



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	ผลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อจุลชีพลอยตามระดับความสูง
	Effects of Solar Radiation on Vertical Bioaerosol
นามผู้วิจัย	นางสาวศิริพร สันติวรพงศ์
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิตติมา รุ่งรัตนอนุบล, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(รองศาสตราจารย์อริยา จินคามพร, Ph.D.)
หัวหน้าภาควิชา	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัตน์ บัวเลิศ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อจุลชีพแขวนลอยตามระดับความสูง

Effects of Solar Radiation on Vertical Bioaerosol

โดย

นางสาวศิริพร สันติวรพงศ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริพร สันติวรพงศ์ 2557: ผลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อจุลินทรีย์แขวนลอยตามระดับความสูง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) สาขาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล, Ph.D. 95 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของรังสีแสงอาทิตย์ต่อการลด
ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ในพื้นที่เก็บตัวอย่างทางธรรมชาติ พื้นที่
โครงการวิจัยและพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จ.เพชรบุรี และในพื้นที่เมือง
พื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลการตรวจวัดพบว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่
ศึกษา ได้แก่ ระดับความสูงในการเก็บตัวอย่าง ความเร็วลม และความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์มี
ความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยเฉพาะความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์นั้นพบว่ามีผลต่อการลดลงของความเข้มข้นของ
เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ซึ่งเก็บตัวอย่างแตกต่างกัน 3 ช่วงเวลา คือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น.
พบว่าในช่วง 13.00 น. ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด เนื่องจากมีความเข้มข้น
ของรังสีแสงอาทิตย์ที่ตรวจวัดได้มีค่ามากที่สุด อยู่ที่ประมาณ 671.34 วัตต์ต่อตารางเมตร ปริมาณ
ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ 317.24 ± 17.28 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร เนื่องจากแสงอาทิตย์จะส่ง
รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบี (UV-B) และรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดเอ (UV-A) ลงมายังผิวโลก โดย
รังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบี (UV-B) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นทำให้มีพลังงานมากกว่ารังสี
อัลตราไวโอเลตชนิดเอ (UV-A) ด้วยพลังงานที่มากกว่าจะส่งผลกระทบต่อสารชีวโมเลกุลของ
สิ่งมีชีวิตบนโลกได้ เช่น สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความผิดปกติในระดับดีเอ็นเอ จะทำลายออร์
กาเนลต่างๆภายในเซลล์รวมถึงทำลายสารพันธุกรรม (DNA) โดยตรงเกิดไทมีนไคเมอร์จนทำให้
เกิดการกลายพันธุ์ นอกจากลักษณะของสภาพอากาศที่มีผลต่อความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์
แล้วสภาพของสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ก็มีผลต่อความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Siriporn Suntiworapong 2014: Effects of Solar Radiation on Vertical Bioaerosol.
Master of Science (Environmental Science), Major Field: Environmental Science,
Department of Environmental Science. Thesis Advisor: Assistant Professor
Thitima Rungratanaubon, Ph.D. 95 pages.

This research study on the effect of natural solar radiation to reduce amount of concentration of microorganisms in air in natural area sample The Royal Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project (LERD Project) Ban Laem District, Phetchaburi Province and in urban area at Chulalongkorn University. The results showed that study of natural phenomena including the height of the sample wind speed and solar radiation intensity is correlated with the concentration of microorganisms in the air statistically significant. Specifically, the intensity of solar radiation that has been shown to decrease the concentration of microorganisms in the air. The three different time periods is 8.00 a.m., 13.00 p.m. and 17.00 p.m. In 13.00 p.m. concentration of microorganisms is minimal because the concentration of solar radiation measurements has the greatest value 671.34 watts per square meter has concentration of microorganisms 317.24 ± 17.28 Colony forming units per cubic. Due to solar ultraviolet B (UV-B) and ultraviolet type A (UV-A) down to the surface. By ultraviolet B (UV-B) radiation with shorter wavelengths have more energy than ultraviolet A (UV-A) with energy greater than the impact biomolecules of the world, such as can be induced. lead to abnormalities in DNA to destroy organic channels within cells, including damage the genetic material (DNA) directly caused thymine dimer and cause mutations. In addition the nature of the weather that affects a variety of microorganisms and environmental conditions of the area, it affects a variety of microorganisms as well.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณผศ.ดร. จูติมา รุ่งรัตนอุบล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.สุรศักดิ์ บัวเลิศ และ รศ. ดร.อริยา จินตามพร ที่ให้คำปรึกษาในการเรียนการค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณอาจารย์ไมตรี ดวงสวัสดิ์ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอพระคุณอาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณนवर วรรณศิลป์ นิสิตปริญญาเอก หลักสูตรสหสาขาวิชาจุลชีววิทยาทางการแพทย์ คณะแพทยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และเจ้าหน้าที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคแม่กลอง เนื่องจากพระราชดำริ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำต่างๆด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ และขอขอบคุณ โครงการติดตามลักษณะทางอุทกนิยมนิเวศวิทยาใกล้ผิวดินและมลสารทางอากาศสำหรับประเทศไทยขอขอบแต่คุณพ่อวิโรจน์ สันติวรพงศ์ คุณแม่กุศล สันติวรพงศ์ คุณอาวิไลลักษณ์ ปันศิริ และคุณอาอรสา หารเรือนทรง ที่ได้อบรมและให้กำลังใจข้าพเจ้าเสมอมา

ศิริพร สันติวรพงศ์

พฤศจิกายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	35
อุปกรณ์	35
วิธีการ	36
ผลและวิจารณ์	42
สรุปและข้อเสนอแนะ	68
สรุป	66
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	70
ภาคผนวก	74
ภาคผนวก ก ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ณ พื้นที่โครงการวิจัยและพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จ.เพชรบุรี	75
ภาคผนวก ข ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ณ นอกตึก อปร. คณะแพทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	85
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	95

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ข้อแตกต่างของแหล่งกำเนิดลักษณะการแขวนลอยในอากาศ	19
2	ค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพ	20
3	กลุ่มของเชื้อรา <i>Aspergillus</i> ตามลักษณะของสปอร์ โคลนีและลักษณะของโครงสร้างของVesicle และ Sterigma	22
4	ค่าเฉลี่ยพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์รายเดือนของพื้นที่ทั่วประเทศไทย ตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2541	27
5	ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ Colony forming units per cubic meter (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ในแต่ละระดับความสูง พื้นที่โครงการวิจัยและพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จ.เพชรบุรี	47
6	ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ Colony forming units per cubic meter (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ในแต่ละระดับความสูง พื้นที่ตึกอปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี	50
7	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. เพชรบุรี	55
8	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศพื้นที่นอกตึกอปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี	57
ตารางผนวกที่		
ก1	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556	76
ก2	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556	77
ก3	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556	78

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก4	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557	79
ก5	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557	80
ก6	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557	81
ก7	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557	82
ก8	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557	83
ก9	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557	84
ข1	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556	86
ข2	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556	87
ข3	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556	88
ข4	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557	89
ข5	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557	90
ข6	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557	91

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข7	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557	92
ข8	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557	93
ข9	ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดผลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อจุลชีพแขวนลอยตามระดับความสูง	4
2	ขนาดและปริมาณของจุลินทรีย์ในบรรยากาศ	12
3	ลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยทั่วไปของเชื้อรา <i>Aspergillus sp.</i>	21
4	แถบสเปกตรัม ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ เรียงตามขนาดความยาวคลื่น (นาโนเมตร, nm)	28
5	การเกิดโครงสร้างไทมีนไดเมอร์ (Thymine dimer) โดยแสง UV	30
6	ผลงานรังสีแสงอาทิตย์สุทธิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดพื้นที่ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอัน	
7	เนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี เฉลี่ย 3 เดือน ธันวาคม-กุมภาพันธ์ พื้นที่โครงการวิจัยและพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จ.เพชรบุรีเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์	38
8	พื้นที่อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี	44
9	ตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศ	53
10	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 8.00 น.	54
11	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 13.00 น.	54
12	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 17.00 น.	54
13	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 8.00 น.	56
14	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 13.00 น.	56
15	ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 17.00 น.	56
16	อิทธิพลของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอัน เนื่องมาจากพระราชดำริ	60
17	ผลงานรังสีแสงอาทิตย์สุทธิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดอากาศ เขตบางนากรุงเทพมหานคร เฉลี่ย 3 เดือน ธันวาคม-กุมภาพันธ์	62
18	อิทธิพลของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ณ พื้นที่ตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี	63

ผลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อจุลินทรีย์แขวนลอยตามระดับความสูง

Effects of Solar Radiation on Vertical Bioaerosol

คำนำ

อนุภาคแขวนลอยชีวภาพ (Bioaerosols) เกิดจากอนุภาคของสิ่งมีชีวิตไม่ว่าจะเป็นพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ที่แขวนลอยในบรรยากาศหรือตกสะสมบนพื้นดินหรือในแหล่งน้ำ กลายเป็นฝุ่น อินทรีย์ หรืออาจเกิดจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์เช่น กิจกรรมในภาคเกษตร และภาคอุตสาหกรรม แหล่งกำเนิดของอนุภาคแขวนลอยชีวภาพ ที่สำคัญมาจาก 3 แหล่ง คือ พื้นทวีปที่ห่างไกล พื้นทวีปที่มีประชากรอาศัยอยู่ และจากมหาสมุทร อนุภาคแขวนลอยชีวภาพที่สำคัญ คือ กลุ่มของจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ลอยอยู่ในอากาศ ได้แก่ แบคทีเรีย รา ยีส และไวรัส โดยจะเกาะอยู่กับฝุ่น ละออง และไอน้ำในบรรยากาศ โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีความสำคัญต่อมนุษย์เนื่องจากส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งจุลินทรีย์ก่อโรค ส่วนใหญ่จะมีขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร มีผลต่อระบบการทำงานของระบบหายใจส่วนกลางของมนุษย์ ส่งผลให้เกิดการระคายเคือง และทำลายเนื้อเยื่อปอดส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานของปอดลดลง ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังมีความสำคัญต่อสิ่งแวดล้อม โดยจุลินทรีย์ในธรรมชาตินั้นทำหน้าที่เป็นผู้ย่อยสลาย ช่วยย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ในดินซึ่งเป็นสารอินทรีย์ให้กลับเป็นสารอนินทรีย์ที่พืชจะนำไปใช้ได้ อีก จุลินทรีย์ที่พบทั่วไปในธรรมชาติส่วนใหญ่เป็นเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย ที่สำคัญได้แก่ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* และ *Bacillus sp.* ลักษณะการแพร่กระจายและความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น แสงอาทิตย์ ความเร็วและทิศทางของลม โดยเฉพาะความเข้มของแสงอาทิตย์จะมีผลต่อการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์ เนื่องจากรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบี (UV-B) เป็นรังสีที่มีความยาวคลื่นสั้นทำให้มีพลังงานมากกว่ารังสีอัลตราไวโอเลตชนิดเอ (UV-A) ด้วยพลังงานที่มากกว่าจะส่งผลกระทบต่อสารชีวโมเลกุลของสิ่งมีชีวิตบนโลกได้ เช่น สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความผิดปกติในระดับดีเอ็นเอก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนังในมนุษย์ได้ หรือเรียกรังสีอัลตราไวโอเลตชนิดบี (UV-B) ที่ก่อให้เกิดมะเร็งนี้ว่า Erythematous UV นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นจำพวกแพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรีย (พรณีย์, 2551; Anita, 2001; Fariborz, 2004) โดยจะทำลายออร์แกเนลล์ต่างๆภายในเซลล์รวมถึงทำลายสารพันธุกรรม (DNA) โดยตรงเกิดไทมินไคเมอร์จนทำให้เกิดการกลายพันธุ์ นอกจากลักษณะของสภาพอากาศที่มีผลต่อความ

หลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์แล้วสภาพของสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ก็มีผลต่อความหลากหลายของเชื้อจุลินทรีย์เช่นกัน

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาชนิดและปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศและปัจจัยทางธรรมชาติที่มีผลต่อการลดลงของจุลินทรีย์ในอากาศโดยความเข้มของแสงอาทิตย์ เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

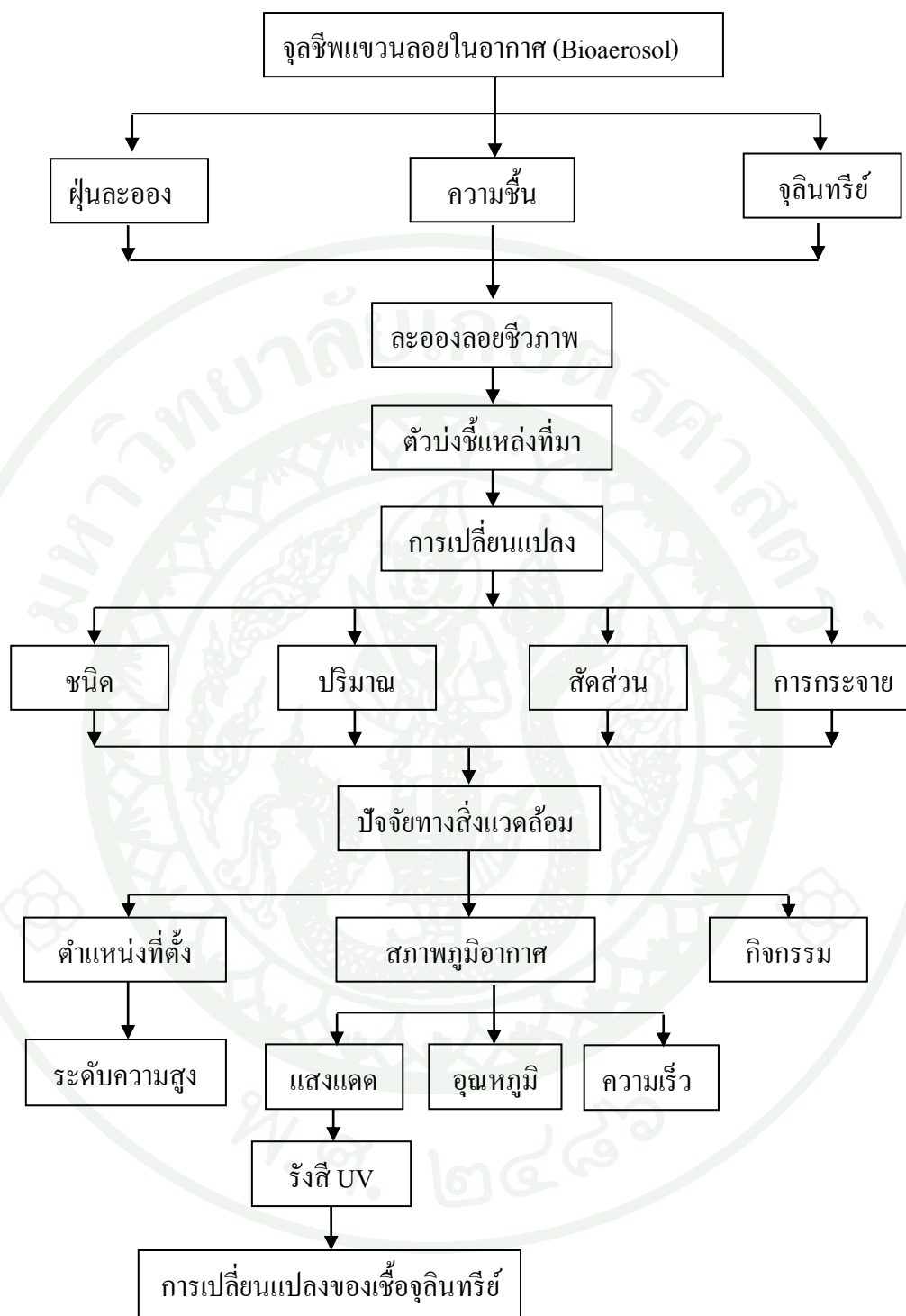


วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของเชื้อจุลินทรีย์ในลักษณะพื้นที่ที่มีลักษณะทางอุตุนิยมนิยวิทยาแตกต่างกัน ในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี และตึกอปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. เพื่อคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สำคัญที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ตามระดับความสูง
3. เพื่อศึกษาผลจากแสงอาทิตย์ต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับการอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศตามระดับความสูง

ขอบเขตการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์เก็บในบรรยากาศระหว่างเดือน ธันวาคม-กุมภาพันธ์ ที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับความสูงตามลักษณะของพื้นที่ โดยใช้เครื่อง 6-stage cascade ที่ 2 สถานที่ คือ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี และนอกตึก อปร. คณะแพทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ศึกษาปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ความเร็วลม และรังสีแสงอาทิตย์



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดผลของแสงอาทิตย์ที่มีต่อจุลชีพแขวนลอยตามระดับความสูง

การตรวจเอกสาร

1. อนุภาคแขวนลอยชีวภาพ (Bioaerosols)

1.1 ที่มาและความหมาย

อนุภาคแขวนลอยชีวภาพ (Bioaerosols) หมายถึง ละอองหรืออนุภาคของจุลินทรีย์ พืช หรือสัตว์ที่ลอยอยู่ในอากาศ อนุภาคเหล่านี้เรียกว่า ฝุ่นอินทรีย์ อนุภาคแขวนลอยชีวภาพ (Bioaerosols) อาจประกอบด้วย แบคทีเรีย เชื้อรา (สปอร์และเส้นใยของเชื้อรา) ไวรัส สารพิษจาก จุลินทรีย์ ละอองเกสร และเส้นใยพืช (Douwes *et al.*, 2003) ขนาดอนุภาคแขวนลอยชีวภาพ (Bioaerosols) ที่พบในอากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 ไมโครเมตร - 100 ไมโครเมตร (Sanchez *et al.*, 2008) ในการศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาเฉพาะในส่วนของจุลินทรีย์ที่แขวนลอยอยู่ในอากาศ โดยเกาะอยู่กับอนุภาคของฝุ่นและไอน้ำในบรรยากาศ

2. จุลินทรีย์ (Microorganism)

2.1 นิยามและความหมาย

จุลินทรีย์ (Microorganism) คือ สิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงจำเป็นต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ ได้แก่ แบคทีเรีย อาร์เคีย รา และ ยีสต์ เป็นต้น เราสามารถพบ จุลินทรีย์ได้ทุกสภาวะแวดล้อม แม้แต่ในสภาวะแวดล้อมที่สิ่งมีชีวิตอื่นอยู่ไม่ได้ แต่จุลินทรีย์บาง ชนิดสามารถปรับตัวอาศัยอยู่ได้ เช่น ในน้ำพุร้อนบริเวณภูเขาไฟใต้ทะเลลึก หรือภูเขาไฟธรรมดา ได้มหาสมุทรที่มีความกดดันของน้ำสูงๆ ในน้ำแข็งที่มีอุณหภูมิเย็นจัด บริเวณที่มีสภาพความเป็น กรดค่าสูง หรือแม้กระทั่งในบริเวณที่ไม่มีออกซิเจนส่วนใหญ่หมายถึงสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว หรือ หลายๆ เซลล์ โดยแต่ละเซลล์เป็นอิสระจากกัน

2.2 ความสำคัญของจุลินทรีย์

จุลินทรีย์มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ไม่ทางตรงก็ทางอ้อม เช่น ช่วยย่อยสลายซาก พืชซากสัตว์ในดินซึ่งเป็นสารอินทรีย์ให้กลับเป็นสารอนินทรีย์ที่พืชจะนำไปใช้ได้อีกหรือมี

ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรมทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ หรือสร้างสารที่ใช้เป็นยาโรค หรือแม้แต่ทำให้เกิดโรคแก่พืชและสัตว์ จะเห็นได้ว่า จุลินทรีย์มีทั้งคุณและโทษ ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตอื่น จะแบ่งแยกความสำคัญของจุลินทรีย์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ได้ดังนี้คือ

2.2.1 จุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ เพราะพืชและสัตว์เมื่อตายลงทับถมในดิน ถ้าไม่มีจุลินทรีย์ช่วยย่อยสลายให้เป็นสารอนินทรีย์และ ซากพืชซากสัตว์เหล่านี้จะกองทับถมกันจนล้นโลก นอกจากนี้ยังเป็นการเปลี่ยนรูปให้มาอยู่ในรูปสารอนินทรีย์ที่พืชนำไปใช้ได้ อีก จุลินทรีย์มีความเกี่ยวข้องกับวัฏจักรของสารต่างๆ ในธรรมชาติ เช่น วัฏจักรไนโตรเจน วัฏจักรคาร์บอน และวัฏจักรซัลเฟอร์

2.2.2 จุลินทรีย์สามารถทำให้เกิดโรค เชื้อจุลินทรีย์ขนาดเล็กที่ก่อให้เกิดโรค เรียกว่า เชื้อโรค สามารถทำให้เนื้อเยื่อของร่างกายติดเชื้ได้ เชื้อโรคนี้จะแพร่พันธุ์และทำให้เกิดความเสียหายที่ก่อให้เกิดอาการของการติดเชื้อ

2.2.3 ผลผลิตจากจุลินทรีย์บางชนิดใช้รักษาโรค ปัจจุบันเราใช้ยาปฏิชีวนะเพื่อรักษาโรค โดยยาปฏิชีวนะนั้นเป็นสารที่สร้างขึ้นจากสิ่งมีชีวิตหนึ่งสามารถห้ามหรือทำลายจุลินทรีย์ต่างๆ เช่น เพนิซิลลิน (Penicillin) ผลิตจากเชื้อรา *Penicillium notatum* ใช้ในการรักษาบาดแผลและโรคบาดทะยัก

2.2.4 จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม เช่น แบคทีเรียหลายชนิดสร้างวิตามิน B₁₂ โดยการขาดวิตามิน B₁₂ ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง (Pernicious anemia) เช่น *Bacillus megatherium*, *Propionibacterium* ผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมที่ได้จากแบคทีเรีย ได้แก่ การทำกรดต่างๆ (Organic acid) การทำน้ำส้มสายชู (Vinegar) การทำกรดอะมิโน (Amino acid) การทำเนยแข็ง (Cheese) เนยเหลว (Butter) เป็นต้น

2.3 ประเภทของจุลินทรีย์

2.3.1 แบคทีเรีย (Bacteria) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีลักษณะ โครงสร้างแบบง่าย ๆ มีขนาดเล็กมากประมาณ 1-5 ไมโครเมตร มีผนังเซลล์ (Cell wall) เป็นสารประกอบเพปทิโดไกลแคนมีเยื่อหุ้มเซลล์ (Plasma membrane) มีรูปร่าง 3 แบบ คือ รูปท่อน (Rod หรือ Bacilli) รูปกลม (Cocci) และรูปเกลียว (Spirala) พบทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งน้ำ ดิน และอากาศ ตลอดจนในร่างกายของมนุษย์ บางชนิด

ให้โทษ เช่น ทำให้อาหารเน่าเสียเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วง อหิวาต์ ตลอดจนบาดแผลเน่าเปื่อย ส่วนที่เป็นประโยชน์ เช่น ใช้แบคทีเรียบางชนิดในการผลิตกรดน้ำส้ม ผงชูรส นมเปรี้ยว เนยแข็ง (นงลักษณ์ และปรีชา, 2552)

2.3.2 เชื้อรา (Fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีลักษณะของเซลล์แบบ Eukaryotic cell ไม่มีคลอโรพลาสต์ มีทั้งที่เป็นเซลล์เดียวหรือหลายเซลล์ พวกที่เป็นหลายเซลล์นั้น แต่ละเซลล์จะมาเรียงต่อกันเป็นเส้นใย (Hypha) ที่อาจแตกแขนงหรือไม่แตกแขนง มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบมีเพศและไม่มีเพศ เชื้อราพบได้ทั่วไปในสิ่งแวดล้อมทั้งดิน น้ำและอากาศ เนื่องจากเชื้อราสามารถแพร่กระจายอยู่ทั่วไปในอากาศในรูปของสปอร์ สปอร์ทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ความร้อน ความเย็น รั้งสี อัลตราไวโอเลตและแรงดันออสโมซิส (Osmotic pressure) สูงๆ เช่น สปอร์ของ *Puccinia coronate* ยังมีชีวิตอยู่ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส แต่ถ้าลดอุณหภูมิต่ำลงเป็น -18 องศาเซลเซียส จะถูกทำลาย ส่วน *Aspergillus flavus* ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิต่ำถึง -70 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาไว้ในสภาพที่เหมาะสมสามารถเจริญต่อไปได้ สำหรับเส้นใยของเชื้อราจะถูกทำลายหมดที่อุณหภูมิ 60 - 63 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 15 นาที

2.3.3 สาหร่าย (Alga) เป็นสิ่งมีชีวิตที่มีคลอโรพลาสต์ เป็นสาหร่ายสีเขียวใช้ในการสังเคราะห์แสง บางคนอาจจะเรียกว่าโปรโตซัวที่มีสีเขียว อาจจะอยู่เซลล์เดี่ยวโดดๆ อยู่เป็นกลุ่ม เป็น โครงสร้างซับซ้อน แต่ละเซลล์จะมีความสมบูรณ์ (Fertile) กล่าวคือ สามารถทำหน้าที่เป็นเซลล์สืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ สาหร่ายมีหลายชนิดและมีสีต่างๆกัน เช่น เขียว แดง น้ำเงินและน้ำเงินแกรมเขียว

2.3.4 โปรโตซัว (Protozoa) เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวขนาดเล็กที่จัดได้ว่ามีความสำคัญมากในระบบนิเวศสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งน้ำจืดและน้ำเค็มรวมทั้งบริเวณที่ชื้นแฉะ และพบว่าอาศัยอยู่ในร่างกายของสัตว์บกอีกหลายชนิด มีทั้งที่เป็นโทษและมีประโยชน์ โปรโตซัวนั้นมีทั้งที่สามารถสร้างอาหารได้เอง เช่น พวกที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ซึ่งมักจะสีเขียวของคลอโรพลาสต์ และพวกไม่สามารถสร้างอาหารเองได้ การเพิ่มขึ้นของโปรโตซัวอย่างรวดเร็ว จะทำให้เกิดปรากฏการณ์ Red tide ซึ่งเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำบริเวณนั้น ความเป็นพิษเกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมและถูกขับออกมาละลายอยู่ในน้ำ โดยพิษจะมีผลให้สัตว์น้ำเป็นอัมพาต

2.3.5 ไวรัส (Virus) เป็นสิ่งที่มีชีวิตขนาดเล็กมากไม่สามารถมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์ธรรมดาแต่อาจมองเห็นด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ไวรัสไม่มีลักษณะหรือคุณสมบัติเป็นเซลล์แต่จะประกอบด้วยกรดนิวคลีอิก (Nucleic acid) ที่อาจจะเป็นดีเอ็นเอ (Deoxyribonucleic acid - DNA) หรือ อาร์

เอ็นเอ (Ribonucleic acid - RNA) อย่างใดอย่างหนึ่งที่ถูกห่อหุ้มด้วยโปรตีน ไวรัสมิถักขณะเป็นผลิตภัณฑ์แท้จริงเพิ่มจำนวนได้ในเซลล์ที่มีชีวิตเท่านั้น (พินิจ, 2553)

2.4 เชื้อประจำถิ่น (Normal flora)

