

การประเมินคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทาง
ชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์
เป็นตัวบ่งชี้ทางมลพิษอากาศ

ASSESSMENT OF AIR QUALITY AT KING MONGKUT'S
INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG USING
LICHENS AS BIOINDICATOR AND NITROGEN DIOXIDE
AND SULFUR DIOXIDE CONCENTRATIONS AS
AIR POLLUTANT INDICATOR

นภัสสร ทศนจริยา
ผานิตา ปานรอด
พีรวัฒน์ ยอดกมลศาสตร์

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีการศึกษา 2565

ASSESSMENT OF AIR QUALITY AT KING MONGKUT'S
INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG USING
LICHENS AS BIOINDICATOR AND NITROGEN DIOXIDE
AND SULFUR DIOXIDE CONCENTRATIONS AS
AIR POLLUTANT INDICATOR



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF SCIENCE (ENVIRONMENTAL CHEMISTRY)
DEPARTMENT OF CHEMISTRY, SCHOOL OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ **ACADEMIC YEAR 2022** ภาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





หัวข้อโครงการพิเศษ การประเมินคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ทางมลพิษอากาศ
Assessment of Air Quality at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang using Lichens as Bioindicator and Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide Concentrations as Air Pollutant Indicator

ชื่อนักศึกษา นางสาวนภัสสร ทศนจรียา รหัสนักศึกษา 62050399
นางสาวผานิตา ปานรอด รหัสนักศึกษา 62050417
นายพีรวัฒน์ ยอดกมลศาสตร์ รหัสนักศึกษา 62050420
ปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชา เคมี
ปีการศึกษา 2565

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. กลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
อนุมัติให้โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม) ประจำปีการศึกษา 2565

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ชมพูนุท ไชยรักษ์ ประธานกรรมการ	
ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ กรรมการ	
รศ.ดร.สุวรรณี จรรยาพูน กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	
ดร.กลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การประเมินคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้า คุณทหารลาดกระบังโดยใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและปริมาณ ไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ทางมลพิษ อากาศ	
ชื่อนักศึกษา	นางสาวนภััสสร ทศนจริยา	รหัสนักศึกษา 62050399
	นางสาวผานิตา ปานรอด	รหัสนักศึกษา 62050417
	นายพีรวัฒน์ ยอดกมลศาสตร์	รหัสนักศึกษา 62050420
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)	
ภาควิชา	เคมี	
คณะ	วิทยาศาสตร์	
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)	
ปีการศึกษา	2565	
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ.ดร. สุวรรณี จรรยาพูน	
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ดร. กลินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์	

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ทางมลพิษอากาศ โดยทำการสำรวจชนิดและปริมาณไลเคนบนต้นพญาสัตบรรณจำนวนจุดเก็บตัวอย่าง 10 แห่ง ระหว่างวันที่ 10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 และตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยเก็บตัวอย่างด้วยวิธีพาสซีฟ จากนั้นวิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี พร้อมทั้งตรวจวัดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไลเคน ได้แก่ ลักษณะของเปลือกไม้ เส้นรอบวงของต้นไม้ พีเอชของเปลือกไม้ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝน จากผลการศึกษาพบไลเคน 8 วงศ์ (Family) 10 สกุล (Genus) 10 ชนิด (Species) ไลเคนที่พบความถี่มากที่สุดและพบทุกจุดเก็บตัวอย่างคือ *Dirinaria* sp. เป็นไลเคนกลุ่มทนทาน โดยพบไลเคนกลุ่มทนทานมากกว่ากลุ่มทนทานสูง ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษามีค่าอยู่ในช่วง 9.91 - 18.62 และ 0.04796 - 0.42059 ppbv ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้ **คำสำคัญ** : ไลเคน, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพาสซีฟ, ไลเคนกลุ่มทนทาน, ไอออนโครมาโทกราฟี

มีให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	Assessment of Air Quality at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang using Lichens as Bioindicator and Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide Concentrations as Air Pollutant Indicator
Students	Miss Napatsorn Tasanajariya Student ID 62050399 Miss Phanita Panrod Student ID 62050417 Mr. Peerawat Yodkamonsart Student ID 62050420
Degree	Bachelor of Science (Environmental Chemistry)
Department	Chemistry
School	Science
University	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
Academic Year	2022
Advisor	Assoc. Prof. Dr. Suwannee Junyapoon
Co-advisor	Dr. Glinsukol Suwanarat

Abstract

This special project aims to assess air quality at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang using lichens as bioindicator and nitrogen dioxide and sulfur dioxide concentrations as air pollutant indicator. Lichens on Phaya Sattabun trees were monitored at 10 sampling locations between February 10 and March 5, 2023. Nitrogen dioxide and sulfur dioxide were collected using passive samplers and then analyzed with ion chromatograph. Factors affecting on lichens growth were also investigated e.g., characteristics of tree bark, circumference of tree, pH of tree bark, light intensity, humidity, temperature and rain fall. The experimental results showed that 8 families of lichens, 10 genus and 10 species of lichens were found. The highest frequency of lichens found in every sampling site was *Dirinaria* sp. which is intermediate lichens. The amount of intermediate lichens was higher than tolerant lichens. Concentrations of nitrogen dioxide and sulfur dioxide were 9.91 – 18.62 and 0.04796 – 0.42059 ppbv, respectively. According to statistical analysis by one-way ANOVA method, it was found that the amounts of nitrogen dioxide and sulfur dioxide in sampling sites were not significantly different at a confidence level of 95%.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้มาใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการ
Keywords: Lichen, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, Passive Sampling, Ion chromatography

