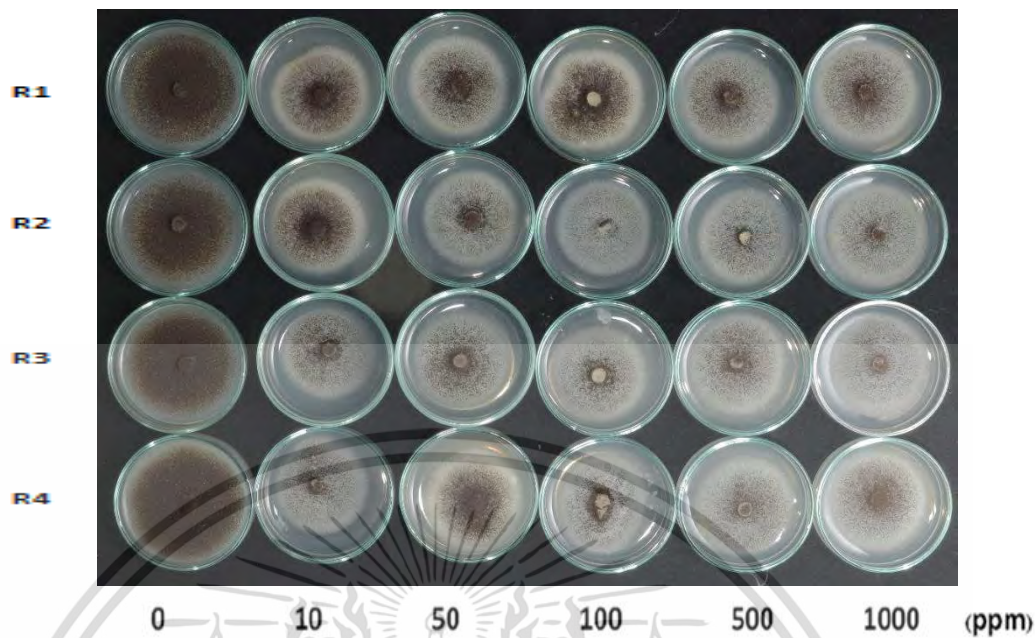
Treatment	ความเข้มข้น (ppm)	ขนาดเส้นผ่า ศูนย์กลาง โคลีนี (ชม.)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การ เจริญ*,**	ปริมาณ สปอร์ (10 ⁴)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การสร้าง สปอร์***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการ สร้างสปอร์ (µg/ml)
Borax	0	5.00 ^a	-	168.85 ^a	-	
	10	3.98 ^{bcde}	20.50 ^{bcdef}	39.30 ^{bc}	76.72 ^j	
	50	4.20 ^b	16.00 ^f	31.55 ^{def}	81.31 ^{gh}	5.65
	100	4.16 ^{bc}	16.75 ^{ef}	19.55 ^g	88.42 ^e	
	500	3.99 ^{bcde}	20.25 ^{bcdef}	17.15 ^{gh}	89.84 ^{de}	
	1000	3.31 ^g	33.75 ^a	11.50 ^{hij}	93.19 ^{abc}	
C.V.(%)		3.38		8.03		

* ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำจากข้อมูลที่เกิดขึ้นรวมในแต่ละส่วน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

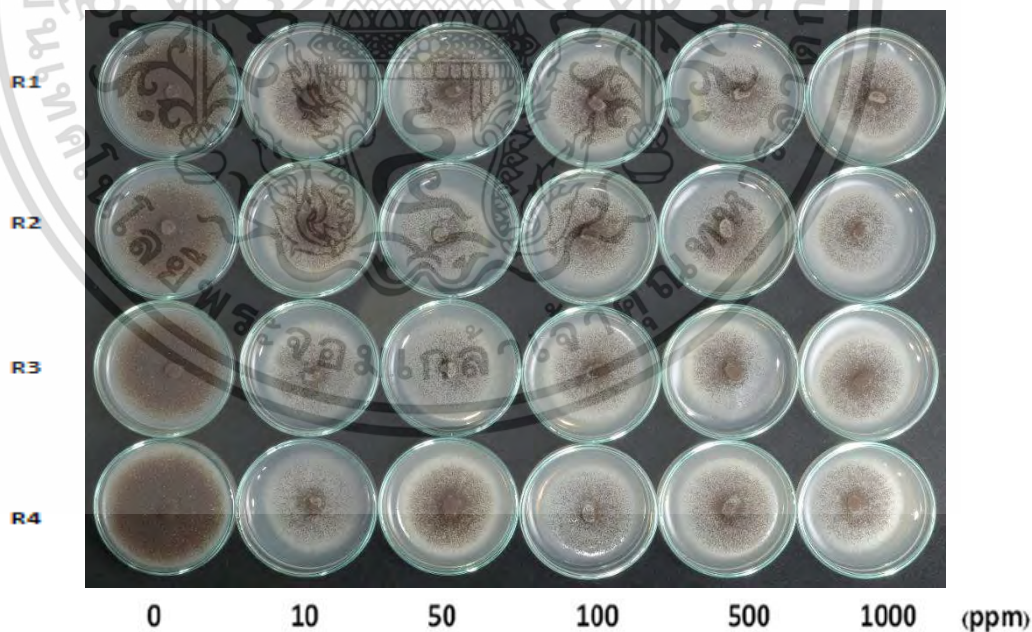
** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของโคลีนีได้จากการนำขนาดเส้นใยมาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C = ชุดควบคุม และ T = Treatment ค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

*** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ได้จากการนำจำนวนสปอร์มาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C = ชุดควบคุม และ T = Treatment โดยค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

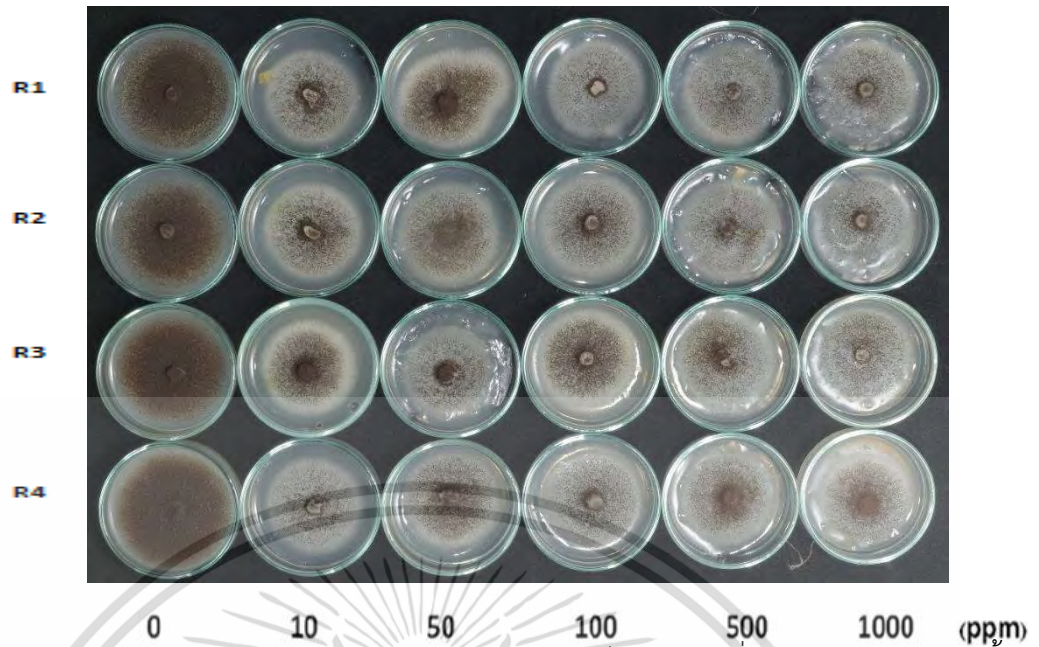


รูปที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไมยูคาลิปตัสที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

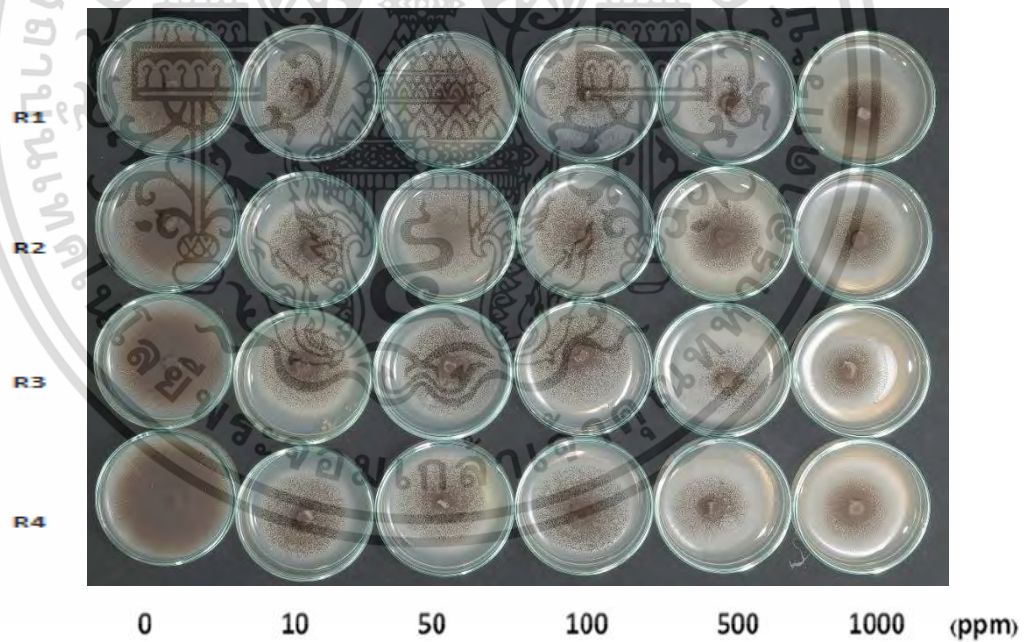


รูปที่ 4.13 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของ Nano-elicitor ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโคโตซานที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561



รูปที่ 4.15 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารบอแรกซ์ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Cladosporium* spp.

ผลการทดสอบน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสผสมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ความเข้มข้น 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบความเจริญของเส้นใยเชื้อราวัดได้ 5.00, 3.54, 3.49, 3.57, 3.52 และ 3.51 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของโคโลนีเท่ากับ 29.25, 30.20, 28.50, 29.50 และ 29.75% ตามลำดับ สำหรับการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 17.28×10^4 , 17.27×10^4 , 18.72×10^4 , 13.98×10^4 , 13.45×10^4 และ 12.70×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 0.00, 0.00, 18.82, 22.74, และ 25.51% ตามลำดับ

ผลการทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย Nano - elicitor ระดับความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.47, 3.50, 3.26, 3.39 และ 3.21 เซนติเมตรตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 30.50, 30.00, 34.75, 32.25 และ 35.75% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 17.28×10^4 , 15.20×10^4 , 10.70×10^4 , 11.05×10^4 , 10.55×10^4 และ 9.10×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 12.57, 37.13, 34.87, 36.82 และ 45.06% ตามลำดับ

สำหรับผลการทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยโคโตซานเพื่อควบคุมเชื้อ *Cladosporium* spp. พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.55, 3.49, 3.16, 3.31 และ 3.29 เซนติเมตรตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 29.00, 30.25, 36.75, 33.25 และ 34.25% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 17.28×10^4 , 13.32×10^4 , 12.90×10^4 , 13.98×10^4 , 12.08×10^4 และ 8.58×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ พบว่ามีค่าอยู่ที่ 20.97, 24.30, 15.92, 30.51 และ 47.86% ตามลำดับ

สำหรับผลการทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยสารบอแรกซ์เพื่อควบคุมเชื้อ *Cladosporium* spp. พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 4.86, 3.06, 3.04, 1.03 และ 0.50 เซนติเมตรตามลำดับ โดยมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 2.75, 38.75, 39.25, 79.50 และ 90.00% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 17.28×10^4 , 9.65×10^4 , 7.65×10^4 , 7.10×10^4 , 0.50×10^4 และ 0.20×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ พบว่ามีค่าอยู่ที่ 42.68, 55.34, 58.09, 97.30 และ 98.76% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 1.61 µg/ml

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อ
Cladosporium spp.

Treatment	ความเข้มข้น (ppm)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ*, **	ปริมาณสปอร์ (10 ⁴)/ml*	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสปอร์*, ***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการสร้างสปอร์ (µg/ml)
Wood vine-gar	0	5.00 ^a	-	17.28 ^{ab}	-	-
	10	3.54 ^{bc}	29.25 ^{ghi}	17.27 ^{ab}	0.00 ^{ij}	-
	50	3.49 ^{bcjd}	30.25 ^{fghi}	18.72 ^a	0.00 ^j	-
	100	3.57 ^b	28.50 ⁱ	13.98 ^{bcd}	18.82 ^{ghi}	-
	500	3.52 ^{bc}	29.50 ^{fghi}	13.45 ^{bcde}	22.74 ^{fgh}	-
	1000	3.51 ^{bc}	29.75 ^{fghi}	12.70 ^{cdef}	25.51 ^{efgh}	-
Nano-elictor	0	5.00 ^a	-	17.28 ^{ab}	-	-
	10	3.47 ^{bcde}	30.50 ^{fghi}	15.20 ^{abc}	12.57 ^{hij}	-
	50	3.50 ^{bcd}	30.00 ^{fghi}	10.70 ^{defgh}	37.13 ^{bcdefg}	-
	100	3.26 ^{efgh}	34.75 ^{cdef}	11.05 ^{cdefgh}	34.87 ^{cdefg}	-
	500	3.39 ^{bcdef}	32.25 ^{efghi}	10.55 ^{defgh}	36.82 ^{bcdefg}	-
	1000	3.21 ^{fghi}	35.75 ^{cde}	9.10 ^{fgh}	45.06 ^{bcde}	-
Chitosan	0	5.00 ^a	-	17.28 ^{ab}	-	-
	10	3.55 ^b	29.00 ^{hi}	13.32 ^{bcde}	20.97 ^{fgh}	-
	50	3.49 ^{hi}	30.25 ^{fghi}	12.90 ^{cdef}	24.30 ^{efgh}	-
	100	3.16 ^{ghi}	36.75 ^{cde}	13.98 ^{bcd}	15.92 ^{cdefg}	-
	500	3.31 ^{cdefg}	33.75 ^{efgh}	12.08 ^{cdef}	30.51 ^{bcdefg}	-
	1000	3.29 ^{defg}	34.25 ^{cde}	8.58 ^{gh}	47.86 ^{bcd}	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4(ต่อ)

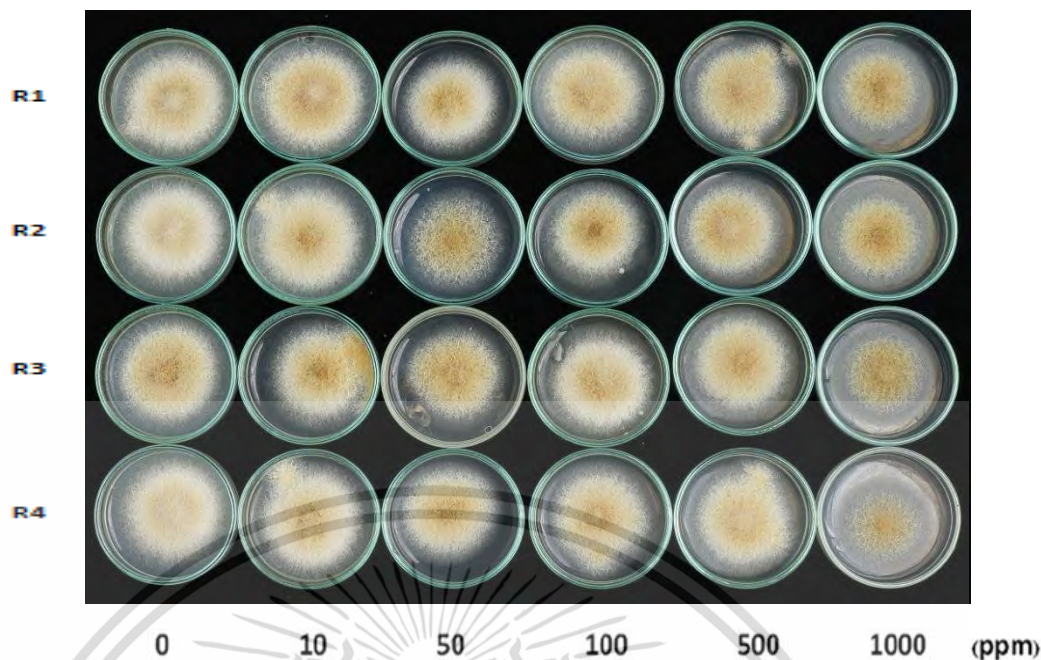
Treat- ment	ความ เข้มข้น (ppm)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง โคโลนี (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์การ ยับยั้งการ เจริญ*, **	ED ₅₀ ยับยั้งการ เจริญ (µg/ml)	ปริมาณ สปอร์ (10 ⁴)*	เปอร์เซ็นต์การ ยับยั้งการ สร้าง สปอร์*, ***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการ สร้าง สปอร์ (µg/ml)
Borax	0	5.00 ^a	-		17.28 ^{ab}	-	
	10	4.86 ^a	2.75 ^j		9.65 ^{efgh}	42.68 ^{bcdef}	
	50	3.06 ^{hi}	38.75 ^{cd}	1.65	7.65 ^h	55.34 ^{bc}	1.61
	100	3.04 ⁱ	39.25 ^c		7.10 ^h	58.09 ^b	
	500	1.03 ^j	79.50 ^b		0.50 ⁱ	97.30 ^a	
	1000	0.50 ^k	90.00 ^a		0.20 ⁱ	98.76 ^a	
C.V. (%)		3.93			20.96		

* ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมในแต่ละส่วน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

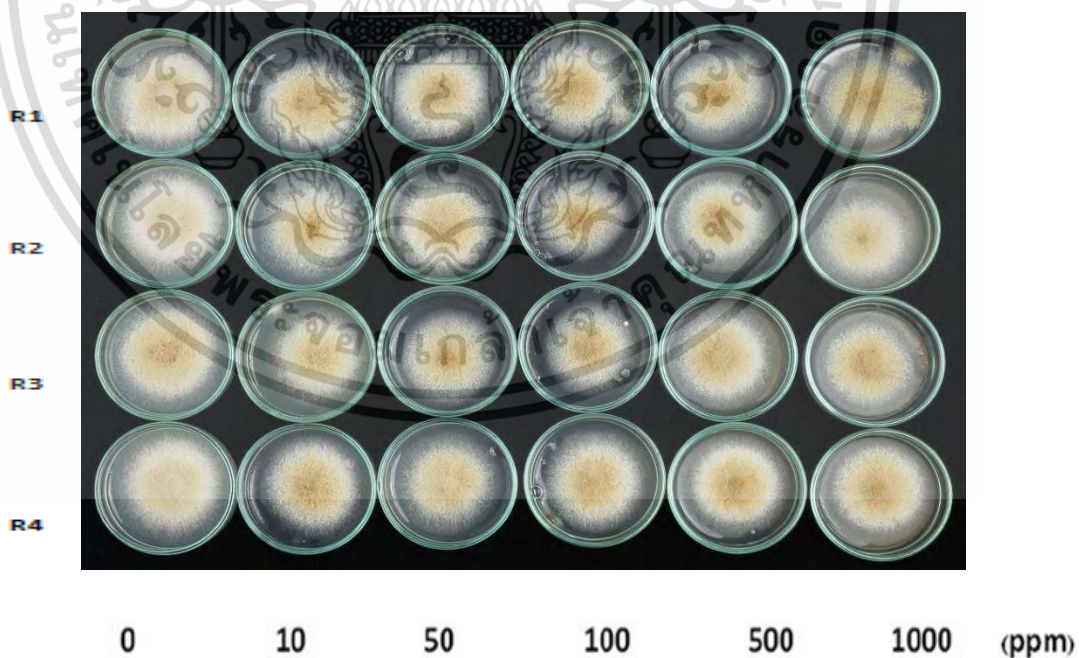
** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของโคโลนีได้จากการนำขนาดเส้นใยมาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C= ชุดควบคุม และ T= Treatment ค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

*** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ได้จากการนำจำนวนสปอร์มาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C= ชุดควบคุม และ T= Treatment โดยค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

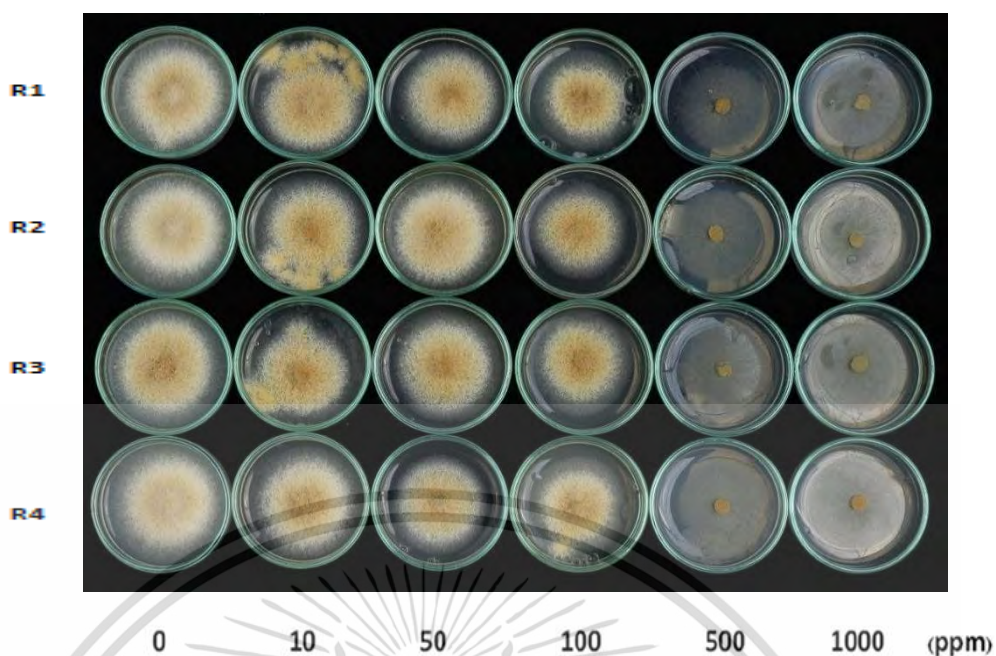


รูปที่ 4.16 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

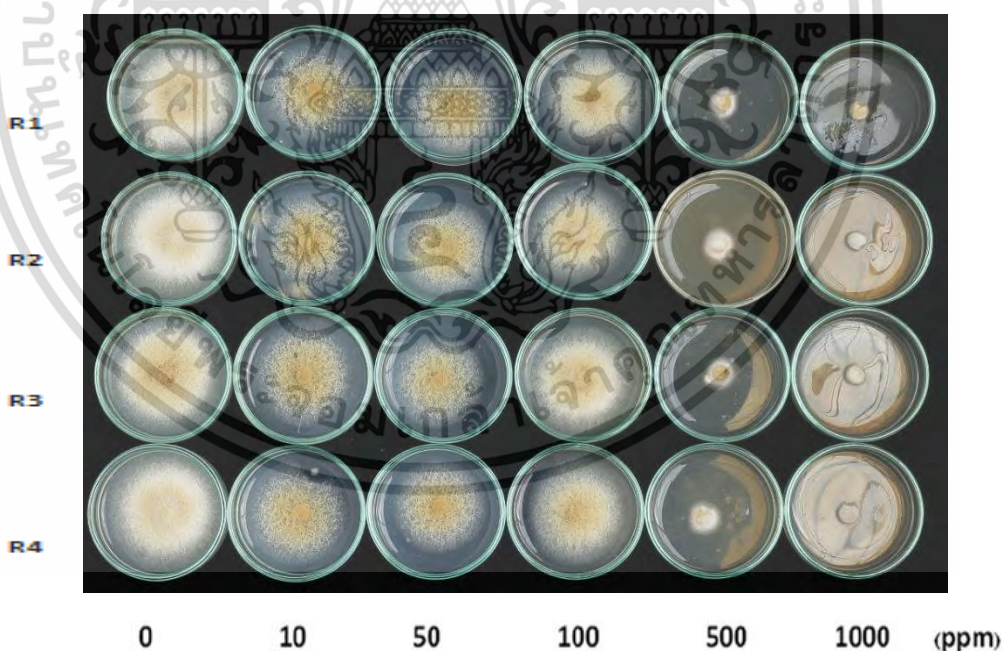


รูปที่ 4.17 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของ Nano-elicitor ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของไคโตซานที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561



รูปที่ 4.19 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารบอเรียซ์ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Fusarium* spp.

ผลการทดสอบผลสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วยน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัส ระดับความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.93, 3.96, 3.81, 3.56 และ 3.22 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของโคโคโคนี เท่ากับ 21.50, 20.75, 23.75, 28.75 และ 35.50% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm พบจำนวนสปอร์เท่ากับ 93.35×10^4 , 26.55×10^4 , 30.20×10^4 , 25.30×10^4 , 35.65×10^4 และ 34.20×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 71.40, 67.47, 72.75, 61.60 และ 63.17% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 10.73 $\mu\text{g/ml}$

ผลการทดสอบผลสมอาหารเลี้ยงเชื้อด้วย Nano - elicitor ระดับความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 3.90, 3.51, 3.84, 3.80 และ 3.80 เซนติเมตรตามลำดับ มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 22.00, 29.75, 23.25, 24.00 และ 23.00% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 93.35×10^4 , 94.85×10^4 , 102.15×10^4 , 59.70×10^4 , 43.55×10^4 และ 41.05×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 0.00, 0.00, 35.70, 53.10 และ 55.79% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 1.27 $\mu\text{g/ml}$

การทดสอบผลสมอาหารเลี้ยงเชื้อกับโคโคโคนีด้วยระดับความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm พบการเจริญของโคโคโคนีที่ 5.00, 3.56, 3.57, 3.24, 3.64 และ 3.07 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งได้ 28.75, 28.50, 35.25, 27.25 และ 38.50% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์พบความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 93.35×10^4 , 62.75×10^4 , 47.05×10^4 , 32.85×10^4 , 28.85×10^4 และ 28.20×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 32.42, 49.33, 64.62, 68.93 และ 69.63% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 2.26 $\mu\text{g/ml}$

การทดสอบผลสมอาหารเลี้ยงเชื้อกับสารบอแรกซ์ ด้วยระดับความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100 500 และ 1000 ppm นั้น พบว่าเส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00, 4.15, 3.91, 3.73, 3.45 และ 2.84 เซนติเมตรตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญได้ 17.00, 21.75, 25.50, 31.00 และ 43.25% ตามลำดับ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 93.35×10^4 , 73.20×10^4 , 65.90×10^4 , 57.05×10^4 , 46.10×10^4 และ 31.60×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตรตามลำดับ คำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 21.16, 29.02, 38.56, 50.10 และ 65.97% ตามลำดับ โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 3.81 $\mu\text{g/ml}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* spp.

Treatment	ความเข้มข้น (ppm)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โคลโลนี (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญ*, **	ปริมาณสปอร์ (10 ⁴)/ml*	เปอร์เซ็นต์การสร้างสปอร์*, ***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการสร้างสปอร์ (µg/ml)
Wood vinegar	0	5.00 ^a	-	93.35 ^{ab}	-	10.73
	10	3.93 ^{bcd}	21.50 ^{def}	26.55 ^g	71.40 ^{ab}	
	50	3.96 ^{bc}	20.75 ^{ef}	30.20 ^{efg}	67.47 ^{abc}	
	100	3.81 ^{bcde}	23.75 ^{def}	25.30 ^g	72.75 ^a	
	500	3.56 ^{cdef}	28.75 ^{cde}	35.65 ^{defg}	61.60 ^{abcd}	
	1000	3.22 ^{fg}	35.50 ^{abc}	34.20 ^{defg}	63.17 ^{abcd}	
Nano-elicitor	0	5.00 ^a	-	93.35 ^{ab}	-	1.27
	10	3.90 ^{bcd}	22.00 ^{def}	94.85 ^{ab}	0.00 ⁱ	
	50	3.51 ^{cdef}	29.75 ^{bcde}	102.15 ^a	0.00 ⁱ	
	100	3.84 ^{bcde}	23.25 ^{def}	59.70 ^{cdef}	35.70 ^{fgh}	
	500	3.80 ^{bcde}	24.00 ^{def}	43.55 ^{cdefg}	53.10 ^{cde}	
	1000	3.80 ^{bcde}	23.00 ^{def}	41.05 ^{cdefg}	55.79 ^{abcd}	
Chitosan	0	5.00 ^a	-	93.35 ^{ab}	-	2.26
	10	3.56 ^{cdef}	28.75 ^{cde}	62.75 ^{cde}	32.42 ^{gh}	
	50	3.57 ^{cdef}	28.50 ^{cde}	47.05 ^{cdefg}	49.33 ^{def}	
	100	3.24 ^{fg}	35.25 ^{abc}	32.85 ^{efg}	64.62 ^{abcd}	
	500	3.64 ^{cdef}	27.25 ^{cde}	28.85 ^{fg}	68.93 ^{ab}	
	1000	3.07 ^{gh}	38.50 ^{ab}	28.20 ^{fg}	69.63 ^{ab}	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

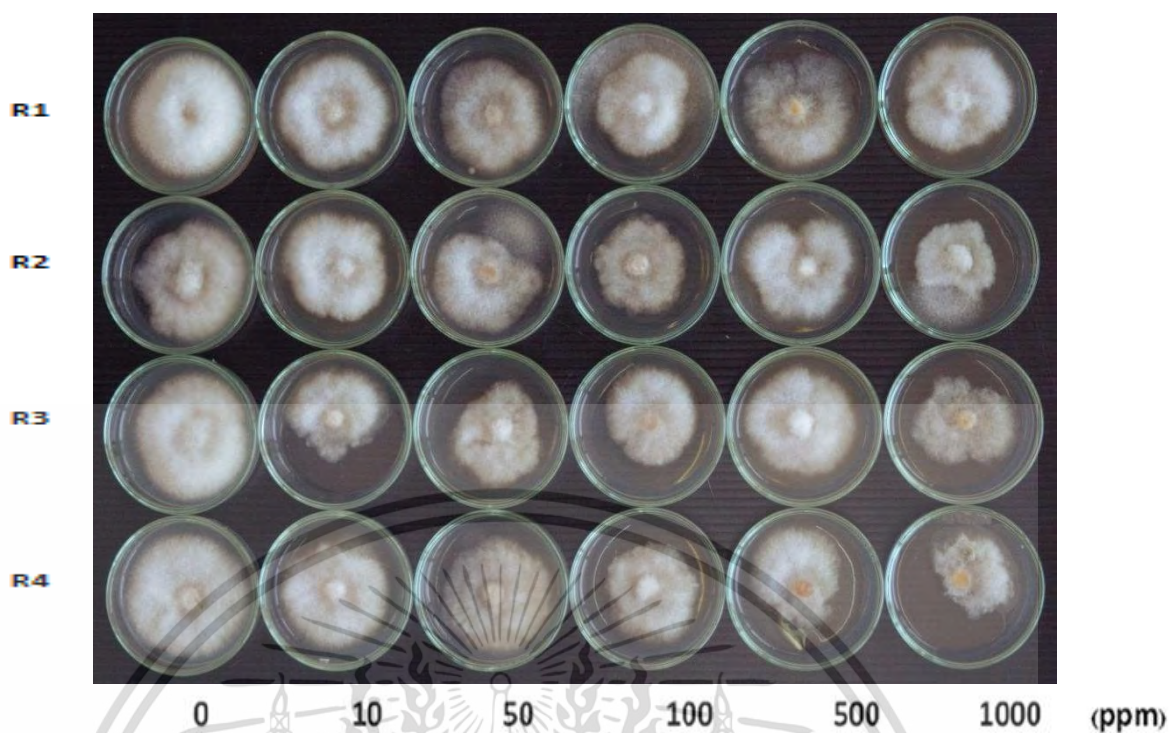
Treat- ment	ความ เข้มข้น (ppm)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง โคโลนี (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การเจริญ*, **	ปริมาณ สปอร์ (10 ⁴)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การสร้าง สปอร์*, ***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการ สร้างสปอร์ (µg/ml)
Borax	0	5.00 ^a	-	93.35 ^{ab}	-	
	10	4.15 ^b	17.00 ^f	73.20 ^{abc}	21.16 ^h	
	50	3.91 ^{bcd}	21.75 ^{def}	65.90 ^{bcd}	29.02 ^{gh}	
	100	3.73 ^{bcde}	25.50 ^{def}	57.05 ^{cdefg}	38.56 ^{efg}	3.81
	500	3.45 ^{efg}	31.00 ^{bcd}	46.10 ^{bcd}	50.10 ^{def}	
	1000	2.84 ^h	43.25 ^a	31.60 ^{efg}	65.97 ^{abc}	
C.V. (%)		6.62		19.84		

* ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำจากข้อมูลที่เกี่ยวข้องในแต่ละส่วน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