เชื้อประจำถิ่นเป็นจุลินทรีย์ที่พบทั่วไปตามผิวหนังและภายในร่างกายของคนปกติที่มีสุขภาพดี เช่น เยื่อเมือกของช่องปาก ทางเดินหายใจ ทางเดินอาหาร เป็นต้น เชื้อประจำถิ่นในคนสุขภาพดีปกติ เป็นพวกไม่มีโทษส่วนใหญ่ไม่ทำให้เกิดโรคดำรงชีวิตแบบเกื้อกูล คือ ได้ประโยชน์จากโฮสต์ บางชนิดดำรงชีวิตแบบภาวะพึ่งพากันทั้งคู่ได้ประโยชน์ซึ่งกันและกันเชื้อประจำถิ่นบางชนิด อาจเป็นพวกฉวยโอกาสทำให้เกิดโรค คือ ทำให้เกิดโรคถ้าความต้านทานของร่างกายลดลง

เชื้อประจำถิ่นที่อาศัยในร่างกาย จะมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อายุ อาหาร ระดับฮอร์โมน สุขภาพ และสุขอนามัยส่วนบุคคล ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาพความเป็นอยู่ของคนเราก็ก่อไปกระทบกับชนิดและจำนวนของเชื้อประจำถิ่นที่อาศัยอยู่ด้วย เช่น เมื่อเข้ารับรักษาตัวในโรงพยาบาล เชื้อปกติที่ไม่ก่อโรคในปากและคอหอย จะถูกแทนที่ด้วยเชื้อแบคทีเรียที่รุนแรงกว่าบุกรุกเข้ามา หน้าที่ที่สำคัญอันหนึ่งของเชื้อประจำถิ่น คือ การควบคุมการเพิ่มจำนวนของเชื้อก่อโรคโดยวิธีต่างๆ เช่น การแก่งแย่งอาหารเชื้อโรค และการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ทำให้เชื้อก่อโรคไม่สามารถเพิ่มจำนวนขึ้นได้ อย่างไรก็ตามการยับยั้งเชื้อประจำถิ่นด้วยยาปฏิชีวนะ จะทำให้เชื้อโรคอื่นเพิ่มจำนวนลุกลามได้

การกระจายของเชื้อประจำถิ่นในบริเวณต่างๆ สามารถพบดังนี้

2.4.1 ผิวหนัง ประกอบด้วยชั้นหนังกำพร้า และหนังแท้ หนังกำพร้าเป็นชั้นของเซลล์ที่ตายแล้ว และไม่ยอมให้แบคทีเรียเข้าสู่ชั้นหนังแท้ได้ แต่ชั้นหนังกำพร้านี้อาจเกิดบาดแผล รอยถลอก รอยข่วน แผลพุพอง ทำให้แบคทีเรียแทรกซึมเข้าไปได้ ผิวหนังมีลักษณะที่ไม่เหมาะสมกับการเจริญของแบคทีเรีย เนื่องจาก

ความแห้งแล้ง ซึ่งจะช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้ ยกเว้นบางบริเวณ เช่น ข้อพับ และผิวหนังระหว่างนิ้วเท้าที่มีความชื้น และพบเชื้อประจำถิ่นมากกว่า คือ ประมาณ 106 โคโลนีต่อตารางเซนติเมตร

ความเป็นกรดต่าง (pH) ระหว่าง 3-5 เนื่องจากมีกรดแลคติกและกรดอินทรีย์ที่สร้างจากจุลินทรีย์บนผิวหนัง การมีความเป็นกรดต่างต่ำช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ได้หลายชนิด

สารยับยั้งการเจริญ เช่น ต่อมเหงื่อขับเอนไซม์ (Lysozyme) ทำลายผนังเซลล์แบคทีเรีย ต่อมน้ำมันขับไขมัน แต่ถึงกระนั้นก็มีแบคทีเรียบางชนิดสามารถเจริญเติบโตเพราะสารคัดหลั่ง (Secretion) จากต่อมเหงื่อ และต่อมน้ำมัน มีกรดอะมิโน ยูเรีย กลีโค และกรดไขมัน ซึ่งเป็นสารอาหารของจุลินทรีย์พวก *Staphylococcus epidermidis*, *Corynebacteria* หรือ *Diphtheroids* .ในต่อมไขมันที่อยู่ลึกๆ จะพบแบคทีเรียพวกไม่ใช้ออกซิเจน และชอบใช้ไขมัน เช่น *Propionibacterium acnes* ปกติแบคทีเรียชนิดนี้ไม่มีโทษ แต่ก็อาจทำให้เกิดสิวได้

2.4.2 ตา มีเยื่อบุลูกตาและมีน้ำตาออกมาชะล้าง ภายในน้ำตามีเอนไซม์ไลโซไซม์จึงมีจุลินทรีย์อยู่น้อยที่พบได้แก่ *Staphylococcus epidermidis*, *S.aureus*, *S.pneumonia*, *Neisseria sp.*, *Moraxella sp.*

2.4.3 ทางเดินหายใจส่วนบนก่อนถึงกล่องเสียง จะมีจุลินทรีย์อยู่น้อย แม้ในลมหายใจเข้า จะมีจุลินทรีย์ติดเข้าไปมากก็ตามแต่จะถูกยึดด้วยเยื่อเมือกที่เหนียวในนาโซฟาริงซ์ และถูกขับเคลื่นลงสู่กระเพาะอาหาร ในที่สุดจะถูกทำลายด้วยกรดในกระเพาะอาหาร นอกจากนี้จุลินทรีย์ยังถูกทำลายด้วยไลโซไซม์ในเยื่อเมือกของจมูกด้วย

3. จุลชีววิทยาทางอากาศ

3.1 บรรยากาศ

อากาศที่อยู่รอบๆ ตัวเรา และที่หุ้มห่อโลกจากตั้งแต่พื้นดินขึ้นไป จนถึงระดับที่สูงสุดในท้องฟ้า เรียกว่า บรรยากาศ โดยชั้นของบรรยากาศที่มีอากาศสำหรับสิ่งมีชีวิตนั้นมีอยู่ตั้งแต่พื้นโลกถึง ชั้นสตราโตสเฟียร์เท่านั้น บรรยากาศที่มีอากาศนี้ประกอบด้วย ก๊าซไนโตรเจนประมาณร้อยละ 78 ออกซิเจนประมาณร้อยละ 21 คาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซเฉื่อยร้อยละ 0.97 นอกจากก๊าซต่าง ๆ แล้วในบรรยากาศยังประกอบด้วยไอน้ำ ฝุ่นละอองและจุลินทรีย์ต่าง ๆ

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ในอากาศ เนื่องจากในอากาศไม่ค่อยมีอาหารที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ แต่ยังสามารถพบจุลินทรีย์อาศัยอยู่ได้ในอากาศ โดยจุลินทรีย์ในอากาศมาจากแหล่งอื่นที่ เรียกว่า Allochthonous microorganism ซึ่งจัดว่าไม่ใช่จุลินทรีย์ประจำถิ่น สำหรับจุลินทรีย์ที่พบในอากาศมักเป็นพวกที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ดี เช่น สปอร์รา รวมทั้งแบคทีเรียบางชนิด โดยเฉพาะแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ ซึ่งชนิดของจุลินทรีย์ที่พบมากในอากาศคือ แบคทีเรียแกรมบวก รูปกลมและรูปท่อน เช่น *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Sarcina*, *Corynebacterium* แบคทีเรียแกรมลบรูปท่อน และแบคทีเรียที่สร้างสปอร์ได้ และจุลินทรีย์ที่พบได้น้อยในอากาศคือ ยีสต์ สาหร่าย และ โปรโตซัว (พินิจ, 2553)

3.2 การแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

จุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในอากาศไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบรรยากาศได้เป็นเวลานานๆ เพราะ อากาศมีสภาพแห้งแล้งและมีสารอาหารปริมาณน้อย ดังนั้น อากาศจึงไม่ใช่ถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อากาศเป็นเพียงที่อยู่อาศัยชั่วคราว (Temporary habitat) ของจุลินทรีย์ที่ถูกพัดพามาจากแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำ ดิน และอากาศเป็นตัวกลางที่สำคัญในการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ไปในสิ่งแวดล้อมอื่นๆ

จุลินทรีย์ที่พบในอากาศจะมีชนิดและปริมาณแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและการแพร่กระจายของฝุ่นละออง เนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์ที่ลอยอยู่ในอากาศจะเกาะอยู่กับฝุ่นละออง นั่นคือ ในสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมสูงจะมีปริมาณแบคทีเรียมากกว่าสภาพแวดล้อมที่มีกิจกรรมต่ำกว่า อากาศในห้องที่มีฝุ่นละอองหรือห้องที่สกปรกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าในห้องที่สะอาด อากาศบริเวณที่มีการเพาะปลูกจะมีจุลินทรีย์มากกว่าอากาศบริเวณที่ไม่มีการเพาะปลูกและโคลนตม (บัญญัติ, 2534) ในอากาศกลางแจ้ง (Outdoor) จุลินทรีย์ที่พบเป็นแบคทีเรียและเชื้อราเป็นส่วนใหญ่ อากาศบนบกพบแบคทีเรียกลุ่มแกรมบวก รูปท่อน สร้างสปอร์ หรือไม่เป็นรูปกลม ขณะที่อากาศเหนือทะเลพบแบคทีเรียที่พบเป็นกลุ่มแกรมลบเป็นส่วนใหญ่

การศึกษาจุลชีวะวิทยาทางอากาศแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

3.2.1 จุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร (Intramural aeromicrobiology) การศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายในอาคาร (Indoor air) เช่น ในบ้านสถานที่ทำงาน โรงพยาบาลห้องปฏิบัติการ ซึ่งอากาศภายในอาคารมีการหมุนเวียนของอากาศจากภายนอกจำกัดและมีปริมาณรังสีอัลตราไวโอเล็ต

น้อย เชื้อจุลินทรีย์ที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศแวดล้อมจะพบได้ทั่วไปในดินและน้ำ แต่มีจำนวนไม่มากนัก จะเพิ่มจำนวนขึ้นตามอุณหภูมิและสภาพความชื้นของสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเชื้อแบคทีเรียที่เรียกว่าสปอร์จะทนกับละอองไอน้ำโดยผ่านเข้ามาทางช่องระบายอากาศของอาคาร ซึ่งมีผลต่อผู้ที่พักอาศัย และหายใจเอาละอองไอเหล่านี้เข้าไปทำให้เกิดโรคไขปอนติแอก (Pontiac fever) การกำจัดเชื้อเหล่านี้ทำได้ค่อนข้างยาก วิธีที่มักใช้กันคือการถ่ายเทอากาศรวมทั้งเปิดระบายให้แสงแดดผ่านเข้ามาเพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์บางชนิดได้ รวมถึงการแก้ไขระบบน้ำและการทำความสะอาดเครื่องดังกล่าวเป็นประจำ (ฐิติมา, 2548)

3.2.2 จุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร (Extramural aeromicrobiology) การศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคาร (Outdoor air) โดยการเคลื่อนที่ของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกอาคารเกี่ยวข้องกับขนาดของพื้นที่ และการพัดพาของอากาศ โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรอดชีวิตและจำนวนของจุลินทรีย์ในอากาศภายนอกคือ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ ออกซิเจนและรังสีอัลตราไวโอเล็ต ตัวอย่างการศึกษาจุลินทรีย์ในอากาศภายนอก ได้แก่ การศึกษาเกี่ยวกับการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ก่อโรคพิษและโรคสัตว์เลี้ยงในการเกษตรกรรม และจุลินทรีย์ก่อโรคในการทิ้งกากของเสีย การบำบัดน้ำเสีย ขยะ และสิ่งปฏิกูล ตลอดจนการนำจุลินทรีย์มาใช้ในการสงคราม (Germ warfare)

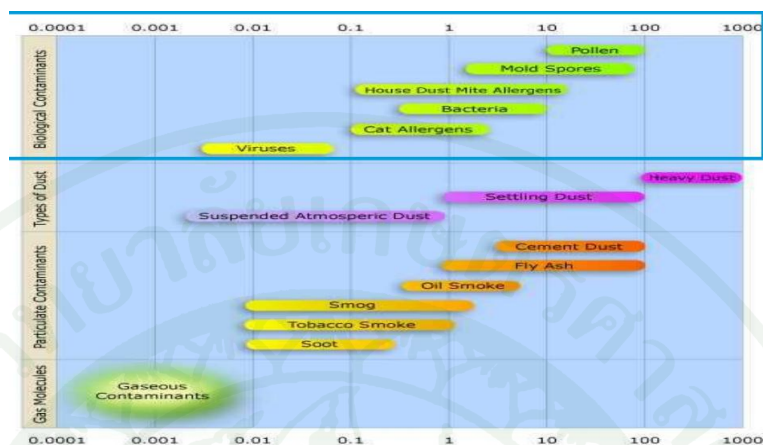
3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อแพร่กระจายของจุลินทรีย์ในอากาศ

3.3.1 อนุภาคหรือฝุ่นละออง (Particulate matter)

ในบรรยากาศจุลินทรีย์จะเกาะอยู่กับพื้นผิวของอนุภาคฝุ่นละออง ฝุ่นละอองขนาดเล็กและเบาจะสามารถลอยอยู่ในอากาศได้นาน และไปได้ไกลจากการทดลองพบว่าแบคทีเรียที่ติดไปกับฝุ่นละอองสามารถพบได้ในทะเลห่างจากฝั่งออกไปเป็นระยะทางหลายร้อยกิโลเมตร และพบได้ในอากาศที่มีความสูงนับเป็นพันเมตร จากการถูกกระแสลมพัดพาไป (กฤษณียา, 2548)

ปัจจุบันมีการแบ่งขนาดของฝุ่นละอองเป็นชนิดหยาบ (Coarse particle) และชนิดละเอียด (Fine particle) โดยฝุ่นชนิดหยาบจะมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 10 ไมโครเมตร สำหรับฝุ่นชนิดละเอียดจะมีขนาดอนุภาคน้อยกว่า 2.5 ไมโครเมตร ซึ่งพบว่าฝุ่นที่มีขนาดอนุภาคอยู่

□ ในช่วง 0.01-100 ไมโครเมตร มีความสำคัญเกี่ยวกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศ โดยขนาดและปริมาณของจุลินทรีย์ในอากาศอยู่ในช่วงเดียวกับขนาดของฝุ่น ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขนาดและปริมาณของจุลินทรีย์ในบรรยากาศ

ที่มา: Particulates (2014)

3.3.2 ความเร็วและทิศทางลม (Wind speed and Wind direction)

ลม คือ อากาศที่เคลื่อนไหวยานานกับผิวโลก โดยปัจจัยที่มีความสำคัญในการประเมินการแพร่กระจายของฝุ่นละออง คือ ความเร็วลมและทิศทางลม เนื่องจากฝุ่นละอองจะถูกเจือจางโดยลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งการเจือจางนี้เกิดจากอากาศที่ไม่มีฝุ่นละอองหรือมีฝุ่นละอองน้อยเคลื่อนที่เข้ามาทำให้บริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่นละอองมากมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง ในขณะที่ทิศทางลมจะมีอิทธิพลต่อการเคลื่อนที่ของฝุ่นละออง และบริเวณที่มลสารกระจายออกไป ซึ่งทิศทางลมจะเป็นตัวกำหนดว่าตัวมลสารจะถูกพัดไปทิศทางไหนเนื่องจากลมไม่ได้พัดไปในทิศทางเดียวตลอดเวลา และการพัดไปในทิศทางต่างๆ มักไม่คงที่ทั้งในช่วงเวลาสั้นๆหรือเป็นเวลานานในทางอุตุนิยมวิทยาจะแสดงความเร็วลมและทิศทางลมในรูปแบบของแผนภูมิลมจะแสดงในทิศทางที่มลสารถูกพัดพามาไปสู่ทิศทางตรงกันข้าม เช่น ลมที่พัดมาจากทิศตะวันออกเฉียงใต้จะพัดฝุ่นละอองไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543)

3.3.3 ความปั่นป่วน (Turbulence)

ความปั่นป่วน หมายถึง ธรรมชาติของของไหลซึ่งแสดงให้เห็นอยู่ในรูปของความไม่แน่นอน ไม่สามารถทำนายได้ เป็นการเคลื่อนที่แบบไม่ราบเรียบในบรรยากาศ ซึ่งความปั่นป่วนของบรรยากาศเกิดขึ้นเมื่อการไหลของอากาศมีการเคลื่อนที่แบบกระแสวน (Eddy) ซึ่งหมายถึง ส่วนของอากาศที่เคลื่อนไหวแบบอิสระในลักษณะขึ้นลง (วงศัพนธ์ และคณะ, 2543) โดยกระแสวนนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในแนวราบและแนวตั้ง ซึ่งมีความสำคัญต่อการแพร่กระจายและการเจือจางของฝุ่นละออง โดยพบว่าเมื่อความปั่นป่วนของบรรยากาศลดลง ความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง แต่หากบรรยากาศมีความความปั่นป่วนเพิ่มมากขึ้น ความเข้มข้นของฝุ่นละอองขึ้นอยู่ กับสาเหตุหลัก 2 ประการคือ ความปั่นป่วนเนื่องมาจากความร้อน (Thermal turbulence) และการปั่นป่วนทางกล (Mechanical turbulence)

3.3.4 อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิของบรรยากาศที่ระดับความสูงต่าง จะมีค่าเท่ากัน ซึ่งตามปกติอุณหภูมิจะลดลงตามความสูงที่เพิ่มขึ้น และความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่าง จะมีผลต่อการแพร่กระจายของฝุ่นละออง (วงศัพนธ์ และคณะ, 2543) โดยในเวลากลางวันแสงอาทิตย์จะทำให้เกิดความปั่นป่วนของมวลอากาศ เป็นผลให้การแพร่กระจายของฝุ่นละอองในบรรยากาศแพร่กระจายได้เป็นอย่างดี ส่วนในเวลากลางคืน อุณหภูมิจะลดต่ำลงมากทำให้มวลอากาศนิ่งส่งผลให้การแพร่กระจายได้ไม่ดี ทั้งนี้ความแตกต่างของอุณหภูมิที่ระดับความสูงต่างๆ จะเป็นตัวบ่งชี้ทางอ้อมว่าอากาศมีความปั่นป่วนมากหรือน้อย

จุลินทรีย์มีความต้องการอุณหภูมิเพื่อการเจริญเติบโตแตกต่างกัน อุณหภูมิที่จุลินทรีย์เจริญได้ จะอยู่ระหว่างอุณหภูมิสูงสุด (Maximum temperature) และอุณหภูมิต่ำสุด (Minimum temperature) ซึ่งอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้ จุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโต อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเรียกว่า อุณหภูมิเหมาะสม (Optimum temperature) อุณหภูมิทั้งสามชนิดนี้เรียกว่า อุณหภูมิคาร์ดินัล (Cardinal temperature) จึงสามารถแบ่งจุลินทรีย์ออกเป็น 3 กลุ่ม

1) ไชโครไฟล์ (Psychrophile) เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่ 0 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า อุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 15 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า พวกนี้จัดเป็น ไชโครไฟล์ที่แท้จริง (Obligate psychrophile) อุณหภูมิสูงสุดที่เจริญคือ 30 องศาเซลเซียส แต่บางพวกมีช่วงอุณหภูมิ

เหมาะสมระหว่าง 25 - 30 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดในการเจริญคือ 35 องศาเซลเซียสจึงจัดเป็นแฟคัลเตติฟไซโครไฟล์ (Facultative psychrophile) หรือ ไซโครโทรฟ (Psychrophile) ตัวอย่างเช่น *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium* และ *Micrococcus* เป็นต้น

2) มีโซไฟล์ (Mesophile) เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิปานกลางระหว่าง 25 - 40 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดที่เจริญได้ที่ 5-25 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเหมาะสมที่ 37 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่เจริญได้ที่ 43 องศาเซลเซียส

3) เทอร์โมไฟล์ (Thermophile) เป็นจุลินทรีย์ที่เจริญได้ที่อุณหภูมิสูงระหว่าง 45 - 60 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเหมาะสมอยู่ระหว่าง 50 - 55 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดที่เจริญได้อยู่ระหว่าง 60 - 85 องศาเซลเซียส ตัวอย่างเทอร์โมฟิลิกแบคทีเรีย (Thermophilic bacteria) ได้แก่ *Bacillus*, *Clostridium*, *Thermoactinomyces*, *Methanobacterium* เทอร์โมไฟล์บางพวกเจริญมาในช่วงของไซไฟล์ จึงเรียกว่าแฟคัลเตติฟเทอร์โมไฟล์ (Facultative thermophile) หรือยูริเทอร์โมไฟล์ (Euri-thermophile) บางพวกเจริญที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส เรียกว่า เทอร์โมไฟล์แท้จริงหรือสตีโนเทอร์โมไฟล์ (Stenothermophile)

3.3.5 ก๊าซ (gases)

ก๊าซที่จำเป็นต่อการเจริญของจุลินทรีย์คือ ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ เราสามารถจำแนกจุลินทรีย์ออกเป็น 4 กลุ่ม ตามความต้องการออกซิเจน ดังนี้

1) จุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจน (Aerobic microorganisms หรือ Aerobes) มีความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้สร้างพลังงาน เนื่องจากไม่สามารถสร้างพลังงานโดยกระบวนการหมัก (Fermentation) ได้ จึงถือว่าเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจนอย่างแท้จริง (Obligate aerobes) ได้แก่ *Bacillus*, *Pseudomonas*

2) จุลินทรีย์ที่สามารถเจริญได้ในที่มีออกซิเจนหรือไม่ก็ได้ (Facultative microorganisms) พวกนี้สามารถสร้างพลังงานได้จากกระบวนการหายใจหรือกระบวนการหมักและไม่จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในการสังเคราะห์ต่างๆ เช่น *Escherchia*, *Proteus*, *Enterobacter*

3) จุลินทรีย์ที่เจริญในที่ที่มีออกซิเจนน้อย (Microaerophilic microorganisms) พวกนี้มีความต้องการออกซิเจนน้อยกว่า 0.2 บรรยากาศ อาจเนื่องจากออกซิเจนเป็นพิษต่อจุลินทรีย์เหล่านั้น เช่น *Lactobacillus*, *Neisseria*

4) จุลินทรีย์ที่เจริญในที่ที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic microorganisms) เพราะออกซิเจนรวมกับน้ำเป็นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งเป็นพิษ และจุลินทรีย์พวกนี้ไม่มีเอนไซม์คาตาเลส ได้แก่ *Clostridium*, *Methanobacterium*, *Bacteroides*, *Fusobacterium*

ในการเพาะเลี้ยงจุลินทรีย์ที่เป็นพวกต้องการออกซิเจนและพวกต้องการหรือไม่ต้องการออกซิเจนก็ได้ นั้น อาจเลี้ยงในสภาพปกติของห้องได้ แต่พวกที่ต้องการออกซิเจนควรจะเลี้ยงในอาหารที่มีการเขย่าหรือเลี้ยงในภาชนะตื้นๆ ที่มีพื้นที่ผิวมากให้สัมผัสกับอากาศ หรืออาจอัดอากาศลงในอาหาร

3.3.5 ความเป็นกรด-เบส (Acidity or Alkalinity, pH)

แบคทีเรียส่วนใหญ่มีค่า pH ที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตอยู่ระหว่าง pH 6.5-7.5 ถึงแม้จะมีแบคทีเรียน้อยชนิดที่สามารถเจริญได้ที่ pH ช่วงอื่น เราส่วนใหญ่และยีสต์เจริญได้ดีที่ pH ต่ำมากและ pH ที่เหมาะสมคือ 5 แต่อาจเจริญได้ดีที่ pH มากกว่า 7 จึงจัดเป็นพวกชอบกรดไม่แท้จริง (Facultative acidophile) ส่วน *Thiobacillus*, *Sulfolobus* และ *Thermoplasma* เจริญได้ที่ pH ต่ำมากๆ คือ pH ประมาณ 2 พวกนี้จัดเป็นพวกชอบกรดอย่างแท้จริง (Obligate acidophile) ส่วนจุลินทรีย์บางพวกชอบสภาพแวดล้อมที่มี pH มากกว่า 7 จึงจัดเป็นพวกชอบด่าง (Alkaliphile) เช่น เชื้อ *Vibrio cholerae* สามารถเจริญที่ pH 8 ได้ จึงใช้วิธีนี้แยก *Vibrio cholera* ออกจากเชื้ออื่นๆ ในลำไส้ได้

3.3.6 แรงดันออสโมติก (Osmotic pressure)

กระบวนการออสโมติกเกิดขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารในสารละลายที่อยู่ภายในเซลล์และภายนอกเซลล์ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดแรงดันออสโมติก สารละลายที่มีแรงดันออสโมติกสูงกว่า เรียกว่า สารละลายไฮเพอร์โทนิก (Hypertonic solution) ส่วนสารละลายที่มีแรงดันออสโมติกต่ำกว่า เรียกว่า สารละลายไฮโปโทนิก (Hypotonic solution) ถ้านำเซลล์แบคทีเรียใส่ในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ สารละลายภายนอกเซลล์จะมีแรงดันออสโมติกสูงกว่าใน

เซลล์ น้ำในเซลล์จะไหลออกสู่ภายนอกทำให้เซลล์เหี่ยวกระบวนการนี้เรียกพลาสโมไลซิส (Plasmolysis) ในตรงข้ามถ้านำแบคทีเรียใส่ลงในสารละลายน้ำเกลือเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ น้ำภายนอกจะไหลเข้าสู่เซลล์ทำให้เซลล์เต่ง กระบวนการนี้เรียกว่า พลาสโมพทิส (Plasmoptysis) แรงดันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์อันเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่สะสมไว้อาจทำให้เซลล์บางชนิด เช่น เซลล์เม็ดเลือดแดงแตกได้ แต่แบคทีเรียมีผนังเซลล์ที่แข็งแรง จึงไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาด ดังนั้นการเลี้ยงแบคทีเรียไว้ในสภาพที่มีแรงดันออสโมติกสูง จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือสมบัติทางสรีรวิทยาของเซลล์ เช่น อาจมีรูปร่างยาวกว่าปกติหรือรูปร่างไม่แน่นอน การเลี้ยงแบคทีเรียจึงควรคำนึงถึงแรงดันออสโมติกที่เหมาะสมด้วย

อย่างไรก็ตาม พบว่าจุลินทรีย์หลายชนิดสามารถปรับตัวให้ทนอยู่ในสภาพที่มีแรงดันออสโมติกสูงๆ ได้ จึงแบ่งจุลินทรีย์ได้หลายชนิด

1) พวกชอบแรงดันออสโมติก (Osmophile) สามารถปรับตัวให้เหมาะกับสภาพที่มีแรงดันออสโมติกสูงๆ พร้อมทั้งเจริญและเพิ่มจำนวนด้วย เช่น ยีสต์ที่เจริญในที่ที่มีน้ำตาลเข้มข้นจึงเรียกว่าพวกชอบน้ำตาล (Saccharophile) ได้แก่ *Saccharomyces bailii*, *Saccharomyces rouxii*