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ ตลอดจนกำลังใจที่ดีและเป็นประโยชน์จากบุคคลหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. สุวรรณิ จรรยาพูน และดร.กลีนสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา โครงการพิเศษที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก คอยดูแลเอาใจใส่ รวมทั้งกำลังใจ ที่มีให้มาตลอดเวลาที่ทำวิจัย และตรวจสอบผลงานในการจัดทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร.วิบูลย์ ประดิษฐ์เวียงคำ และ รศ.ดร. ชมพูนุท ไชยรักษ์ กรรมการสอบ โครงการพิเศษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจทาน แก้ไข ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ให้ โครงการพิเศษมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณสาคร สอนพงษ์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ เป็นที่ปรึกษาสำหรับการใช้เครื่อง ไอออนโครมาโทกราฟ และคอยเอื้อเฟื้อ อำนวยความสะดวกทั้งเครื่องมือ สถานที่ รวมทั้งกำลังใจที่ดี และความหวังใฝ่ฝันให้ตลอดการจัดทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์และ สถานที่ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และให้ข้อมูลอันเป็น ประโยชน์

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่อบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจที่ดี มาโดยตลอด และให้ความอุปการะตลอดมา ตลอดทั้งเพื่อนๆที่รักที่ให้กำลังใจที่ดี และให้ความ ช่วยเหลือในทุกๆเรื่อง จนทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นอกจากนี้ ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกหลายท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการจัดทำโครงการ พิเศษซึ่งมิได้กล่าวในที่นี้ ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นภัสสร ทัดสนจรียา