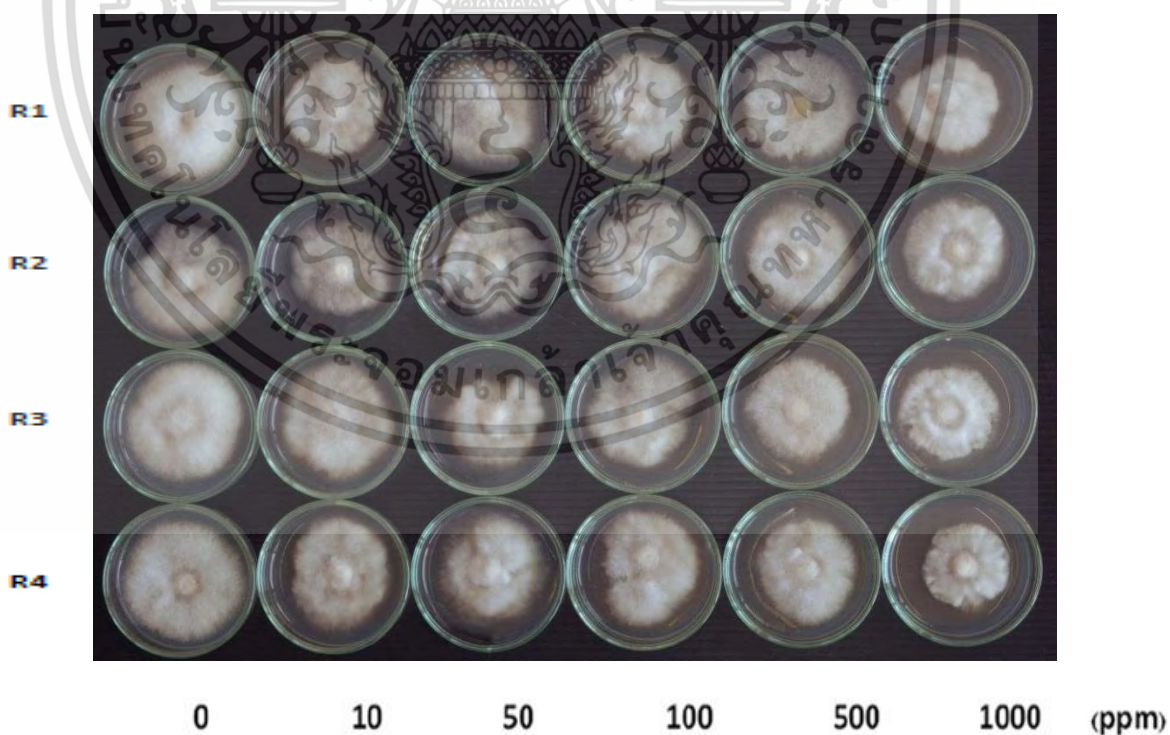
** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของโคโลนีได้จากการนำขนาดเส้นใยมาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C = ชุดควบคุม และ T = Treatment ค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

*** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ได้จากการนำจำนวนสปอร์มาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C = ชุดควบคุม และ T = Treatment โดยค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

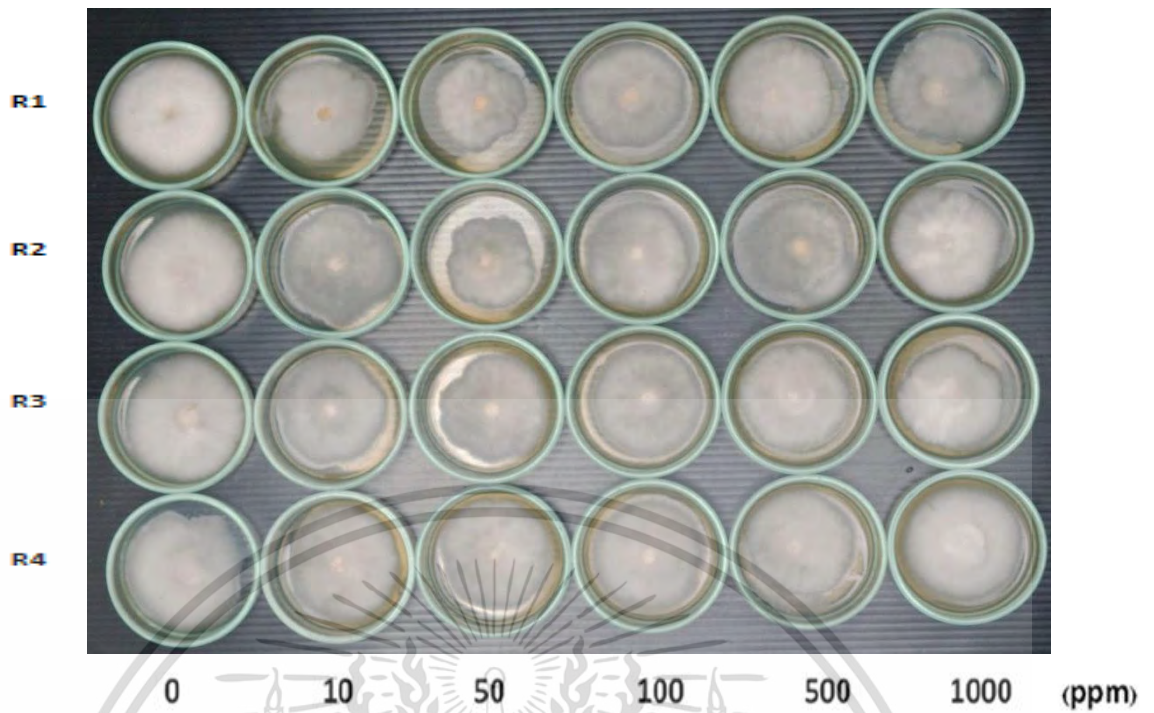


รูปที่ 4.20 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

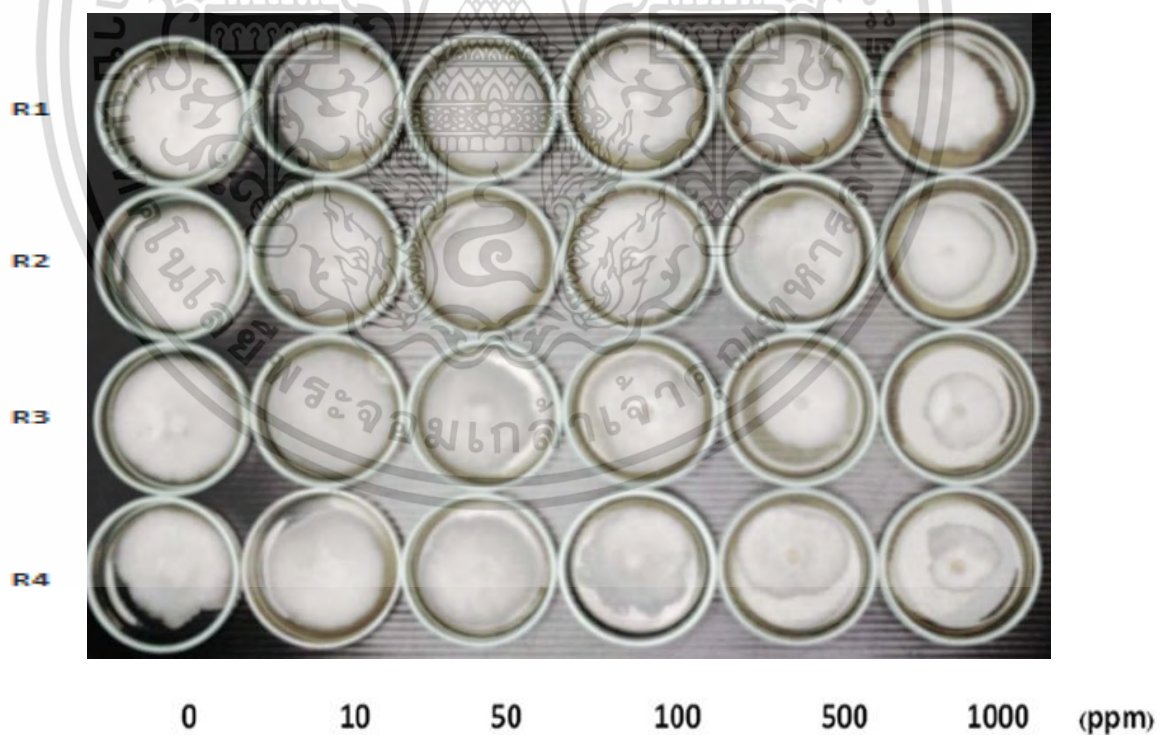


รูปที่ 4.21 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของ Nano-elicitor ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโคโตซานที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561



รูปที่ 4.23 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารบอแร็กซ์ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ผลการศึกษาการยับยั้งเชื้อ *Penicillium* spp.

การทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อกับน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสพบว่าที่ทุกความเข้มข้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญได้ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 40.27×10^4 , 28.75×10^4 , 26.72×10^4 , 26.95×10^4 , 24.87×10^4 และ 16.77×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 28.61, 33.64, 33.08, 38.24 และ 58.35% ตามลำดับ โดยมีค่า ED_{50} ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 4.48 $\mu\text{g/ml}$

การทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อกับ Nano - elicitor พบว่าที่ทุกความเข้มข้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญได้ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ ระดับความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm พบจำนวนสปอร์เท่ากับ 40.27×10^4 , 28.85×10^4 , 27.90×10^4 , 28.75×10^4 , 23.97×10^4 และ 16.75×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 28.37, 30.54, 28.61, 40.47 และ 58.41% ตามลำดับ โดยมีค่า ED_{50} ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 4.51 $\mu\text{g/ml}$

การทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อกับโคโตซาน พบว่าที่ทุกความเข้มข้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 5.00 เซนติเมตร กล่าวได้ว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญได้ สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 40.27×10^4 , 27.92×10^4 , 26.80×10^4 , 25.87×10^4 , 23.97×10^4 และ 20.24×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 30.66, 33.45, 35.75, 33.77 และ 49.16% ตามลำดับ

สำหรับการทดสอบผสมอาหารเลี้ยงเชื้อกับสารบอแรกซ์ ด้วยความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm นั้น พบโคโลนีสามารถเจริญได้ที่ 5.00 เซนติเมตรเท่ากัน ยกเว้นที่ 1000 ppm ที่เส้นใยสามารถเจริญได้ที่ 4.86 เซนติเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญได้ 2.75% สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์พบว่าความเข้มข้นที่ 0, 10, 50, 100, 500 และ 1000 ppm พบจำนวนสปอร์เท่ากับ 40.27×10^4 , 26.45×10^4 , 29.25×10^4 , 26.15×10^4 , 19.62×10^4 และ 12.55×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 34.33, 27.37, 35.07, 51.27 และ 68.84% ตามลำดับ โดยมีค่า ED_{50} ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 4.74 $\mu\text{g/ml}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4. 6 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งเชื้อรา *Penicillium* spp.

Treat- ment	ความ เข้มข้น (ppm)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง โคโลนี* (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การเจริญ*, **	ปริมาณ สปอร์ (10 ⁴)/ml*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การสร้าง สปอร์*, ***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการ สร้างสปอร์ (µg/ml)
Wood	0	5.00 ^a	-	40.27 ^{ab}	-	4.48
vinegar	10	5.00 ^a	0.00 ^b	28.75 ^g	28.61 ^e	
	50	5.00 ^a	0.00 ^b	26.72 ^{efg}	33.64 ^{de}	
	100	5.00 ^a	0.00 ^b	26.95 ^{defg}	33.08 ^{de}	
	500	5.00 ^a	0.00 ^b	24.87 ^{defg}	38.24 ^{cde}	
	1000	5.00 ^a	0.00 ^b	16.77 ^{defg}	58.35 ^{ab}	
Nano- elicitor	0	5.00 ^a	0.00 ^b	40.27 ^{ab}	-	4.51
10	5.00 ^a	0.00 ^b	28.85 ^{ab}	28.37 ^e		
	50	5.00 ^a	0.00 ^b	27.90 ^a	30.54 ^e	
	100	5.00 ^a	0.00 ^b	28.75 ^{cdef}	28.61 ^e	
	500	5.00 ^a	0.00 ^b	23.97 ^{cdefg}	40.47 ^{cde}	
	1000	5.00 ^a	0.00 ^b	16.75 ^{cdefg}	58.41 ^{ab}	
Chitosan	0	5.00 ^a	0.00 ^b	40.27 ^{ab}	-	
10	5.00 ^a	0.00 ^b	27.92 ^{cde}	30.66 ^e		
	50	5.00 ^a	0.00 ^b	26.80 ^{cdefg}	33.45 ^{de}	
	100	5.00 ^a	0.00 ^b	25.87 ^{efg}	35.75 ^{cde}	
	500	5.00 ^a	0.00 ^b	26.67 ^{fg}	33.77 ^{de}	
	1000	5.00 ^a	0.00 ^b	20.47 ^{fg}	49.16 ^{bcd}	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

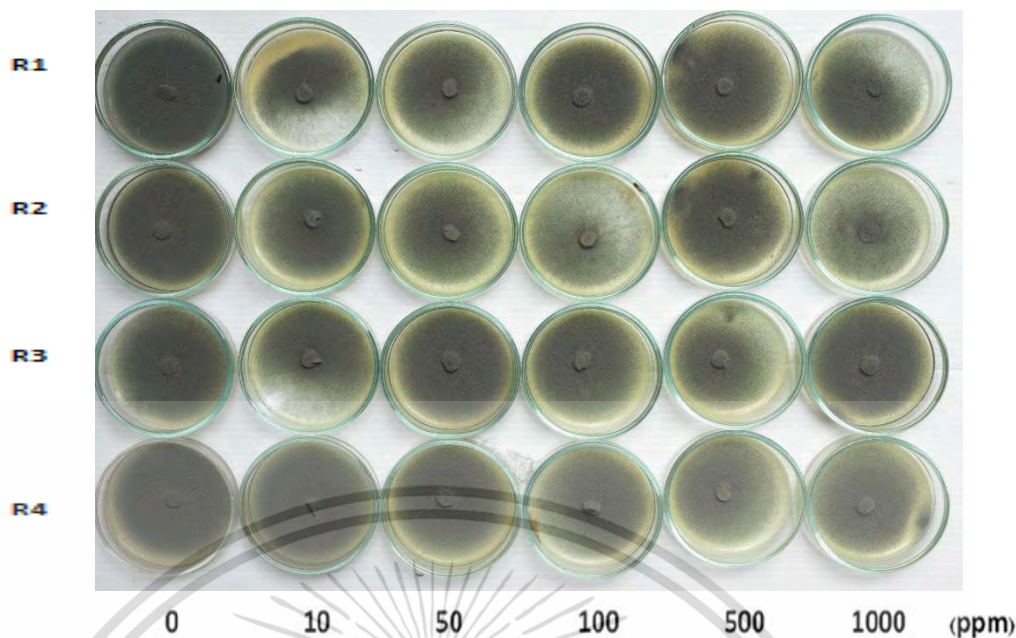
Treat- ment	ความ เข้มข้น (ppm)	ขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง โคโลนี (ซม.)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การเจริญ*, **	ปริมาณ สปอร์ (10 ⁴)*	เปอร์เซ็นต์ การยับยั้ง การสร้าง สปอร์*, ***	ค่า ED ₅₀ ยับยั้งการ สร้างสปอร์ (µg/ml)
Borax	0	5.00 ^a	0.00 ^b	40.27 ^{ab}	-	4.74
	10	5.00 ^a	0.00 ^b	26.45 ^{abc}	34.33 ^{de}	
	50	5.00 ^a	0.00 ^b	29.25 ^{bcd}	27.37 ^e	
	100	5.00 ^a	0.00 ^b	26.15 ^{cdefg}	35.07 ^{cde}	
	500	5.00 ^a	0.00 ^b	19.62 ^{cdefg}	51.27 ^{bc}	
	1000	4.86 ^b	2.75 ^a	12.55 ^{efg}	68.84 ^a	
C.V. (%)		0.65		34.91		

* ค่าเฉลี่ย 4 ซ้ำจากข้อมูลที่เกิดขึ้นรวมในแต่ละส่วน ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

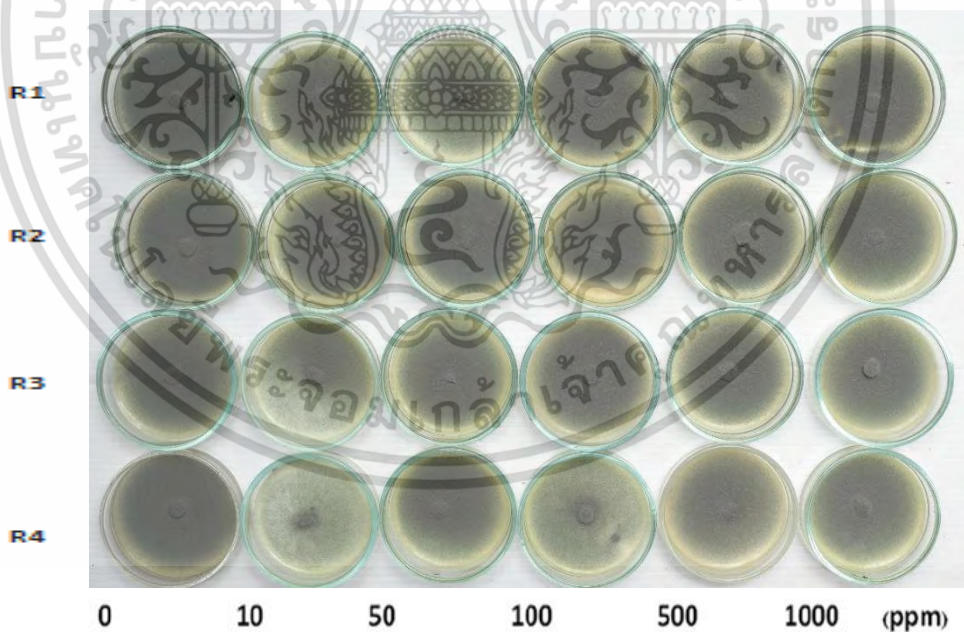
** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของโคโลนีได้จากการนำขนาดเส้นโยมาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C= ชุดควบคุม และ T= Treatment ค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

*** เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ได้จากการนำจำนวนสปอร์มาคำนวณด้วยสูตร $(C-T/C) \times 100$ ซึ่ง C= ชุดควบคุม และ T= Treatment โดยค่าในแต่ละความเข้มข้นได้มาจากค่าเฉลี่ยจำนวน 4 ซ้ำ ตัวอักษรหลังค่าเฉลี่ยที่เหมือนกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่า P = 0.05

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

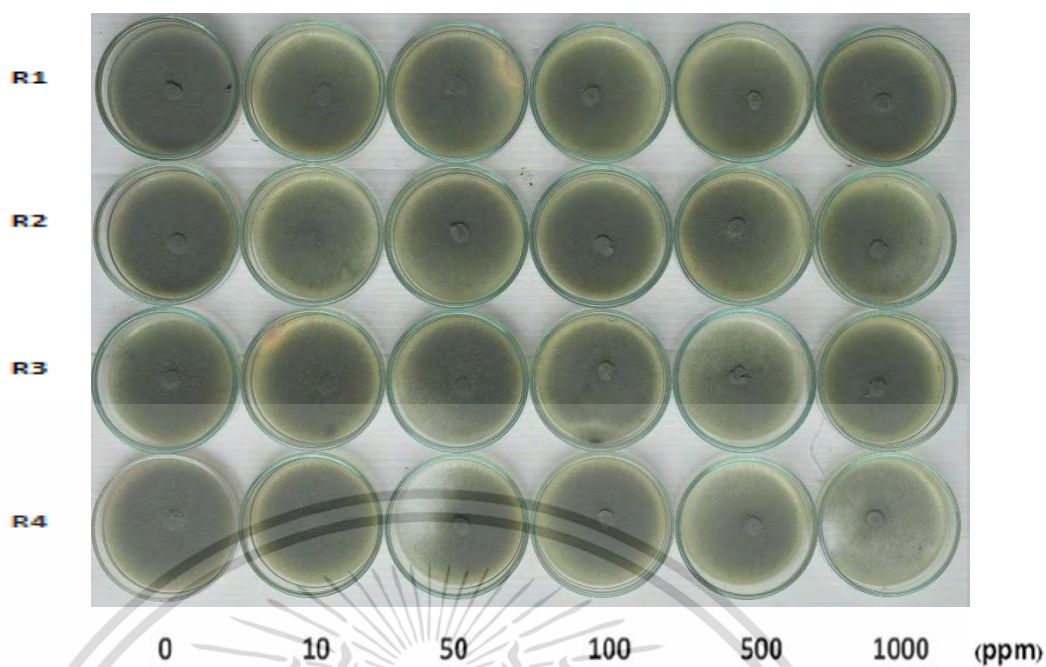


รูปที่ 4.24 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Penicillium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

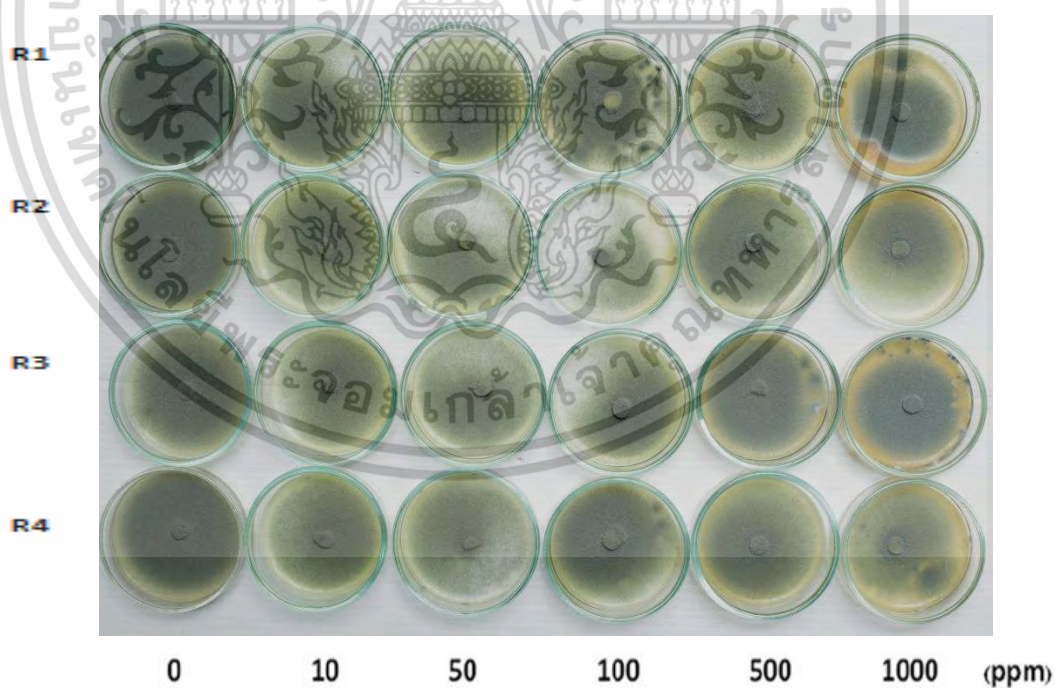


รูปที่ 4.25 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของ Nano-elicitor ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Penicillium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.26 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของโคโตซานที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Penicillium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561



รูปที่ 4.27 รูปภาพแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารบอแร็กซ์ที่มีต่อการเจริญของเชื้อ *Penicillium* spp. ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบสารธรรมชาติในการยับยั้งเชื้อราบนชิ้นงาน

ผลการทดสอบในอาคารโดยปลูกเชื้อราสาเหตุบนชิ้นงานแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางทั้งหมดทุกชิ้น รวมเป็น 24 ชิ้น ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมงแล้วฉีดพ่นสารทดสอบ เมื่อครบระยะเวลา 30 วัน ใช้สารแต่ละชนิดในการพ่นคิดเป็น 320 มิลลิลิตร จำนวนการฉีดแต่ละสารคิดเป็น 24 ครั้ง เฉลี่ยครั้งละ 2.16 มิลลิลิตร ทำการวัดระดับความรุนแรงของเชื้อราโดยอ้างอิงจากวิธีการของกลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้ (กรมป่าไม้, 2558) พบว่ามีโคโลนีของเชื้อสาเหตุเจริญขึ้นในทุก ๆ จำนวนชิ้น ในขณะที่ชิ้นไม้ที่ทำการฉีดพ่นด้วยสารยับยั้งทางชีวภาพนั้น พบว่าไม่มีการเจริญของเชื้อสาเหตุ โดยชิ้นไม้ที่ปลูกเชื้อเพียงอย่างเดียวพบว่ามีระดับความรุนแรงตั้งแต่ระดับ 2-4 (ตารางที่ 4-7)

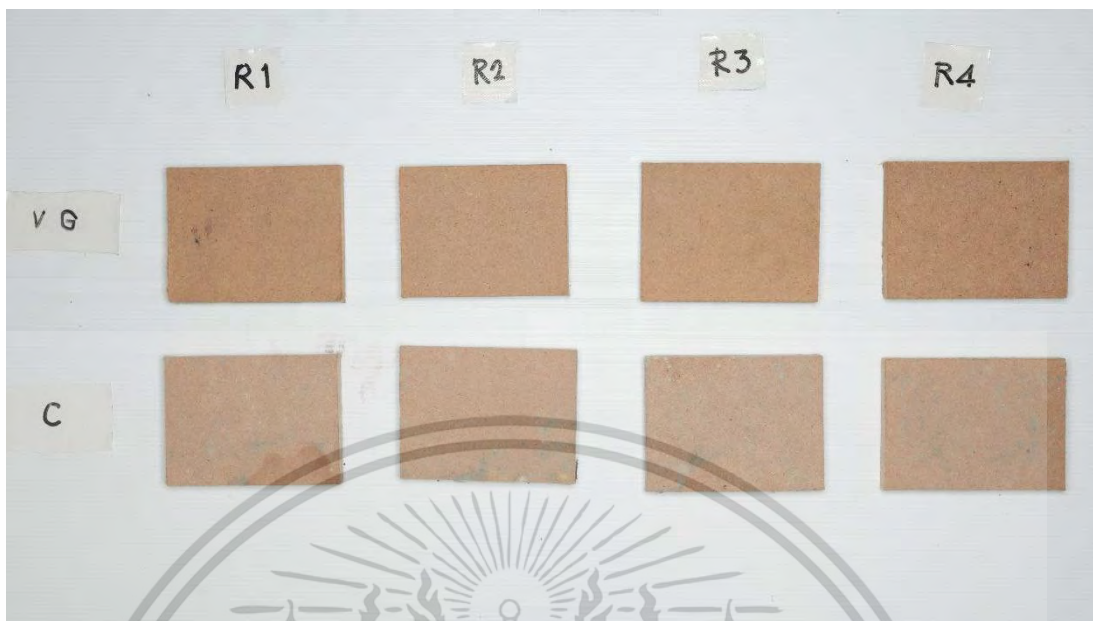
ตารางที่ 4.7 ผลการวัดระดับความรุนแรงของเชื้อราบนผิวไม้หลังจากทำการปลูกเชื้อ 30 วัน

สารทดลอง	ความเข้มข้น	Treatment	R1	R2	R3	R4
A1 น้ำส้มควันไม้	B1	A1B1	2	2	2	3
	B2	A1B2	0	0	0	0
A2 ไคโตซาน	B1	A2B1	3	4	2	3
	B2	A2B2	0	0	0	0
A3 นาโนอลิซิเตอร์	B1	A3B1	2	4	3	2
	B2	A3B2	0	0	0	0

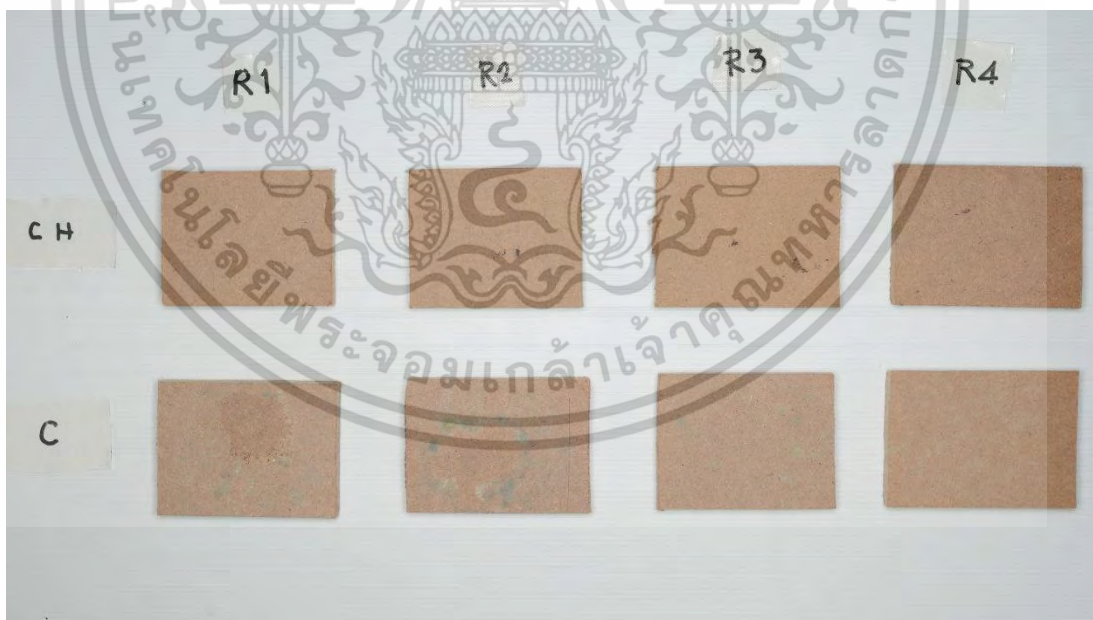
ความเข้มข้น B1=0 ppm. , B2=1000 ppm.

ระดับการเจริญของเชื้อราบนชิ้นงาน (degree of infection rating) แบ่งเป็น 5 ระดับ 1= ไม่เกิดรอยปนเปื้อนบนไม้ 2= เกิดรอยปนเปื้อนเล็กน้อย (น้อยกว่า 25% ของพื้นที่) 3= เกิดรอยปนเปื้อนปานกลาง (25-50%) 4= เกิดรอยปนเปื้อนมาก (50-75%) 5= เกิดรอยปนเปื้อนรุนแรง (75-100%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

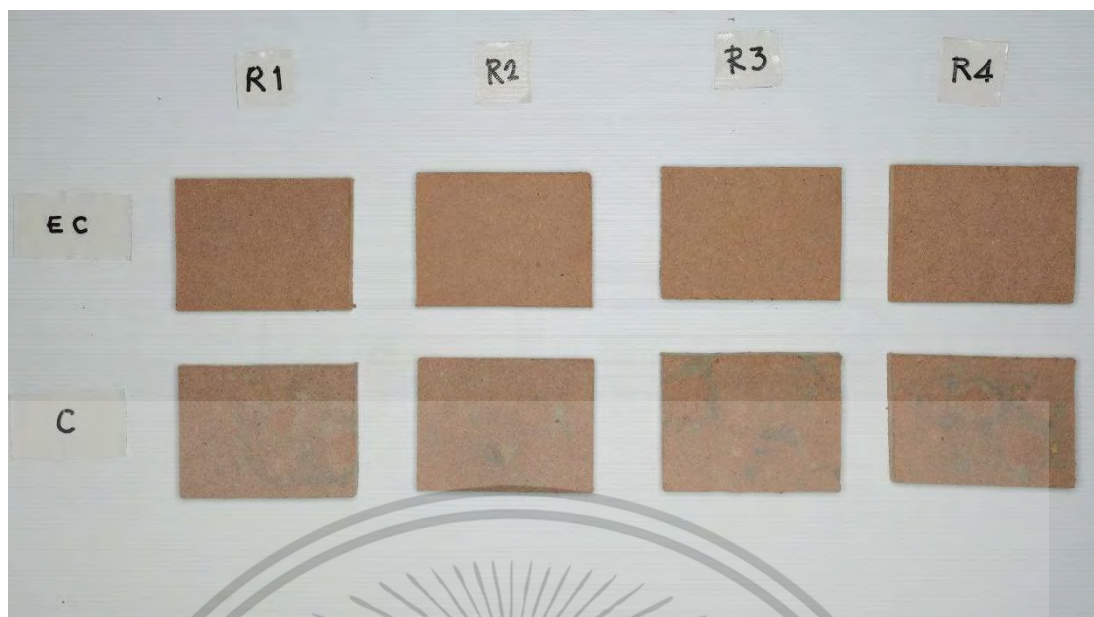


รูปที่ 4.27 รูปภาพแสดงชิ้นไม้ของชุดควบคุมปลูกเชื้อสาเหตุ ชั้นที่ฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส (บน) และชุดควบคุม (ล่าง) ที่มา : ผู้วิจัย / 2561



รูปที่ 4.28 รูปภาพแสดงชิ้นไม้ของชุดควบคุมปลูกเชื้อสาเหตุ ชั้นที่ฉีดพ่นไคโตซาน (บน) และชุดควบคุม (ล่าง) ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



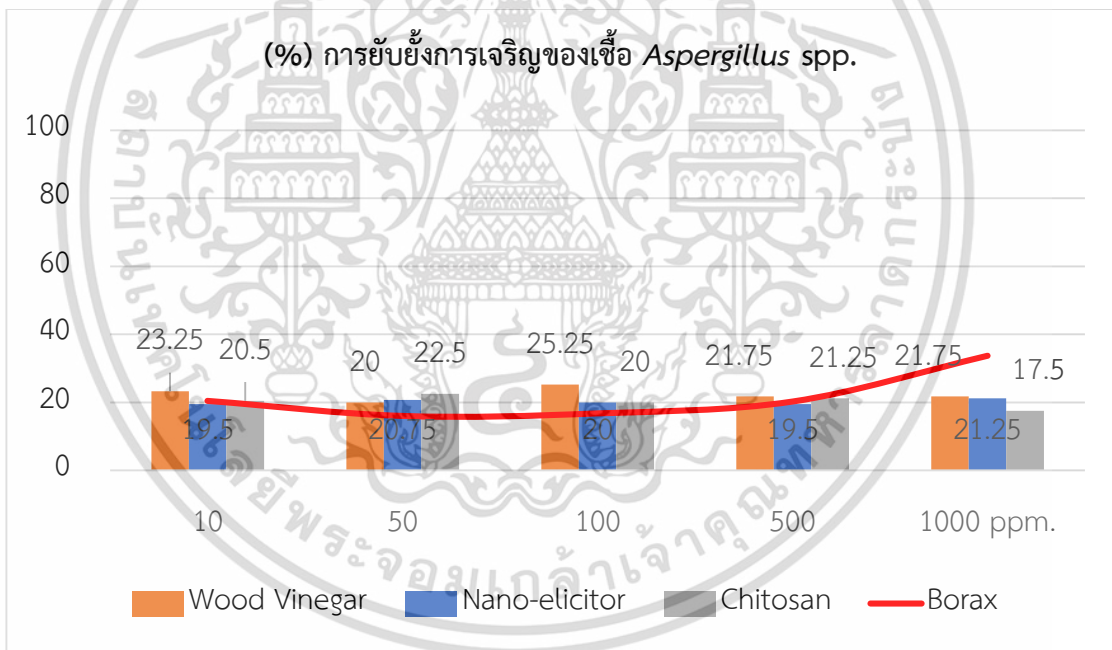
รูปที่ 4.29 รูปภาพแสดงชิ้นไม้ของชุดควบคุมปลูกเชื้อสาเหตุ ขึ้นที่ฉีดพ่น Nano-elicitor (บน) และชุดควบคุม (ล่าง) ที่มา : ผู้วิจัย / 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