2) พวกชอบความเข้มข้นของเกลือสูงๆ (Halophile) เป็นพวกจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำทะเลซึ่งปกติมีความเค็ม 3.5-4 เปอร์เซ็นต์ แม้แต่ในทะเลแห่งความตาย (Dead sea) ซึ่งมีความเค็มถึง 29 เปอร์เซ็นต์ ก็ยังพบแบคทีเรียเจริญอยู่ได้ คือ *Halobacterium spp.* นอกจากนี้ยังพบแบคทีเรียในอาหารที่ดองเกลือ เช่น *Pediococcus*, *Staphylococcus*

โดยทั่วไปจุลินทรีย์จะไม่สามารถเจริญได้ในที่มีเกลือเข้มข้น 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ หรือที่มีน้ำตาล 50-70 เปอร์เซ็นต์ จึงอาศัยหลักการนี้ในการถนอมอาหาร โดยการดองเค็มหรือแช่อิ่ม มีผลให้เซลล์ของจุลินทรีย์เหี่ยวและไม่สามารถเจริญเติบโตได้

3.3.7 รังสี (radiation)

ถึงแม้แสงสว่างจะจำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์แสงได้บางชนิด เช่น กรีนซัลเฟอร์แบคทีเรีย (Green sulfur bacteria) และเพอพิลซัลเฟอร์ (Purple sulfur bacteria) แต่แบคทีเรียส่วนใหญ่จะไม่ต้องแสง จากการทดลองใช้แผ่นกรองแสงสีต่างๆพบว่า

แสงสีแดง ส้ม เหลือง ไม่ทำอันตรายต่อแบคทีเรีย แต่แสงสีฟ้าม่วงมีผลห้ามการเจริญได้และพบว่า รังสีอัลตราไวโอเล็ตมีผลในการทำลายแบคทีเรียได้

รังสีที่มีผลในการทำลายจุลินทรีย์มี 2 ชนิด คือ

1) รังสีที่เกิดการแตกตัวเป็นไอออน (Ionizing radiation) เป็นรังสีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการแตกตัวของไอออน โดยรังสีมีพลังงานไปดึงอิเล็กตรอนออกจากสาร ได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีน้ำ สามารถทำลายจุลินทรีย์ได้ แต่ยังไม่นิยมใช้ เนื่องจากค่าใช้จ่ายสูง

รังสีเอกซ์ มีความสามารถในการทะลุทะลวงและทำลายจุลินทรีย์รวมทั้งสิ่งมีชีวิตอื่นๆแต่ยังไม่นิยมใช้ในการควบคุมจำนวนจุลินทรีย์ เพราะราคาแพงมาก และควบคุมยาก เนื่องจากรังสีจะแผ่ออกมาทุกทิศทุกทาง แต่ใช้ในการทดลองเพื่อทำให้เกิดการผ่าเหล่า

รังสีแกมมา เป็นรังสีที่มีพลังงานสูงมาก มีอำนาจในการทะลุทะลวงได้ดีมาก และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต รังสีที่ได้เกิดจากสารกัมมันตรังสี เช่น โคบอลต์ 60 รังสีแกมมา คล้ายกับรังสีเอกซ์ แต่มีความยาวคลื่นกว่า และมีพลังงานสูงกว่า รังสีแกมมานิยมใช้ฆ่าเชื้อในวัตถุที่มีความหนาหรืออาหารที่เป็นหีบห่อ ทำให้เกิดการแตกตัวของน้ำภายในเซลล์ออกเป็น H^+ และ OH^- ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับสารอื่น ทำให้เป็นอันตรายต่อเซลล์จนถึงตายได้

รังสีแคโทด เป็นรังสีอิเล็กตรอนที่แผ่ออกมาโดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้าที่เกิดระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบในหลอดสุญญากาศ อิเล็กตรอนที่เกิดขึ้นสะสมกันมากๆ ใช้ทำลายจุลินทรีย์ได้ ปัจจุบันใช้ฆ่าเชื้อตามเครื่องมือผ่าตัด ยา และวัสดุต่างๆ

2) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสูง ได้แก่ รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) ผลของการฉายรังสี มีผลสองประการ คือ ทำให้จุลินทรีย์ตายและทำให้จุลินทรีย์ที่ตายเกิดการผ่าเหล่า (Mutation) มีผลทำให้ได้เซลล์ที่มีลักษณะแตกต่างไปจากพันธุ์เดิม เช่น ต้านทานต่อแบคทีริโอเฟจ มีความสามารถในการหมัก ความสามารถในการสังเคราะห์สารที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมเปลี่ยนไป

รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet) มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 150-3,900 อังสตรอม แต่พวกกรดอะมิโนชนิดอโรมาติก (Aromatic amino acid) เช่น ทริปโทเฟน เฟลิวอะลานีน และไท

โรซิน คูดซ์รังสีที่ 2,800 อังสตรอม การคูดซ์รังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในสารประกอบนิวคลีโอโปรตีน ทำให้เกิดการเชื่อมต่อระหว่างไทมีน 1 คู่ มีผลทำให้การอ่านรหัสพันธุกรรมผิดพลาด จึงมีผลทำให้จุลินทรีย์ตายได้ แหล่งที่มาของรังสีอัลตราไวโอเล็ตที่สำคัญคือ แสงจากดวงอาทิตย์ ถึงแม้รังสีช่วงคลื่นสั้นๆจะถูกกรองไว้ที่ชั้นบรรยากาศของโลกก็ตาม แสงอาทิตย์ก็ยังสามารถในการฆ่าจุลินทรีย์ได้ในปัจจุบันมีการประดิษฐ์หลอดที่ให้แสงอัลตราไวโอเล็ต ซึ่งมีความยาวคลื่น 2,600 ถึง 2,700 อังสตรอม หลอดนี้ เรียกว่า Germicidal lamp หรือ UV lamp นิยมใช้กันมากเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ในห้องผ่าตัด ในโรงพยาบาล ในห้องปฏิบัติการของโรงงานเภสัชกรรม และ โรงงานอุตสาหกรรมอาหารและนม รังสีอัลตราไวโอเล็ตมีความสามารถในการทะลุทะลวงต่ำ จึงสามารถใช้ฆ่าจุลินทรีย์เฉพาะที่พื้นผิววัตถุเท่านั้น

3.3.8 ความกดดันเนื่องจากน้ำ (Hydrostatic pressure)

แบคทีเรียจากทะเลจะทนความกดดันได้ดีกว่าพวกอยู่บนบก หรืออยู่ในน้ำจืด ความกดดันอาจมีผลทำให้รูปร่างของแบคทีเรียเปลี่ยนไป เชื้อบางชนิดจะสูญเสียแฟลกเจลลา และบางชนิดอาจเจริญอยู่ได้แต่ไม่สามารถแบ่งตัวต่อไป

จุลินทรีย์ในอากาศไม่สามารถเพิ่มจำนวนได้ แต่จะอาศัยอากาศเป็นตัวกลางในการแพร่กระจายอนุภาคที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งเท่านั้น (วีรานูช, 2550) แบ่งได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) Droplet nuclei ชีวอนุภาคมลสารของละอองเสมหะที่เกิดจากการไอหรือการพูด Droplet nuclei สามารถก่อให้เกิดโรคติดเชื้อ หากถูกสร้างขึ้นจากการจาม ไอ หรือการพูดของผู้ป่วยที่เป็นโรคทางเดินหายใจ เนื่องจากเชื้อโรคใน Droplet nuclei สามารถลอยอยู่ในอากาศ และมีชีวิตอยู่ในระยะเวลาหนึ่งจากการห่อหุ้มของละอองเสมหะ

2) Dust particle ชีวอนุภาคมลสารของฝุ่นละอองที่เกิดจากแรงลมหรือแรงกระทำของมนุษย์ก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองจากแหล่งต่างๆ

ชีวอนุภาคมลสารทั้งสองชนิด มีข้อแตกต่างกันหลายประการ เช่น แหล่งกำเนิด ลักษณะการแขวนลอยในอากาศ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อแตกต่างของแหล่งกำเนิดลักษณะการแขวนลอยในอากาศ

ลักษณะเด่น	Droplet nuclei	Dust particle
แหล่งกำเนิด	ละอองเสมหะของระบบทางเดินหายใจ การไอ จาม การพุดคุย	การฟุ้งกระจายของฝุ่นละอองเกิดจากแรงลมหรือกิจกรรมของมนุษย์
ขนาดของอนุภาค	≤5 ไมโครเมตร	>5 ไมโครเมตร
ลักษณะการแขวนลอยในอากาศ	แขวนลอยอยู่ในอากาศได้นานมาก (อัตราการตกสู่พื้นโดยเฉลี่ย 1.2 ตารางเซนติเมตร/นาทีก)	ตกลงสู่พื้นผิวต่างๆ ได้เร็ว (อัตราการตกสู่พื้นโดยเฉลี่ย 46 ตารางเซนติเมตร/นาทีก)
ชนิดของจุลินทรีย์ต่อ 1 อนุภาค	มักพบจุลินทรีย์ 1 ชนิดต่อ 1 อนุภาค	มักพบจุลินทรีย์หลายชนิดต่อ 1 อนุภาค
เนื้อเยื่อที่เกี่ยวข้องกับการติดเชื้อ	เข้าสู่ปอดได้ ทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง	มักตกค้างที่ระบบทางเดินหายใจส่วนบน ทำให้เกิดการติดเชื้อของระบบทางเดินหายใจส่วนบน
ลักษณะการแพร่กระจาย	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่ถ่ายทอดจากบุคคลสู่บุคคล	ก่อให้เกิดโรคในลักษณะที่เกี่ยวข้องกับสถานที่ที่เป็นแหล่งสะสมของเชื้อ

ที่มา: วิจารณ์ (2551)

3.4 วิธีการเก็บจุลินทรีย์ในอากาศ (สำนักงานอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, 2553) มีอยู่ 2 วิธี คือ

3.4.1 Active air sample เป็นการใช้อุปกรณ์ในการช่วยเก็บอากาศ ซึ่งจะมีการดูดอากาศเข้ามาในจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เช่น เครื่อง Anderson Impactor ซึ่งมีลักษณะคล้ายปืน โดมี 6 ชั้น แต่ละชั้นด้านล่างจะเจาะรูเพื่อให้อากาศไหลได้ โดยขนาดรูจะลดหลั่นกันลงมา อนุภาคที่ไหลผ่านรูดังกล่าวจะตกลงจานอาหารเลี้ยงเชื้อ เหลือแต่อนุภาคในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ ใช้ระยะเวลาในการดูดอากาศ 10-20 นาที การตกของอนุภาคของเครื่อง Anderson Impactor สามารถจำลองการตกตัวของอนุภาคในระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ได้ โดยวิธีการเก็บแบบ Active air sample เหมาะกับการเก็บจุลินทรีย์ในอากาศที่เป็นภาพรวมห้อง

3.4.2 Passive air sample เป็นการนำจานอาหารเลี้ยงเชื้อ มาวางเปิดไว้เพื่อให้อนุภาคในอากาศตกลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ วิธีนี้เหมาะสำหรับการเก็บเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเป็นจุดๆ เช่น การเก็บจุลินทรีย์ในห้องผ่าตัด ซึ่งจะวางจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ในบริเวณใกล้กับแผลผ่าตัดของผู้ป่วยเพื่อจะได้ทราบว่าบริเวณแผลผ่าตัดมีจุลินทรีย์ในอากาศชนิดใดตกลงไปบ้าง

3.5 ค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์และค่ามาตรฐานคุณภาพ

ปัจจัยคุณภาพอากาศ	ค่ามาตรฐานที่กำหนด	มาตรฐานอ้างอิง
อุณหภูมิ	23-26°C	ASHRAE 55-1992
ความชื้นสัมพัทธ์	30-60 เปอร์เซ็นต์	ASHRAE 55-1992
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	1,000 ppm	ASHRAE 62.1-2007
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์	9 ppm	สวท. 2538
อัตราแลกเปลี่ยนอากาศ	> 2 ACH	วสท. 2547
อนุภาคขนาดเล็ก (PM2.5)	0.025 mg/m ³	สวท. 2553
เชื้อแบคทีเรีย	<100 CFU/m ³	WHO 1988
เชื้อรา	<50 CFU/m ³	WHO 1988
เชื้อรา <i>Aspergillus</i>	<2 CFU/m ³	Alberti et al. 2001

ที่มา: นกคณัย (2555)

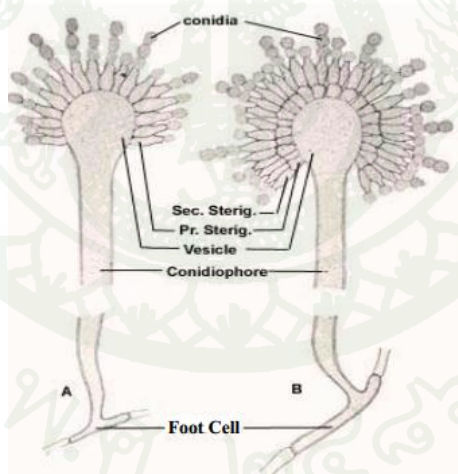
3.6 เชื้อจุลินทรีย์ที่มีความสำคัญในบรรยากาศ

ในอากาศมีจุลินทรีย์ปรากฏอยู่ได้แต่จำนวนและชนิดของจุลินทรีย์จะไม่แน่นอน ทั้งนี้เพราะอากาศไม่ใช่ตัวกลางสำคัญสำหรับการเติบโตของจุลินทรีย์ จำนวนและชนิดของจุลินทรีย์ในอากาศขึ้นอยู่กับแหล่งที่จะให้การแปดเปื้อน เช่น การจามหรือไอ ก็จะเป็นผลให้จุลินทรีย์ออกมาจากร่างกายได้หรือขณะที่ลมพัดจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินก็เข้ามาอยู่ในอากาศ เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้เกาะอยู่กับอนุภาคชนิดใด สภาวะแวดล้อมบางอย่าง เช่น ความชื้น แสงสว่าง อุณหภูมิ เชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย ได้แก่

3.6.1 เชื้อรา (Fungi)

1) *Aspergillus*

เชื้อรา *Aspergillus* สามารถพบได้ทั่วไปในธรรมชาติ เช่น ดิน ซากพืช ซากสัตว์ และมูลสัตว์ โคลนินของเชื้อราเมื่อเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ พบว่า มีทั้งสีเหลือง เขียวเหลือง น้ำตาลเหลือง หรือสีเขียว เช่น *A. clavatus* โคลนินมีสีเขียวอมฟ้า *A. flavus* มีโคลนินสีเขียวอมเหลือง *A. nidulans* มีโคลนินสีเหลืองเขียวและ *A. niger* มีโคลนินสีดำ เชื้อรา *Aspergillus* มีลักษณะเป็นเส้นใยที่แตกแขนงและมีผนังกัน เส้นใยของเชื้อราไม่มีสีแต่ละส่วนที่กันแล้วมีนิวเคลียสหลายอันมีผนังกัน โครงสร้างของเชื้อรา *Aspergillus* ประกอบด้วย ก้านชูสปอร์ (Conidiophore) เกิดจากฟลูเซลล์ ก้านชูสปอร์ อาจมีผนังกันหรือไม่ก็ได้ ที่ส่วนปลายของก้านชูสปอร์ จะโป่งออกเป็นเวสซิกเคิล (Vesicle) และมีส่วนที่ยื่นออกมาเป็นสเตอริกมา (Sterigma) ซึ่งอาจมีชั้นเดียวหรือสองชั้นก็ได้ โคนินเดี่ยว (Conidia) ถูกสร้างขึ้นภายในสเตอริกมา แตกต่างกันไปตามลักษณะของเชื้อแต่ละ Species (นงลักษณ์ และ ปรีชา, 2541)



ภาพที่ 3 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาโดยทั่วไปของเชื้อรา *Aspergillus sp.*

ที่มา: Raper and Funnell (1965)

ตารางที่ 3 กลุ่มของเชื้อรา *Aspergillus* ตามลักษณะของสปีโคโลนีและลักษณะของโครงสร้างของ Vesicle และ Sterigma

Groups	Conidial heads	Vesicle	Sterigma
<i>Aspergillus clavatus</i>	blue-green	clavate	Uniseriate
<i>Aspergillus ornatus</i>	yellow-green	subclavate	Uniseriate
<i>Aspergillus flavus</i>	yellow-green, brown	radiate	Biseriate
<i>Aspergillus glaucus</i>	olive green	globose	uniseriate or biseriate
<i>Aspergillus nidulans</i>	yellow-green	globose	Biseriate
<i>Aspergillus restrictus</i>	green	globose	Uniseriate
<i>Aspergillus fumigatus</i>	pale gray-green	globose	Uniseriate
<i>Aspergillus versicolor</i>	blue-green	subglobose	Biseriate
<i>Aspergillus ustus</i>	olive, olive-gray	globose	Biseriate
<i>Aspergillus sparsus</i>	blue-green	globose	uniseriate or biseriate
<i>Aspergillus cremeus</i>	pale yellow-green	globose	uniseriate or biseriate
<i>Aspergillus cervinus</i>	pinkish fawn	globose	Uniseriate
<i>Aspergillus flavipes</i>	white to avellaneous	subglobose	Biseriate
<i>Aspergillus terreus</i>	cinnamon to orange	hemispherical	Biseriate
<i>Aspergillus candidus</i>	white or cream	globose	uniseriate or biseriate
<i>Aspergillus niger</i>	Black or dark brown	globose	uniseriate or biseriate
<i>Aspergillus ochraceus</i>	yellow	globose	uniseriate or biseriate
<i>Aspergillus wentii</i>	yellow-brown	globose	uniseriate or biseriate

ที่มา: Raper and Funnell (1965)

สำหรับลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อรา เซลล์จะมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และมีเยื่อหุ้มนิวเคลียส และมีเยื่อที่ล้อมรอบออร์แกเนลล์ต่างๆ เพียง 1 โครโมโซม เป็นรูปร่างแหวนที่ประกอบไปด้วยดีเอ็นเอ (DNA) เกิดยวคู่ที่เกิดจากนิวคลีโอไทด์หลายๆ นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) เชื่อมต่อกัน โดยในหนึ่งหน่วยนิวคลีโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose sugar) ในไตรีนัสเบส

(Nitrogenous base) ได้แก่ อะดีนีน (Adenine, A) ไทมิน (Thymine, T) และไซโตซีน (Cytosine, C) และกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) เชื้อราในอากาศส่วนใหญ่จะเกาะอยู่กับฝุ่นละอองและไอน้ำโดยใช้เส้นใย

3.6.2 เชื้อแบคทีเรีย (Bacteria)

1) *Bacillus*

ลักษณะโดยทั่วไป

Bacillus คือ แบคทีเรีย (Bacteria) รูปร่างเป็นท่อน (Rod shape) ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram positive bacteria) อยู่ในวงศ์ *Bacillaceae* ซึ่งอยู่ในวงศ์เดียวกับ *Clostridium* และ *Desulfotomaculum*, *Bacillus* เคลื่อนที่ด้วยแฟลกเจลล่า (Flaggella) ต้องการออกซิเจนในการเจริญ (Aerobic bacteria) แต่บางชนิดเป็น Facultative anaerobe *Bacillus* เป็นแบคทีเรียที่ทนต่อความร้อน (Thermophilic bacteria) ที่สร้างเอนโดสปอร์ (Spore forming bacteria) สปอร์แบคทีเรีย (Bacterial spore) ของ *Bacillus* จะทนต่อความร้อน ทนต่อความแห้งแล้ง สารเคมี และสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่างๆ ได้ดี *Bacillus* เป็น Protiolytic Bacteria มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยโปรตีนในอาหารให้เป็นกรดแอมิโนเป็นจุลินทรีย์สาเหตุสำคัญที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย (Microbial spoilage) และทำให้อาหารที่เน่าเสียเกิดกลิ่นเหม็น

สำหรับลักษณะทางพันธุกรรมของแบคทีเรียจะมีความแตกต่างจากสิ่งมีชีวิตชั้นสูงจำพวกสัตว์หรือพืช คือ แบคทีเรียจะมีเพียง 1 โครโมโซม เป็นรูปวงแหวนที่ประกอบไปด้วยดีเอ็นเอ (DNA) เกิดยวคู่ที่เกิดจากนิวคลีโอไทด์หลายๆ นิวคลีโอไทด์ (Nucleotide) เชื่อมต่อกัน โดยในหนึ่งนิวโคโอไทด์ประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส (Deoxyribose sugar) ไนโตรจีนัสเบส (Nitrogenous base) ได้แก่ อะดีนีน (Adenine, A) ไทมิน (Thymine, T) และไซโตซีน (Cytosine, C) และกรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) เชื้อแบคทีเรียในอากาศส่วนใหญ่จะเกาะอยู่กับฝุ่นละอองและไอน้ำโดยสร้างสปอร์

4. แสงอาทิตย์และรังสีแสงอาทิตย์

4.1 ลักษณะของดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์มีลักษณะทรงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.39×10^6 กิโลเมตร ความหนาแน่น 1,410 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร มีมวลมากกว่าโลกถึง 333,400 เท่า เป็นดาวสีเหลืองที่มีก๊าซที่ร้อนจัด ที่ผิวดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิ 5,762 องศาเคลวิน ($^{\circ}\text{K}$) มีระยะทางเฉลี่ยห่างจากโลกประมาณ 149.5 ล้านกิโลเมตร ความหนาแน่น 80-100 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ (Vanwijk and Schilteubing, 1966) ดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่แผ่กระจายในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เมื่อสู่ผิวโลกจะแปรสภาพเป็นรูปต่างๆ บางส่วนจะสะท้อนสู่บรรยากาศ ทำให้สมดุลความร้อนที่ผิวโลกเกิดขึ้น โดยที่ความร้อนจากรังสีคลื่นสั้น เป็นความร้อนแรกที่ดวงอาทิตย์ให้แก่โลก แต่ในบรรยากาศมีสารเจือปนมากมาย รังสีคลื่นสั้นจึงถูกสะท้อนกลับสู่บรรยากาศก่อนตกผิวโลก ซึ่งส่วนมากมีความยาวคลื่นช่วง 0.1-3.0 ไมโครเมตร เรียกว่า พลังงานช่วงคลื่นสั้น (Short wave) ที่มีการแผ่กระจายสู่พื้นโลก และเกิดการสะท้อนสู่บรรยากาศ ในรูปรังสีคลื่นยาว (Long wave) มีผลให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น (เกษม, 2522)

4.2 ค่าคงที่ดวงอาทิตย์ (Solar constant)

เป็นระยะทางเฉลี่ยจากโลกถึงดวงอาทิตย์ มีค่า 1.50×10^8 เมตร การฉายรังสีต่อหน่วยพื้นที่รู้จักกันในชื่อค่าคงที่ดวงอาทิตย์ (Monteith and Unsworth, 1990) ค่าคงที่ของดวงอาทิตย์ คือค่าอัตราพลังงานที่ได้รับบนพื้นที่ 1 หน่วยที่ตั้งฉากกับรังสีดวงอาทิตย์ และพื้นที่นั้นจะต้องอยู่ในอวกาศ ค่าเฉลี่ยของค่าคงที่ดวงอาทิตย์บริเวณบรรยากาศรอบนอกของโลก ที่คำนวณโดย Nicolet ในปี 1951 มีค่า 138 mWcm^{-1} และค่าที่คำนวณโดย Johnson ในปี 1954 มีค่า 139.5 mWcm^{-1}

4.3 ธรรมชาติของแสง

การกระจายของช่วงความยาวคลื่นหรือสเปกตรัมของพลังงานจากดวงอาทิตย์บนพื้นโลก เป็นปัจจัยสำคัญต่อสภาพอากาศ ซึ่งธรรมชาติส่วนใหญ่ที่อยู่ในโลกล้วนอยู่ได้ด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งอยู่ในรูปของพลังงานรังสี (Radiant energy) ประกอบด้วยโฟตอนของรังสีชนิดต่างๆ โดยที่ขนาดของแต่ละโฟตอนขึ้นกับค่าความถี่ของรังสีนั้นๆ สามารถแบ่งได้เป็น 3 ช่วงดังนี้

4.3.1 ช่วง Ultraviolet เป็นช่วงที่มีความยาวคลื่นช่วง 200-280 ไมครอน มีประมาณร้อยละ 2-5

4.3.2 ช่วง Visible light มีความยาวคลื่นช่วง 0.4 - 0.7 ไมครอน ประมาณร้อยละ 44 - 47 เป็นช่วงความยาวคลื่นที่สามารถมองเห็นได้

4.3.3 ช่วง Near infrared มีความยาวคลื่นช่วง 0.9 - 4.0 ไมครอน ประมาณร้อยละ 44 - 47 เป็นช่วงคลื่นที่ดูดกลืนมากกว่ากระเจิง จะดูดกลืนในชั้นบรรยากาศ โดยไอน้ำในบรรยากาศส่งผลต่อปริมาณรังสีในชั้นบรรยากาศที่เพิ่มมากขึ้น (Moteith, 1973)

4.4 การแผ่รังสีแสงอาทิตย์มายังผิวโลก

รังสีแสงอาทิตย์ มีความร้อนสูงถึง 6,000 เคลวิน ใช้เวลาเดินทางมายังโลกประมาณ 8 นาที รวมระยะ 150 ล้านกิโลเมตรและเมื่อรังสีแสงอาทิตย์เดินทางมาถึงชั้นบรรยากาศโลกซึ่งประกอบด้วยออกซิเจนร้อยละ 20.94 ก๊าซอาร์กอน ร้อยละ 0.93 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ร้อยละ 0.03 และก๊าซอื่นๆอีกร้อยละ 0.02 ตามลำดับ ก๊าซเหล่านี้ช่วยป้องกันรังสีแสงอาทิตย์ไว้ด้วยกระบวนการกระเจิง (Scattering) การดูดกลืน (Absorption) และการสะท้อน (Reflection) ซึ่งมีผลทำให้ค่าพลังงานต่อหน่วยพื้นที่ที่ผิวโลกได้รับหรือที่เรียกว่าค่าคงที่แสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 1,394 วัตต์/ตารางเมตร หรือคิดเป็นพลังงานที่โลกได้รับ พบว่า ร้อยละ 35 เป็นพลังงานความร้อนที่สะท้อนออกสู่อวกาศ ส่วนอีกร้อยละ 65 เป็นพลังงานที่โลกหรือบรรยากาศดูดกลืนเอาไว้ โดยสามารถแบ่งได้เป็นอากาศดูดกลืนไว้ร้อยละ 14 ซึ่งส่วนใหญ่จะดูดกลืนไว้โดยไอน้ำในบรรยากาศ ส่วนอีกร้อยละ 51 จะถูกพื้นผิวโลกและน้ำในมหาสมุทรดูดกลืนไว้ส่งผลให้อุณหภูมิโลกในชั้น Troposphere อบอุ่นเหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตบนโลก (ดวงพร, 2536)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงชั้นบรรยากาศโลก สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชั้น ได้แก่ Thermosphere Mesosphere Stratosphere และ Troposphere มีบทบาทสำคัญในการป้องกันรังสีคลื่นสั้นเนื่องจากในบรรยากาศแต่ละชั้นมีกลุ่มก๊าซที่มีชนิด ปริมาณ สัดส่วน และการกระจายแตกต่างกันออกไป เช่น Thermosphere มีส่วนช่วยในการป้องกันรังสีแกมมาและรังสีเอ็กซ์ซึ่งเป็นรังสีคลื่นสั้นที่มีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก หรือ Stratosphere จะมีชั้นโอโซน (Ozone layer) ช่วยดูดกลืนรังสีอัลตราไวโอเล็ต ในช่วงความยาวคลื่นที่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ได้แก่ UV-C (200-280 นาโนเมตร) และ UV-B (280-315 นาโนเมตร) แต่ปล่อยให้รังสี UV-A ซึ่งมีความยาวคลื่น 315 -400 นาโนเมตร และรังสีที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (400-700 นาโนเมตร) ส่งผ่านลงมาถึงผิวโลก ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการสังเคราะห์ (Photosynthesis) ของผู้ผลิตขั้นต้น ได้แก่ แพลงก์ตอนพืช (Kirk, 1983)