ผานิตา ปานรอด

พีรวัฒน์ ยอดกมลศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ญ
คำย่อ/สัญลักษณ์ (ถ้ามี).....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ไลเคน (Lichen).....	4
2.1.1 ประเภทของไลเคน.....	4
2.1.2 ลักษณะโครงสร้างภายในของไลเคน.....	6
2.1.3 การขยายพันธุ์ของไลเคน.....	6
2.1.4 วงชีวิตของไลเคน.....	8
2.1.5 การเจริญเติบโตของไลเคน.....	9
2.1.6 ประโยชน์ของไลเคน.....	9
2.2 การใช้ไลเคนในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ.....	11
2.2.1 คุณสมบัติของการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของไลเคน.....	12
2.2.2 ข้อดี-ข้อจำกัดของการใช้ไลเคนตรวจคุณภาพอากาศ.....	12
2.2.3 ไลเคนในเขตกรุงเทพมหานคร.....	13
2.2.3.1 ไลเคนกลุ่มทนทานสูง.....	14
2.2.3.2 ไลเคนกลุ่มทนทาน.....	16
2.2.3.3 ไลเคนกลุ่มอากาศดี.....	21
2.2.4 ความหลากหลายทางชีวภาพ.....	22
2.2.4.1 ความหลากหลายทางพันธุกรรม.....	23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.4.2 ความหลากหลายทางสปีชีส์.....	23
2.2.4.3 ความหลากหลายของระบบนิเวศ	23
2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	24
2.3.1 แหล่งกำเนิดของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	25
2.3.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม	25
2.3.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	26
2.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน	27
2.4.1 แหล่งกำเนิดและปฏิกิริยาของออกไซด์ของไนโตรเจน.....	27
2.4.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากไนโตรเจนออกไซด์ ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม	30
2.4.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป ของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	31
2.5 พาสซีฟแฮมเปเลอร์	31
2.5.1 ลักษณะของพาสซีฟแฮมเปเลอร์.....	32
2.5.2 สารดูดซับสำหรับพาสซีฟแฮมเปเลอร์.....	33
2.5.3 ปัจจัยที่มผลต่อการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ.....	34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	36
3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี.....	36
3.1.1 วัสดุอุปกรณ์.....	36
3.1.2 สารเคมี.....	37
3.2 จุดเก็บตัวอย่าง	37
3.2.1 สภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างอากาศ	40
3.3 วิธีการทดลอง.....	41
3.3.1 การสำรวจไลเคนในจุดเก็บตัวอย่าง	41
3.3.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ	42
3.3.3 การเตรียมสารละลายตัวกลางดูดซับ	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะที่อาคารเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.4 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ	42
3.3.5 การทำกราฟมาตรฐาน	43
3.3.6 การวิเคราะห์.....	44
3.3.7 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	44
3.4 สํารวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน.....	45
3.4.1 พื้นที่ศึกษา.....	45
3.4.2 วิธีการสำรวจ	46
3.4.3 การจำแนกสายพันธุ์ไลเคน	46
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล	47
4.1 ผลการศึกษาความหลากหลายของไลเคน	47
4.1.1 ชนิดและปริมาณของไลเคน.....	47
4.1.2 ความหลากหลายทางชีวภาพ	51
4.1.3 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไลเคน บริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง	52
4.2 ผลของความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศด้วยวิธีพาสซีฟ.....	58
4.2.1 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	58
4.2.2 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	59
4.2.3 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนที่พบกับความเข้มข้น ของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	61
4.2.4 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนที่พบกับความเข้มข้น ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	62
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	63
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	63
5.2 ข้อเสนอแนะ	63
เอกสารอ้างอิง	64
ภาคผนวก.....	68
ภาคผนวก ก ไอออนโครมาโทกราฟี	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ก-1 การวิเคราะห์ไนเตรทที่ไอออนโครมาโทกราฟี..... 69
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ก-2 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว.....	69
ก-3 การดูแลรักษาคอลัมน์ในไอออนโครมาโทกราฟี.....	69
ภาคผนวก ข ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายของโลเคนและพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต	72
ข-1 ดัชนีของแซนนอน-เวียนเนอร์	72
ข-2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญของโลเคน.....	77
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ	80
ค-1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	80
ค-2 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	84
ภาคผนวก ง การคำนวณทางสถิติ	89
ง-1 การคำนวณทางสถิติของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	89
ง-2 การคำนวณทางสถิติของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มไลเคนตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ	13
ตารางที่ 2.2 การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคน	22
ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	26
ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	31
ตารางที่ 2.5 สัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ	32
ตารางที่ 2.6 สารสำหรับดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	33
ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน	37
ตารางที่ 3.2 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี	44
ตารางที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบ	47
ตารางที่ 4.2 ชนิดของไลเคนที่พบ ณ จุดเก็บตัวอย่าง	50
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่วัดได้กับบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง	57
ตารางที่ ข-1.1 แนวสำรวจไลเคน, จำนวนพืชที่ศึกษา, จำนวนชนิดของไลเคน, และปริมาณไลเคนที่พบบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	72
ตารางที่ ข-1.2 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพบริเวณสถาบันฯ	73
ตารางที่ ข-1.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	73
ตารางที่ ข-2.1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองการเก็บตัวอย่าง	77
ตารางที่ ข-2.2 ค่าความเข้มแสง (Light intensity) พีเอชของเปลือกไม้ (Bark pH), และเส้นรอบวงต้นไม้ของจุดเก็บตัวอย่าง	79
ตารางที่ ค-1.1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂) ในอากาศ	80
ตารางที่ ค-1.2 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 10-20 กุมภาพันธ์ 2566	81
ตารางที่ ค-1.3 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566	83
ตารางที่ ค-2.1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂) ในอากาศ...	84
ตารางที่ ค-2.2 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 10-20 กุมภาพันธ์ 2566	85
ตารางที่ ค-2.3 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ตารางที่ ง-1.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ครั้งที่ 1 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	89
ตารางที่ ง-1.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ครั้งที่ 1 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	89
ตารางที่ ง-1.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ครั้งที่ 2 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	90
ตารางที่ ง-1.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ครั้งที่ 2 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	90
ตารางที่ ง-1.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย ตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม 2566 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	91
ตารางที่ ง-1.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย ตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม 2566 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	91
ตารางที่ ง-2.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ครั้งที่ 1 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	92
ตารางที่ ง-2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ครั้งที่ 1 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	92
ตารางที่ ง-2.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ครั้งที่ 2 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	93
ตารางที่ ง-2.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ครั้งที่ 2 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	93
ตารางที่ ง-2.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย ตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม 2566 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	94
ตารางที่ ง-2.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย ตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม 2566 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.1 (ก) ครัสโตส (ข) ฟลิโอส (ค) ฟรุติโคส (ง) สะแควมูโลส	5
รูปที่ 2.2 ภาพตัดขวางทลัสของไลเคน.....	6
รูปที่ 2.3 Fruiting body แบบต่าง ๆ ของไลเคน (ก) อะโพทีเซียแบบถ้วยหรือจาน (ข) อะโพทีเซียแบบลายเส้นหรือริมฝีปาก (ค) เพอริทีเซีย.....	7
รูปที่ 2.4 โครงสร้างการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (ก) ไอซีเดีย (ข) ซอริเดีย	8
รูปที่ 2.5 วงชีวิตของไลเคน.....	8
รูปที่ 2.6 กลุ่มของไลเคนตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ	12
รูปที่ 2.7 ไลเคนชนิด <i>Amandinea extunat</i> วงศ์ Physciaceae (ไผ่พระอินทร์).....	14
รูปที่ 2.8 ไลเคนชนิด <i>Trypethelium eluteriae</i> วงศ์ Trypetheliaceae (ร้อยรู).....	14
รูปที่ 2.9 ไลเคนชนิด <i>Pyxine cocoes</i> วงศ์ Physciaceae (หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง)	15
รูปที่ 2.10 ไลเคนชนิด <i>Anthracotheicum</i> วงศ์ Pyrenulaceae (สิ่วหัวช้างจิ๋ว).....	15
รูปที่ 2.11 ไลเคนชนิด <i>Dirinaria</i> วงศ์ Physciaceae (ริ้วแพร)	16
รูปที่ 2.12 ไลเคนชนิด <i>Graphid</i> วงศ์ Graphidaceae (ลายเส้น).....	16
รูปที่ 2.13 ไลเคนชนิด <i>Lecanora</i> วงศ์ Lecanoraceae (ร้อยเหรียญ).....	17
รูปที่ 2.14 ไลเคนชนิด <i>Rinodina</i> วงศ์ Physciaceae (ธิดามะกอกดำ).....	17
รูปที่ 2.15 ไลเคนชนิด <i>Arthonia</i> วงศ์ Arthoniaceae (หลังตุ๊กแก).....	18
รูปที่ 2.16 ไลเคนชนิด <i>Bacidia & Caloplaca</i> วงศ์ Bacidiaceae & Teloschistaceae	18
รูปที่ 2.17 ไลเคนชนิด <i>Laurera benguelensis</i> วงศ์ Trypetheliaceae (ไหของโรยขมื่น).....	19
รูปที่ 2.18 ไลเคนชนิด <i>Trypethelium tropicum</i> วงศ์ Trypetheliaceae (พริกไทยร้อยเม็ด).....	19
รูปที่ 2.19 ไลเคนชนิด (ก) สาครูถั่วดำ และ (ข) บั้งขนเทา	20
รูปที่ 2.20 ไลเคนชนิด <i>Physcia dimidiata</i> วงศ์ Physciaceae (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก) ...	20
รูปที่ 2.21 ไลเคนชนิด <i>Chrysothrix</i> วงศ์ Chrysothricaceae (แป้งมณฑิ).....	21
รูปที่ 2.22 (ก) ไลเคนชนิด <i>Parmotrema tinctorum</i> วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อแห้ง) (ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นแห้ง	21
รูปที่ 2.23 (ก) ไลเคนชนิด <i>Parmotrema proesorediosum</i> วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อฟอง) (ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นฟองผงแป้งริมขอบใบ	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
รูปที่ 2.24 กลไกระหว่างไฮโดรเจนออกไซด์กับออกไซด์ของไนโตรเจน.....	28
รูปที่ 2.25 ปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับออกไซด์ของไนโตรเจน.....	29
รูปที่ 2.26 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศพาสซีฟแบบตลับ.....	33
รูปที่ 2.27 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศพาสซีฟแบบทรงกระบอก.....	33
รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและเส้นทางสำรวจไลเคน.....	41
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งกริกเฟรมสำหรับสำรวจไลเคน.....	42
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ.....	43
รูปที่ 3.4 แผนที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และแนวเส้นสำรวจความหลากหลายของไลเคน.....	45
รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างไลเคนกลุ่มทนทานกับไลเคนกลุ่มทนทานสูงที่พบบริเวณ จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	51
รูปที่ 4.2 ความหลากหลายของไลเคนของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	52
รูปที่ 4.3 ความเข้มแสงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	53
รูปที่ 4.4 เส้นรอบวงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	54
รูปที่ 4.5 ค่าพีเอชของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	55
รูปที่ 4.6 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ.2566.....	59
รูปที่ 4.7 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ.2566.....	61
รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนกับความเข้มข้นเฉลี่ย ของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	61
รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนกับความเข้มข้นเฉลี่ย ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	62
รูปที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายไนเตรท.....	70
รูปที่ ก-2 กราฟมาตรฐานของสารละลายซัลเฟต.....	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ/สัญลักษณ์