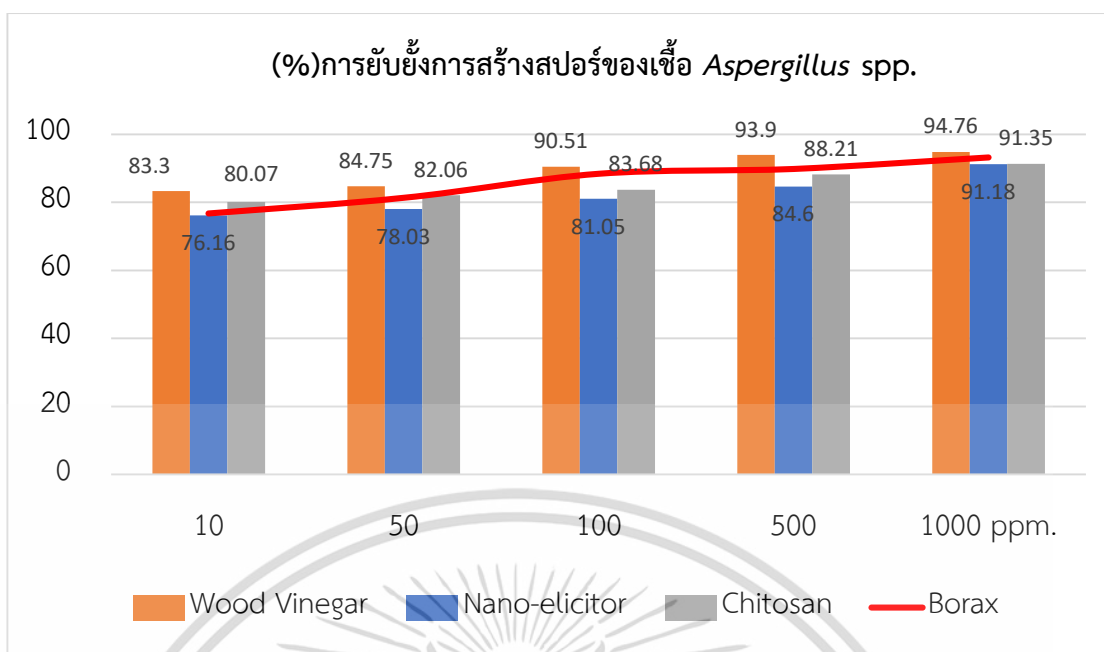
วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดสอบของสารจากธรรมชาติและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* sp. พบว่าน้ำส้มควันไม้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อมากที่สุดในสารธรรมชาติด้วยกัน โดยสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุได้ประมาณ 20% ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ Shiah และคณะ (2007) ที่ทำการทดสอบความสามารถของน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากต้นไผ่กับเชื้อราที่สามารถแพร่กระจายได้ง่ายทางอากาศ โดยพบว่าเชื้อสาเหตุสามารถเจริญได้ประมาณ 50–85% สาเหตุอาจเป็นเพราะสารประกอบ phenolic ซึ่งเคยมีหลายรายงานกล่าวเอาไว้ว่าเป็นสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์บางชนิดได้ โดย Mungkunkamchao และคณะ(2013) ได้รายงานเอาไว้ว่าน้ำส้มควันไม้มีส่วนใหญ่ประกอบด้วยกรดอินทรีย์ สารประกอบ phenolic และ alkane รวมไปถึงแอลกอฮอล์อีกด้วย



รูปที่ 5.1 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp.

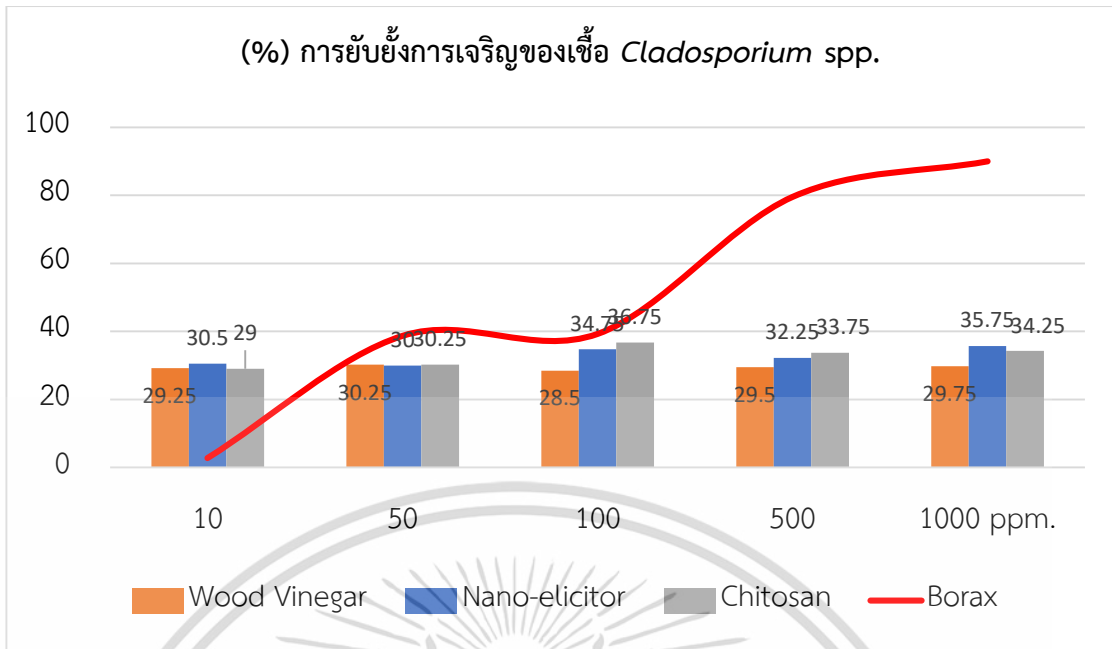
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



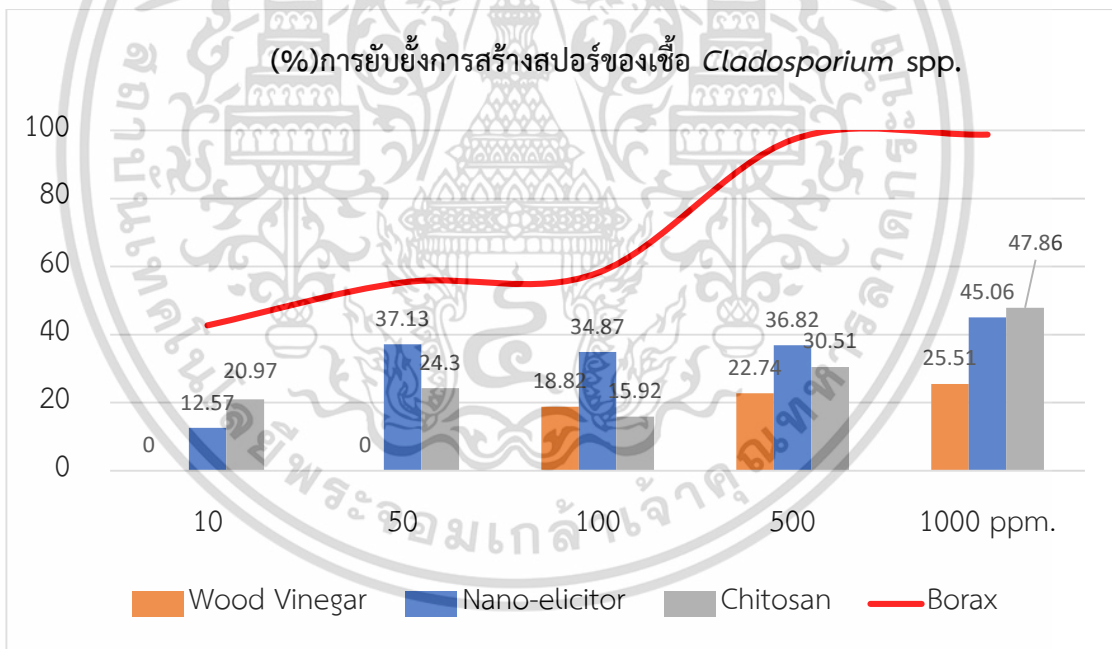
รูปที่ 5.2 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Aspergillus* spp.)

การทดสอบกับเชื้อ *Cladosporium* sp. พบว่าสารยับยั้งทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดก็คือไคโตซานและ Nano-elicitor ซึ่งคล้ายคลึงกับรายงานของ Guerrero และคณะ (2007) ที่ได้ทำการศึกษาความสามารถของไคโตซานในการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคพืช เชื้อราที่เป็นปรสิตในไส้เดือนฝอยและแมลง โดยพบว่าเชื้อ *Fusarium oxysporum* ที่เป็นสาเหตุโรคเหี่ยวในพืชนั้นมีความอ่อนแอต่อไคโตซานมากกว่าเชื้อราที่เป็นปรสิตและเชื้อราสาเหตุโรคชนิดอื่น สาเหตุอาจเป็นเพราะเชื้อสาเหตุดังกล่าวไม่มีความสามารถในการย่อยสลายไคโตซาน (chitinolytic producing) เหมือนกับเชื้อราที่อยู่ต่างสกุล โดยเมื่อไคโตซานสามารถผ่านเข้าไปในเส้นใยหรือสปอร์ของเชื้อสาเหตุ จะทำให้เกิดการสูญเสีย รวมไปถึงความผิดปกติขององค์ประกอบต่างๆภายในเซลล์และไซโตพลาสซึม (disorganization) อันเป็นสาเหตุที่ทำให้ความสามารถในการเจริญของเชื้อราบางชนิดลดลง นอกจากนั้นแล้ว จากรายงานของ Stan และคณะ (2003) ที่ทำการทดลองโดยนำไคโตซานความเข้มข้น 2% เคลือบที่ผลของสตรอเบอร์รี่ร่วมกับสารโปรแทสเซียม ซอร์เบต พบว่าสามารถที่จะควบคุมเชื้อ *Cladosporium* sp. ได้ โดยผลที่ไม่ทำการเคลือบนั้นมีอัตราการเจริญของเส้นใยอยู่ที่ 13 มิลลิเมตร ในขณะที่ไม่พบการเจริญบนผลที่ทำการเคลือบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



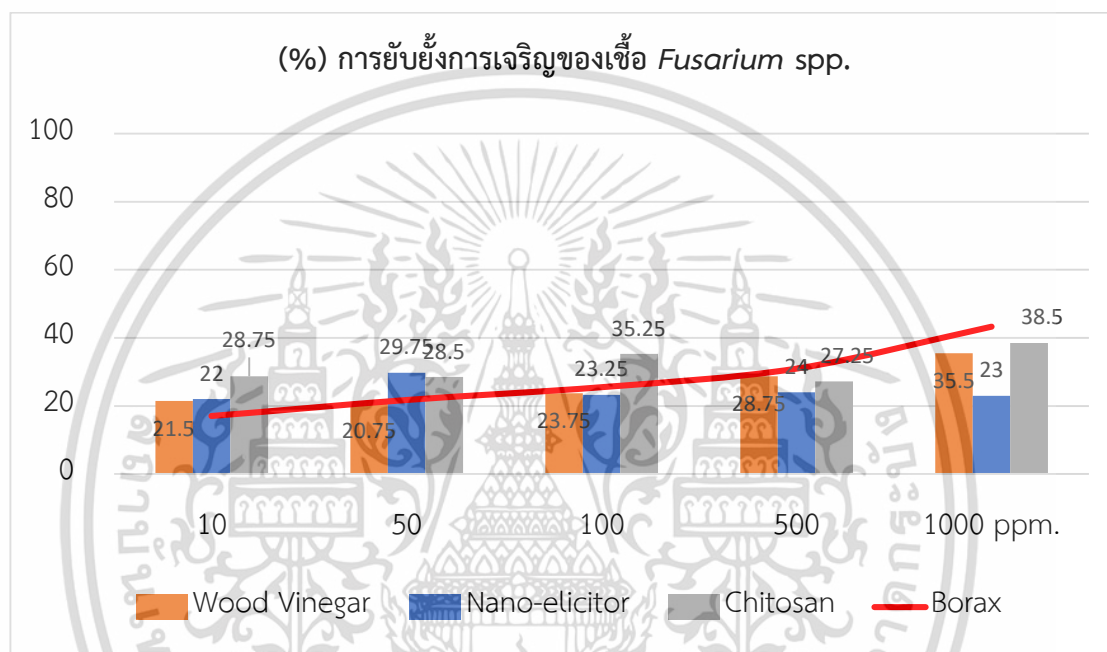
รูปที่ 5.3 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp.



รูปที่ 5.4 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Cladosporium* spp.

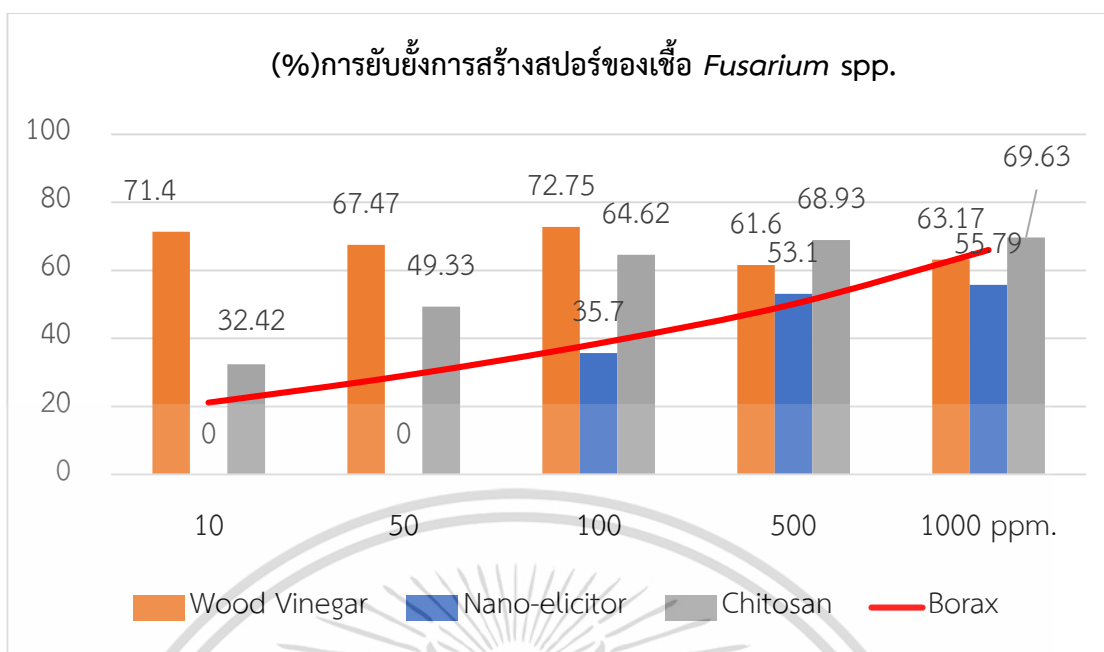
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการทดสอบสารยับยั้งทางชีวภาพกับเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่าสารยับยั้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือไคโตซานเช่นเดียวกับการทดสอบกับเชื้อ *Cladosporium* sp. โดยสามารถอ้างอิงได้จากผลการทดลองของ Allan และคณะ (1979) ที่ใช้ไคโตซานในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคหลายๆชนิด โดยไคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของ *Fusarium culmorum* และ *F. avenaceum* ในระดับที่ไม่สามารถเจริญได้เมื่อใช้ที่ความเข้มข้น 250-500 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือประมาณ 250-500 ppm



รูปที่ 5.5 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp.