4.5 รังสีแสงอาทิตย์ในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูด 5-20 องศาเหนือและเส้น 96-106 องศาตะวันออกได้รับอิทธิพลจากมรสุม 2 ชนิด คือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ส่งผลให้มีฝนตกชุกเฉลี่ย 1,550 มิลลิเมตร/ปี สลับกับอากาศร้อนอบอ้าวหรือที่เรียกว่าสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ส่วนจำนวนชั่วโมงที่มีแสงแดดในประเทศไทยจะเปลี่ยนแปลงไม่มากในรอบปีกล่าวคือจะต่ำกว่า 12 ชั่วโมง เพียงเล็กน้อยในฤดูหนาวและเกิน 12 ชั่วโมงเพียงเล็กน้อยในฤดูร้อนด้วยระยะเวลาของแสงอาทิตย์ส่องมายังประเทศไทยเฉลี่ยนานถึง 12 ชั่วโมง/วัน (ธนินทร์, 2556)

จากการศึกษาของเสริม และจรุงแสง (ม.ป.ป.) ได้จัดทำแผนที่พลังงานแสงอาทิตย์เพื่อประเมินศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์ของประเทศไทย โดยวิเคราะห์จากข้อมูลดาวเทียม GMS4 และ GMS5 ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดจากภาคพื้นดิน เป็นระยะเวลา 6 ปี ตั้งแต่ พ.ศ.2536-2541 จากศึกษาพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยได้รับพลังงานจากแสงอาทิตย์สูงสุดในช่วงเดือนเมษายนและพฤษภาคม มีค่าเท่ากับ 254.63 และ 245.95 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที ตามลำดับ ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางบางส่วนและได้รับพลังงานต่ำสุดในเดือนตุลาคม มีค่าเท่ากับ 167.82 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที แต่โดยเฉลี่ยแล้วประเทศไทยจะได้รับพลังงานแสงอาทิตย์ตลอดทั้งปี อยู่ที่ 217.31 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที (ตารางที่ 4) และพลังงานแสงอาทิตย์ที่ประเทศไทยได้รับเฉลี่ยตามฤดูกาลในรอบหนึ่งปี สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ฤดูและในแต่ละฤดูกาลมีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์ ดังนี้

- 1) ฤดูร้อน ตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม รวม 3 เดือน มีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 21.42 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน หรือ 247.88 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที
- 2) ฤดูฝน ตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคม รวม 5 เดือน มีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 18.05 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน หรือ 208.91 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที
- 3) ฤดูหนาว ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ รวม 4 เดือน มีค่าเฉลี่ยพลังงานแสงอาทิตย์เท่ากับ 17.70 เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน หรือ 204.86 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยพลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์รายเดือนของพื้นที่ทั่วประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2536-2541

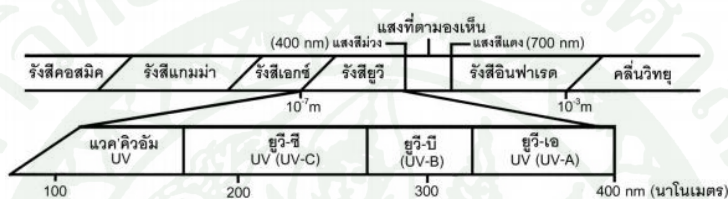
เดือน	พลังงานรังสีรวมแสงอาทิตย์	
	เมกะจูล/ตารางเมตร/วัน	วัตต์/ตารางเมตร/วินาที
มกราคม	17.63	204.05
กุมภาพันธ์	19.17	221.88
มีนาคม	21.00	243.06
เมษายน	22.00	254.63
พฤษภาคม	21.25	245.95
มิถุนายน	21.00	243.06
กรกฎาคม	18.25	211.23
สิงหาคม	20.50	237.27
กันยายน	16.00	185.19
ตุลาคม	14.50	167.82
พฤศจิกายน	17.00	196.76
ธันวาคม	17.00	196.76
เฉลี่ย	18.78	217.31

ที่มา: คัดแปลงมาจากเสริม และจรัสแสง ม.ป.ป.

5. รังสีกับเชื้อจุลินทรีย์

รังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศลงมายังบริเวณผิวโลกในแต่ละพื้นมีค่าพลังงานรังสีไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลและตำแหน่งที่ตั้งทางภูมิศาสตร์สำหรับประเทศไทยซึ่งตั้งอยู่ในเขตเส้นศูนย์สูตรระหว่างเส้นละติจูด 5-20 องศาเหนือและเส้น 96-106 องศาตะวันออก ทำให้ประเทศไทยได้รับพลังงานรังสีแสงอาทิตย์มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี 217.31 วัตต์/ตารางเมตร/วินาที ถือเป็นค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ที่สูงและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานทดแทนได้

รังสีอัลตราไวโอเล็ต หรือ รังสียูวี (Ultraviolet) มีแหล่งกำเนิดมาจากดวงอาทิตย์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นเดียวกับคลื่นวิทยุ รังสีเอ็กซ์ รังสีแกมมา แสงแดด หรือ แสงสว่าง ก็เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นกัน แต่มีช่วงความยาวคลื่นที่ตาของมนุษย์สามารถรับรู้ความรู้สึกได้ ทำให้เราสามารถมองเห็นสิ่งต่างๆ เราจึงเรียกว่า แสงสว่าง หรือ แสงที่ตามองเห็น (Visible light) แสงหรือรังสีที่กล่าวมาแล้วต่างเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเหมือนกันเพียงแต่มีความยาวคลื่นต่างกัน ถ้านำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ มาเรียงลำดับตามขนาดความยาวคลื่น ในหน่วยนาโนเมตร (nm) จะได้แถบของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum)



ภาพที่ 4 แถบสเปกตรัม ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ เรียงตามขนาดความยาวคลื่น (นาโนเมตร, nm)

ที่มา: แสง (ม.ป.ป.)

แสงอัลตราไวโอเล็ต หรือ แสงยูวี เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 100 ถึง 400 นาโนเมตร ซึ่งมีพลังงานสูงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเคมี ถ้าแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 200 นาโนเมตร มีพลังงานมากพอที่จะทำลายพันธะทางเคมีได้ อาจทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) ที่มีพลังงานสูงทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซ์ได้อย่างต่อเนื่อง เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสาร ก่อให้เกิดสารอนุมูลอิสระของสารตั้งต้นได้มากมาย รวมทั้งสามารถทำลายพันธะของออกซิเจน O_2 ทำให้เกิดก๊าซโอโซน O_3 แสงยูวีแบ่งเป็น 3 ช่วงตามลักษณะที่มีผลกระทบต่อสุขภาพ

5.1 UV A ช่วงความยาวคลื่น 315-400 นาโนเมตร เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีพลังงานต่ำที่สุดของแสงยูวีซึ่งจะส่งผลกระทบต่อผิวหนังมีสีน้ำตาล (Sun tanning) แต่เนื่องจากเป็นคลื่นที่อยู่ใกล้กับแสงที่ตามองเห็นจึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Near UV

5.2 UV B ช่วงความยาวคลื่น 280-315 นาโนเมตร จะมีพลังงานสูงขึ้นสามารถทำให้ผิวหนังไหม้เกรียม และมีหลักฐานว่า เป็นต้นเหตุของการเกิดมะเร็งผิวหนัง

5.3 UV C ช่วงความยาวคลื่น 200-280 นาโนเมตร ซึ่งมีพลังงานสูงกว่าแสงยูวีทั้งสองชนิดแรก สามารถดูดกลืนโดย DNA, RNA ในนิวเคลียสของเซลล์ทำให้เซลล์เกิดการกลายพันธุ์ เกิดเซลล์มะเร็ง และเกิดการตายของเซลล์ สมัยโบราณมีการใช้แสงยูวีฆ่าเชื้อเซลล์ที่อยู่บนผิวหนังของคนที่เป็นโรคเรื้อน ถ้ามองแสงยูวีด้วยตาเปล่า อาจทำให้เกิดการไหม้ของจอประสาทตาทำให้ตาบอด และทำให้สารประกอบในกระจกตาขุ่น เป็นโรคต้อกระจก เนื่องจาก UVC สามารถยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จึงเรียกว่า Germicidal UV range แสงยูวีที่มีความคลื่นน้อยกว่า 200 นาโนเมตร จะมีพลังงานมากพอที่จะทำลายพันธะทางเคมี และถูกดูดกลืนโดยสารประกอบ บางครั้งอาจเรียกว่า Ozone UV เพราะเป็นแสงยูวีที่สามารถกระตุ้นออกซิเจนในอากาศเป็น โอโซนได้ เนื่องจากแสงยูวีช่วงความยาวคลื่นนี้ถูกดูดกลืนโดยไอน้ำและออกซิเจนในอากาศดังนั้น ถ้าแสงยูวีที่มีความยาวคลื่นต่ำกว่า 200 นาโนเมตร เคลื่อนที่ผ่านบรรยากาศจะถูกดูดกลืนหมด ต้องเป็นตัวกลางที่เป็นสุญญากาศแสงยูวีจึงจะส่องผ่านได้จึงเรียก Vacuum UV

รังสีอัลตราไวโอเล็ตประเภท UV-B ที่ส่องลงมายังผิวโลกที่มีความยาวคลื่นสั้นทำให้มีพลังงานมากกว่า UV-A ด้วยพลังงานที่มากกว่าจะส่งผลกระทบต่อสารชีวโมเลกุลของสิ่งมีชีวิตบนโลกได้ เช่น สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดความผิดปกติในระดับดีเอ็นเอก่อให้เกิดมะเร็งผิวหนังในมนุษย์ได้ หรือเรียก UV-B ที่ก่อให้เกิดมะเร็งนี้ว่า Erythemal UV นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่เป็นผู้ผลิตขั้นต้นจำพวกแพลงก์ตอนพืช และแบคทีเรียได้ด้วย (พรณีย์, 2551; Anita, 2001; Fariborz, 2004)

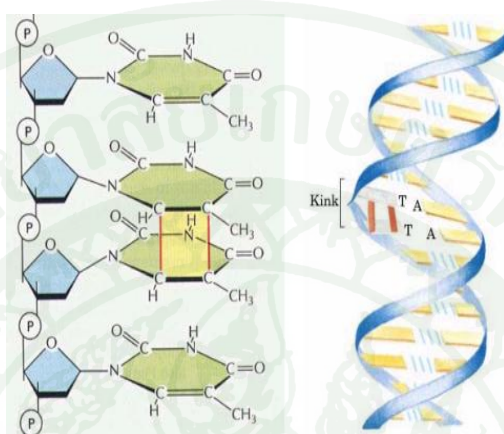
ผลของรังสีอัลตราไวโอเล็ต

1) การเกิดไทมีนไดเมอร์

กรดนิวคลีอิกสามารถดูดซึมรังสีอัลตราไวโอเล็ตได้ พลังงานที่ดูดซึมไว้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพันธะ (Bond) ของเบสพวกพิวรีน และไพริมิดีน แต่พบว่าไพริมิดีนมีการเปลี่ยนแปลงได้ง่ายกว่าพิวรีน เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ตทำให้ไทมีน 2 โมเลกุลที่ติดกันบนสายเดียวกันของโมเลกุลดีเอ็นเอ มาเชื่อมต่อกันด้วยพันธะทำให้เกิดไทมีนไดเมอร์ (Thymine dimer) ขึ้น

การเกิดไทมีนไดเมอร์ จะทำให้ไทมีนไม่สามารถจับคู่กับอะดีนีนของสายโพลีนิวคลีโอไทด์ตรงข้ามได้ ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดทรานซิชันได้ เช่น คู่เบส T-A ถูกแทนที่ด้วยคู่เบส C-G นอกจากนี้รังสีอัลตราไวโอเล็ตสามารถทำให้เกิดไซโตซีนไดเมอร์ (Cytosine dimer) ได้และมีผลทำ

ให้เกิดการกลายพันธุ์ได้เช่นเดียวกัน กล่าวคือ ถ้าเกิดปฏิกิริยาการดึงกลุ่มอะมิโน (NH_2) ออกจากโมเลกุลของไซโตซีนไดเมอร์ (Deamination of cytosine dimer) จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นยูราซิลไดเมอร์ (Uracil dimer) ซึ่งจะมีปฏิกิริยาเหมือนกับไทมีนไดเมอร์ ซึ่งก่อให้เกิดทรานซิชันได้ เช่น คู่เบส G-C ถูกแทนที่ด้วยคู่เบส A-T



ภาพที่ 5 การเกิดโครงสร้างไทมีนไดเมอร์ (Thymine dimer) โดยแสง UV

ที่มา: นรินาม (2553)

2) การเกิดอนุมูลอิสระ

อนุมูลอิสระ (Free radicals) เป็นสารที่มีอิเล็กตรอนอิสระ (Unpaired electron) อยู่ในวงนอกของอะตอมหรือโมเลกุล ในวงจรดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่ใช้ออกซิเจนจะมีอนุมูลอิสระของออกซิเจน เช่น Hydroxyl radical (OH^*), Superoxide ion (O_2^{2*}), Hydroperoxyl radical (HOO^*) และ Alkoxy radical (RO^*) เป็นต้น ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) ต่างๆ ของเซลล์เกิดขึ้นตลอดเวลา อนุมูลอิสระส่วนใหญ่มีความไม่คงตัว และไวต่อการทำปฏิกิริยา โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุมูลไฮดรอกซิล (Hydroxyl radical) ซึ่งจัดเป็นสารออกซิไดส์แรงสูง (Reactive oxygen species, ROS) ที่มีความว่องไว สามารถเข้าทำปฏิกิริยากับสารชีวโมเลกุลต่างๆ ที่อยู่รอบข้างในทันทีที่ถูกสร้างขึ้น ยังผลให้เกิดความเสียหายแก่องค์ประกอบต่างๆ ที่อยู่รอบข้างในทันทีที่ถูกสร้างขึ้น ยังผลให้เกิดความเสียหายแก่องค์ประกอบต่างๆ ของเซลล์ภายในร่างกาย ไม่ว่าจะเป็น การทำลายโครงสร้างดีเอ็นเอ (DNA) การเปลี่ยนสภาพโปรตีนตลอดจนไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ หรือการสร้างพันธะโควาเลนต์ (Covalent bond) กับ

โปรตีนหรือเอนไซม์บางชนิดจนทำให้เกิดการทำงานของโปรตีนหรือเอนไซม์นั้นๆผิดปกติไป โดยอนุมูลอิสระจะพุ่งเข้าชนเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เซลล์เสียสภาพเกิดการพองตัวหรือสูญเสียความสามารถในการซึมผ่านของสารละลาย ทำให้สมบัติของการซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลงไปเกิดความเสียหายต่อไซโทพลาซึม นิวเคลียส เป็นต้น

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Giorgio *et al.* (1996) ทำการศึกษาจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่มีในอากาศของเมือง Marseilles ในเขตเมืองและเขตพื้นที่ชนบทที่เกาะ Porquerolles ประเทศฝรั่งเศส ผลการศึกษาพบว่าในเขตเมือง Marseilles เชื้อจุลินทรีย์มีความแปรปรวนมาก พบเชื้อแบคทีเรียในอากาศเฉลี่ย 791 ± 598 bacteria m^{-3} เชื้อราพบว่ามี 92 ± 92 fungi m^{-3} และพื้นที่ชนบทในเกาะ Porquerolles พบเชื้อแบคทีเรีย 42 ± 70 bacteria m^{-3} และเชื้อรา 46 ± 55 fungi m^{-3} โดยเพิ่มขึ้นของเชื้อแบคทีเรียจะเพิ่มเมื่อมีอุณหภูมิและทิศทางลมส่วน ส่วนเชื้อราในอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความเร็วลม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตำแหน่งที่แตกต่างกันทางภูมิศาสตร์มีผลต่อปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ และจากการศึกษานี้ยังพบว่าเชื้อแบคทีเรียแกรมลบมีการเพิ่มขึ้นมาก

Griffin *et al.* (2007) ได้ศึกษาปริมาณฝุ่นและแบคทีเรียในอากาศที่บริเวณชายฝั่งทะเลทรายเมดิเตอร์เรเนียนในประเทศตุรกี พบว่า ปริมาณฝุ่นและจุลินทรีย์มีความสัมพันธ์กันแบบแบบแปรผันตามคือ ถ้าปริมาณฝุ่นมากปริมาณแบคทีเรียก็มาก แต่ถ้าปริมาณฝุ่นน้อยปริมาณแบคทีเรีย ก็น้อยตามด้วย

Khoder *et al.* (2009) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศในเมืองอุตสาหกรรมของ Helwan, อียิปต์ การศึกษาผลกระทบโดยใช้ตัวอย่างในช่วงระยะเวลาตั้งแต่เดือนมีนาคม 2006 ถึงกุมภาพันธ์ 2007 ความเข้มข้นของแบคทีเรียในอากาศก็มักจะเป็นสูงกว่าเชื้อรา เชื้อแบคทีเรียและเชื้อราในอากาศมีปริมาณที่ใกล้เคียงกันในเวลากลางวัน โดยความเข้มข้นปริมาณเชื้อจุลินทรีย์จะสูงสุดของในตอนเย็นและค่อยๆลดลงในช่วงเวลากลางคืน ความเข้มข้นของแบคทีเรียและเชื้อราจะสูงสุดในช่วง 20.00 ชั่วโมง ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าระหว่างความเข้มข้นเฉลี่ยรายชั่วโมงของเชื้อราในอากาศในช่วงฤดูหนาวเมื่อเทียบกับฤดูกลางอื่น จะมีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในวันทำงานจนถึงวันหยุดสุดสัปดาห์ ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศรายวันพบว่า แบคทีเรียและเชื้อราค่อยๆเพิ่มขึ้นและจะสูงสุดในช่วง 20.00 ชั่วโมง และลดลง ที่ตั้งทางภูมิศาสตร์กิจกรรมของมนุษย์วงจรการเจริญเติบโตของ

สิ่งมีชีวิตและปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยาเป็นเกณฑ์หลักควบคุมการเปลี่ยนแปลงชั่วคราวของจุลินทรีย์ในอากาศใน Wadi Hof Area

Mengfei *et al.* (2011) ศึกษาอนุภาคแขวนลอยชีวภาพในชั้นบรรยากาศมาจากบริเวณชายฝั่งของ Qingdao ช่วงกรกฎาคม 2009 ถึงมิถุนายน 2010 โดยวัดความเข้มข้นของจุลินทรีย์ ทั้งบนพื้นดินและทางทะเล ความเข้มข้นเฉลี่ยของแบคทีเรียบนพื้นดินในอากาศ, แบคทีเรียที่ทะเล เชื้อราบนพื้นดินในอากาศทางทะเลและ ผลรวมของอนุภาคแขวนลอยชีวภาพ อยู่ในช่วงของ 33-664 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร, 63-815 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร, 2-777 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร, 66-1128 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 85,015-166,094 เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ จุลินทรีย์คิดเป็น 99.13 เปอร์เซ็นต์ ของจุลินทรีย์รวม นอกจากนี้ยังพบว่าจุลินทรีย์จากทะเลมากกว่าจุลินทรีย์บก และ เชื้อราในอากาศมากกว่าแบคทีเรีย การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและพารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยา พบว่า พารามิเตอร์ทางอุตุนิยมวิทยามีผลแตกต่างกันในชนิดที่แตกต่างกันของจุลินทรีย์

Robert *et al.* (2012) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเชื้อแบคทีเรียตามฤดูกาลที่ Northern Colorado, USA. โดยเก็บละอองลอยในบรรยากาศมากกว่า 5-10 วันใน 4 ฤดูกาล พบว่าปริมาณแบคทีเรียที่พบแตกต่างกันตามฤดูกาล โดยความเข้มข้นสูงสุดพบในช่วงฤดูใบไม้ร่วงและฤดูใบไม้ผลิ สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงในความเข้มข้นของอนุภาครวมกับเซลล์แบคทีเรียมักจะเป็นตัวแทนส่วนใหญ่ (22 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ย) ของทั้งหมดอยู่ใกล้อนุภาคขนาดมากกว่า 0.5 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามฤดูกาล สายพันธุ์โคคเค้นในฤดูใบไม้ผลิฤดูหนาวและช่วงครึ่งหลังของช่วงฤดูใบไม้ร่วงสุ่มตัวอย่าง (เมื่อพื้นดินที่ปกคลุมด้วยหิมะ) เป็นสายพันธุ์แบคทีเรียที่พบบ่อยในสภาพแวดล้อมที่เย็นอื่นๆ ในขณะที่ช่วงฤดูร้อนและช่วงครึ่งปีแรกของตัวอย่างฤดูใบไม้ร่วงที่มีสายพันธุ์ที่ได้มาน่าจะ จากดินและใบไม้ในพื้นที่ แบคทีเรียนั้นเห็นได้ชัดว่าองค์ประกอบที่สำคัญของละอองลอยในชั้นบรรยากาศมีความอุดมสมบูรณ์และองค์ประกอบของชุมชนแบคทีเรียเหล่านี้ในอากาศที่มีรูปร่างจากการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลในสภาพบรรยากาศและเงื่อนไขของสภาพแวดล้อมบนพื้นดินในท้องถิ่น

Xinyu *et al.* (2012) ศึกษาความเข้มข้นและขนาดการกระจายของจุลินทรีย์ในอากาศที่เมืองกวางโจวในช่วงฤดูร้อน โดยเก็บในช่วงที่มีหมอกพบว่า ไร้อยู่ของเชื้อแบคทีเรียในอากาศสูงกว่า เชื้อราและความเข้มข้นของแบคทีเรียที่มีมากขึ้นในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่น (Guangzhou Medical College) มากกว่าในบริเวณที่สะอาด (Guangzhou Liuhua Lake Park) หรือที่ที่มีการจราจร

หนาแน่น (Dongfengxilu Road) นอกจากนี้ความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ 8:00 และ 23:00 มีค่าสูงกว่าเวลา 12:00 และ 17:00 นาฬิกา โดยพบเชื้อแบคทีเรียทั้งหมด 16 สายพันธุ์ เป็นเชื้อก่อโรค 8 สายพันธุ์ อีก 11 สายพันธุ์เป็นแกรมบวก 4 สายพันธุ์และแกรมลบ 5 สายพันธุ์ ซึ่ง *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Enterobacter*, *Serratia* เป็นสกุลแบคทีเรียที่โดดเด่นและสายพันธุ์ที่อุดมสมบูรณ์มากที่สุดคือเชื้อ *Staphylococcus hominis* (8-58 เปอร์เซ็นต์) และ *Staphylococcus lugdunensis* (14-35 เปอร์เซ็นต์) การศึกษาการกระจายขนาดพบว่า 36-76 เปอร์เซ็นต์ ของจุลินทรีย์อยู่ระหว่างชั้น 3-6 (0.65-4.7 ไมโครเมตร) เส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่าพลศาสตร์) และอนุภาคขนาดนี้สามารถเจาะระบบทางเดินหายใจล่างของมนุษย์

Lee and Jo (2006) ศึกษาลักษณะของอนุภาคแขวนลอยชีวภาพในร่มและกลางแจ้งที่อาคารอพาร์ทเมนต์ในเกาหลี การศึกษานี้พยายามที่จะประเมินความเสี่ยงอนุภาคแขวนลอยชีวภาพต่อผู้อยู่อาศัยอพาร์ทเมนต์ที่อาคารอพาร์ทเมนต์สูงในเมืองเกาหลี โดยศึกษาการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล ระยะเวลาการสำรวจในช่วงฤดูร้อน (ตามฤดูกาลระยะเวลาที่ฝนหน้า หรือไม่มีเลยในช่วงเวลาฝนหน้า) และสถานที่ตั้งของห้องพักภายในอพาร์ทเมนต์ พบว่าเชื้อราที่แพร่หลายมากที่สุดตรวจพบทั้งในร่มและกลางแจ้งอากาศ คือ *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus* และ *Alternaria* โดยเชื้อแบคทีเรียกลางแจ้งมีความเข้มข้นอย่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญตามระดับความสูง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นในอากาศของแบคทีเรียและเชื้อราภายในของอพาร์ทเมนต์ไม่แตกต่างกันในแต่ละระดับความสูง โดยความเข้มข้นของแบคทีเรียกลางแจ้งในฤดูร้อนพบว่ากว่าในฤดูหนาว

ศราวุฒิ และ พรพรรณ (2556) ศึกษาความเข้มข้นและขนาดอนุภาคของเชื้อราในอากาศบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น พบว่า การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้น และขนาดอนุภาคของเชื้อราในอากาศจากบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยเทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น โดยเก็บตัวอย่างอากาศ ด้วยเครื่อง Andersen six-stages impactor เป็นเวลา 10 นาที ที่ระดับความสูงจากพื้น 1.50 เมตร พบว่า ความเข้มข้นเชื้อราเฉลี่ยในอากาศบริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอยทางทิศตะวันตก ทิศใต้ และกึ่งกลางบ่อแตกต่างจากพื้นที่ Control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนทางทิศเหนือ และตะวันออกของบ่อฝังกลบมีความเข้มข้นเชื้อราเฉลี่ยในอากาศแตกต่างจากพื้นที่ Control อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งพบความเข้มข้นเฉลี่ย \pm ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเรขาคณิตของเชื้อราในอากาศสูงสุดบริเวณกึ่งกลางบ่อ เท่ากับ 1128.66 ± 5.04 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา คือ ทิศตะวันตก ทิศใต้ ทิศเหนือ และทิศตะวันออก เท่ากับ 1118.03 ± 3.83 , 1057.12 ± 3.31 , 787.18 ± 6.82 และ 665.88 ± 4.10 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และบริเวณจุดที่ไม่มีมีสถานที่ฝังกลบมูลฝอย (Control) เท่ากับ

299.27 ± 6.72 โคลิฟอร์มต่อลูกบาศก์เมตร และเชื้อราส่วนใหญ่มีขนาด 1.1-2.1 ไมโครเมตร ร้อยละ 19.99 รองลงมา คือ >7, 4.7-7.0, 3.3-4.7, 2.1-3.3 และ 0.65-1.1 ไมโครเมตร ร้อยละ 19.86, 15.75, 15.70, 15.65, 13.00 ตามลำดับ