คำย่อ/สัญลักษณ์	คำอธิบาย
TEA	ไตรเอทานอลามีน
sp.	สปีชีส์ (Species)
kPa	กิโลปาสคาล
ppm	ส่วนในล้านส่วน
ppb	ส่วนในพันล้านส่วน
ppbv	ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร
N	ละติจูด (Latitude)
E	ลองจิจูด (Longitude)
μL	ไมโครลิตร
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
mg/m^3	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มลพิษทางอากาศนับเป็นหนึ่งในปัญหาสิ่งแวดล้อมหลักของเมืองใหญ่ เนื่องจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อใช้ในการคมนาคมขนส่ง กระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม และการดำรงชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นจำนวนมาก จากการที่เชื้อเพลิงที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงฟอสซิล จึงมีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ฝุ่นละออง และมลพิษอื่นๆ ออกสู่บรรยากาศ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จัดเป็นมลพิษหลักในบรรยากาศที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ เช่น โรคหอบหืดอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ ยังเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดฝนกรด ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศน์ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถาน การตรวจวัดปริมาณก๊าซเหล่านี้จึงมีความจำเป็น โดยทั่วไป กรมควบคุมมลพิษจะมีการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบริเวณเมืองใหญ่ๆ เช่น กรุงเทพมหานคร เป็นรายชั่วโมง รายวัน และรายปี อย่างไรก็ตาม เครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศที่ใช้มีราคาแพง และวิธีวิเคราะห์ซับซ้อนยุ่งยาก

การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพอากาศ ได้รับความสนใจเพิ่มขึ้น เนื่องจากไลเคนมีอัตราการเติบโตที่ช้า มีชีวิตยาวนาน จึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ของมลพิษทางอากาศ หรือสามารถใช้บ่งบอกถึงสถานะของสิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งยังมีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศ และเป็นวิธีการประเมินคุณภาพอากาศที่มีราคาถูก โดยทั่วไป การติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมควรมีการตรวจสอบทั้งทางเคมี กายภาพ และทางชีวภาพควบคู่กันไป เพื่อให้ได้ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ จะทำให้ได้ผลจากการติดตามตรวจสอบที่สมบูรณ์ มีความถูกต้อง แม่นยำ และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น (วนารักษ์, 2551)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) เป็นสถาบันการศึกษาที่ตั้งอยู่ในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นทั้งทางรถยนต์และรถไฟ นอกจากนี้ ยังอยู่ใกล้สนามบินนานาชาติและนิคมอุตสาหกรรม ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ ดังนั้น นักศึกษา คณาจารย์ และเจ้าหน้าที่จำนวนมากอาจได้รับผลกระทบทางสุขภาพจากปัญหามลพิษทางอากาศ