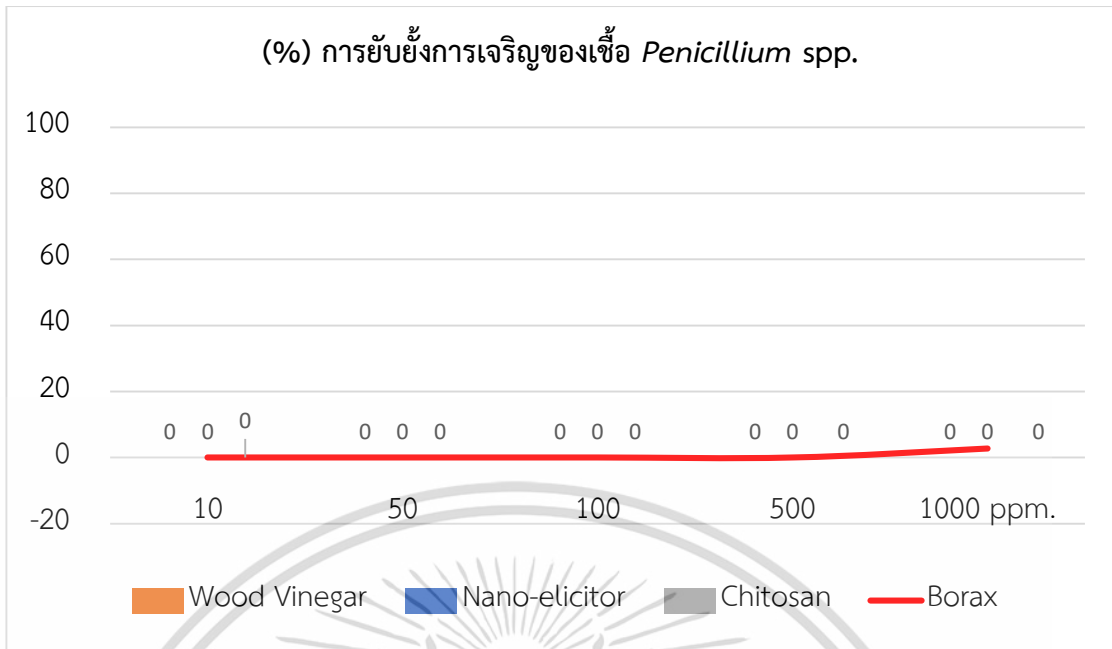
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



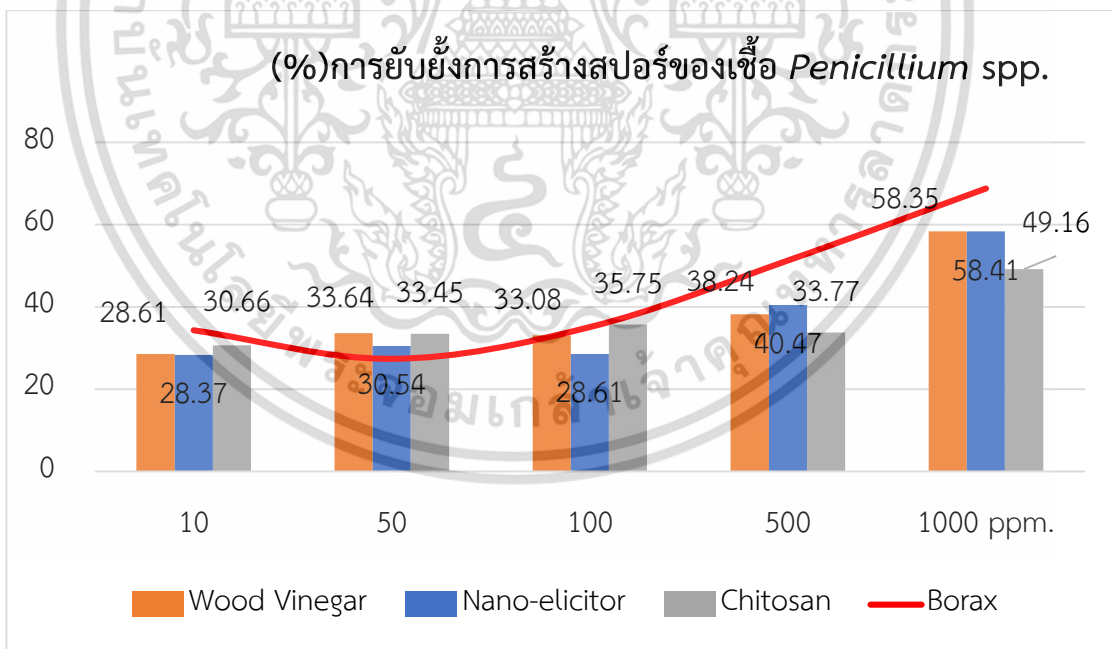
รูปที่ 5.6 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Fusarium* spp.

ส่วนการทดสอบหาสารยับยั้งทางชีวภาพที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Penicillium* sp. พบว่าเชื้อราสามารถเจริญได้จนเต็มจานอาหารเลี้ยงใช้ในๆทุกสารยับยั้ง รวมไปถึงสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ประสิทธิภาพของสารยับยั้งนั้นสามารถตรวจสอบได้จากปริมาณของสปอร์แทน โดยพบว่าเมื่อตรวจสอบสปอร์จากจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสที่ 1000 ppm เชื้อราจะมีความสามารถในการสร้างสปอร์ที่ 16.75×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งเป็นปริมาณสปอร์ที่ต่ำสุดในกลุ่มสารยับยั้งทางชีวภาพ โดยสาเหตุที่ทำให้การเจริญแตกต่างกันมากอาจเป็นเพราะเชื้อราดังกล่าวสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว จึงสามารถเจริญจนเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อได้ก่อน หรืออาจเป็นเพราะเชื้อรามีความสามารถในการต้านทานสารเคมีและสารยับยั้งทางชีวภาพ นอกจากนั้นอาจเป็นเพราะว่ากลไกในการออกฤทธิ์ของสารชนิดต่างๆที่มีต่อเชื้อราบางชนิดนั้นต่างกันออกไป จึงทำให้ได้ผลการทดสอบแตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Penicillium* spp.



รูปที่ 5.8 แผนภูมิเปรียบเทียบ(%)การยับยั้งการสร้างสปอร์ของเชื้อ *Penicillium* spp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดสอบประสิทธิภาพบนชิ้นงานแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางของสารยับยั้งทางชีวภาพในการควบคุมเชื้อราผิวไม้ พบว่าเป็นไปในทางเดียวกันกับผลการทดลองด้วย Poisoned food technique ในห้องปฏิบัติการคือสามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุได้ ข้อแตกต่างอยู่ที่ Poisoned food technique นั้นสารธรรมชาติมีฤทธิ์ยับยั้งได้ระดับหนึ่ง แต่เมื่อทำการทดสอบกับชิ้นงาน พบว่าน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส ไคโตซาน และนาโนอิลิซิเตอร์ที่ความเข้มข้น 1000 ppm นั้นมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเชื้อราสูงสุด เนื่องจากในระยะเวลา 30 วัน ไม่พบการเจริญของเชื้อสาเหตุดังกล่าวในทุกๆ ชิ้นงานที่ฉีดพ่นเลย ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ทำการปลูกเชื้อ พบว่าการเจริญของเส้นใยเชื้อราอย่างชัดเจนบนผิวหน้า โดยสาเหตุที่ทำให้ผลการทดลองในสภาพจริงกับสภาพห้องปฏิบัติการเป็นไปในทางเดียวกันแต่แตกต่างกันที่ประสิทธิภาพ อาจเป็นเพราะตัวชิ้นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนั้นที่มีความสามารถในการดูดซึมความชื้นได้ดี เมื่อทำการฉีดพ่นสารยับยั้งตัวชิ้นไม้จึงทำการดูดซึมสารดังกล่าวอย่างรวดเร็วทำให้เมื่อขึ้นส่วนก่อโรคของเชื้อราสาเหตุตกลงบนผิวหน้าไม้จึงไม่สามารถเจริญได้ ทว่าถึงแม้ชิ้นไม้จะมีความสามารถในการดูดซึม แต่แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางนั้นเป็นวัสดุที่ไม่กักเก็บความชื้น จึงทำให้ความชื้นมีการระเหยอย่างรวดเร็ว จึงต้องใช้วิธีการฉีดพ่นทุก ๆ 5 วันเพื่อยับยั้งการเกิดเชื้อรา

สำหรับการเจริญของเชื้อราผิวบนชิ้นงานที่ทำ Moist chamber และชิ้นงานควบคุมที่ปลูกเชื้อในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดจากธรรมชาติ นั้นพบความแตกต่างกันมาก ชิ้นงานที่ทำ Moist chamber นั้นบางชิ้นพบการเจริญเต็มพื้นที่และมีเส้นใยหนาแน่น บางชิ้นพบเส้นใยไม่หนาแน่น ในขณะที่ชิ้นงานชุดควบคุมนั้นพบความเจริญของเส้นใยที่ไม่หนาแน่นเท่ากับชิ้นงานชุดที่ Moist chamber บางชิ้น สาเหตุคาดว่าชิ้นงานไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ ทำให้ปริมาณสปอร์ที่ชิ้นงานได้รับนั้นไม่คงที่สม่ำเสมอเมื่อได้รับความชื้นใน Moist chamber ที่มีมากกว่า ทำให้พบการเจริญเส้นใยที่มากกว่าชิ้นงานชุดควบคุม เพราะชิ้นงานชุดควบคุมนั้นได้ทำการนึ่งฆ่าเชื้อก่อนนำมาทดสอบ แล้วปลูกเชื้อพร้อมกันในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลอง

จากการดักเชื้อจากอากาศสัปดาห์ละครั้ง เป็นเวลา 4 สัปดาห์และการบ่มขึ้นไม้ที่ได้จากโครงการก่อสร้างที่ทำการศึกษาใน moist chamber เป็นเวลา 7 วัน ที่ห้องปฏิบัติการเห็ดรา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง แล้วนำไปแยกเชื้อให้ได้เชื้อบริสุทธิ์ พบเชื้อรา 4 สกุลที่สามารถพบได้มากที่สุด คือ *Aspergillus* sp. *Cladosporium* sp. *Fusarium* sp. และ *Penicillium* sp. ซึ่งเป็นเชื้อราที่พบได้ในอากาศ โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Aspergillus* sp. พบว่าโคโลนีของเชื้อมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ พบกลุ่มของสปอร์เป็นจำนวนมากบนเส้นใย เมื่อทำการศึกษาในกล้องจุลทรรศน์พบโคโคนีเดียของเชื้อจำนวนมากที่มีรูปร่างกลมไขอยู่เหนือกลุ่มของ phialides สีดำที่สร้างอยู่บนก้านชูสปอร์หรือ Conidiophore ลักษณะกลม (Globose) ในขณะที่เชื้อ *Cladosporium* sp. นั้น พบโคโลนีที่มีลักษณะฟูสีน้ำตาลอ่อน พบกลุ่มผงแป้งสีเข้มบนเส้นใยที่เป็นกลุ่มของโคโคนีเดียจำนวนมาก พบเส้นใยที่ค่อนข้างโค้งเรียวก โคนีเดียที่พบมีลักษณะเป็นสายโซ่ (Conidial chain) สปอร์มีลักษณะเป็นรูปกลมไข่ ผงเซลล์เรียบ นอกจากนั้นยังพบกลุ่มของ Chlamydo-spore อีกด้วย ส่วนลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเชื้อ *Fusarium* sp. พบว่าโคโลนีบนอาหารเลี้ยงเชื้อมีลักษณะฟูเป็นสีขาว เมื่อทำการตรวจด้วยกล้องจุลทรรศน์พบเส้นใยสีขาว ไม่มีสีก้านชูโคโคนีเดียแตกแขนงจากเส้นใย พบ Macroconidia มีขนาดเรียวยาวเป็นจำนวนมาก นอกจากนั้นยังพบกลุ่มของ chlamydo-spore ที่เจริญอยู่ระหว่างเส้นใย (Intercalary chlamydo-spore) และเชื้อสุดท้ายที่พบคือเชื้อ *Penicillium* sp. โดยโคโลนีของเชื้อที่พบมีลักษณะเป็นเส้นใยสีเขียวออกน้ำเงิน เมื่อแก่เปลี่ยนเป็นสีเทาอ่อน เมื่อนำไปตรวจใต้กล้องจุลทรรศน์พบ Phialospore ลักษณะกลมที่เกิดเป็นกลุ่มที่ปลายก้าน Phialide ซึ่งเกิดแตกออกเป็นจุดเดียวกันจากก้านชูสปอร์ หรือที่เรียกว่า Phialophore

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพโดยการใช้น้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัส ไคโตซานและนาโนลิซิเตอร์เทียบกับสารบอแรกซ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี poisoned food technique พบว่าน้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัสนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* sp. มากที่สุด โดยเชื้อสามารถเจริญได้อยู่ในช่วง 3.74 ถึง 4.00 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้น 1000 ppm คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญ อยู่ที่ 21.75% และมีปริมาณสปอร์อยู่ที่ 8.85×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งได้ที่ 94.76% โดยมีค่า ED₅₀ ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 9.30 µg/ml

สำหรับผลการทดสอบผสมสารยับยั้งทางชีวภาพลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเพื่อควบคุมเชื้อ *Cladosporium* spp. พบว่าไคโตซานและนาโนลิซิเตอร์ นั้นให้ผลที่ไม่ได้แตกต่างกันทางสถิติ โดยในการผสมนาโนลิซิเตอร์ ความเข้มข้นที่ 1000 ppm ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่าเส้นใยของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเจริญได้ที่ 3.21 เซนติเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญได้ 35.75% ในขณะที่อาหารเลี้ยงเชื้อผสมโคโตซานที่ความเข้มข้น 1000 ppm เชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 3.29 เซนติเมตรคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญได้ 29.00, 30.25, 36.75, 33.25 และ 34.25% สำหรับความสามารถในการสร้างสปอร์ของเชื้อสาเหตุ พบว่าความเข้มข้นที่ 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 9.10×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เมื่อนำไปคำนวณเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ พบว่ามีค่าอยู่ที่ 45.06% ในขณะที่เชื้อที่เจริญในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมโคโตซานมีจำนวนสปอร์เท่ากับ 8.58×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และมีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์อยู่ที่ 47.86%

ผลทดสอบการปลูกเชื้อ *Fusarium* spp. บนอาหาร PDA ผสมสารสกัดจากธรรมชาติ พบว่าโคโตซานมีประสิทธิภาพมากที่สุด ที่ความเข้มข้น 1000 ppm นั้น เส้นใยของเชื้อราสามารถเจริญได้ที่ 3.07 เซนติเมตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญอยู่ที่ 38.50% ส่วนการควบคุมการสร้างสปอร์นั้น พบว่า ที่ความเข้มข้น 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 28.20×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 47.86% ซึ่งเป็นค่าสูงสุดในบรรดากลุ่มสารยับยั้งทางชีวภาพ

ผลทดสอบการปลูกเชื้อ *Penicillium* spp. บนอาหาร PDA ผสมสารสกัดจากธรรมชาติ พบว่า ที่ทุกความเข้มข้นของสารทั้งหมดรวมถึงสารเคมี โคลนินเชื้อราสามารถเจริญได้เต็มจานขนาด 5.00 เซนติเมตร หรือกล่าวได้ว่าไม่สามารถยับยั้งการเจริญได้ จากการนับจำนวนสปอร์ พบว่าน้ำส้มควันไม้และนาโนอลิซิเตอร์ให้ผลไม่ต่างกัน โดยในอาหารที่ผสมน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้น 1000 ppm เชื้อราจะมีความสามารถในการสร้างสปอร์ที่ 16.77×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์ได้ 58.35% โดยมีค่า ED_{50} ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 4.48 $\mu\text{g/ml}$ ซึ่งให้ผลที่ไม่แตกต่างกันกับอาหารที่ผสมนาโนอลิซิเตอร์ โดยที่ความเข้มข้น 1000 ppm มีจำนวนสปอร์เท่ากับ 16.75×10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้างสปอร์อยู่ที่ 58.41% โดยมีค่า ED_{50} ในการยับยั้งการสร้างสปอร์ที่ 4.51 $\mu\text{g/ml}$

การทดสอบบนชิ้นงานภายในอาคารปฏิบัติการเห็ดรา ทำการฉีดพ่นสารละลายเชื้อราสาเหตุเพื่อปลูกเชื้อบนชิ้นงานทั้งหมด 24 ชุด ไว้ในตู้ทดสอบเป็นเวลา 30 วัน พบว่ามีโคลนินของเชื้อสาเหตุเจริญขึ้นบนผิวชิ้นงานชุดควบคุมที่ไม่ได้พ่นสารสกัดจากธรรมชาติทั้งหมด โดยมีระดับการเจริญของเชื้อราที่ระดับ 2 ถึง 4 ประเมินตามคู่มือปฏิบัติการป้องกันเห็ดราทำลายไม้ กรมป่าไม้ ซึ่งเป็นระดับปานกลางถึงมาก ในขณะที่ชิ้นงานที่ทำการฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัส โคโตซานและนาโนอลิซิเตอร์ ทุก 5 วัน ไม่พบโคลนินเชื้อสาเหตุเลย จึงสรุปว่าสารสกัดจากธรรมชาติที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ ทั้งน้ำส้มควันไม้จากต้นยูคาลิปตัส โคโตซาน และนาโนอลิซิเตอร์ สามารถควบคุมเชื้อราผิวไม้บนแผ่นไม้อัดความหนาแน่นปานกลางได้

อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้น ตัวอย่างเชื้อราเพียงโครงการเดียวที่ผู้วิจัยทำการเก็บมา ควรมีการศึกษาเชื้อราเพิ่มขึ้นในโครงการอื่น รวมถึงพื้นที่อื่น ๆ ที่พบเชื้อราที่เกิดขึ้นจริงภายในโครงการ ในการศึกษาต่อไปของประสิทธิภาพน้ำยาควรศึกษาความคงทนของน้ำยาที่ฉีดพ่น เพื่อให้มีประสิทธิภาพนานขึ้น รวมถึงควรทดสอบเพื่อศึกษาประสิทธิภาพสารธรรมชาติในการเอ็กซานเป็นเอ็กซานที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรักษาแทนนั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุในสภาวะที่มีความชื้นสูง ดังที่เห็นได้จากการบ่มชิ้นงานตัวอย่างใน Moist chamber นั้น การเจริญของเชื้อราผิวมีเส้นใยหนาแน่นมากกว่าชิ้นงานทดสอบที่ปลูกเชื้อเมื่อมองด้วยตาเปล่า พร้อมกันนี้การใช้งานร่วมกับน้ำยาชนิดอื่นที่ช่างใช้กับเครื่องเรือนและงานตกแต่งภายในที่ทำมาจากจากแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง ได้แก่น้ำยาป้องกันปลวก สีทาพื้นหน้า สีพ่น แล็กเกอร์ เซลแลค เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา โดยเฉพาะปลวกซึ่งเป็นปัญหาสำคัญระยะยาวของวัสดุประเภทไม้ ใช้ร่วมกันเพื่อลดสารเคมีตกค้างในพื้นที่ เพื่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่ก่อสร้าง รวมไปถึงผู้ใช้อาคาร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- กฤติกา วัฒนวิสุทธิ์. 2556. “ผลของสารเคลือบไม้เซลแลคและแลคเกอร์ต่อการเติบโตของเชื้อราบนผิวไม้อัด.” วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เกษม สร้อยทอง. 2548. **คู่มือการทำเกษตรชีวภาพ**. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- เกษม สร้อยทอง. **คู่มือปฏิบัติการร่ววิทยาเบื้องต้น**. กรุงเทพฯ: (ม.ป.ท.), (ม.ป.ป.)
- เกษม สร้อยทอง. 2551. **เทคโนโลยีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- จิรพงษ์ คุณากาญจน์, สุวรรณ อ้าเผือก และทินกร พิริโยธา. 2552. “การใช้ประโยชน์ถ่านและน้ำส้มควันไม้จากเศษไม้ ปลายไม้ของไม้สัก เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่ม” รายงานการวิจัยกลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- ปรารถนา คิ้วสุวรรณ. 2559. “การใช้ประโยชน์จากโคโตซานฉายรังสีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในภาคการเกษตร.” สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [Online].
http://www.clinictech.most.go.th/online/blog/blog_show1.asp?blog_id=1093
- พรทิพย์ วงศ์แก้วและศุภลักษณ์ สิงหนุต. 2554. “การศึกษาประสิทธิภาพของโคโตซานในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราสาเหตุโรคสำคัญทางเศรษฐกิจของพืช” มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. [Online].
: http://www2.mtec.or.th/th/search_sys/search_proj/detail.asp?proj_id=MT-S-47-POL-12-268-G&lang=1
- แมนสรวง วุฒิอุดมเลิศ. 2555. “เชื้อที่มากับมลพิษในอากาศ:รา,”บทความเผยแพร่ความรู้สู่ประชาชน”[Online].,16กันยายน2555.
<http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0116.pdf>
- ยศนันท์ พรหมโชติกุล, กิตติพัฒน์ ลิขิตวรโชติ, ปรียาภรณ์ กล้าใจและน้ำตาล คุ่มตะโก. 2558 **คู่มือปฏิบัติการป้องกันเห็ดราทำลายไม้**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์อักษรสยามการพิมพ์.
- ยศนันท์ พรหมโชติกุล, อรุณี วินัน, อินทิรา พันธาสุ, กิตติพัฒน์ ลิขิตวรโชติ, น้ำตาล คุ่มตะโกและปรียาภรณ์ กล้าใจ. 2556. “การประเมินประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา” : เอกสารเผยแพร่กลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

ยศนันท์ พรหมโชติกุล,อินทิรา พันธาสุ, กิตติพัฒน์ ลิขิตวรโชติ, ปรียาภรณ์ กล้าใจและ น้ำตาล คุ่มตะโก. 2558. “ศักยภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการป้องกันเชื้อราทำลายไม้” **เอกสารเผยแพร่กลุ่มงานแมลงและจุลชีววิทยาป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้**. กรุงเทพฯ.

วนรักษ์ มีพึ้ง. 2544. “การวิจัยหาสาเหตุและแก้ปัญหาจุดเหลืองและเชื้อปนเปื้อนขึ้นงานไม้ ยางพารา” ปัญหาพิเศษปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วรรณ อุ่นกิตติชัย. **วัสดุทดแทนไม้**. กลุ่มงานพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ. 180 หน้า. 2555

สายชล สนิมบุญธอง. 2560. **การวางแผนการทดลองทางการเกษตร**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์บริษัทจามจุรีโปรดักส์จำกัด.

สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้ **ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ปี2557**[Online], 28 สิงหาคม 2558. แหล่งที่มา <http://forestinfo.forest.go.th/55/Content.aspx?id=10160>

สุธิดา คงทอง. 2552. “โคติน-โคโตซาน” **วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา** ปีที่3 ฉบับที่1 2552 [Online].<http://ejournals.swu.ac.th/index.php/jindedu/article/download/1965/2005>

สุพรชัย มั่งมีสิทธิ์. 2550. **น้ำส้มควันไม้ผลพลอยได้จากธรรมชาติ**. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. นครปฐม : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

Allan, C.R., Hadwigei, L.E. (1979) **The Fungicidal Effect of Chitosan on Fungi of Varying Cell Wall Composition**, *Experimental mycology* 3 p. 285-287

Ganev, S., Cloutier, A., Beauregard, R., Gendron, G. (2005) Linear expansion and thickness swell of MDF as a function of panel density and sorption state, **Wood and Fiber Science**, 37(2) p.327-336

Guerrero, J.P., Jansson, H.B., Salinas, J., Llorca L.V.L. (2007) Effect of chitosan on hyphal growth and spore germination of plant pathogenic and biocontrol fungi, **Journal of Applied Microbiology**, 104 p. 541–553

Li, Y. 2007. Mold on building materials: A calorimetric study of fungal activity as a function of environmental factors. Lund: Lund Institute of Technology

LIN, H.C., Murase, Y., Shiah, T.C., Hwang G.S., Chen P.K., Wu, W.L. (2007) Application of Moso Bamboo Vinegar with Different Collection Temperatures to Evaluate Fungi Resistance of Moso Bamboo Materials, **Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University**, 53(1) p. 107–113

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม(ต่อ)

- Miller, D. (1992) “Fungi as contaminants in indoor air”, **Atmospheric Environment**. Part A. General Topics, Vol 26, Issue 12, August 1992, p 2163-2172
- Mungkunkamchaoa, T., Kesmala, T., Pimratch, S., Toomsan, B., Jothityangkoon D., (2013) Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.), **Scientia Horticulturae** 154 p. 66–72
- Park, S.I., Stan, S.A., ,Daeschel, S.A., Zhao, Y., (2005) Antifungal Coatings on Fresh Strawberries (*Fragaria × ananassa*) to Control Mold Growth During Cold Storage, **Journal of Food Science** Vol. 70
- Soytong, K., Kanokmedhakul, S., Kukongviriyapa, V. and Isobe, M. (2001). Application of *Chaetomium* species (*Ketomium*®) as a new broad spectrum biological fungicide for plant disease control: A review article. *Fungal Diversity* 7:1-15.
- Soytong, K., Charoenporn, C. and Kanokmedhakul, S. (2013). Evaluation of microbial elicitors to induce plant immunity for tomato wilt. **African Journal of Microbiology Research** 7:1993-2000



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4.00	3.60	4.0	3.75	3.84
	50	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	100	3.75	3.40	3.80	4.00	3.74
	500	4.00	4.00	3.65	4.00	3.91
	1000	3.8	4.00	3.85	4.00	3.91
Nano-elicitor	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4.00	4.1	4.00	4.00	4.02
	50	4.10	3.95	3.80	4.00	3.96
	100	4.00	3.95	4.05	4.00	4.00
	500	4.10	4.00	4.00	4.00	4.02
	1000	3.95	3.95	3.95	3.90	3.94
Chitosan	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4.00	4.00	4.00	3.90	3.98
	50	4.00	3.50	4.00	4.00	3.88
	100	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
	500	3.75	4.00	4.00	4.00	3.94
	1000	4.00	4.00	4.00	4.50	4.13
Borax	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	3.90	4.00	4.00	4.00	3.98
	50	4.00	4.00	4.40	4.40	4.20
	100	4.00	4.00	4.25	4.40	4.16
	500	3.85	4.00	4.00	4.10	3.99
	1000	3.05	3.20	3.50	3.50	3.31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 1

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	17.3696	0.7552	39.01	1.70	2.11
A	3	0.1327	0.0442	2.29	2.76	4.13
B	5	15.1715	3.0343	156.75	2.36	3.34
A x B	15	2.0654	0.1377	7.11	1.84	2.34
Error	72	1.3938	0.0194			
Total	95	18.7633	0.1975			

Grand Mean = 4.12 C.V. = 3.38%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp. โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	3.5	3.55	3.5	3.6	3.54
	50	3.45	3.35	3.6	3.55	3.49
	100	3.8	3.4	3.55	3.55	3.57
	500	3.3	3.6	3.75	3.45	3.52
	1000	3.45	3.55	3.35	3.7	3.51
Nano-elicitor	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	3.55	3.35	3.55	3.45	3.47
	50	3.45	3.5	3.5	3.55	3.50
	100	3.15	3.5	3.05	3.35	3.26
	500	3.4	3.25	3.45	3.45	3.39
	1000	3.05	3.3	3.2	3.3	3.21
Chitosan	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	3.75	3.45	3.5	3.5	3.55
	50	3.4	3.55	3.35	3.65	3.49
	100	3.1	3.55	2.95	3.05	3.16
	500	3.5	3.25	2.95	3.55	3.31
	1000	3.35	3.2	3.25	3.35	3.29
Borax	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4.5	5	4.95	5	4.86
	50	3.1	3.05	3.15	2.95	3.06
	100	3.05	3.1	2.95	3.05	3.04
	500	1	0.9	1.2	1	1.03
	1000	0.5	0.5	0.5	0.5	0.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 3

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	106.9687	4.6508	247.24	1.70	2.11
A	3	10.8976	3.6325	193.11	2.76	4.13
B	5	58.8867	11.7773	626.10	2.36	3.34
A x B	15	37.1845	2.4790	131.78	1.84	2.34
Error	72	1.3544	0.0188			
Total	95	108.3231	1.1402			

Grand Mean = 3.49 C.V. = 3.93%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4.25	3.8	3.75	3.9	3.93
	50	3.85	4.3	3.8	3.9	3.96
	100	3.9	4.2	3.9	3.25	3.81
	500	3.7	3.7	3.5	3.35	3.56
	1000	3.3	3.55	2.95	3.1	3.22
Nano-elicitor	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	3.9	3.85	3.75	4.1	3.90
	50	3.25	3	3.85	3.95	3.51
	100	4	3.85	3.8	3.7	3.84
	500	3.7	3.75	3.75	4	3.80
	1000	3.95	3.8	3.75	3.9	3.85
Chitosan	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4	3.65	3	3.6	3.56
	50	3.55	3.5	3.9	3.35	3.57
	100	3.45	3.3	3	3.2	3.24
	500	4	3.7	3.5	3.35	3.64
	1000	2.7	2.75	3.75	3.1	3.07
Borax	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	4	4.25	4.35	4	4.15
	50	3.75	3.8	4	4.1	3.91
	100	3.6	3.45	3.9	3.95	3.73
	500	3.5	3.05	3.55	3.7	3.45
	1000	2.95	3.35	2.5	2.55	2.84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 5

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	33.5000	1.4565	22.35	1.70	2.11
A	3	1.2069	0.4023	6.17	2.76	4.13
B	5	28.7094	5.7419	88.12	2.36	3.34
A x B	15	3.5838	0.2389	3.67	1.84	2.34
Error	72	4.6913	0.0652			
Total	95	38.1913	0.4020			

Grand Mean = 3.86 C.V. = 6.62%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 7 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Penicillium* spp. โดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนี (เซนติเมตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	100	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	500	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	1000	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Nano-elicitor	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	100	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	500	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	1000	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Chitosan	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	100	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	500	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	1000	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Borax	0	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	10	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	50	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	100	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	500	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
	1000	5.00	4.70	4.75	5.00	4.86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 7

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	0.0725	0.0032	2.95	1.70	2.11
A	3	0.0095	0.0032	2.95	2.76	4.13
B	5	0.0158	0.0032	2.95	2.36	3.34
A x B	15	0.0473	0.0032	2.95	1.84	2.34
Error	72	0.0769	0.0011			
Total	95	0.1493	0.0016			

Grand Mean = 4.99 C.V. = 0.66%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 9 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Aspergillus* spp. โดยการวัดปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	166.4	177.6	170.2	161.2	168.85
	10	27.6	29.2	30	26	28.20
	50	26.6	28.8	24.4	23.2	25.75
	100	16.6	15.4	16.4	15.7	16.02
	500	11.2	9.4	10.2	10.4	10.30
	1000	9.2	8.2	8.4	9.6	8.85
Nano-elicitor	0	166.4	177.6	170.2	161.2	168.85
	10	37.8	43.4	40.2	39.6	40.25
	50	38.2	34	33.8	42.4	37.10
	100	30.8	31.6	33	32.6	32.00
	500	23	22.6	29.2	29.2	26.00
	1000	19.4	18	12.4	9.8	14.90
Chitosan	0	166.4	177.6	170.2	161.2	168.85
	10	35.4	36	33.8	29.4	33.65
	50	30.2	29	30.8	31.2	30.30
	100	27.8	28	28.4	26	27.55
	500	18.4	19.4	20.6	21.2	19.90
	1000	15.6	17.8	12.8	12.2	14.60
Borax	0	166.4	177.6	170.2	161.2	168.85
	10	28.2	49	41	39	39.30
	50	33.4	27.8	32.4	32.6	31.55
	100	19.8	18	20.6	19.8	19.55
	500	16.6	16.4	16.8	18.8	17.15
	1000	13.4	10.6	11.4	10.6	11.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 9

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	286306.3517	12448.1022	825.65	1.70	2.11
A	3	1266.8903	422.2968	28.01	2.76	4.13
B	5	284424.2098	56884.8420	3773.01	2.36	3.34
A x B	15	615.2516	41.0168	2.72	1.84	2.34
Error	72	1085.5282	15.0768			
Total	95	287391.8800	3025.1777			

Grand Mean = 48.33 CV = 8.03%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 11 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Cladosporium* spp. โดยการวัดปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	21	18.6	15	14.5	17.275
	10	15.6	15.2	21	17.3	17.275
	50	18.4	17	19	20.5	18.725
	100	18	12.2	16.7	9	13.975
	500	16.5	16	10.7	10.6	13.45
	1000	15.6	10.2	15.5	9.5	12.7
Nano-elicitor	0	21	18.6	15	14.5	17.275
	10	18.6	18	11	13.2	15.2
	50	11.4	11.2	10.2	10	10.7
	100	11.8	11.2	9.2	12	11.05
	500	10.6	8.6	11.4	11.6	10.55
	1000	7.4	8.6	10.4	10	9.1
Chitosan	0	21	18.6	15	14.5	17.275
	10	11.2	15.7	16	10.4	13.325
	50	13	15	11	12.6	12.9
	100	12	13.3	14.6	16	13.975
	500	18	9	13.3	8	12.075
	1000	8	6	7.8	12.5	8.575
Borax	0	21	18.6	15	14.5	17.275
	10	8.2	11.4	9.2	9.8	9.65
	50	8.2	8.8	6.6	7	7.65
	100	7	7.8	6.2	7.4	7.1
	500	0.8	0.8	0.4	0	0.5
	1000	0.2	0	0.6	0	0.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 11

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	2209.3491	96.0587	15.20	1.70	2.11
A	3	917.7462	305.9154	48.42	2.76	4.13
B	5	942.3759	188.4752	29.83	2.36	3.34
A x B	15	349.2270	23.2818	3.69	1.84	2.34
Error	72	454.8725	6.3177			
Total	95	2664.2216	28.0444			

Grand Mean = 11.99 C.V. = 20.96



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium* spp. โดยการวัดปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)				ค่าเฉลี่ย
		R1	R2	R3	R4	
Wood vinegar	0	50.4	124	62	137	93.35
	10	29.2	25.6	12.4	39	26.55
	50	31.4	14.4	43.2	31.8	30.2
	100	32.4	37	15.2	16.6	25.3
	500	32	25.4	37.6	47.6	35.65
	1000	34.6	37.4	36.8	28	34.2
Nano-elicitor	0	50.4	124	62	137	93.35
	10	127.8	74.2	93.6	83.8	94.85
	50	106.6	106.6	96	99.4	102.15
	100	61	65.6	60.6	51.6	59.7
	500	40.6	58.4	36.2	39	43.55
	1000	32	48	42.8	41.4	41.05
Chitosan	0	50.4	124	62	137	93.35
	10	58	70	58.6	64.4	62.75
	50	48.8	48.4	45	46	47.05
	100	32.8	30.2	30.4	38	32.85
	500	28.2	30.4	28	28.8	28.85
	1000	28.4	27.6	27	29.8	28.2
Borax	0	50.4	124	62	137	93.35
	10	56.4	71.8	82.6	82	73.2
	50	62.2	68.4	61.2	71.8	65.9
	100	45.8	58.6	65.8	58	57.05
	500	42.4	51.8	46.6	43.6	46.1
	1000	30.8	31.6	30	34	31.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 14 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 13