อรรถพร และ วรณภา (2553) ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสงอัลตราไวโอเลตในผลิตภัณฑ์น้ำพริก โดยพบว่าแสงยูวีมีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้หลายกลุ่มในปัจจุบันจึงมีการนำมาใช้เพื่อลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่าง ๆ โดยพบว่า การลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นที่มีอยู่จะทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารนั้นมีการเก็บรักษายาวนานขึ้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้แสงยูวีในการลด จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์น้ำพริกและคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการนำมาใช้งาน โดยทำการสร้าง ตู้ลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสงยูวี ขนาด 94x60x70 เซนติเมตร (กว้างxลึกxสูง) ซึ่งประกอบด้วยหลอดยูวีขนาด 18 วัตต์ ความยาวคลื่น 253.7 นาโนเมตร ที่สามารถผลิตแสงยูวีที่มีความเข้มแสงเท่ากับ 7,270 วัตต์ต่อตารางเมตร นำมาศึกษาประสิทธิภาพในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในตัวอย่างน้ำพริก 4 ชนิด ได้แก่ น้ำพริกปลาอย่าง, น้ำพริกแกงเผ็ด, น้ำพริกแกงส้มและน้ำพริกถาป โดยกำหนดปัจจัยในการศึกษา คือ ระยะห่างระหว่างหลอดยูวีกับพื้นที่ใช้งาน 4 ระดับ ได้แก่ 30, 40, 50 และ 60 เซนติเมตร และระยะเวลาในการสัมผัสกับตัวอย่าง 3 ระดับ ได้แก่ 30, 60 และ 150 นาที ผลการศึกษา พบว่าสภาวะที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ คือ การใช้แสงยูวีสัมผัสกับตัวอย่างเป็นเวลานาน 150 นาที ที่ระยะห่างระหว่างหลอดยูวีกับพื้นที่ใช้งานเท่ากับ 40 เซนติเมตร โดยที่สภาวะดังกล่าวสามารถลดจำนวนเชื้อจุลินทรีย์เริ่มต้นลงได้ 90-99 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. การวิเคราะห์ความเข้มข้นและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ในอากาศ

1.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศ

1.1.1 เครื่อง Andersen six-stages impactor

1.1.2 อาหารเลี้ยงเชื้อ Nutrient agar (NA)

1.1.3 จานอาหารเพาะเชื้อ (Plate)

1.1.4 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบละเอียด (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง)

1.1.5 กล้องจุลทรรศน์

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์

2.1 อุปกรณ์ในการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศ

2.1.1 เครื่อง PDR สำหรับวัดอุณหภูมิ และความชื้น

2.1.2 เครื่องตรวจวัดปริมาณของรังสีดวงอาทิตย์ โดยใช้เครื่อง Net radiometer (CNR 4)

2.1.3 เครื่องตรวจวัดความเร็วลมและทิศทางลม

3. การวิเคราะห์ผลของรังสีแสงอาทิตย์กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการลดปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ จึงได้ศึกษาความสัมพันธ์ของรังสีแสงอาทิตย์กับเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

โดยวางแผนเก็บตัวอย่างเทียบกับปริมาณรังสีแสงอาทิตย์รายชั่วโมงตั้งแต่เวลา 6.00-19.00 น. พบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ช่วงเวลา 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. ตามการขึ้นลงของรังสีแสงอาทิตย์ เก็บในเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ 2557 เนื่องจากท้องฟ้ามีลักษณะโปร่งใส (Clear sky) ส่งผลต่อคุณภาพรังสีแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลกลงสู่บรรยากาศมีคุณภาพดี ส่งผลให้เห็นความสัมพันธ์ของรังสีแสงอาทิตย์ต่อเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศได้อย่างชัดเจน

3.1.1 การตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์

ตรวจวัดปริมาณรังสีสุทธิแบบต่อเนื่องรายชั่วโมงด้วยชุดตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ (Net radiation) รุ่น CNR4 ที่ติดตั้งอยู่บนเสาสูง 40 เมตร ซึ่งตั้งอยู่ภายในพื้นที่โครงการฯ ใกล้กับพื้นที่เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ นอกจากนี้ชุดตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สุทธิ ยังสามารถตรวจวัดรังสีคลื่นสั้นที่ตกกระทบพื้นผิว (Incoming shortwave radiation; Rsd) รังสีคลื่นสั้นที่สูญเสียจากพื้นผิว (Outgoing short wave radiation; Rsu) รังสีคลื่นยาวที่ตกกระทบพื้นผิว Incoming long wave (Radiation; Rld) รังสีคลื่นยาวที่สูญเสียจากพื้นผิว (Outgoing long wave radiation; Rlu) ปริมาณรังสีสุทธิ (Net radiation; Rn) รังสีอัลตราไวโอเล็ต ชนิดเอและบี (UV-A และ UV-B) และรังสีที่ตามองเห็น (Visible light) แบ่งเป็นช่วงคลื่นสีม่วง คราม น้ำเงิน เขียว เหลือง แสด และแดง

วิธีการ

1. ลักษณะของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษารั้วนี้เลือกพื้นที่ศึกษา 2 พื้นที่ โดยแบ่งตามลักษณะความสูงของสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่ (Surface roughness)

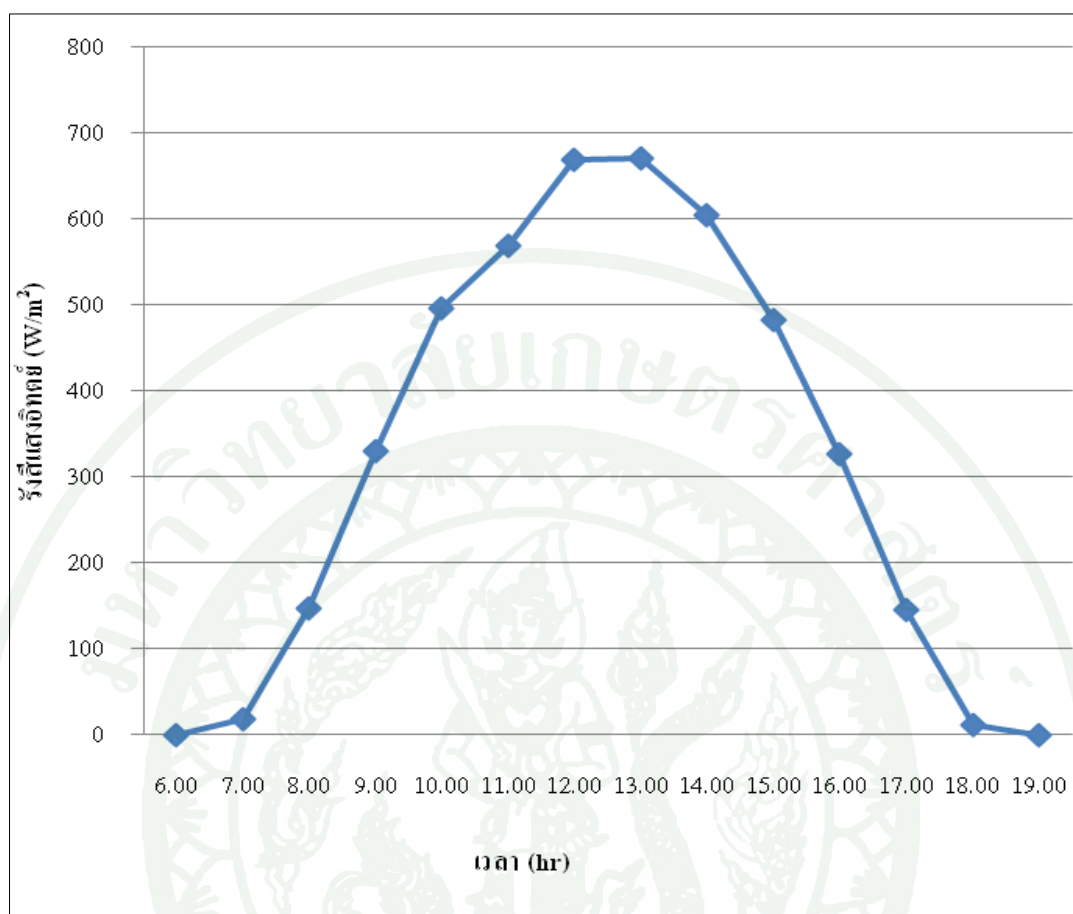
1.1 พื้นที่ที่มีลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินตามธรรมชาติ

1.2 พื้นที่ที่มีลักษณะทางอุตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินในเขตเมือง

2. การวางแผนการเก็บตัวอย่าง

การเลือกช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างดูจากความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ เนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์มีผลต่อความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ โดยสามารถตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิได้ตั้งแต่เวลา 06.00 น. มีค่าเท่ากับ 20 วัตต์/ตารางเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในเวลา 13.00 น. มีค่าเท่ากับ 672 วัตต์/ตารางเมตร และเริ่มลดลง ดังแสดงในภาพที่ 6 ช่วงเวลาที่เหมาะสมจึงเป็นช่วง 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. ตามการปริมาณของรังสีแสงอาทิตย์

ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิที่วัดแบบต่อเนื่องรายชั่วโมงด้วยชุดตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์สุทธิรุ่น CNR4 ที่ติดตั้งอยู่บนเสาสูง 40 เมตร ภายในพื้นที่พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สามารถตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิได้ตั้งแต่เวลา 6.00-19.00 น. รวมเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง



ภาพที่ 6 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์สูงสุดที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี เฉลี่ย 3 เดือน ธันวาคม-กุมภาพันธ์

3. การหาความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในอากาศ

3.1 นำอาหารเลี้ยงเชื้อ (NA plate) ใส่ในเครื่อง Andersen six-stages impactor โดยปรับอัตราการไหลของอากาศ 28.3 ลิตร/นาที เก็บช่วงเวลา 8.00 น., 13.00 น. และ 17.00 น.

3.2 เก็บตัวอย่างสภาพอากาศด้วยเครื่อง PDR

3.3 คำนวณปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

จำนวนโคโลนีที่นับได้แต่ละงานเพาะเชื้อในแต่ละชั้นนำไปคำนวณให้อยู่ในรูปความเข้มข้นในหน่วยโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) (Fang *et al.*, 2007) ดังแสดงสมการ ต่อไปนี้

$$C \text{ (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร)} = \frac{(P1+P2+P3+P4+P5+P6) \times 1000}{t(\text{min}) \times F(\text{L/min})}$$

ดังนั้น C คือ ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศในหน่วยโคโลนีต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ

P1, P2, P3, P4, P5, และ P6 คือ จำนวนโคโลนีในชั้นที่ 1-6

t คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (นาที)

และ F คือ อัตราการดูดอากาศช่วงเก็บ

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์

4.1 บันทึกข้อมูลสภาพภูมิอากาศทั้งอุณหภูมิ ความชื้น รังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลมและทิศทางลมแต่ละระดับความสูงจากเครื่อง PDR

4.2 สร้างกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์กับปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ

5. การวิเคราะห์ผลของรังสีแสงอาทิตย์กับการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

5.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ทดสอบ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Bacillus*, *Candida*, *Cladosporium* มาทำการเจือจางแบบ 10 Serial dilutions ดังนี้

5.1.1 บีบเปิด 1 มิลลิลิตร ชัสเพนชันของเชื้อตั้งต้น (10^0) มาใส่หลอดที่มีน้ำเกลือ (0.9 เปอร์เซ็นต์ NaCl) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ เขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นชัสเพนชันของเชื้อที่ 10^{-1}

5.1.2 บีบเปิดชัสเพนชันของเชื้อที่ได้ (10^{-1}) 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดที่มีน้ำเกลือ (0.9 เปอร์เซ็นต์ NaCl) ที่ฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อเขย่าให้เข้ากัน จะได้เป็นชัสเพนชันของเชื้อที่ 10^{-2} จนถึง 10^{-6}

5.1.3 นำไปทดลองต่อในขั้นต่อไป : การเพาะเชื้อแบบ Spread Plate และ Pour Plate เพื่อนำจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ในเพลส โดยเลือกใช้ที่ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ 100 โคโลนี

5.2 ขั้นตอนการ Spread plate

5.2.1 บีบเปิดตัวอย่างปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร ลงที่ตำแหน่งตรงกลางจานเพาะเชื้อ

5.2.2 จับแท่งแก้วรูปร่างตัวแอล (spreader) ในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 แล้วเอียง Spreader ที่ขอบของบีกเกอร์เพื่อแยกแอลกอฮอล์ส่วนเกินออก

5.2.3 นำแท่งแก้วเกลี่ย Spreader ที่ผ่านการจุ่มแอลกอฮอล์ไปเผาไฟจนแอลกอฮอล์ไหม้หมดและปล่อยให้ Spreader เย็น

5.2.4 นำ spreader เกลี่ยเชื้อให้ทั่วจานเพาะเชื้อและระมัดระวังไม่ให้ มือสัมผัสกับขอบด้านในของจานเพาะเชื้อ

5.2.5 spreader ในแอลกอฮอล์เข้มข้นร้อยละ 95 และกำจัดแอลกอฮอล์ส่วนเกินให้แท่งแก้วสัมผัสกับขอบบีกเกอร์ นำเผาไฟจนแอลกอฮอล์ไหม้หมด ปล่อยให้เย็น และนำไปเกลี่ยในจานเพาะเชื้อที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ลงไปแล้วทำ 3 ซ้ำ

5.2.6 นำจานเพาะเชื้อไปวางในตู้ที่ติดตั้งหลอด UV (UVA, UVB, UVC) โดยกำหนดระยะห่างจากหลอดจนอาหารเพาะเชื้อ 30 และ 50 เซนติเมตร วางไว้ 2, 4, 6, 8 และ 12 ชั่วโมง

5.2.7 กลับงานเพาะเชื้อให้ด้านที่มีอาหารเพาะเชื้ออยู่ด้านบน แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 24-48 ชั่วโมง

5.2.8 สังเกตลักษณะและนับจำนวนโคโลนีที่ปรากฏ



ผลและวิจารณ์

1. ลักษณะของพื้นที่ในการเก็บตัวอย่าง

1.1 พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี

พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี ศึกษาค้นคว้าวิจัยรูปแบบของเทคโนโลยีในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านการกำจัดขยะ และการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยวิธี ธรรมชาติธรรมชาติ

1.1.1 สภาพทั่วไปของตำบลแหลมผักเบี้ย

1) ที่ตั้งและอาณาเขต

ตำบลแหลมผักเบี้ยเป็นตำบลหนึ่งใน 10 ตำบลของอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ห่างจากที่ว่าการอำเภอประมาณ 29 กิโลเมตร เป็นพื้นที่ติดกับชายฝั่งทะเลอ่าวไทย มีเนื้อที่ประมาณ 10.57 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 6,606.28 ไร่ และมีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับตำบลบางแก้ว อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
ทิศใต้	ติดต่อกับอ่าวไทย ตำบลหาดเจ้าสำราญ อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับอ่าวไทย
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับตำบลนาพันสาม อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี

2) ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดเพชรบุรีอยู่ติดอ่าวไทยจึงได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ในฤดูฝน ซึ่งมีผลทำให้ฝนตกชุก และอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือในช่วงฤดูหนาว จึงทำให้มีอากาศหนาวเย็นในช่วงเวลาดังกล่าว สามารถแบ่งฤดูกาลออกเป็น 3 ฤดู

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม-เมษายน อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 32.13 องศาเซลเซียส
 ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-พฤศจิกายน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 959.5 มิลลิเมตร
 ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 24.16 องศาเซลเซียส

ในปี 2550 อุณหภูมิอากาศสูงที่สุด 37.0 องศาเซลเซียส (วันที่ 19 เมษายน 2550) อุณหภูมิอากาศต่ำที่สุด 16.0 องศาเซลเซียส (วันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2550) อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยทั้งปี 28.02 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนตกรวมทั้งปี 1,113.4 มิลลิเมตร มีจำนวนวันฝนตกวัดได้ตั้งแต่ 0.1 มิลลิเมตร จำนวน 99 วัน จากสถิติปริมาณน้ำฝนตั้งแต่ปี 2537-2550 เฉลี่ยวันฝนตกประมาณปีละ 103 วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในรอบ 12 ปี (ปี 2539-2550) 1,003.43 มิลลิเมตรต่อปี มีฝนตกมากในช่วงเดือนกันยายน-ตุลาคม



ภาพที่ 7 พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมภาคลุ่มน้ำแม่ป๋ายอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์

1.2. ตึกอปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี

คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2490 ภายใต้มหาวิทยาลัยแพทยศาสตร์นับเป็นคณะแพทยศาสตร์แห่งที่ 2 ของประเทศ ต่อจากคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ถือกำเนิดจากพระราชปรารภในพระบาทสมเด็จพระปรเมนทรมหาอานันทมหิดล พระอัฐมรามาธิบดินทร์รัชกาลที่ 8 โดยดำเนินงานร่วมกับโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์

สภากาชาดไทย มีหน้าที่หลักในการผลิตบัณฑิตทั้งในระดับปริญญาบัณฑิตและบัณฑิตศึกษา การวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ทางการแพทย์และสาธารณสุข และการบริการทางการแพทย์และสาธารณสุขแก่ประชาชนทั่วไป มีผลงานด้านการรักษาพยาบาลและงานวิจัยที่ได้รับการยอมรับทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

1.2.1 สภาพทั่วไปของอป.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี



ภาพที่ 8 พื้นที่อป.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี

1) ที่ตั้งและอาณาเขต

ตึกอป.คณะแพทยศาสตร์ตั้งอยู่ในเขตปทุมวัน เป็น 1 ใน 50 เขตการปกครองของกรุงเทพมหานคร อยู่ในกลุ่มเขตกรุงเทพใต้ ซึ่งถือเป็นเขตศูนย์กลางธุรกิจ การค้า การบริการ การพยาบาล วัฒนธรรม การศึกษา และการทูต เป็นเขตหนึ่งที่มีที่ตั้งอยู่บริเวณใจกลางที่สุดของกรุงเทพมหานครและที่มีการคมนาคมหลากหลายช่องทาง

- ทิศเหนือ ติดต่อกับเขตดุสิตและเขตราชเทวี มีคลองมหานาคและคลองแสนแสบเป็นเส้นแบ่งเขต
- ทิศตะวันออก ติดต่อกับเขตวัฒนาและเขตคลองเตย มีแนวทางรถไฟสายชองนนทบุรีเป็นเส้นแบ่งเขต
- ทิศใต้ ติดต่อกับเขตสาทรและเขตบางรัก มีถนนพระรามที่ 4 พากใต้ เป็นเส้นแบ่งเขต

ทิศตะวันตก ติดต่อกับเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย มีคลองผดุงกรุงเกษมเป็น
เส้นแบ่งเขต

2) ลักษณะภูมิอากาศ

อุณหภูมิกรุงเทพมหานครนั้น มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยอยู่ภายใต้
อิทธิพลของลมมรสุม 2 ชนิด ได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันออกเฉียง
ใต้ซึ่งเกิดฤดูกาลที่แตกต่าง กัน 3 ฤดูได้แก่

ฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ - เดือนเมษายน

ฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม - เดือนตุลาคม

ฤดูหนาวระหว่างเดือนพฤศจิกายน - เดือนมกราคม

อุณหภูมิทั้ง 3 ฤดูจะแตกต่างกัน แต่ค่าเฉลี่ยจากการวัด ณ สถานีตรวจอากาศ
กรุงเทพมหานคร ปี 2545 จะอยู่ที่ 29.2 องศาเซลเซียส โดยค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ 38 องศาเซลเซียส และ
ต่ำสุดเท่ากับ 19.2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ของกรุงเทพมหานครจะมีค่าสูงเกือบตลอดปี
เนื่องจากกรุงเทพมหานครตั้งอยู่ใกล้อ่าวไทย ซึ่งมีไอน้ำพัดเข้าถึงสม่ำเสมอ ซึ่งจากการวัด ณ พ.ศ.
2545 ความชื้นสัมพัทธ์ของกรุงเทพมหานครจะมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 73

2 การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นและสายพันธุ์ของจุลินทรีย์ในอากาศ

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ตามพื้นที่ศึกษา

ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ จากพื้นที่การศึกษา 2 พื้นที่ คือ
พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี
และที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี ที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3
ระดับความสูง เก็บข้อมูล 3 เดือน เดือนละ 3 วัน 3 ระดับความสูง 3 ชั่วโมง พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของ
เชื้อจุลินทรีย์ในอากาศสามารถสรุปได้ดังนี้

2.1.1 พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี

จากการเก็บตัวอย่างอากาศระหว่างเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 3 เดือน ในช่วงเวลา 8.00 น. ที่ความสูง 1 เมตร มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Geometric mean : GM) มากกว่าที่ระดับความสูง 3 เมตร และ 7 เมตร ดังนี้ เดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศสูงสุดในที่ระดับความสูง 1 เมตร ในช่วงเวลา 8.00 น. เท่ากับ $1,348.41 \pm 5.10$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ที่ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ $1,058.89 \pm 7.36$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 478.92 ± 19.23 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ $1,298 \pm 12.41$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ที่ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ $1,050.65 \pm 10.80$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 458.19 ± 18.13 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ $1,349.82 \pm 17.67$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ที่ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ $1,024.74 \pm 21.20$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 485.28 ± 14.71 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในช่วงเวลา 12.00 น. ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Geometric mean: GM) สูงสุดในที่ ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 823.32 ± 12.74 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ 467.61 ± 14.28 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 321.55 ± 6.12 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 835.10 ± 11.36 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ที่ความสูง 3 เมตรและ 7 เมตร เท่ากับ 465.25 ± 7.36 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 318.02 ± 6.12 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 832.27 ± 1.63 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือที่ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ 464.08 ± 10.79 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 312.13 ± 4.08 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในช่วงเวลา 17.00 น. ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Geometric mean: GM) สูงสุดในที่ ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 938.75 ± 10.20 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ที่ความสูง 3 เมตร และ 7 เมตร เท่ากับ 883.39 ± 12.24 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 412.67 ± 5.40 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 939.93 ± 9.35 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา ได้แก่ ที่ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ 899.88 ± 14.28 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 416.96 ± 3.53 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร

ตามลำดับ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 934.04 ± 2.04 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา คือ ที่ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ 896.35 ± 17.79 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 421.67 ± 8.16 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ Colony forming units per cubic meter (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ในแต่ละระดับความสูง ณ พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี

เวลา	เดือน	จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร)			
			GM	GSD	minimum	maximum
8.00 น.	ธ.ค.	1 เมตร	1,348.41	5.10	1,342.76	1,352.65
	ม.ค.	1 เมตร	1,298.00	12.41	1,286.22	1,310.95
	ก.พ.	1 เมตร	1,349.82	17.67	1,332.16	1,349.82
	ธ.ค.	3 เมตร	1,058.89	7.36	1,053.00	1,067.14
	ม.ค.	3 เมตร	1,050.65	10.80	1,038.87	1,060.07
	ก.พ.	3 เมตร	1,024.73	21.20	1003.53	1,045.94
	ธ.ค.	7 เมตร	478.92	19.23	466.43	501.06
	ม.ค.	7 เมตร	458.19	18.13	438.16	473.50
	ก.พ.	7 เมตร	485.28	14.71	473.50	501.77
13.00 น.	ธ.ค.	1 เมตร	823.32	12.74	812.72	837.46
	ม.ค.	1 เมตร	835.10	11.36	826.86	848.06
	ก.พ.	1 เมตร	832.27	1.63	830.39	833.22
	ธ.ค.	3 เมตร	467.61	14.28	459.36	484.10
	ม.ค.	3 เมตร	465.25	7.36	459.36	473.50
	ก.พ.	3 เมตร	464.08	10.80	452.30	473.50
	ธ.ค.	7 เมตร	321.55	6.12	318.02	328.62
	ม.ค.	7 เมตร	318.02	6.12	314.49	325.09
	ก.พ.	7 เมตร	312.13	4.08	307.42	314.49

ตารางที่ 5 (ต่อ)

เวลา	เดือน	จุดเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ (โคโลนีต่อ ลูกบาศก์เมตร)			
			GM	GSD	minimum	maximum
17.00 น.	ธ.ค.	1 เมตร	938.75	10.20	932.86	950.53
	ม.ค.	1 เมตร	939.93	9.35	932.86	950.53
	ก.พ.	1 เมตร	934.04	2.04	932.86	936.40
	ธ.ค.	3 เมตร	883.39	12.24	876.33	897.53
	ม.ค.	3 เมตร	899.88	14.28	886.93	915.19
	ก.พ.	3 เมตร	896.35	17.79	879.86	915.19
	ธ.ค.	7 เมตร	421.67	5.40	416.96	427.56
	ม.ค.	7 เมตร	416.96	3.53	413.43	420.49
	ก.พ.	7 เมตร	421.67	8.16	416.96	431.10

สภาพภูมิอากาศในช่วงที่เก็บตัวอย่างทั้งความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในเดือนธันวาคมค่าความเร็วลมมีค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ 0-3.2 เมตร/วินาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 51-79 และอุณหภูมิ 21.3-26.2 องศาเซลเซียส เดือนมกราคมค่าความเร็วลมมีค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ 0-3.1.6 เมตร/วินาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 57-74 และอุณหภูมิ 21.3-29.3 องศาเซลเซียส และเดือนกุมภาพันธ์ค่าความเร็วลมมีค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ 0-2.6 เมตร/วินาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 71-89 และอุณหภูมิ 23.7-28.8 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างสภาพภูมิอากาศพบว่าเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในพื้นที่

2.1.2. พื้นที่ตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี

จากการเก็บตัวอย่างอากาศระหว่างเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ผลการศึกษาพบว่าทั้ง 3 เดือน ในช่วงเวลา 8.00 น. ที่ความสูง 1 เมตร มีปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ (Geometric mean : GM) มากกว่าที่ระดับความสูง 16 เมตร และ 60 เมตร ดังนี้เดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศสูงสุดในที่ระดับความ

สูง 1 เมตร ในช่วงเวลา 8.00 น. เท่ากับ $1,023.56 \pm 10.20$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ที่ ความสูง 3 และ 7 เมตร เท่ากับ 826.86 ± 9.35 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 604.24 ± 8.89 โคลโลนีต่อ ลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 937.57 ± 12.41 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ที่ความสูง 16 และ 60 เมตร เท่ากับ 747.94 ± 14.28 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 585.39 ± 18.13 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 984.69 ± 10.80 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ ที่ความสูง 16 และ 60 เมตร เท่ากับ 673.73 ± 12.41 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 591.28 ± 4.08 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในช่วง เวลา 13.00 น. ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยเชิงจลนทรีย์ในอากาศ (Geometric mean: GM) สูงสุดในที่ ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 944.64 ± 8.89 โคลโลนีต่อลูกบาศก์ เมตร รองลงมาคือความสูง 16 และ 60 เมตร เท่ากับ 453.47 ± 15.96 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 388.69 ± 6.12 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้น เฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 862.19 ± 18.70 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ ที่ความสูง 16 เมตรและ 60 เมตร เท่ากับ 554.77 ± 12.74 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 389.87 ± 12.74 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พบความ เข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 698.47 ± 14.28 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาคือที่ความสูง 16 และ 60 เมตร เท่ากับ 530.04 ± 9.35 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 330.98 ± 5.40 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ในช่วงเวลา 17.00 น. ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2557 พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยเชิงจลนทรีย์ในอากาศ (Geometric mean: GM) สูงสุดในที่ ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 998.82 ± 18.13 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ ที่ความสูง 16 เมตร และ 60 เมตร เท่ากับ 586.57 ± 6.12 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตรและ 590.11 ± 9.35 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 987.04 ± 10.80 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมาได้แก่ ที่ความสูง 16 และ 60 เมตร เท่ากับ 683.16 ± 8.89 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 487.63 ± 8.89 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 พบความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดบริเวณในที่ระดับความสูง 1 เมตร เท่ากับ 906.95 ± 8.89 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร รองลงมา คือ ที่ความสูง 16 และ 60 เมตร เท่ากับ 539.46 ± 441.70 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 441.70 ± 10.60 โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดัง แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ Colony forming units per cubic meter (โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร) ในแต่ละระดับความสูง ณ พื้นที่ตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้านหน้าสวนลุมพินี