โครงการพิเศษนี้จึงได้ทำการสำรวจความหลากหลายของไลเคนบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศโดยเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟและวิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟีในการประเมินคุณภาพอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสำรวจความหลากหลายของไลเคนบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. เพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟ
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคนกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1) สำรวจพื้นที่เก็บตัวอย่างอากาศ โดยสำรวจบริเวณต้นพญาสัตบรรณที่มีไลเคน
- 2) กำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 จุด ได้แก่
 - จุดA1 ตั้งบริเวณสนามกีฬาสถาบันฯ
 - จุดA2 ตั้งบริเวณหลังอุทยานพระจอมเกล้า
 - จุดA3 ตั้งบริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
 - จุดA4 ตั้งบริเวณสระน้ำลานพระรูป ร.๔
 - จุดA5 ตั้งบริเวณหน้าอุทยานพระจอมเกล้าริมถนนฉลองกรุง
 - จุดA6 ตั้งบริเวณหน้าอาคารพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์
 - จุดA7 ตั้งบริเวณหลังตึกคณะบริหารธุรกิจใกล้ทางรถไฟ
 - จุดA8 ตั้งบริเวณหลังหอประชุมใหญ่วิศวกรรมศาสตร์
 - จุดA9 ตั้งบริเวณแยกตึก HM Building คณะวิศวกรรมศาสตร์
 - จุดA10 ตั้งบริเวณแยกหน้าคณะอุตสาหกรรมอาหาร
- 3) วาง Grid ขนาด 20 x 50 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 1.50 เมตร
- 4) ศึกษาพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไลเคนทั้งหมด 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ ลักษณะของเปลือกไม้ เส้นรอบวงของต้นไม้ ค่าความเป็นกรด-เบสของเปลือกไม้ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน
- 5) ศึกษาหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟ ที่ระดับความสูงจากพื้นดินประมาณ 1.50 เมตร ในตำแหน่งเดียวกับต้นไม้ที่ทำการสำรวจไลเคน โดยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 จุด แต่ละจุดเก็บทั้งหมด 4 ตัวอย่าง (ตัวอย่าง 3 ซ้ำ และชุดควบคุม 1 ซ้ำ) ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 ครั้ง ครั้งละ 10 วัน เอกสารนี้ระหว่างวันที่ 10 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 ถึง วันที่ 20 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 และ วันที่ 23 มีนาคม ถึง วันที่ 31 มีนาคม พ.ศ. 2566 ไม่ว่าการเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 ถึง วันที่ 5 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2566 ของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ได้วิธีประเมินคุณภาพอากาศอย่างง่าย รวดเร็ว และราคาถูกลง
- 2) สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนป้องกันผลกระทบมลพิษทางอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไลเคน (Lichen)

ไลเคน (Lichen) คือ สิ่งมีชีวิตที่เกิดจากการอยู่ร่วมกันของราและสาหร่ายที่สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เป็นสาหร่ายสีเขียว (green algae) หรือไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) ที่มาอยู่ร่วมกันกับรา มีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อสร้างอาหารสำหรับไลเคน ส่วนเส้นใยของราปกคลุมและปกป้องสาหร่ายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เส้นใยของราทำให้เกิดเป็นรูปร่างหลักของไลเคน (Gilbert, 2004) โครงสร้างของราเป็นพื้นที่ส่วนใหญ่ถึงร้อยละ 90 ของพื้นที่ทั้งหมดของไลเคน สาหร่ายมีคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบภายใน สามารถรับพลังงานจากแสงอาทิตย์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร (คาร์โบไฮเดรต) และพลังงาน สาหร่ายที่อยู่ร่วมกับราในไลเคนส่วนใหญ่เป็นสาหร่ายสีเขียว รองลงมาเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และมีส่วนน้อยที่มีสาหร่ายสีเขียวยและไซยาโนแบคทีเรียอยู่ร่วมกัน เช่น *Lobaria pulmonaria* ไลเคนที่มีสาหร่ายสีเขียวอยู่ร่วมด้วย จะสามารถเห็นชั้นของสาหร่ายสีเขียวเมื่อขูดผิว ด้านบนของทัลลัส ไลเคนมักถูกใช้เป็นตัวอย่างการอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยซึ่งกันและกัน (symbiosis) ระหว่างราและสาหร่าย (Gilbert, 2004) การเจริญเติบโตของไลเคนต้องการน้ำ และแสงอาทิตย์ในการเจริญเติบโต ไลเคนสามารถซึมซับน้ำได้ในปริมาณมาก และเจริญเติบโตได้มากในช่วงฤดูใบไม้ผลิและการเจริญเติบโตจะลดลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝน แต่เมื่อสภาพอากาศแห้งแล้งไลเคนจะหยุดนิ่งไม่มีการเจริญเติบโต ในสภาวะที่ไม่ถูกรบกวนไลเคนบางชนิดสามารถอยู่รอดได้นานหลายร้อยปี ไลเคนหลายชนิดมีลักษณะเด่นคือทนต่อสภาวะแห้งแล้ง สามารถอยู่รอดได้ ในสภาวะที่ร้อนจัดหรือเย็นจัด ซึ่งหมายถึงสามารถทนความร้อนของแสงแดดในฤดูร้อน และยังสามารถอยู่รอดได้ในสภาวะที่มีน้ำแข็งหรือหิมะปกคลุม ด้วยเหตุนี้จึงพบไลเคนบนภูเขาสูงๆ มากกว่าที่จะพบที่พืชชนิดอื่น (Gilbert, 2004)

2.1.1 ประเภทของไลเคน

ไลเคนแต่ละชนิดเกิดจากราหนึ่งชนิดจับคู่กับสาหร่ายอีกชนิดหนึ่งเท่านั้น ความหลากหลายของชนิดไลเคนขึ้นอยู่กับชนิดของราเป็นสำคัญ ราที่ก่อให้เกิดไลเคนมีประมาณ 13,500 ชนิด ส่วนสาหร่ายในไลเคนมีประมาณ 100 ชนิด 40 สกุล เท่านั้น ผลของการอยู่ร่วมกันของสาหร่ายและราทำให้เกิดโครงสร้าง ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของไลเคนเรียกว่า ทัลลัส (Thallus) แบ่งไลเคนออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ (รูปที่ 2.1)

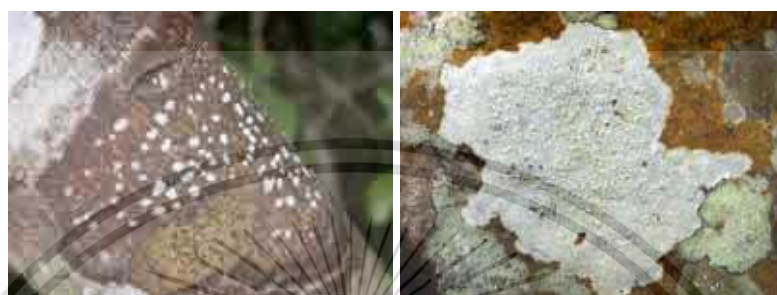
1) ครัสโตส (crustose) มีลักษณะคล้ายผืนผงอัดตัวกันเป็นแผ่นบาง ๆ มีชั้นผิวด้านบนด้านเดียว ส่วนด้านล่างแนบสนิทกับวัตถุที่เกาะ (รูปที่ 2.1(ก))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