Source	df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	64941.9204	2823.5618	7.43	1.70	2.11
A	3	13854.5480	4618.1827	12.15	2.76	4.13
B	5	39085.7380	7817.1476	20.56	2.36	3.34
A x B	15	12001.6344	800.1090	2.10	1.84	2.34
Error	72	27369.1698	380.1274			
Total	95	92311.0902	971.6957			

Grand Mean = 55.84 C.V. = 34.91%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลทดสอบประสิทธิภาพของสารยับยั้งทางชีวภาพและสารเคมีในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Penicillium* spp. โดยการวัดปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)

ชื่อสาร	ความเข้มข้น	ปริมาณสปอร์ (10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร)				ค่าเฉลี่ย
		1	2	3	4	
Wood vinegar	0	48.2	41	32.4	39.5	40.27
	10	31.7	25.4	28	29.9	28.75
	50	25.8	22.6	29.5	29	26.725
	100	33	20.2	29.6	25	26.95
	500	24.2	26.4	27.7	21.2	24.87
	1000	17.3	16.2	16	17.6	16.77
Nano-elicitor	0	48.2	41	32.4	39.5	40.275
	10	26.2	30.4	30.5	28.3	28.85
	50	29.9	27.8	25.8	28.4	27.97
	100	39	21	28.4	26.6	28.75
	500	27.6	20.2	19.6	28.5	23.975
	1000	20.1	18.5	16.6	11.8	16.75
Chitosan	0	48.2	41	32.4	39.5	40.27
	10	25.2	26.2	25.2	35.1	27.92
	50	28.1	26.4	25.6	27.1	26.8
	100	24.2	31.6	20.2	27.5	25.875
	500	18.9	19.6	32.7	35.5	26.67
	1000	17.5	21.2	16.7	26.5	20.47
Borax	0	48.2	41	32.4	39.5	40.27
	10	22.2	25	30.1	28.5	26.45
	50	28	27.7	30.6	30.7	29.25
	100	24.2	25.5	24.8	30.1	26.15
	500	21.8	18.1	18.4	20.2	19.62
	1000	10.8	11.2	10.7	17.5	12.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 16 การวิเคราะห์ผลทางสถิติของตารางภาคผนวกที่ 15

Source	Df	SS	MS	F	F.05	F.01
Treatment	23	5006.9314	217.6927	10.39	1.70	2.11
A	3	76.7688	25.5896	1.22	2.76	4.13
B	5	4721.6802	944.3360	45.06	2.36	3.34
A x B	15	208.4825	13.8988	0.66	1.84	2.34
Error	72	1508.9349	20.9574			
Total	95	6515.8663	68.5881			

Grand Mean = 58.3000 C.V. = 30.54%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 17 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 1 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.1	12.1	12.2	12.2
	โคโคซาน	12.1	12.6	12.4	12.7	12.4
	Nano-elicitor	12.2	12.1	12.4	12.7	12.3
ชิ้นงานที่ฉีดพ่น สาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.6	12.4	12.7	12.6
	โคโคซาน	12.2	12.5	12.6	12.2	12.4
	Nano-elicitor	12.3	12.5	12.4	12.1	12.3

ตารางภาคผนวกที่ 18 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 2 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.7	12.2	12.1	12.3
	โคโคซาน	12.4	12.5	12.6	12.7	12.5
	Nano-elicitor	12.4	12.1	12.5	12.2	12.3
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.7	12.7	12.0	13.0	12.6
	โคโคซาน	12.5	12.7	12.9	12.5	12.6
	Nano-elicitor	12.3	12.7	12.7	12.4	12.5

ตารางภาคผนวกที่ 19 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 3 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.3	12.3	12.5	12.3
	โคโคซาน	12.5	12.6	12.5	12.5	12.525
	Nano-elicitor	12.2	13.1	12.0	12.0	12.325
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.8	12.7	12.3	12.2	12.5
	โคโคซาน	12.4	12.7	12.7	12.5	12.575
	Nano-elicitor	12.5	12.5	12.7	12.0	12.425

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 20 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 4 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มคว้นไม้	12.0	12.3	12.3	12.3	12.225
	ไคโตซาน	12.6	12.6	12.2	12.3	12.425
	Nano-elicitor	12.2	12.9	12.5	12.5	12.525
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มคว้นไม้	13.0	12.8	12.0	12.3	12.525
	ไคโตซาน	12.5	12.8	12.8	12.8	12.725
	Nano-elicitor	12.4	12.5	12.8	12.2	12.475

ตารางภาคผนวกที่ 21 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 5 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มคว้นไม้	12.2	12.2	12.1	12.0	12.125
	ไคโตซาน	12.3	11.9	12.1	12.0	12.075
	Nano-elicitor	12.1	12.3	12.3	12.1	12.2
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มคว้นไม้	12.2	12.1	12.1	12.3	12.175
	ไคโตซาน	12.1	12.1	12.2	12.0	12.1
	Nano-elicitor	12.0	12.2	12.3	12.0	12.125

ตารางภาคผนวกที่ 22 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 6 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มคว้นไม้	12.3	12.1	12.1	12.0	12.125
	ไคโตซาน	12.0	12.3	12.3	12.3	12.225
	Nano-elicitor	12.2	12.2	12.3	12.2	12.225
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มคว้นไม้	12.4	12.3	12.3	12.2	12.3
	ไคโตซาน	12.1	12.2	12.2	12.2	12.175
	Nano-elicitor	12.1	12.2	12.4	12.1	12.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 23 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 7 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.6	12.4	12.7	12.575
	ไคโตซาน	12.0	12.5	12.4	12.7	12.4
	Nano-elicitor	12.3	12.0	12.5	12.5	12.325
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.4	12.0	12.7	12.425
	ไคโตซาน	12.1	12.6	12.4	12.7	12.45
	Nano-elicitor	12.6	12.8	12.9	12.5	12.7

ตารางภาคผนวกที่ 24 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 8 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.4	12.3	12.2	12.35
	ไคโตซาน	12.8	12.4	12.7	12.5	12.6
	Nano-elicitor	12.7	12.6	12.7	12.4	12.6
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.6	12.5	12.6	12.55
	ไคโตซาน	12.6	12.8	12.9	12.6	12.725
	Nano-elicitor	12.7	12.8	12.8	12.8	12.775

ตารางภาคผนวกที่ 25 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 9 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.1	11.9	12.0	11.9	11.975
	ไคโตซาน	11.9	12.2	12.2	12.0	12.075
	Nano-elicitor	11.9	12.0	11.9	11.9	11.925
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.5	12.5	12.8	12.55
	ไคโตซาน	12.4	12.5	12.5	12.2	12.4
	Nano-elicitor	12.6	12.5	12.5	12.2	12.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 26 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 10 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.5	12.7	12.5	12.575
	ไคโตซาน	12.6	12.6	12.4	12.7	12.575
	Nano-elicitor	12.3	12.0	12.5	12.5	12.325
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.5	12.4	12.1	12.325
	ไคโตซาน	12.1	12.6	12.4	12.7	12.45
	Nano-elicitor	12.6	12.8	12.9	12.5	12.7

ตารางภาคผนวกที่ 27 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 11 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.7	12.6	12.7	12.4	12.6
	ไคโตซาน	12.8	12.4	12.7	12.5	12.6
	Nano-elicitor	12.7	12.5	12.6	12.8	12.65
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.8	12.9	12.5	12.7
	ไคโตซาน	12.7	12.5	12.7	12.4	12.575
	Nano-elicitor	12.7	12.8	12.3	12.5	12.575

ตารางภาคผนวกที่ 28 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 12 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.0	12.3	12.3	12.3	12.225
	ไคโตซาน	12.2	12.2	12.3	12.2	12.225
	Nano-elicitor	12.4	12.3	12.2	12.3	12.3
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.9	12.7	12.4	12.575
	ไคโตซาน	12.4	12.5	12.4	12.3	12.4
	Nano-elicitor	12.1	12.2	12.2	12.2	12.175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 29 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 13 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.5	12.4	12.4	12.35
	โคโคซาน	12.3	12.1	12.4	12.3	12.275
	Nano-elicitor	12.5	12.4	12.3	12.4	12.4
ชิ้นงานที่ทำการ ฉีดยา	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.7	12.8	12.3	12.55
	โคโคซาน	12.3	12.6	12.6	12.5	12.5
	Nano-elicitor	12.4	12.3	12.3	12.1	12.275

ตารางภาคผนวกที่ 30 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 14 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.4	12.5	12.4
	โคโคซาน	12.3	12.5	12.2	12.4	12.35
	Nano-elicitor	12.6	12.5	12.6	12.8	12.625
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.8	12.9	12.1	12.6
	โคโคซาน	12.2	12.8	12.5	12.7	12.55
	Nano-elicitor	12.5	12.2	12.4	12.2	12.325

ตารางภาคผนวกที่ 31 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 15 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.4	12.5	12.4
	โคโคซาน	12.3	12.5	12.2	12.4	12.35
	Nano-elicitor	12.6	12.5	12.6	12.8	12.625
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.8	12.9	12.1	12.6
	โคโคซาน	12.2	12.8	12.5	12.7	12.55
	Nano-elicitor	12.5	12.2	12.4	12.2	12.325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 32 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 16 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.7	12.3	12.6	12.5
	โคโตซาน	12.3	12.5	12.2	12.4	12.35
	Nano-elicitor	12.1	12.3	12.2	12.4	12.25
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.4	12.5	12.0	12.325
	โคโตซาน	12.3	12.7	12.6	12.9	12.625
	Nano-elicitor	12.6	12.5	12.7	12.4	12.55

ตารางภาคผนวกที่ 33 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 17 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.2	12.6	12.3	12.3
	โคโตซาน	12.4	12.6	12.1	12.8	12.475
	Nano-elicitor	12.3	12.2	12.3	12.4	12.3
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.5	12.4	12.5	12.375
	โคโตซาน	12.1	12.2	12.3	12.4	12.25
	Nano-elicitor	12.4	12.3	12.4	12.3	12.35

ตารางภาคผนวกที่ 34 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 18 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.1	12.3	12.5	12.35
	โคโตซาน	12.6	12.8	12.3	13.0	12.675
	Nano-elicitor	12.4	12.3	12.5	12.6	12.45
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.7	12.8	12.5	12.575
	โคโตซาน	12.4	12.3	12.2	12.5	12.35
	Nano-elicitor	12.3	12.5	12.6	12.5	12.475

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 35 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 19 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ความชื้น
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.7	12.2	12.2	12.3	12.35
	ไคโตซาน	12.4	12.2	12.5	12.5	12.4
	Nano-elicitor	12.5	12.3	12.2	12.3	12.325
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.3	12.2	12.3
	ไคโตซาน	12.5	12.2	12.4	12.4	12.375
	Nano-elicitor	12.2	12.2	12.3	12.6	12.325

ตารางภาคผนวกที่ 36 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 20 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.5	12.6	12.45
	ไคโตซาน	12.1	12.4	12.2	12.3	12.25
	Nano-elicitor	12.6	12.1	12.3	12.5	12.375
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.4	12.2	12.1	12.2
	ไคโตซาน	12.2	12.3	12.6	12.5	12.4
	Nano-elicitor	12.2	12.4	12.5	12.2	12.325

ตารางภาคผนวกที่ 37 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 21 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.3	12.2	12.2	12.3
	ไคโตซาน	12.3	12.5	12.6	12.2	12.4
	Nano-elicitor	12.3	12.5	12.1	12.3	12.3
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.2	12.1	12.4	12.225
	ไคโตซาน	12.5	12.2	12.2	12.6	12.375
	Nano-elicitor	12.5	12.2	12.3	12.5	12.375

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 38 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 22 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.3	12.2	12.2	12.3
	โคโคซาน	12.4	12.5	12.3	12.1	12.325
	Nano-elicitor	12.5	12.3	12.2	12.2	12.3
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.4	12.6	12.1	12.4
	โคโคซาน	12.3	12.5	12.4	12.4	12.4
	Nano-elicitor	12.5	12.2	12.3	12.5	12.375

ตารางภาคผนวกที่ 39 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 23 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.5	12.6	12.45
	โคโคซาน	12.6	12.1	12.3	12.5	12.375
	Nano-elicitor	12.6	12.1	12.3	12.5	12.375
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.5	12.6	12.45
	โคโคซาน	12.4	12.5	12.1	12.6	12.4
	Nano-elicitor	12.2	12.8	12.5	12.4	12.475

ตารางภาคผนวกที่ 40 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 24 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.5	12.3	12.5	12.2	12.375
	โคโคซาน	12.4	12.3	12.2	12.6	12.375
	Nano-elicitor	12.4	12.2	12.3	12.4	12.325
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.7	12.2	12.6	12.1	12.4
	โคโคซาน	12.8	12.3	12.2	12.1	12.35
	Nano-elicitor	12.4	12.2	12.4	12.2	12.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 41 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 25 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.4	12.5	12.3	12.35
	โคโคซาน	12.6	12.1	12.3	12.4	12.35
	Nano-elicitor	12.2	12.3	12.5	12.7	12.425
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.3	12.1	12.8	12.45
	โคโคซาน	12.1	12.4	12.3	12.5	12.325
	Nano-elicitor	12.3	12.2	12.4	12.2	12.275

ตารางภาคผนวกที่ 42 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 26 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.2	12.6	12.3	12.3
	โคโคซาน	12.6	12.3	12.5	12.4	12.45
	Nano-elicitor	12.1	12.5	12.3	12.5	12.35
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.5	12.3	12.7	12.45
	โคโคซาน	12.3	12.2	12.5	12.7	12.425
	Nano-elicitor	12.3	12.1	12.5	12.3	12.3

ตารางภาคผนวกที่ 43 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 27 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.1	12.2	12.6	12.3	12.3
	โคโคซาน	12.5	12.2	12.1	12.6	12.35
	Nano-elicitor	12.1	12.5	12.3	12.5	12.35
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.4	12.8	12.5	12.475
	โคโคซาน	12.4	12.3	12.5	12.2	12.35
	Nano-elicitor	12.3	12.4	12.2	12.7	12.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 44 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 28 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.5	12.2	12.5	12.375
	โคโตซาน	12.8	12.2	12.1	12.3	12.35
	Nano-elicitor	12.2	12.4	12.5	12.3	12.35
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.4	12.2	12.1	12.7	12.35
	โคโตซาน	12.6	12.2	12.4	12.5	12.425
	Nano-elicitor	12.5	12.2	12.3	12.6	12.4

ตารางภาคผนวกที่ 45 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 29 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.8	12.3	12.8	12.55
	โคโตซาน	12.3	12.6	12.2	12.5	12.4
	Nano-elicitor	12.4	12.2	12.3	12.6	12.375
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.8	12.3	12.1	12.5	12.425
	โคโตซาน	12.3	12.2	12.5	12.1	12.275
	Nano-elicitor	12.1	12.2	12.3	12.8	12.35

ตารางภาคผนวกที่ 46 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 30 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.5	12.4	12.7	12.45
	โคโตซาน	12.1	12.5	12.4	12.3	12.325
	Nano-elicitor	12.2	12.3	12.4	12.7	12.4
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.6	12.2	12.3	12.6	12.425
	โคโตซาน	12.6	12.1	12.4	12.3	12.35
	Nano-elicitor	12.3	12.1	12.4	12.4	12.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 47 ระดับความชื้นของชิ้นงานที่ทำการวัดในวันที่ 31 สิงหาคม 2561

Treatment	ชนิดของสาร ยับยั้ง	ระดับความชื้น				ค่าเฉลี่ย
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
ชิ้นงานชุด ควบคุม	น้ำส้มควันไม้	12.3	12.6	12.3	12.6	12.45
	โคโคซาน	12.2	12.6	12.3	12.1	12.3
	Nano-elicitor	12.3	12.2	12.5	12.8	12.45
ชิ้นงานที่ฉีด พ่นสาร	น้ำส้มควันไม้	12.2	12.1	12.4	12.5	12.3
	โคโคซาน	12.4	12.5	12.2	12.3	12.35
	Nano-elicitor	12.2	12.2	12.3	12.7	12.35



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายอรรถสิทธิ์ วัฒนกิจพิศาล
 วัน เดือน ปีเกิด 27 ตุลาคม 2517 กรุงเทพมหานคร
 ที่อยู่ 25 หมู่บ้านนักกีฬาแหลมทองซอย 40 แขวงทับช้าง เขตสะพานสูง
 กรุงเทพมหานคร 10250

ประวัติการศึกษา

2556-2561 ปริญญาโท สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยี
 สถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
 เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 2542 ปริญญาตรี สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 2536 มัธยมศึกษา โรงเรียนไตรมิตรวิทยาลัย

ประวัติการทำงาน

2552-2560 สถาปนิกผู้ควบคุมงาน บริษัท โปรเจคส์เอเชีย จำกัด
 2548-2552 สถาปนิก บริษัท ปาล์มเมอร์แอนด์เทอร์เนอร์ (ประเทศไทย) จำกัด
 2547-2548 สถาปนิกผู้ควบคุมงาน บริษัท อรุณชัยเสรี คอนซัลติงเอนจิเนียริ่ง จำกัด
 2544-2547 สถาปนิกผู้ควบคุมงาน บริษัท แพลนคอนซัลท์แตนท์ จำกัด
 2542-2544 สถาปนิกผู้ควบคุมงาน บริษัท เออีวันคอนซัลท์แตนท์ จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้