เวลา	เดือน	จุดเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ (CFU/m ³)				
			GM	GSD	minimum	maximum	
8.00 น.	ธ.ค.	1 เมตร	1023.56	10.20	1017.67	1035.34	
		ม.ค.	1 เมตร	937.57	12.41	925.80	950.53
		ก.พ.	1 เมตร	984.69	10.80	975.27	996.47
	ธ.ค.	18 เมตร	826.86	9.35	819.79	837.46	
		ม.ค.	18 เมตร	747.94	14.28	734.98	763.25
		ก.พ.	18 เมตร	673.73	12.41	660.78	685.51
	ธ.ค.	60 เมตร	604.24	9.35	593.64	611.31	
		ม.ค.	60 เมตร	585.39	14.28	579.51	590.11
		ก.พ.	60 เมตร	591.28	4.08	586.57	593.64
13.00 น.	ธ.ค.	1 เมตร	944.64	8.89	936.40	954.06	
		ม.ค.	1 เมตร	862.19	18.70	840.99	876.33
		ก.พ.	1 เมตร	698.47	14.28	685.51	713.78
	ธ.ค.	18 เมตร	453.47	15.93	438.16	469.96	
		ม.ค.	18 เมตร	554.77	12.74	544.17	568.90
		ก.พ.	18 เมตร	530.04	9.35	522.97	540.64
	ธ.ค.	60 เมตร	388.69	6.12	381.63	392.23	
		ม.ค.	60 เมตร	389.87	12.74	381.63	406.36
		ก.พ.	60 เมตร	330.98	5.40	325.09	335.69
17.00 น.	ธ.ค.	1 เมตร	998.82	18.13	978.80	1014.13	
		ม.ค.	1 เมตร	987.04	10.80	975.27	996.47
		ก.พ.	1 เมตร	906.95	8.89	897.53	915.19

ตารางที่ 6 (ต่อ)

เวลา	เดือน	จุดเก็บ ตัวอย่าง	ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ (CFU/m ³)			
			GM	GSD	minimum	maximum
17.00 น.	ธ.ค.	18 เมตร	586.57	6.12	579.51	590.11
	ม.ค.	18 เมตร	683.16	8.89	674.91	692.58
	ก.พ.	18 เมตร	539.46	14.28	522.97	547.70
	ธ.ค.	60 เมตร	590.11	9.35	583.04	600.71
	ม.ค.	60 เมตร	487.63	8.89	466.43	501.77
	ก.พ.	60 เมตร	441.70	10.60	431.10	452.30

สภาพภูมิอากาศในช่วงที่เก็บตัวอย่างทั้งความเร็วลม ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิของแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในเดือนธันวาคมค่าความเร็วลมมีค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ 0-3 เมตร/วินาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 63-79 และอุณหภูมิ 21.3-32.2 องศาเซลเซียส เดือนมกราคมค่าความเร็วลมมีค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ 0-2 เมตร/วินาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 40-74 และอุณหภูมิ 23.4-33.4 องศาเซลเซียส และเดือนกุมภาพันธ์ค่าความเร็วลมมีค่าต่ำสุด-สูงสุดที่ 0-2 เมตร/วินาที ค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 71-89 และอุณหภูมิ 23.7-31.7 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการเก็บตัวอย่างสภาพภูมิอากาศพบว่าเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้นความเร็วลมจะเพิ่มขึ้นซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบ

2.2 สายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในพื้นที่

จากการเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศพบว่า เชื้อที่พบส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรีย เมื่อเก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์จากอากาศ มาทำการศึกษาและจัดกลุ่มโดยสังเกตลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological Characteristics) และลักษณะรูปร่างที่เจริญบนอาหาร ตามวิธีของ Raper and Funnell (1965) conidial head และสีของโคโลนี พบว่า สามารถจัดกลุ่มของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียได้ดังนี้

2.2.1 *Aspergillus* ได้กลุ่มของเชื้อราทั้งหมด 3 กลุ่ม คือ

1) The *Aspergillus fumigates* Groups มีลักษณะของ conidial head เป็นสี่เหลี่ยม การเรียงตัวของ sterigmata เป็นแบบ uniseriate

2) The *Aspergillus flavus* Groups มีลักษณะของ conidial head เป็นสี่เหลี่ยม ปนเขียวเมื่ออายุมากขึ้นอาจกลายเป็นสีน้ำตาล vesicle ไม่ใช่แบบ clavate การจัดเรียงตัวของ sterigmata เป็นแบบ biseriate

3) The *Aspergillus niger* Groups มีลักษณะของ conidial head เป็นสีดำหรือสีน้ำตาลดำ vesicle ค่อนข้างกลม สามารถเจริญและสร้างสปอร์ได้ดีบนอาหาร การจัดเรียงของ sterigmata เป็นแบบ biseriate

2.2.2 *Penicillium sp.* ลักษณะ โคนิเดียสี่เหลี่ยม เส้นใยไม่มีสีและผนังกันตามขวาง โคนิเดียเกิดตรง เกิดเดี่ยวๆที่ส่วนปลาย แตกกิ่งก้านลักษณะคล้ายแตร โคนิเดียเกิดต่อกันเป็นลูกโซ่บน Phialides โคนิเดียมีหนึ่งเซลล์รูปร่างกลมหรือรี

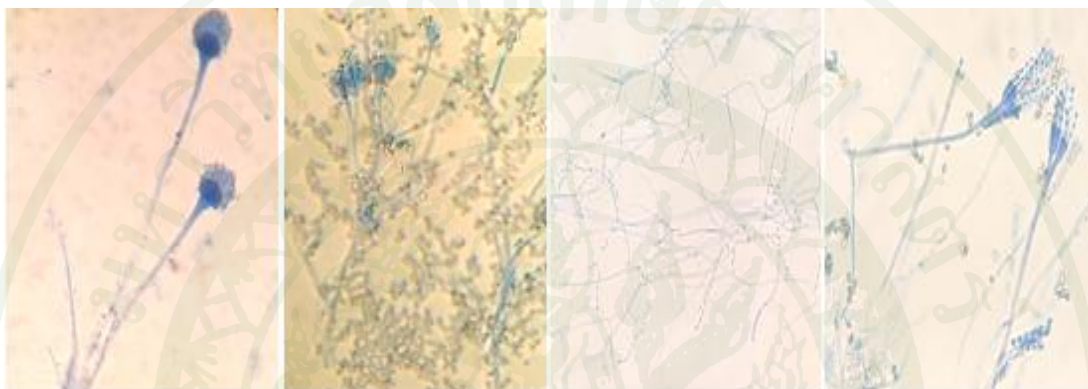
2.2.3 *Cladosporium sp.* ลักษณะ โคนิเดียสี่เหลี่ยม เส้นใยค่อนข้างฟูลักษณะเส้นใยมีสีเข้ม มีผนังกันตามขวาง โคนิเดียมีสีเข้ม มีหนึ่งเซลล์หรือสองเซลล์รูปร่างต่างกันหลายแบบ เช่น รูปไข่ทรงกระบอกถึงรูปร่างไม่แน่นอน

2.2.4 *Rhizopus sp.* เส้นใยสีน้ำตาลไม่มีผนังกันตามขวาง สร้างอับสปอร์รูปร่างกลมสีดำที่ปลายก้านชูอับสปอร์ภายในมีสปอร์ขนาดเล็กรูปร่างกลมมากมาย มี apophysis, stolon และ rhizoid

2.2.5 *Bacillus sp.* ลักษณะ โคนิเดียสีขาวเยิ้ม รูปร่างเป็นท่อน (rod shape) ย้อมติดสีแกรมบวก (Gram positive bacteria)

2.2.6 *Candida* ลักษณะโคโลนีสีขาวเข้ม รูปร่างเป็น mycelium และ pseudomycelium ตรงส่วนปลายมักสร้าง chlamydoconidia รูปร่างกลมผนังหนา ขนาด 8-12 ไมโครเมตร สร้าง blastoconidia จาก hyphae หรือ pseudohyphae ตรงบริเวณที่มีผนังกันเซลล์

โดยจากการศึกษาพบว่า สายพันธุ์ที่พบมากที่สุด คือ เชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus fumigates* , *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium sp.* แบคทีเรีย *Bacillus sp* และ *Candida*



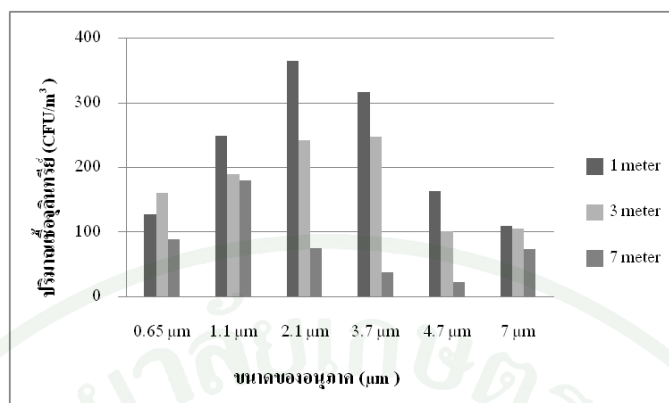
ภาพที่ 9 ตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศ

2.3 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

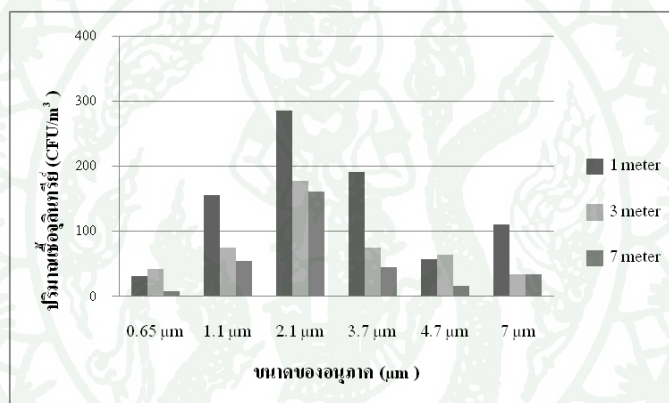
เนื่องจากการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่อง Andersen six-stages impactor สามารถแยกขนาดของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบได้ ที่มีขนาดแตกต่างกัน 6 ขนาด คือ ชั้นที่ 1 (>7 ไมโครเมตร) ชั้นที่ 2 (4.7-7.0 ไมโครเมตร) ชั้นที่ 3 (3.3-4.7 ไมโครเมตร) ชั้นที่ 4 (2.1-3.3 ไมโครเมตร) ชั้นที่ 5 (1.1-2.1 ไมโครเมตร) และ ชั้นที่ 6 (0.65-1.1 ไมโครเมตร) ดังนั้นสามารถแยกขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ได้ดังนี้

2.3.1 โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. เพชรบุรี

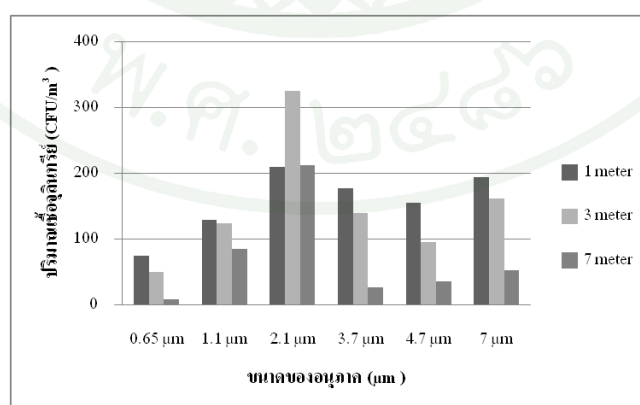
จากการเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ที่ความสูง 1 เมตร, 3 เมตร และ 7 เมตร ตามช่วงเวลา พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดคืออนุภาคขนาด ชั้นที่ 4 อนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ขนาด 2.1-3.3 ไมโครเมตร



ภาพที่ 10 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 8.00 น.



ภาพที่ 11 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 13.00 น.



ภาพที่ 12 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 17.00 น.

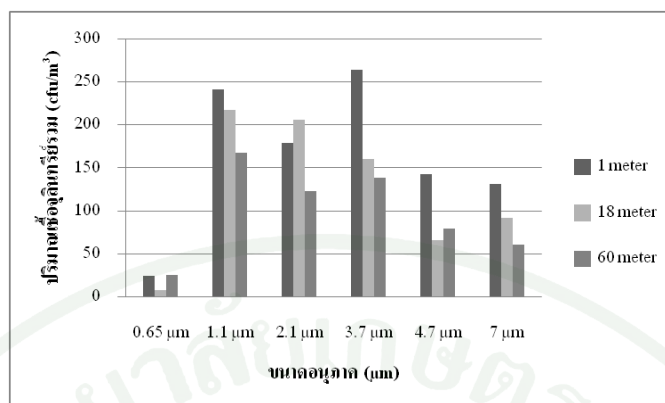
เมื่อศึกษาขนาดของอนุภาคจุลินทรีย์ในอากาศ โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงขนาด คือ >7, 3-7 และ <3 ไมโครเมตร ตามแบบจำลองขนาดอนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจมนุษย์ พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3-7 ไมโครเมตร ที่สามารถเข้าสู่ร่างกายส่วนของขั้วปอด เมื่อแยกเป็นขนาดของอนุภาคเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียในอากาศ พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อราส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในช่วง 2.1-4.7 ไมโครเมตร ส่วนเชื้อแบคทีเรียพบว่าทุกอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. เพชรบุรี

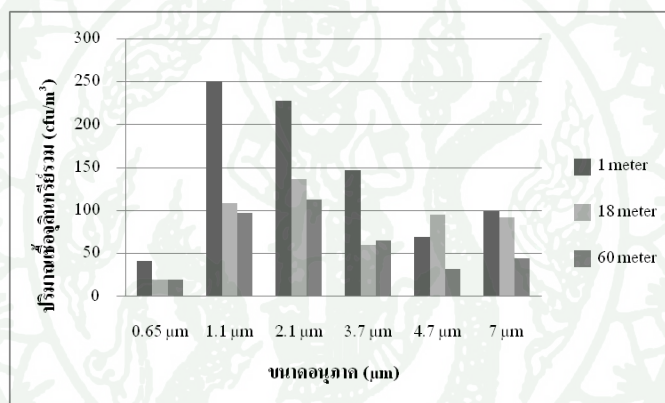
เวลา	จุดเก็บตัวอย่าง	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตรหน่วย:µm)					
		>7 µm		3-7 µm		<3 µm	
		ร้อยละ (CFU/m ³)	การสะสม	ร้อยละ (CFU/m ³)	การสะสม	ร้อยละ (CFU/m ³)	การสะสม
8.00 น.	1 เมตร	273.18	20.51	682.37	51.23	389.87	29.27
	3 เมตร	207.30	19.84	489.60	46.86	349.04	33.41
	7 เมตร	95.41	20.12	111.11	23.43	267.61	56.44
12.00น.	1 เมตร	167.26	20.15	476.48	57.39	186.49	58.79
	3 เมตร	96.58	20.74	252.45	54.22	116.61	25.04
	7 เมตร	49.47	15.59	205.34	64.73	62.43	19.68
17.00น.	1 เมตร	348.25	37.14	386.34	41.21	202.98	21.65
	3 เมตร	255.59	28.62	465.25	52.09	173.14	19.38
	7 เมตร	89.12	21.21	237.93	56.64	93.05	22.15

2.3.2 พื้นที่ตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี

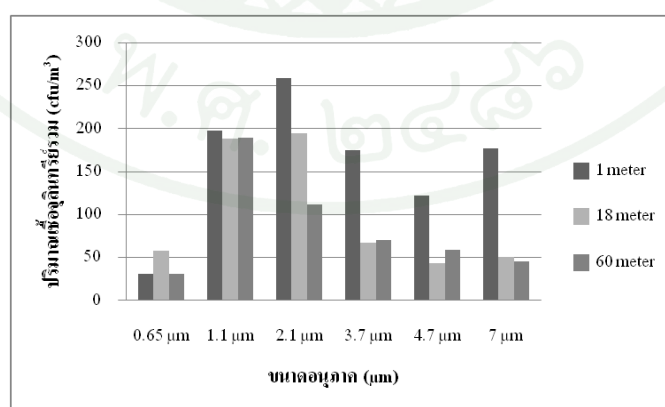
จากการเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ที่ความสูง 1 เมตร, 18 เมตร และ 60 เมตร ตามช่วงเวลา พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบมากที่สุดคือ ในชั้นที่ 3 และ 4 โดยมีอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ขนาด 1.1-3.7 ไมโครเมตร



ภาพที่ 13 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 8.00 น.



ภาพที่ 14 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 13.00 น.



ภาพที่ 15 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศเวลา 17.00 น.

เมื่อศึกษาขนาดของอนุภาคจุลินทรีย์ในอากาศ โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงขนาด คือ >7, 3-7 และ <3 ไมโครเมตร ตามแบบจำลองขนาดอนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจมนุษย์ พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 3-7 ไมโครเมตร ที่สามารถเข้าสู่ร่างกายส่วนของขั้วปอด เมื่อแยกเป็นขนาดของอนุภาคเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียในอากาศ พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อราส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในช่วง 2.1-4.7 ไมโครเมตร ส่วนเชื้อแบคทีเรียพบว่าทุกอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกัน ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศพื้นที่นอกตึกอปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้านหน้าสวนลุมพินี

เวลา	จุดเก็บตัวอย่าง	ขนาดอนุภาค (ไมโครเมตรหน่วย:µm)					
		ร้อยละ		ร้อยละ		ร้อยละ	
		การสะสม (CFU/m ³)	การสะสม (CFU/m ³)	การสะสม (CFU/m ³)	การสะสม (CFU/m ³)	การสะสม (CFU/m ³)	การสะสม (CFU/m ³)
8.00 น.	1 เมตร	131.13	13.35	406.36	41.38	444.44	45.26
	18 เมตร	91.87	10.25	226.54	32.08	431.10	56.74
	60 เมตร	60.86	10.25	217.12	36.57	315.67	90.81
12.00น.	1 เมตร	99.73	11.94	215.94	25.86	519.43	62.20
	18 เมตร	91.87	17.92	155.08	30.25	265.80	51.84
	60 เมตร	44.37	12.00	96.98	26.22	228.50	61.78
17.00น.	1 เมตร	177.46	18.40	215.94	25.86	488.81	50.69
	18 เมตร	50.65	8.40	155.08	30.25	441.70	73.24
	60 เมตร	45.15	8.91	96.98	26.22	332.16	65.58

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์

2.1 พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ. เพชรบุรี

2.1.1 ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับระดับความสูง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับความสูงของการเก็บตัวอย่าง เฉลี่ย 3 เดือนในแต่ละช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ลดลงตามระดับความสูง โดยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจะมีความเข้มข้นลดลงทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยที่ระดับความสูง 1 เมตร ในเวลา 8.00 น.พบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด คือ $1,332.08 \pm 29.52$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุดที่ระดับความสูง 7 เมตร ในเวลา 13.00 น. คือ 317.24 ± 17.28 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ที่เวลา 8.00 น.มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 1, 0.96 และ 0.83 ตามลำดับ

เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในอากาศไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบรรยากาศได้เป็นเวลานานๆ เพราะ อากาศมีสภาพแห้งแล้งและมีสารอาหารปริมาณน้อย ดังนั้นอากาศจึงไม่ใช่ถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อากาศเป็นเพียงที่อยู่อาศัยชั่วคราว (Temporary habitat) ของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ในอากาศนั้นจะถูกพัดพามาจากแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำ ดิน และอากาศเป็นตัวกลางที่สำคัญในการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ไปในสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ดังนั้นยิ่งระดับความสูงเพิ่มขึ้นปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก็จะลดลงเนื่องจากอยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดนั้นคือพื้นดินบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างซึ่งมีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงเวลา

2.1.2 ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับความเร็วลม

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับความเร็วลมที่ความสูง 10 เมตร ในพื้นที่เก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ลดลงตามความเร็วลม โดยเมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจะมีความเข้มข้นลดลง โดยที่เวลา 8.00 น.พบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด คือ $2,850.96 \pm 40.43$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ความเร็วลมเฉลี่ย 2.31 เมตรต่อวินาที และพบเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุดในเวลา 13.00 น. คือ $1,613.11 \pm 4.98$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ความเร็วลม 3.16 เมตรต่อวินาทีซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ที่ระดับความสูง 10 เมตร พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.61

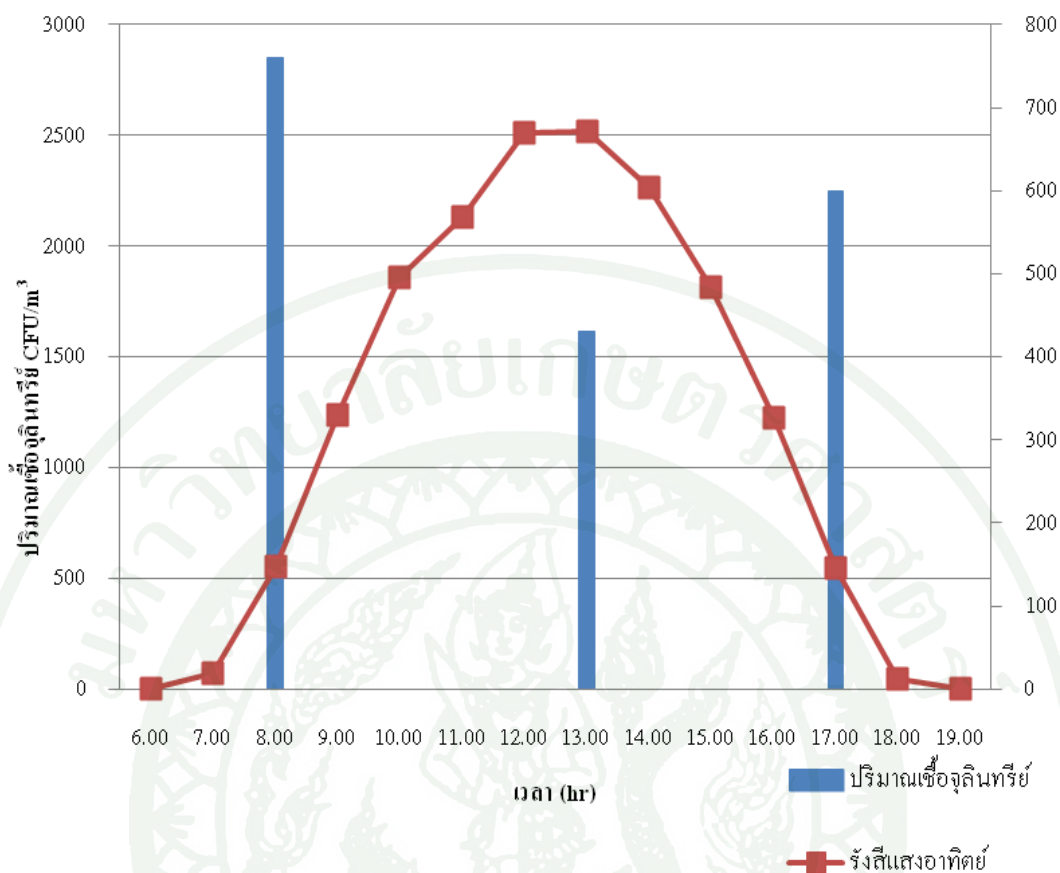
เมื่อความเร็วลมเพิ่มขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจะมีความเข้มข้นลดลง เนื่องจากฝุ่นละอองจะถูกเจือจางโดยลมที่พัดผ่านแหล่งกำเนิด ซึ่งการเจือจางนี้เกิดจากอากาศที่ไม่มีฝุ่นละอองหรือมีฝุ่นละอองน้อยเคลื่อนที่เข้ามาทำให้บริเวณที่มีความเข้มข้นของฝุ่น

ละอองมากมีความมีความเข้มข้นของฝุ่นละอองลดลง (วงศ์พันธ์ และคณะ, 2543) ซึ่งในธรรมชาติ เชื้อจุลินทรีย์จะเกาะอยู่กับอนุภาคของฝุ่นละอองดังนั้นเมื่อฝุ่นละอองถูกเจือจางโดยลมความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ก็จะลดลงด้วยเช่นกัน

2.1.3 ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์

โดยสามารถตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิได้ตั้งแต่เวลา 06.00 น. มีค่าเท่ากับ 19.2 วัตต์/ตารางเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในเวลา 13.00 น. มีค่าเท่ากับ 672 วัตต์/ตารางเมตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Pannop and Surat (2013) ที่ทำการตรวจวัดพลังงานรังสีแสงอาทิตย์บริเวณ โครงการแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริในช่วงฤดูร้อนซึ่งพบว่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สุทธิมีค่าสูงสุดในช่วงเที่ยงวันเช่นกัน จากนั้นรังสีจะมีค่าพลังงานลดลงตั้งแต่เวลา 13.00 น.จนถึงเวลา 19.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาสุดท้ายที่สามารถวัดรังสีได้ มีค่าเท่ากับ 0.01 วัตต์/ตารางเมตร คิดเป็นพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมเท่ากับ 4.73 กิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของกระทรวงพลังงาน พบว่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมเฉลี่ยทั่วประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 5.04 กิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน (กระทรวงพลังงาน, 2550) อย่างไรก็ตาม การที่พลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมบริเวณ โครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของประเทศไทยนั้น มีผลมาจากคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นผลมาจากละอองไอเกลือจากทะเลและฝุ่น (Satheesh and Moorthy, 2005; Naohiro *et al.*, 2011; Can *et al.*, 2012 and Juan *et al.*, 2012) ซึ่งสอดคล้องกับ Pantipa and Surat (2013) และ Winai *et al.*, (2013) ที่ทำการศึกษาผลของละอองเกลือจากทะเลและละอองฝุ่นต่อรังสีคลื่นสั้นจากดวงอาทิตย์บริเวณ โครงการแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริพบว่า ทั้งละอองเกลือและละอองฝุ่นมีผลต่อการลดลงของค่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์ในช่วงคลื่น 306-330 นาโนเมตรได้มากที่สุด

รังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่โครงการแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่พบ โดยในช่วงเวลาที่เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกันในช่วงเวลา 8.00 น. ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศสูงที่สุด และน้อยที่สุดในช่วงเวลา 13.00 น. ดังแสดงในภาพที่ 16