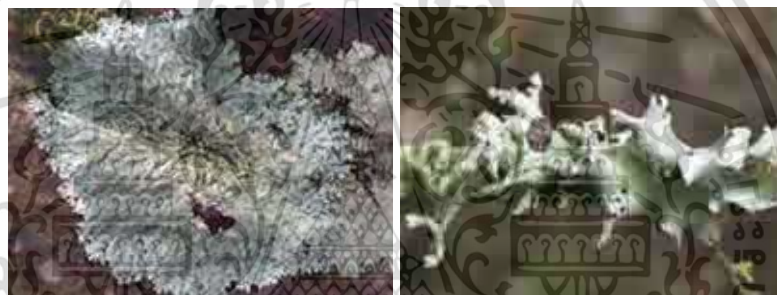
2) โฟลิโอส (foliose) มีลักษณะคล้ายแผ่นใบ มีชั้นผิว 2 ด้าน ด้านบนสัมผัสอากาศ ด้านล่างมีส่วนที่คล้ายราก แต่เกิดจากเส้นใยของรา เรียกว่า ไรซีน (rhizine) ใช้เกาะกับวัตถุ (รูปที่ 2.1(ข))

3) ฟรุติโคส (fruticose) หรือพวกพุ่มกอ มีลักษณะเป็นกิ่งก้านหรือเส้นสาย มีลักษณะคล้าย รากฝอย กับรากแขนงแต่อยู่ในอากาศ (รูปที่ 2.1(ค))

4) สะแควมูโลส (squamulose) มีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆคล้ายเกล็ดปลา (รูปที่ 2.1(ง))



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.1 ประเภทของไลเคน (ก) ครัสโตส (Crustose) (ข) โฟลิโอส (Foliose) นด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น (ค) ฟรุติโคส (Fruticose) (ง) สะแควมูโลส (Squamulose) (สรณรัชฎ์, 2553) รานำไปใช้

2.1.2 ลักษณะโครงสร้างภายในของไลเคน

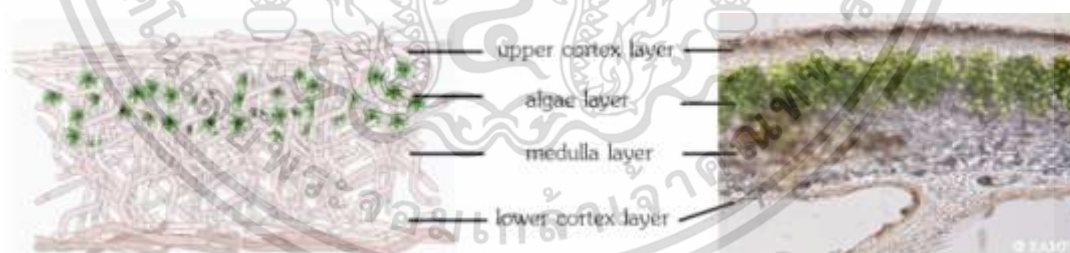
โครงสร้างภายในของไลเคนแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.2

1) **ชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นบน (upper cortex layer)** เป็นชั้นที่อยู่ด้านบนสุดของทัลลัส (thallus) คือคำลักษณะนามที่ใช้เรียกไลเคนเช่นเดียวกับต้นสำหรับพืช หรือตัวสำหรับสัตว์ ชั้นคอร์เท็กซ์นี้มีหน้าที่สำคัญคือป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอกโดยเฉพาะความเข้มแสงสูง และการกักกินของสัตว์จำพวกแมลง ไลเคนส่วนใหญ่มีชั้นนี้แต่ไลเคนบางชนิดอาจไม่พบ

2) **ชั้นสาหร่าย (algae layer)** เป็นชั้นที่อยู่ด้านล่างของชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นบน มีหน้าที่สำคัญคือสร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สาหร่ายในไลเคนเรียกว่า photobiont ไลเคนประมาณร้อยละ 85 มีสาหร่ายสีเขียว (green algae) เป็นองค์ประกอบของชั้นนี้ ไลเคนอีกประมาณร้อยละ 10 มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae หรือ Cyanobacteria) เป็นองค์ประกอบ และอีกร้อยละ 3-4 มีทั้งสาหร่ายสีเขียวและสีเขียวแกมน้ำเงิน หรือที่รู้จักในชื่อ Cephalodiate lichen (Thomas Honegger Nash, 2008)

3) **ชั้นเมดัลลา (medulla layer)** เป็นชั้นของราอยู่ถัดจากชั้นสาหร่ายลงมา ราในไลเคนเรียกว่า Mycobiot ส่วนใหญ่เป็นราในกลุ่ม ascomycotina และมีส่วนน้อยที่เป็นราในกลุ่ม Basidiomycotina ชั้นนี้มีหน้าที่สำคัญคือ กักเก็บความชื้นและสร้างสารเคมีที่จำเป็นต่อการเติบโตและการอยู่รอดในสภาพอากาศที่โหดร้ายของไลเคน

4) **ชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นล่าง (lower cortex layer)** เป็นชั้นที่อยู่ล่างสุดของทัลลัส มีหน้าที่หลักคือ ยึดเกาะกับพื้นที่ยึดเกาะอาศัย (substrate) ไลเคนบางชนิดมีชั้นนี้ แต่บางชนิดไม่มี โดยเฉพาะไลเคนในกลุ่มคลัสโตส



รูปที่ 2.2 ภาพตัดขวางทัลลัสของไลเคน
(หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566)

2.1.3 การขยายพันธุ์ของไลเคน

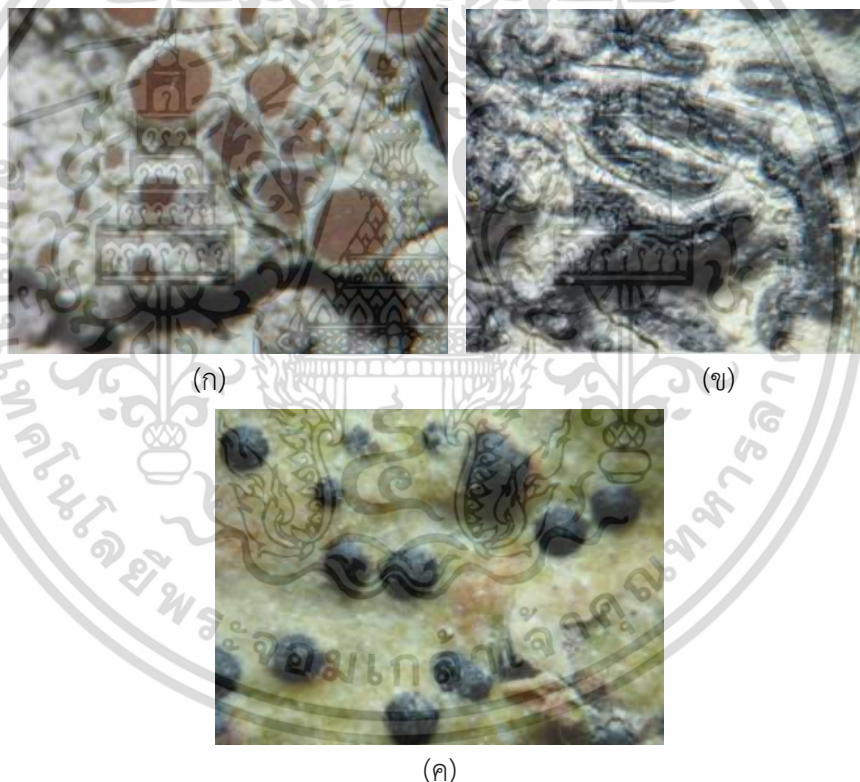
การขยายพันธุ์ของไลเคน มี 2 แบบ คือ

1) **การขยายพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction)** เกิดจากการสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า fruiting body มี 2 แบบ (รูปที่ 2.3) คือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1) อะโพทีเซีย (apothecia) ซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วยหรือจาน (disc-like apothecia) ที่ยกนูนขึ้นมาจากผิว มีทั้งแบบมีขอบและไม่มีขอบ และอาจมีสีเหมือนกับแผ่นไลเคนหรือสีแตกต่างจากแผ่นไลเคนแบบที่มีขอบมักมีสาหร่ายบริเวณขอบของ fruiting body (รูปที่ 2.3(ก)) นอกจากนี้ยังพบอะโพทีเซียที่มีลักษณะเป็นแบบลายเส้น หรือคล้ายริมฝีปาก (lirellate apothecia) ลักษณะเป็นสองเส้นประกบกัน ตรงกลางมีลักษณะเป็นร่อง (รูปที่ 2.3(ข)) มีสีและลักษณะรูปร่างที่ต่างกันไปในไลเคนแต่ละชนิด

1.2) เพอริทีเซีย (perithecia) มีลักษณะนูนขึ้นเป็นตุ่ม คล้ายภูเขาไฟหรือระฆังคว่ำ ภายในมีสปอร์บริเวณด้านบนของ fruiting body มีรูที่เป็นทางออกของสปอร์จำนวนหนึ่งรูหรือมากกว่า (รูปที่ 2.3(ค)) ขึ้นอยู่กับชนิดของไลเคน เมื่ออะโพทีเซียและเพอริทีเซียแก่สปอร์จะถูกปล่อยออกจาก fruiting body และแพร่ไปที่ต่างๆ โดยอาศัยพาหะ ได้แก่ ลม น้ำ แมลง หรือพาหะอื่นๆ และเมื่อสปอร์ตกในพื้นที่ที่เหมาะสม และมีสาหร่ายที่เหมาะสมก็จะเติบโตเป็นไลเคนต่อไป



รูปที่ 2.3 Fruiting body แบบต่าง ๆ ของไลเคน (สรณรัชฎ์, 2553)

(ก) อะโพทีเซียแบบถ้วยหรือจาน (disc-like apothecia)

(ข) อะโพทีเซียแบบลายเส้นหรือริมฝีปาก (lirellate apothecia)

(ค) เพอริทีเซีย (perithecia)

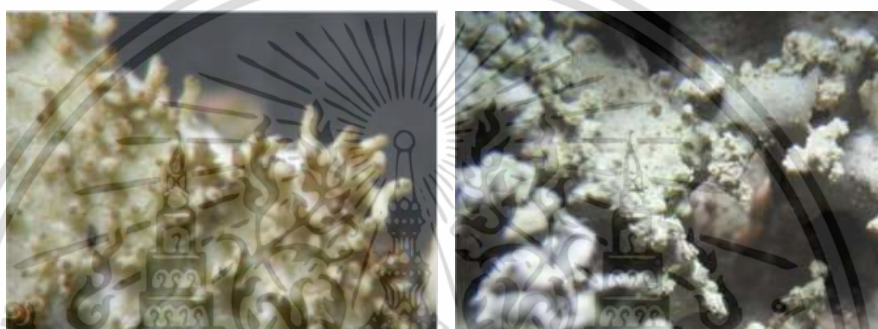
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction)