ภาพที่ 16 อิทธิพลของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ

อิทธิพลของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ณ โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริเก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ลดลงเมื่อความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น โดยในเวลา 8.00 น. พบความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ 147.02 วัตต์ต่อตารางเมตร พบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด คือ $2,850.96 \pm 40.43$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ที่เวลา 13.00 น. พบความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ 671.34 วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด คือ $1,613.11 \pm 4.98$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ที่เวลา 17.00 น. พบความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ 145.54 วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ $2,250.88 \pm 6.56$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.76

2.2 พื้นที่ตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี

2.2.1 ความสัมพันธ์ของเชื่อกจลินทรีย์กับระดับความสูง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื่อกจลินทรีย์กับระดับความสูงของการเก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า เชื่อกจลินทรีย์ลดลงตามระดับความสูง โดยเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเชื่อกจลินทรีย์ที่พบจะมีความเข้มข้นลดลงทั้ง 3 ช่วงเวลา โดยที่ระดับความสูง 1 เมตร ในเวลา 8.00 น.พบความเข้มข้นของเชื่อกจลินทรีย์สูงสุด คือ 981.94 ± 43.06 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบเชื่อกจลินทรีย์น้อยที่สุดที่ระดับความสูง 60 เมตร ในเวลา 12.00 น. คือ 369.85 ± 33.67 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ที่เวลา 8.00 น.มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) สูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.86 รองลงมา คือ 17.00 น. และ 13.00 น. มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.77 และ 0.68 ตามลำดับ

2.2.2 ความสัมพันธ์ของเชื่อกจลินทรีย์กับเร็วลม

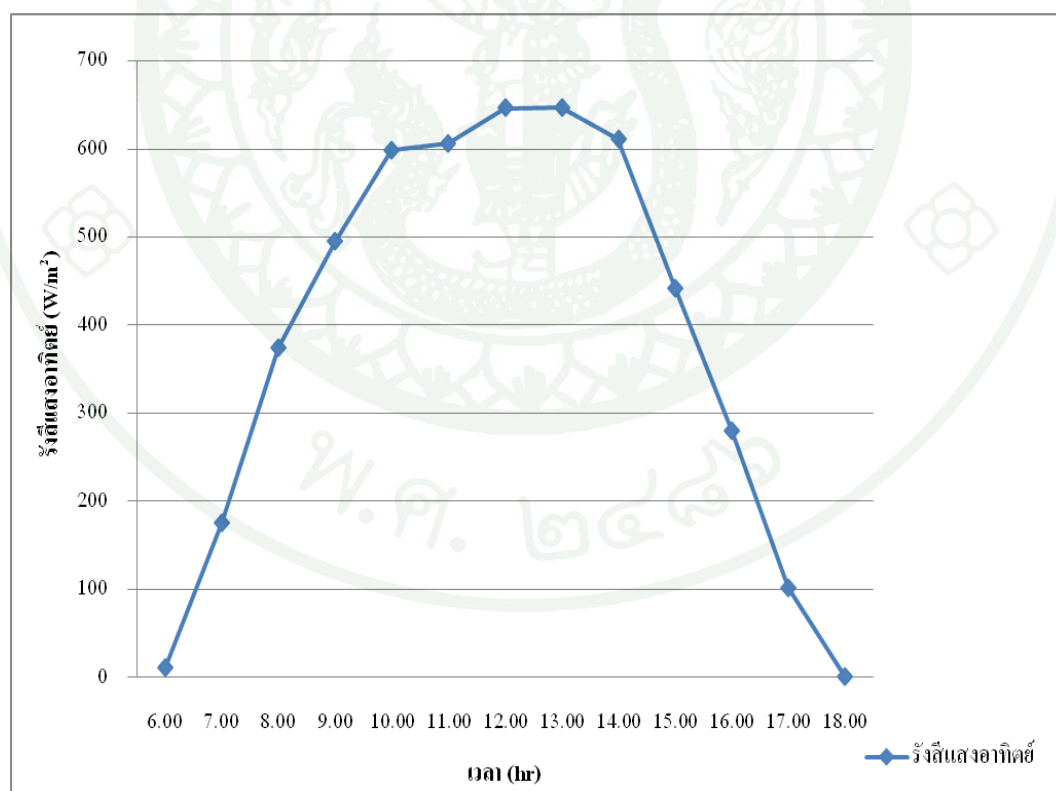
จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื่อกจลินทรีย์กับความเร็วลมที่ความสูง 10 เมตร ในพื้นที่เก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า ที่เวลา 8.00 น.พบความเข้มข้นของเชื่อกจลินทรีย์สูงสุด คือ $2,325.09 \pm 195.40$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ความเร็วลมเฉลี่ย 1.93 เมตรต่อวินาที และพบเชื่อกจลินทรีย์น้อยที่สุดในเวลา 13.00 น. คือ $1,717.71 \pm 238.32$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ความเร็วลม 2.7 เมตรต่อวินาทีซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างความเร็วลมกับเชื่อกจลินทรีย์มีแนวโน้มความสัมพันธ์กันน้อยมาก เท่ากับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) 0.16

เนื่องจากลักษณะของพื้นที่ในบริเวณดังกล่าวมีตึกสูงอยู่มากทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศในบริเวณนั้น เป็นการเคลื่อนที่แบบยกตัวสูงขึ้น ที่เรียกว่า Adiabatic Process ทำให้ความสัมพันธ์ของเชื่อกจลินทรีย์กับเร็วลมมีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าในพื้นที่โครงการวิจัยและพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริแหลมผักเบี้ย จ.เพชรบุรี

2.2.3 ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับรังสีแสงอาทิตย์

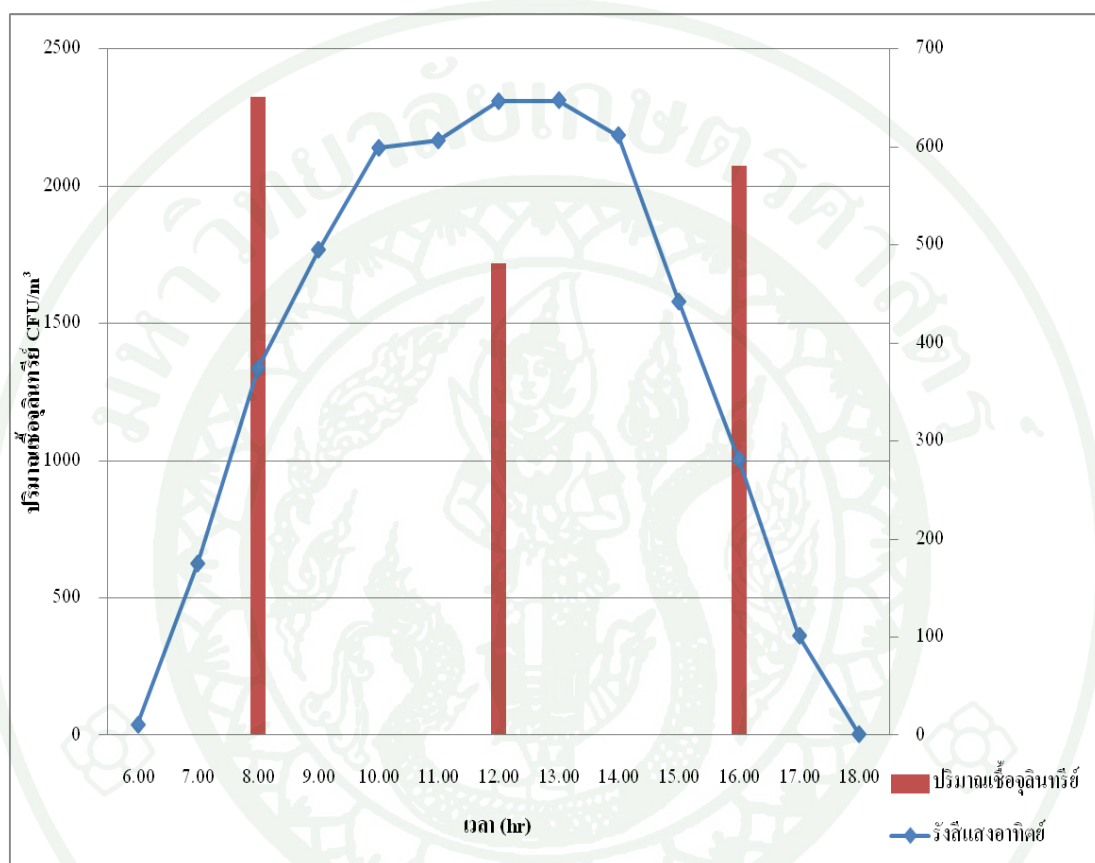
ปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิที่วัดแบบต่อเนื่องรายชั่วโมงด้วยชุดตรวจวัดความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ภายในสถานีตรวจวัดอากาศเขตบางนากรุงเทพฯ สามารถตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิได้ตั้งแต่เวลา 6.00-19.00น. รวมเวลาทั้งสิ้น 13 ชั่วโมง

โดยสามารถตรวจวัดปริมาณรังสีแสงอาทิตย์สุทธิได้ตั้งแต่เวลา 06.00 น. มีค่าเท่ากับ 10.7 วัตต์/ตารางเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดในเวลา 12.00-13.00 น. มีค่าเท่ากับ 646.3 วัตต์/ตารางเมตร จากนั้นรังสีจะมีค่าพลังงานลดลงตั้งแต่เวลา 13.00 น.จนถึงเวลา 19.00 น. ซึ่งเป็นช่วงเวลาสุดท้ายที่สามารถวัดรังสีได้ มีค่าเท่ากับ 0.01 วัตต์/ตารางเมตร คิดเป็นพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมเท่ากับ 4.98 กิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของกระทรวงพลังงาน พบว่าพลังงานรังสีแสงอาทิตย์สะสมเฉลี่ยทั่วประเทศไทย มีค่าเท่ากับ 5.04 กิโลวัตต์/ตารางเมตร/วัน (กระทรวงพลังงาน, 2550)



ภาพที่ 17 พลังงานรังสีแสงอาทิตย์สุทธิที่ตรวจวัดได้จากสถานีตรวจวัดอากาศเขตบางนา กรุงเทพมหานคร เฉลี่ย 3 เดือน ธันวาคม-กุมภาพันธ์

รังสีดวงอาทิตย์ในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวน ลุมพินีมีความสัมพันธ์ต่อปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศที่พบ โดยในช่วงเวลาที่ เก็บตัวอย่างเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศแต่ละช่วงเวลาจะแตกต่างกันในช่วงเวลา 8.00 น. ปริมาณความ เข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศสูงที่สุด และน้อยที่สุดในช่วงเวลา 13.00 น. ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 อิทธิพลของความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ต่อปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ ณ พื้นที่ตึก อปร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ในพื้นที่เก็บตัวอย่างในแต่ละช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ลดลงเมื่อความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้น โดยเมื่อความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์เพิ่มขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจะลดลง โดยในเวลา 8.00 น.พบความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ 373.9 วัตต์ต่อตารางเมตร พบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด คือ $2,325.09 \pm 195.40$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ที่เวลา 13.00 น. พบความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ 671.34 วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด คือ $1,717.01 \pm 238.32$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ที่เวลา

17.00 น. พบความเข้มของรังสีแสงอาทิตย์ 280.2 วัตต์ต่อตารางเมตร ความเข้มข้นเชื้อจุลินทรีย์ $2,073.81 \pm 241.31$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.60

3. การวิเคราะห์ผลของรังสีกับเชื้อจุลินทรีย์

จากการวิเคราะห์สายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในอากาศที่สำคัญ 5 สายพันธุ์ ได้แก่ *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigates*, *Cladosporium Bacillus sp.* และ *Candida* เนื่องจากเป็นสายพันธุ์ที่พบมากที่สุดและมีความสำคัญต่อสุขภาพของมนุษย์ โดยนำเชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้มาทดสอบกับรังสีอัลตราไวโอเล็ต 3 ชนิด คือ รังสียูวีเอ (UVA) รังสียูวีบี (UVB) และรังสียูวีซี (UVC) ที่ 2 4 6 8 และ 12 ชั่วโมง ด้วยแสงยูวี ขนาด 60x60x60 เซนติเมตร (กว้างxลึกxสูง) ซึ่งประกอบด้วยหลอดยูวีขนาด 18 วัตต์ ทำการบันทึกผลการทดสอบเป็นเวลา 5 วัน พบว่า

3.1 รังสียูวีเอ

จากการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 สายพันธุ์กับรังสียูวีเอ (UVA) พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญบนจานเพาะเชื้อมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ Control (จานเพาะเชื้อที่ไม่สัมผัสกับรังสียูวีเอ) โดยเฉพาะในชั่วโมงที่ 8 และ 12 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อ *Canida* มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อลดลงมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ตัวอื่น มีโคโลนี 80-90 โคโลนี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง 20-25 เปอร์เซนต์

3.2 รังสียูวีบี

จากการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 สายพันธุ์กับรังสียูวีบี (UVB) พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญบนจานเพาะเชื้อมีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ Control (จานเพาะเชื้อที่ไม่สัมผัสกับรังสียูวีบี) โดยเฉพาะในชั่วโมงที่ 8 และ 12 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อ *Canida* มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อลดลงมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ตัวอื่น มีโคโลนี 80-85 โคโลนี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง 20-25 เปอร์เซนต์

3.3 รังสียูวีซี

จากการทดสอบเชื้อจุลินทรีย์ทั้ง 5 สายพันธุ์กับรังสียูวีซี (UVC) พบว่า ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญบนจานเพาะเชื้อที่มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับ Control (จานเพาะเชื้อที่ไม่สัมผัสกับรังสียูวีซี) โดยเฉพาะในช่วงเวลาที่ 8 และ 12 ชั่วโมง ซึ่งเชื้อ *Canida* มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเชื้อลดลงมากกว่าเชื้อจุลินทรีย์ตัวอื่นมีโคโลนี 60-65 โคโลนี ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์มีแนวโน้มลดลง 20-25 เปอร์เซ็นต์



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1 การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ตามพื้นที่ศึกษา

1.1 ปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์

จากการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2557 ทั้ง 2 พื้นที่ คือ บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี และพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี ในช่วงเวลา 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. ที่ 3 ระดับความสูง พบว่าในพื้นที่บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี มีปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี และพบว่าปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยสูงในช่วงเวลา 8.00 น. ที่ระดับความสูง 1 เมตร โดยในพื้นที่บริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี พบ $1,332.08 \pm 29.52$ โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี พบ 981.94 ± 43.06 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และพบปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยน้อยสุดในช่วงเวลา 13.00 น. ที่ระดับความสูง 7 เมตร และ 60 เมตร ในช่วงเวลา 13.00 น. มี 317.24 ± 1.80 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ 369.85 ± 33.67 โคโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

1.2 สายพันธุ์ของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในพื้นที่

จากการเก็บตัวอย่างทั้ง 2 พื้นที่ พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เป็นเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย โดยพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี พบเชื้อราประมาณร้อยละ 85 และเชื้อแบคทีเรียประมาณร้อยละ 15 เมื่อจำแนกสายพันธุ์ของเชื้อที่สำคัญได้แก่ *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.*, *Mucor spp.*, *Bacillus spp.* ในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี พบเชื้อราร้อยละ 80 และเชื้อ

แบคทีเรียประมาณร้อยละ 20 ยกเว้นที่ระดับความสูง 1 เมตรพบปริมาณความเข้มข้นของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียใกล้เคียงกันพบเชื้อราร้อยละ 60 และเชื้อแบคทีเรียประมาณร้อยละ 40 ส่วนสายพันธุ์ของเชื้อที่พบที่สำคัญได้แก่ *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Cladosporium sp.*, *Candida*, *Bacillus sp.*

โดยเชื้อจุลินทรีย์ที่พบพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี มาจากพื้นดิน เมื่อเก็บตัวอย่างจากพื้นดินบริเวณที่ศึกษาพบว่าเป็นสายพันธุ์เดียวกันกับที่พบในอากาศ *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Bacillus sp.*

1.3 ขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ

เมื่อศึกษาขนาดของอนุภาคจุลินทรีย์ในอากาศ โดยแบ่งออกเป็น 3 ช่วงขนาด คือ >7 , $3-7$ และ <3 ไมโครเมตร ตามแบบจำลองขนาดอนุภาคที่เข้าสู่ระบบทางเดินหายใจมนุษย์ (Jim, 2000) พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบทั้ง 2 พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง $3-7$ ไมโครเมตร ซึ่งสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่ขั้วปอดของมนุษย์ได้ และเมื่อแยกเป็นขนาดของอนุภาคเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียในอากาศ พบว่าขนาดอนุภาคของเชื้อราส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในช่วง $2.1-4.7$ ไมโครเมตร ส่วนเชื้อแบคทีเรียพบว่าทุกอนุภาคมีขนาดใกล้เคียงกัน

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศกับความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์

2.1 ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับระดับความสูง

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ระหว่างเชื้อจุลินทรีย์กับระดับความสูงทั้ง 2 พื้นที่ ใน 3 ช่วงเวลา พบว่า ระดับความสูงในการเก็บตัวอย่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในทั้ง 2 พื้นที่ โดยเฉพาะในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 1, 0.96 และ 0.83 ตามลำดับ ส่วนในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.86, 0.77 และ 0.68 ตามลำดับ เนื่องจากจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในอากาศไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ในบรรยากาศได้เป็นเวลานานๆ เพราะ อากาศมีสภาพแห้งแล้งและมีสารอาหารปริมาณน้อย ดังนั้นอากาศจึงไม่ใช่ถิ่นอาศัยที่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ อากาศเป็นเพียงที่อยู่อาศัยชั่วคราว (Temporary habitat) ของจุลินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ใน

อากาศนั้นจะถูกพัดพามาจากแหล่งอื่นๆ เช่น น้ำ ดิน และอากาศเป็นตัวกลางที่สำคัญในการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ไปในสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ดังนั้นยิ่งระดับความสูงเพิ่มขึ้นปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ก็จะลดลงเนื่องจากอยู่ไกลจากแหล่งกำเนิดนั่นคือพื้นดินบริเวณพื้นที่เก็บตัวอย่างซึ่งมีความสัมพันธ์กันในแต่ละช่วงเวลา ดังนั้นเมื่อความสูงและช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างจึงมีความสัมพันธ์กับปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบ

2.2 ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับความเร็วลม

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ ระหว่างเชื้อจุลินทรีย์กับความเร็วลมทั้ง 2 พื้นที่ ใน 3 ช่วงเวลา คือ 8.00 น. , 13.00 น. และ 17.00 น. พบว่า ในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี มีความสัมพันธ์กันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่า 0.83, 0.71 และ 0.99 ตามลำดับช่วงเวลา ต่างจากในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับความเร็วมมีแนวโน้มความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติ น้อยมาก คือ 0.16 เนื่องจากการเคลื่อนที่ของอากาศทั้ง 2 พื้นที่แตกต่างกันตามลักษณะของสิ่งปลูกสร้าง โดยในพื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี ไม่มีสิ่งปลูกสร้างขนาดใหญ่การเคลื่อนที่ของอากาศเกิดขึ้นจึงเป็นในแนวราบ การกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์จึงเป็นไปได้ง่าย ส่วนการเคลื่อนที่ของอากาศที่พื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี สภาพพื้นที่บริเวณนั้นเป็นตึกสูงการเคลื่อนที่ของอากาศที่เกิดจึงเป็นแบบยกตัวสูงขึ้น (Adiabatic Cooling Process) การกระจายตัวของเชื้อจุลินทรีย์จึงเป็นไปได้ยากกว่า จึงส่งผลให้ในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี การเคลื่อนที่ของลมจึงมีแนวโน้มความสัมพันธ์กับเชื้อจุลินทรีย์น้อย

2.3 ความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์กับรังสีแสงอาทิตย์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศกับความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์พบว่า มีความสัมพันธ์กัน คือ เมื่อความเข้มข้นของแสงเพิ่มสูงขึ้นปริมาณความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ที่พบจะลดลง ดังนี้ พื้นที่โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จ.เพชรบุรี ช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. มีความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ 147.02, 671.34 และ 145.54 วัตต์ต่อตารางเมตร พบความเข้มข้นของ

เชื้อจุลินทรีย์ คือ $2,850.96 \pm 40.43$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร $1,613.11 \pm 4.98$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ $2,250.88 \pm 6.56$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.76 ส่วนในพื้นที่นอกตึก อปร.จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยด้านหน้าสวนลุมพินี ช่วงเวลาคือ 8.00 น. 13.00 น. และ 17.00 น. พบความเข้มข้นของรังสีแสงอาทิตย์ 373.9, 671.34 และ 280.2 วัตต์ต่อตารางเมตร พบความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์สูงสุด คือ $2,325.09 \pm 195.40$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร $1,717.01 \pm 238.32$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร และ $2,073.81 \pm 241.31$ โคลโลนีต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีค่าเท่ากับ 0.60

3. การวิเคราะห์ผลของรังสีกับเชื้อจุลินทรีย์

จากการทดสอบประสิทธิภาพของรังสียูวีเอ ยูวีบี และยูวีซี กับเชื้อจุลินทรีย์ที่พบมากและเป็นเชื้อก่อโรคทางเดินหายใจในอากาศ *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigates*, *Cladosporium*, *Bacillus spp.* และ *Candida* พบว่า *Candida* และ *Bacillus spp.* ส่วนเชื้อราทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ *Aspergillus niger*, *Aspergillus fumigates*, *Cladosporium* มีแนวโน้มการลดลงของเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ที่ยึดเกาะกับฝุ่นละอองหรือไอน้ำในบรรยากาศ
2. ศึกษาแหล่งกำเนิดหรือแหล่งที่มาของเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศที่ชัดเจน
3. ศึกษาลักษณะของภูมิประเทศมีผลต่อเชื้อจุลินทรีย์ในบรรยากาศ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤษณิยา ศังขจันทรานนท์. 2548. ชนิดและปริมาณของเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราที่ก่อโรคใน
โรงพยาบาลและการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องมือเก็บตัวอย่างจุลินทรีย์ในอากาศ.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- เกษม จันทรแก้ว. 2522. คู่มือประกอบคำบรรยาย อุดมวิทยายาลัยไถ่ผิวดิน. ภาควิชานุกรักษ์.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิตติมา รุ่งรัตนอุบล. 2548. ภาวะมลพิษอากาศภายในอาคาร. วิศวกรรมสาร. 1(58): 76.
- ดวงพร นพคุณ. 2536. ภูมิอากาศวิทยา. บริษัท พัฒนากิจการพิมพ์กระดาษ จำกัด, กรุงเทพฯ.
- ธนิศร์ ปัทมพิฑูร. 2556. ปราบกฏการณ์ทางธรรมชาติของรังสีแสงอาทิตย์ต่อการลดปริมาณ
แบคทีเรียโคลิฟอร์มและแบคทีเรียก่อโรคในระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อฝิ่ง วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2552. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 8
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- นภคณัย อาชาวคม. 2555. คุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality) แหล่งที่มา:
http://www.eng.chula.ac.th/files/langearforum/download/langearforum2554/Nopdanai_Air Quality.pdf, 18 กันยายน 2555.
- นรินนาม. 2553. การซ่อมแซมดีเอ็นเอ. แหล่งที่มา :
<http://conf.agi.nu.ac.th/webnewasp/ereading/gene/unit7.pdf>, 21 มกราคม 2556
- บัญญัติ สุขศรีงาม. 2534. จุลชีววิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์ไอ.เอ.พรินติ้ง เฮ้าท์,
กรุงเทพฯ.

พินิจ กล้าคลองตัน. 2553. การแพร่กระจายเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ในสถานพยาบาล : กรณีศึกษาโรงพยาบาลนภลัย จังหวัดสมุทรสงคราม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, นิตยา มหาผล และ ชีระ เกรอต. 2543. มลภาวะทางอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

วีรานุช หลาง. 2551. จุลชีววิทยาสังแวดล้อม. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศราวดี แสงคำ และ พรพรรณ สกุลคู. 2556. ความเข้มข้นและขนาดอนุภาคของเชื้อราในอากาศ บริเวณสถานที่ฝังกลบมูลฝอย เทศบาลนครขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สำนักงานอาชีวและความปลอดภัย คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 2553. แหล่งที่มา: http://kmmed.kku.ac.th/knowledge_asset/knowledge_010.pdf, 17 สิงหาคม 2555.

เสริม จันทร์ฉาย และ จรุงแสง ลักษณะบุญส่ง. ม.ป.ป. แผนที่ศักยภาพพลังงานแสงอาทิตย์จาก ข้อมูลดาวเทียมสำหรับประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท จีรังรัชต์ จำกัด, กรุงเทพฯ.

แสวง เกิดประทุม. ม.ป.ป. แสงอัลตราไวโอเล็ต. ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) แหล่งที่มา: <http://www.cooldepa.com/modules/main/attachments-downloader.php>, 18 มกราคม 2556.

อรรณพ ทศนอุดม และ วรรณภา สระพินครบุรี. 2553. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดจำนวน เชื้อจุลินทรีย์ด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตในผลิตภัณฑ์น้ำพริก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา.

- Anita, G.J., E.W.Helbling, M.K. de Boer and V.E. Villafane. 2001. Patterns of DNA damage and photoinhibition in temperate South-Atlantic picophytoplankton exposed to solar ultraviolet radiation. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**. 62: 9-18.
- Douwes, J., Dubbeld, H., Van, Zwieten. 2003. Bioaerosol health effects and exposure assessment: Progress and prospects. **Annals of Occupational Hygiene**. 47(3): 187-200
- Fariborz, T. 2004. Ultraviolet and ionizing radiation for microorganism inactivation. **Water Research**. 38: 3940-3948.
- Fang, X.Z., Ouyang, Z., Zheng, H., Wang, X., Hu, L. 2007. Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China. **Microbial Ecology**. 54: 487-496.
- Giorgio, C, A. Krempff, H, Guiraud, P, Binder, C, Turet and G.Dumenil. 1996. Atmospheric pollution by airborne microorganisms in the city of Marseilles. **Appl. Environ. Microbiol.** 30: 155-160
- Griffin, W.D. 2007. Airborne desert dust and aeromicrobiology over the Turkish Mediterranean coastline. **Atmospheric Environment** 41: 4050-4062
- James, D.H., A.A. Arnold, D.K. Kuczynska, A. Shibuya, C.S. Ward, M.G. Sauer, A. Gizachew, T.M. Hotchkiss, T.J. Fleming and S. Johnson. 2005. Effect of sublethal UVA irradiation on activity levels of oxidative defense enzyme and protein oxidation in *Escherichia coli*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**. 81: 171-180.
- Ji-Hyun Lee and Wan-Kuen Jo. 2006. **Characteristics of indoor and outdoor bioaerosols at Korean high-rise apartment buildings**. *Environmental Research* 101. pp 11-17

- Moteith, J. L. 1973. **Principles of Environmental Physics**. University of Nottingham of Agriculture. Edward Arnold Ltd., London.
- Raper, B. K. and D. I. Fennell. 1965. **The Genus *Aspergillus***. The Williams and Wilkins company, Baltimore.
- Robert M. Bowers, Ian B. McCubbin, Anna G. Hallar, Noah Fierer. Department Seasonal variability in airborne bacterial communities at a high-elevation site. **Atmospheric Environment**. 50 (2012) 41-49
- Sanchez Monedero, M.A. 2008. Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants. **Water Research**, 42(14): p. 3739-3744.
- Vanwijk, W.R. and D.W., Schilteubing. 1966. **Physics of Plant Environment**. Agricultural University Wageningen. **North-Holland Publishing Comp**. Amsterdam. 62 p.
- Wikipedia. 2006. **Particulates**. Available Source: <http://en.wikipedia.org/wiki/Particulates>, May 7, 2013.
- Xinyu Chen Pixin Ran1, Kinfa Ho3,4, Wenju Lu1,5,6, Bing Li1, Zhongpeng Gu7, Chaojie Song8, Jian Wang1. 2012. Concentrations and Size Distributions of Airborne Microorganisms in Guangzhou during Summer. **Aerosol and Air Quality Research**, 12: 1336-1344.





ภาคผนวก ก

ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ณ พื้นที่โครงการวิจัยและพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ
แหลมผักเบี้ย จ.เพชรบุรี

ตารางผนวกที่ ก1 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	Sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	80.09	7.36	144.88	14.13	21.2	3.53
	แบค	36.51	5.4	7.07	0	74.2	0
	รวม	116.61	7.07	151.94	14.13	95.41	3.53
1.1 μm	รา	272.08	6.12	187.28	12.74	142.05	9.79
	แบค	18.85	8.16	17.67	0	31.8	0
	รวม	290.93	12.41	204.95	12.74	173.85	9.79
2.1 μm	รา	321.55	6.12	229.68	12.24	44.76	12.41
	แบค	9.42	7.36	7.07	0	24.73	0
	รวม	330.98	12.41	236.75	12.24	69.49	12.41
3.7 μm	รา	326.27	61.85	224.97	14.71	43.58	4.08
	แบค	24.73	12.74	14.13	0	7.07	0
	รวม	351	53.63	239.1	14.71	21.2	3.53
4.7 μm	รา	142.52	10.8	81.3	0	10.6	6.12
	แบค	11.31	4.9	16.5	2	10.6	0
	รวม	153.83	15.5	97.8	2	21.2	6.12
7 μm	รา	94.23	19.46	96.6	10.2	43.58	4.08
	แบค	10.84	7.08	31.8	0	24.73	0
	รวม	105.06	25.92	128.4	10.2	68.32	4.08
รวม 6 ชั้น		1348.41	5.1	1058.9	7.4	1692.28	67.95

ตารางผนวกที่ ก2 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	รา	12.96	2.04	23.6	2	7.07	0
	แบค	17.67	0	18.8	4.1	0	0
	รวม	30.62	2.04	42.4	6.1	7.07	0
1.1 μm	รา	147.23	8.16	77.7	0	51.83	7.36
	แบค	2.36	2.04	3.5	0	4.71	2.04
	รวม	149.59	7.36	81.3	0	56.54	9.35
2.1 μm	รา	277.97	5.4	162.5	6.1	154.3	14.71
	แบค	7.07	0	7.1	0	3.53	0
	รวม	285.04	5.4	169.6	6.1	157.83	14.71
3.7 μm	รา	177.86	5.4	62.4	2	38.87	0
	แบค	14.13	0	18.8	2	1.18	2.04
	รวม	191.99	5.4	81.3	0	48.29	13.38
4.7 μm	รา	54.18	5.4	42.4	12.2	14.13	0
	แบค	3.53	0	18.8	2	1.18	2.04
	รวม	57.71	5.4	61.2	14.3	15.31	2.04
7 μm	รา	90.69	8.16	21.2	0	18.85	4.08
	แบค	17.67	0	10.6	0	17.67	0
	รวม	108.36	8.16	31.8	0	36.51	4.08
รวม 6 ชั้น							

ตารางผนวกที่ ๓3 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	รา	12.96	2.04	24.73	12.24	8.24	2.04
	แบค	64.78	4.08	25.91	8.89	0.00	0.00
	รวม	77.74	6.12	50.65	15.93	8.24	2.04
1.1 μm	รา	83.63	2.04	106.01	23.17	80.09	12.41
	แบค	47.11	4.08	17.67	0.00	3.53	0.00
	รวม	130.74	6.12	123.67	23.17	83.63	12.41
2.1 μm	รา	160.19	2.04	300.35	9.35	207.30	4.08
	แบค	47.11	2.04	18.85	2.04	3.53	0.00
	รวม	207.30	4.08	319.20	10.20	210.84	4.08
3.7 μm	รา	130.74	6.12	116.61	0.00	22.38	4.08
	แบค	48.29	10.20	17.67	12.24	3.53	0.00
	รวม	179.03	16.32	134.28	12.24	25.91	4.08
4.7 μm	รา	116.61	12.24	91.87	6.12	27.09	4.08
	แบค	34.16	2.04	7.07	0.00	10.60	0.00
	รวม	150.77	14.28	98.94	6.12	37.69	4.08
7 μm	รา	106.01	6.12	143.70	8.16	41.22	4.08
	แบค	87.16	10.20	12.96	2.04	14.13	0.00
	รวม	193.17	16.32	156.65	10.20	55.36	4.08
รวม 6 ชั้น		3317.14	36.04	3121.53	43.25	1490.01	19.07

ตารางผนวกที่ ก4 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	รา	116.61	7.07	152.73	14.20	17.67	0.00
	แบค	22.38	7.36	7.07	0.00	58.89	2.04
	รวม	138.99	11.36	159.80	14.20	76.56	2.04
1.1 μm	รา	175.50	4.08	176.29	14.15	148.41	6.12
	แบค	17.67	6.12	14.13	0.00	31.80	0.00
	รวม	193.17	2.04	190.42	14.15	180.21	6.12
2.1 μm	รา	366.31	5.40	245.78	1.80	43.58	5.40
	แบค	21.20	9.35	7.07	0.00	24.73	0.00
	รวม	387.51	14.28	252.85	1.80	68.32	5.40
3.7 μm	รา	306.24	5.40	250.88	0.00	28.27	6.12
	แบค	11.78	5.40	10.60	0.00	7.07	0.00
	รวม	318.02	7.07	261.48	0.00	35.34	6.12
4.7 μm	รา	147.23	4.08	78.92	12.41	10.60	0.00
	แบค	15.31	11.36	14.13	0.00	10.60	0.00
	รวม	162.54	15.40	93.05	12.41	21.20	0.00
7 μm	รา	88.34	7.07	74.60	7.10	58.89	8.89
	แบค	9.42	8.16	17.67	0.00	17.67	0.00
	รวม	97.76	10.80	92.27	7.10	76.56	8.89
รวม 6 ชั้น							

ตารางผนวกที่ ก5 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	รา	15.31	12.41	24.73	0.00	7.07	0.00
	แบค	16.49	2.04	21.20	0.00	1.18	2.04
	รวม	31.80	14.13	45.94	0.00	8.24	2.04
1.1 μm	รา	156.65	8.16	63.60	6.12	50.65	8.89
	แบค	3.53	0.00	3.53	0.00	3.53	0.00
	รวม	160.19	8.16	67.14	6.12	54.18	8.89
2.1 μm	รา	274.44	5.40	179.43	4.76	159.01	0.00
	แบค	5.89	2.04	7.07	0.00	3.53	0.00
	รวม	280.33	5.40	186.49	4.76	162.54	0.00
3.7 μm	รา	179.03	10.20	49.47	3.53	48.29	16.32
	แบค	14.13	0.00	20.81	0.68	0.00	0.00
	รวม	193.17	10.20	70.28	2.96	48.29	16.32
4.7 μm	รา	44.76	7.36	51.04	3.40	14.13	0.00
	แบค	3.53	0.00	14.53	0.68	0.00	0.00
	รวม	57.71	15.93	65.57	2.72	14.13	0.00
7 μm	รา	95.41	7.07	24.34	0.68	16.49	8.16
	แบค	16.49	2.04	7.46	0.68	14.13	6.12
	รวม	111.90	8.89	31.80	0.00	30.62	14.28
รวม 6 ชั้น		2950.88	40.14	1650.94	19.67	1123.75	21.63

ตารางผนวกที่ 6 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	14.13	3.53	34.94	3.60	5.89	2.04
	แบค	56.54	12.74	14.53	3.60	0.00	0.00
	รวม	70.67	10.60	49.47	7.07	5.89	2.04
1.1 μm	รา	82.45	2.04	102.47	0.00	82.45	2.04
	แบค	43.58	5.40	16.10	1.80	3.53	0.00
	รวม	126.03	7.36	118.57	1.80	85.98	2.04
2.1 μm	รา	162.54	3.53	307.42	0.00	210.84	5.40
	แบค	48.29	2.04	18.45	1.36	3.53	0.00
	รวม	210.84	5.40	325.87	1.36	214.37	5.40
3.7 μm	รา	128.39	8.89	116.61	0.00	24.73	0.00
	แบค	53.00	9.35	32.59	5.57	2.36	2.04
	รวม	181.39	14.71	149.20	5.57	27.09	2.04
4.7 μm	รา	115.43	11.36	87.95	0.68	23.56	2.04
	แบค	36.51	5.40	7.07	0.00	11.78	2.04
	รวม	151.94	15.40	95.01	0.68	35.34	0.00
7 μm	รา	108.36	5.40	148.41	0.00	35.34	3.53
	แบค	90.69	8.89	14.13	0.00	12.96	2.04
	รวม	199.06	14.28	162.54	0.00	48.29	4.08
รวม 6 ชั้น		3321.31	33.04	3182.57	50.00	1473.36	12.49

ตารางผนวกที่ ก7 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	รา	90.69	7.36	156.65	10.20	29.45	5.40
	แบค	37.69	2.04	10.60	0.00	63.60	12.74
	รวม	128.39	8.89	167.26	10.20	93.05	8.89
1.1 μm	รา	249.71	25.56	154.30	15.93	148.41	12.24
	แบค	11.78	2.04	17.67	0.00	35.34	0.00
	รวม	261.48	24.73	171.97	15.93	183.75	12.24
2.1 μm	รา	349.82	7.07	224.97	8.89	63.60	10.60
	แบค	27.09	8.16	10.60	0.00	21.20	0.00
	รวม	376.91	4.08	235.57	8.89	84.81	10.60
3.7 μm	รา	269.73	2.04	235.57	5.40	21.20	0.00
	แบค	12.96	10.20	7.07	0.00	3.53	0.00
	รวม	282.69	12.24	242.64	5.40	24.73	0.00
4.7 μm	รา	153.12	2.04	96.58	4.08	10.60	0.00
	แบค	21.20	12.24	17.67	0.00	12.96	2.04
	รวม	174.32	13.38	114.25	4.08	23.56	2.04
7 μm	รา	115.43	11.36	71.85	14.71	54.18	2.04
	แบค	10.60	3.53	21.20	0.00	21.20	0.00
	รวม	126.03	8.16	93.05	14.71	75.38	2.04
รวม 6 ชั้น							

ตารางผนวกที่ ๑๘ ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	รา	15.31	2.04	17.67	7.07	7.07	0.00
	แบค	16.49	2.04	21.20	0.00	2.36	4.08
	รวม	31.80	0.00	38.87	7.07	9.42	4.08
1.1 μm	รา	150.77	2.04	67.14	7.07	48.29	2.04
	แบค	4.71	2.04	3.53	0.00	3.53	0.00
	รวม	155.48	0.00	70.67	7.07	51.83	2.04
2.1 μm	รา	288.10	10.61	174.32	5.40	160.19	2.04
	แบค	4.71	4.08	7.07	0.00	3.53	0.00
	รวม	292.82	6.53	181.39	5.40	163.72	2.04
3.7 μm	รา	171.97	2.04	49.47	6.12	34.16	8.16
	แบค	14.13	0.00	21.20	0.00	1.18	2.04
	รวม	186.10	2.04	70.67	6.12	35.34	6.12
4.7 μm	รา	51.83	2.04	53.00	0.00	15.31	2.04
	แบค	4.71	2.04	14.13	0.00	1.18	2.04
	รวม	56.54	0.00	67.14	0.00	16.49	4.08
7 μm	รา	91.87	6.12	28.27	6.12	18.85	4.08
	แบค	17.67	0.00	7.07	0.00	16.49	2.04
	รวม	109.54	6.12	35.34	6.12	35.34	6.12
รวม 6 ชั้น							

ตารางผนวกที่ ๑๑ ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์	ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง						
	1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร		
	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	
0.65 μm	ร่า	15.31	2.04	30.62	2.04	10.60	6.12
	แบค	58.89	14.28	18.85	2.04	0.00	0.00
	รวม	74.20	12.24	49.47	0.00	10.60	6.12
1.1 μm	ร่า	83.63	2.04	114.25	20.40	81.27	0.00
	แบค	45.94	6.12	12.96	8.16	3.53	0.00
	รวม	129.56	8.16	127.21	25.48	84.81	0.00
2.1 μm	ร่า	161.37	4.08	309.78	4.08	204.95	0.00
	แบค	47.11	2.04	17.67	0.00	4.71	2.04
	รวม	208.48	6.12	327.44	4.08	209.66	2.04
3.7 μm	ร่า	124.85	4.08	115.43	2.04	22.38	4.08
	แบค	47.11	8.16	22.38	4.08	3.53	0.00
	รวม	171.97	4.08	137.81	6.12	25.91	4.08
4.7 μm	ร่า	122.50	2.04	84.81	6.12	24.73	0.00
	แบค	37.69	4.08	5.89	2.04	10.60	0.00
	รวม	160.19	2.04	90.69	8.16	35.34	0.00
7 μm	ร่า	104.83	4.08	148.41	0.00	41.22	4.08
	แบค	84.81	6.12	15.31	2.04	14.13	0.00
	รวม	189.63	10.20	163.72	2.04	55.36	4.08
รวม 6 ชั้น							



ภาคผนวก ข

ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ณ นอกตึก อปร. คณะแพทย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางผนวกที่ ข1 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	27.09	2.04	4.71	2.04	15.31	2.04
	แบค	10.6	3.53	2.36	2.04	3.53	3.53
	รวม	37.69	2.04	7.07	0	18.85	2.04
1.1 μm	รา	155.48	9.35	197.88	9.35	124.85	8.89
	แบค	42.4	7.07	12.96	2.04	7.07	3.53
	รวม	197.88	10.6	210.84	8.89	131.92	5.4
2.1 μm	รา	167.26	7.36	253.24	5.4	149.59	8.89
	แบค	70.67	3.53	36.51	2.04	3.53	0
	รวม	237.93	7.36	289.75	3.53	153.12	8.89
3.7 μm	รา	183.75	7.07	116.61	3.53	144.88	3.53
	แบค	88.34	3.53	2.36	2.04	4.71	2.04
	รวม	272.08	10.6	118.96	2.04	149.59	2.04
4.7 μm	รา	64.78	5.4	58.89	4.08	81.27	9.35
	แบค	34.16	5.4	12.96	2.04	9.42	2.04
	รวม	98.94	10.6	71.85	5.4	90.69	7.36
7 μm	รา	80.09	19.46	88.34	12.74	40.05	4.08
	แบค	98.94	3.53	40.05	5.4	20.02	2.04
	รวม	179.03	16.7	128.39	18.13	60.07	6.12
รวม 6 ชั้น		1023.56	10.2	1035.34	9.35	837.46	9.35

ตารางผนวกที่ ข2 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	9.42	2.04	1.18	2.04	21.2	3.53
	แบค	25.91	2.04	3.53	3.53	14.13	3.53
	รวม	35.34	0	4.71	2.04	35.34	6.12
1.1 μm	รา	209.66	5.4	77.74	3.53	67.14	3.53
	แบค	73.03	2.04	12.96	2.04	15.31	5.4
	รวม	282.69	6.12	90.69	5.4	82.45	2.04
2.1 μm	รา	167.26	2.04	162.54	7.07	94.23	2.04
	แบค	67.14	3.53	12.96	2.04	20.02	2.04
	รวม	234.39	5.4	175.5	8.89	114.25	2.04
3.7 μm	รา	80.09	5.4	47.11	2.04	54.18	4.08
	แบค	69.49	2.04	4.71	2.04	4.71	2.04
	รวม	149.59	7.36	51.83	2.04	58.89	2.04
4.7 μm	รา	55.36	2.04	49.47	7.07	25.91	5.4
	แบค	58.89	5.4	9.42	5.4	16.49	7.36
	รวม	114.25	4.08	58.89	12.41	42.4	3.53
7 μm	รา	60.07	3.53	67.14	3.53	41.22	5.4
	แบค	68.32	5.4	4.71	2.04	14.13	3.53
	รวม	128.39	7.36	71.85	5.4	55.36	2.04
รวม 6 ชั้น		944.64	8.89	453.47	15.93	388.69	6.12

ตารางผนวกที่ ข3 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2556

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	15.31	5.4	1.18	2.04	18.85	2.04
	แบค	47.11	10.2	3.53	3.53	12.96	2.04
	รวม	62.43	14.71	4.71	5.4	31.8	3.53
1.1 μm	รา	127.21	9.35	111.9	5.4	197.88	3.53
	แบค	70.67	3.53	23.56	4.08	12.96	2.04
	รวม	197.88	12.24	135.45	7.36	210.84	5.4
2.1 μm	รา	204.95	3.53	212.01	3.53	120.14	3.53
	แบค	50.65	7.36	23.56	2.04	11.78	2.04
	รวม	255.59	7.36	235.57	2.04	131.92	5.4
3.7 μm	รา	101.3	4.08	74.2	3.53	73.03	2.04
	แบค	80.09	11.36	12.96	2.04	22.38	2.04
	รวม	181.39	13.38	87.16	2.04	95.41	3.53
4.7 μm	รา	40.05	5.4	36.51	2.04	47.11	2.04
	แบค	89.52	5.4	8.24	2.04	30.62	2.04
	รวม	129.56	2.04	44.76	2.04	77.74	0
7 μm	รา	44.76	2.04	50.65	5.4	38.87	3.53
	แบค	127.21	9.35	28.27	3.53	3.53	3.53
	รวม	171.97	10.8	78.92	2.04	42.4	6.12
รวม 6 ชั้น							

ตารางผนวกที่ ข4 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	5.89	2.04	1.18	2.04	9.42	2.04
	แบค	2.36	2.04	1.18	2.04	3.53	2.04
	รวม	8.24	4.08	2.36	4.08	12.96	4.08
1.1 μm	รา	203.77	10.8	257.95	7.07	166.08	7.07
	แบค	70.67	3.53	27.09	8.89	40.05	8.89
	รวม	274.44	7.36	285.04	2.04	206.12	2.04
2.1 μm	รา	53	3.53	116.61	12.74	91.87	12.74
	แบค	16.49	10.8	7.07	0	1.18	0
	รวม	69.49	10.2	123.67	12.74	93.05	12.74
3.7 μm	รา	306.24	7.36	162.54	7.07	144.88	7.07
	แบค	65.96	5.4	31.8	3.53	16.49	3.53
	รวม	372.2	4.08	194.35	10.6	161.37	10.6
4.7 μm	รา	30.62	2.04	35.34	3.53	54.18	3.53
	แบค	78.92	13.38	9.42	2.04	29.45	2.04
	รวม	109.54	12.74	44.76	5.4	83.63	5.4
7 μm	รา	15.31	2.04	56.54	3.53	17.67	3.53
	แบค	88.34	3.53	41.22	4.08	10.6	4.08
	รวม	103.65	5.4	97.76	5.4	28.27	5.4
รวม 6 ชั้น		937.57	12.41	747.94	14.28	585.39	14.28

ตารางผนวกที่ ข5 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	7.07	0	4.71	2.04	3.53	2.04
	แบค	27.09	12.41	18.85	2.04	5.89	2.04
	รวม	34.16	12.41	23.56	2.04	9.42	2.04
1.1 μm	รา	212.01	19.67	43.58	7.36	91.87	7.36
	แบค	48.29	5.4	3.53	0	15.31	0
	รวม	260.31	25.07	47.11	7.36	107.18	7.36
2.1 μm	รา	212.01	21.49	93.05	2.04	111.9	2.04
	แบค	48.29	5.4	2.36	2.04	5.89	2.04
	รวม	260.31	25.56	95.41	3.53	117.79	3.53
3.7 μm	รา	126.03	19.46	41.22	5.4	53	5.4
	แบค	36.51	2.04	7.07	3.53	25.91	3.53
	รวม	162.54	19.67	48.29	8.16	78.92	8.16
4.7 μm	รา	42.4	24.73	194.35	3.53	25.91	3.53
	แบค	15.31	7.36	7.07	0	12.96	0
	รวม	57.71	20.09	201.41	3.53	38.87	3.53
7 μm	รา	14.13	3.53	129.56	5.4	20.02	5.4
	แบค	73.03	5.4	9.42	13.38	17.67	13.38
	รวม	87.16	2.04	138.99	15.93	37.69	15.93
รวม 6 ชั้น		862.19	18.7	554.77	12.74	389.87	12.74

ตารางผนวกที่ ข6 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนมกราคม ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	3.53	0	14.13	3.53	7.07	3.53
	แบค	11.78	5.4	17.67	0	28.27	0
	รวม	15.31	5.4	31.8	3.53	35.34	3.53
1.1 μm	รา	55.36	5.4	265.02	7.07	183.75	7.07
	แบค	77.74	7.07	14.13	3.53	8.24	3.53
	รวม	133.1	5.4	279.15	10.6	191.99	10.6
2.1 μm	รา	229.68	3.53	186.1	8.89	43.58	8.89
	แบค	41.22	20.09	14.13	3.53	7.07	3.53
	รวม	270.91	16.7	200.24	10.8	50.65	10.8
3.7 μm	รา	150.77	5.4	45.94	9.35	43.58	9.35
	แบค	78.92	2.04	16.49	10.8	23.56	10.8
	รวม	229.68	6.12	62.43	11.36	67.14	11.36
4.7 μm	รา	49.47	7.07	50.65	10.8	45.94	10.8
	แบค	87.16	7.36	14.13	3.53	28.27	3.53
	รวม	136.63	8.89	64.78	14.28	74.2	14.28
7 μm	รา	87.16	2.04	41.22	2.04	40.05	2.04
	แบค	114.25	5.4	3.53	3.53	28.27	3.53
	รวม	201.41	3.53	44.76	5.4	68.32	5.4
รวม 6 ชั้น		987.04	10.8	683.16	8.89	487.63	8.89

ตารางผนวกที่ ๗7 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 8.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	9.42	7.36	1.18	2.04	20.02	2.04
	แบค	16.49	8.89	14.13	0	24.73	9.35
	รวม	25.91	2.04	15.31	2.04	44.76	8.89
1.1 μm	รา	233.22	9.35	149.59	8.89	149.59	5.4
	แบค	18.85	2.04	7.07	0	15.31	2.04
	รวม	252.06	8.16	156.65	8.89	164.9	5.4
2.1 μm	รา	156.65	16.7	191.99	14.28	114.25	5.4
	แบค	73.03	8.16	10.6	0	7.07	3.53
	รวม	229.68	24.73	202.59	14.28	121.32	4.08
3.7 μm	รา	45.94	7.07	150.77	7.36	78.92	5.4
	แบค	100.12	2.04	17.67	0	24.73	3.53
	รวม	146.05	7.36	168.43	7.36	103.65	2.04
4.7 μm	รา	36.51	2.04	67.14	7.07	47.11	5.4
	แบค	183.75	3.53	14.13	3.53	15.31	2.04
	รวม	220.26	2.04	81.27	6.12	62.43	5.4
7 μm	รา	15.31	2.04	42.4	0	62.43	5.4
	แบค	95.41	3.53	7.07	0	31.8	3.53
	รวม	110.72	4.08	49.47	0	94.23	7.36
รวม 6 ชั้น		984.69	10.8	673.73	12.41	591.28	4.08

ตารางผนวกที่ ข8 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 13.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	42.4	0	31.8	0	2.36	4.08
	แบค	10.6	0	0	0	10.6	0
	รวม	53	0	31.8	0	12.96	4.08
1.1 μm	รา	154.3	5.4	182.57	4.08	76.56	2.04
	แบค	54.18	5.4	7.07	0	24.73	0
	รวม	208.48	9.35	189.63	4.08	101.3	2.04
2.1 μm	รา	124.85	4.08	123.67	7.07	94.23	5.4
	แบค	64.78	2.04	15.31	2.04	10.6	0
	รวม	189.63	2.04	138.99	7.36	104.83	5.4
3.7 μm	รา	42.4	6.12	63.6	3.53	38.87	3.53
	แบค	85.98	2.04	15.31	2.04	17.67	0
	รวม	128.39	5.4	78.92	4.08	56.54	3.53
4.7 μm	รา	17.67	0	18.85	2.04	0	0
	แบค	17.67	0	7.07	0	15.31	2.04
	รวม	35.34	0	25.91	2.04	15.31	2.04
7 μm	รา	36.51	11.36	42.4	7.07	9.42	2.04
	แบค	50.65	2.04	22.38	4.08	30.62	2.04
	รวม	83.63	4.08	64.78	10.8	40.05	2.04
รวม 6 ชั้น		698.47	14.28	530.04	9.35	330.98	5.4

ตารางผนวกที่ ข9 ความเข้มข้นของเชื้อจุลินทรีย์เฉลี่ยเวลา 17.00 น. เดือนกุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2557

ขนาดอนุภาคของ เชื้อจุลินทรีย์		ระดับความสูงของการเก็บตัวอย่าง					
		1 เมตร		3 เมตร		7 เมตร	
		ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd	ค่าเฉลี่ย	sd
0.65 μm	รา	1.18	2.04	122.5	15.93	10.6	0
	แบค	15.31	2.04	15.31	2.04	15.31	2.04
	รวม	16.49	2.04	137.81	16.19	25.91	2.04
1.1 μm	รา	193.17	4.08	143.7	5.4	127.21	12.74
	แบค	70.67	0	7.07	0	38.87	3.53
	รวม	263.84	4.08	150.77	5.4	166.08	12.24
2.1 μm	รา	155.48	0	131.92	7.36	116.61	9.35
	แบค	95.41	0	17.67	3.53	21.2	0
	รวม	250.88	0	149.59	8.89	151.94	15.4
3.7 μm	รา	44.76	2.04	42.4	7.07	37.69	4.08
	แบค	70.67	9.35	10.6	0	11.78	5.4
	รวม	115.43	11.36	53	7.07	49.47	3.53
4.7 μm	รา	16.49	10.8	17.67	0	7.07	0
	แบค	84.81	7.07	2.36	4.08	16.49	5.4
	รวม	101.3	4.08	20.02	4.08	23.56	5.4
7 μm	รา	43.58	2.04	17.67	3.53	15.31	2.04
	แบค	115.43	13.38	10.6	3.53	11.78	8.89
	รวม	159.01	15.4	28.27	6.12	24.73	7.07
รวม 6 ชั้น		906.95	8.89	539.46	14.28	441.7	10.6

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาวศิริพร สันติวรพงศ์
เกิดวันที่	25 ธันวาคม พ.ศ. 2532
สถานที่เกิด	ชุมพร
ประวัติการศึกษา	วทบ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งปัจจุบัน	ผู้ช่วยนักวิจัย โครงการติดตามลักษณะทางอูตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินฯ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คณะสิ่งแวดล้อม 50 งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	โครงการติดตามลักษณะทางอูตุนิยมวิทยาใกล้ผิวดินฯ