เกิดจากการแตกตัวของแผ่นทัลลัส เป็นชิ้นเล็ก ๆ เมื่อชิ้นส่วนนั้นไปตกในที่ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตก็จะงอกเป็นไลเคนใหม่ต่อไป หรือไลเคนสร้างโครงสร้างที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกัน ซึ่งมี 2 แบบ (รูปที่ 2.4)

2.1) ไอซีเดีย (isidia) ลักษณะรูปแท่งคล้ายนิ้วมือแหว่ง หรือเข็มเล็กๆ จำนวนมาก บนแผ่นทัลลัส เมื่อแท่งนั้นหักหรือหลุดออกก็จะตกลงสู่พื้น หรือกระจายไปยังที่ต่างๆ คล้ายกับสปอร์ ดังรูปที่ 2.4(ก)

2.2) ซอริเดีย (soredia) ลักษณะคล้ายขนมถ้วยฟู หรือดอกกะหล่ำ ซึ่งเกิดจาก เส้นใยของราและสาหร่ายเกาะกันอยู่หลวมๆ อยู่ที่ผิวของไลเคนบริเวณกลางแผ่นใบหรือตามขอบใบ ดังรูปที่ 2.4(ข)



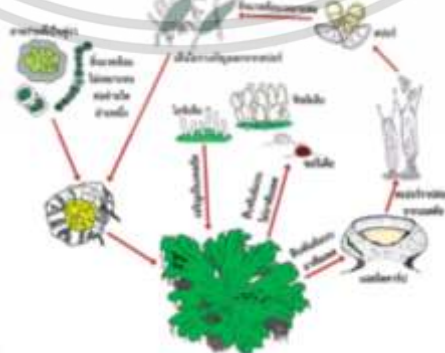
(ก)

(ข)

รูปที่ 2.4 โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศของไลเคน
(ก) ไอซีเดีย (isidia) (ข) ซอริเดีย (soredia) (สรณรัชฎ์, 2553)

2.1.4 วงชีวิตของไลเคน

เมื่อราและสาหร่ายที่เป็นคู่กันมารวมตัวกันในสภาวะที่เหมาะสมและเจริญเติบโตเป็นไลเคน เมื่อไลเคนเจริญเติบโตถึงระยะหนึ่งจะสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ได้แก่ อะโพทีเซีย เพอริทีเซีย ไอซีเดีย และซอริเดีย ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะเจริญต่อไปเป็นไลเคนทัลลัสใหม่ต่อไป ดังแสดงในรูปที่ 2.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้: รูปที่ 2.5 วงชีวิตของไลเคน นฤญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด (ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพ เฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษา บรมราชินีนาถ, 2559) ใช้

2.1.5 การเจริญเติบโตของไลเคน

ไลเคนมีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้าในคริสต์สหัสวรรษ ไลเคนบางชนิดมีอัตราการเติบโต น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตรต่อปี (Gilbert, 2004) ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน (วนารักษ์, 2551) ได้แก่

1) วัตถุที่ไลเคนยึดเกาะ พบไลเคนบนวัตถุที่มีความคงทน พื้นผิวของวัตถุไม่หลุดลอก ไลเคนที่พบบนเปลือกไม้พบบนเปลือกไม้ที่ไม่หลุดลอก ส่วนของเปลือกไม้ที่แตกเป็นร่อง พบไลเคนน้อยกว่าเปลือกไม้ที่มีผิวเรียบ

2) ความเป็นกรด-ด่างของวัตถุหรือเปลือกไม้ ไลเคนจะเจริญได้ดีบนเปลือกไม้ที่มีความเป็นกรด-ด่าง ไม่สูงหรือต่ำจนเกินไป ต้นไม้ต่างชนิดกันจึงอาจพบไลเคนต่างชนิดกัน ส่วนไลเคนที่พบตามสิ่งปลูกสร้างหรือตามกำแพงคอนกรีตจะเป็นไลเคนชนิดที่สามารถเจริญได้ในสภาวะที่เป็นด่าง

3) ปริมาณน้ำหรือความชื้น ความชื้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ปริมาณน้ำในทลล์มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคน เนื่องจากไลเคนไม่มีสารสีเขียวหรือแว็กซ์ บริเวณชั้นคิวติเคิล ช่วยป้องกันการสูญเสียน้ำหรือความชื้น ปริมาณน้ำที่น้อยหรือมากเกินไป ส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง

4) แสง ความเข้มแสงเป็นปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ไลเคนแต่ละชนิดมีจุดอิ่มตัวของแสงต่างกัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ไลเคนอาศัยอยู่ เมื่อไลเคนได้รับความเข้มแสงสูงเป็นเวลานาน คลอโรฟิลล์จะถูกทำลายส่งผลให้ไลเคนตายได้ หากความเข้มแสงน้อย มีผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงของไลเคนลดลง

5) อุณหภูมิ อุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อสาหร่าย อุณหภูมิที่สูงเกินไปส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง เพิ่มการสูญเสียน้ำ และเพิ่มการหายใจของไลเคน ช่วงที่อุณหภูมิสูง ไลเคนจะหยุดการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้อัตราการเติบโตลดลง

นอกจากนี้ ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ลักษณะของเปลือกไม้ การรบกวนของสิ่งมีชีวิตอื่นรอบต้นไม้

2.1.6 ประโยชน์ของไลเคน

ไลเคนถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ยุคอียิปต์โบราณจนถึงปัจจุบันในหลายๆด้าน ดังนี้

1) ด้านอาหาร ไลเคนไม่มีแป้งและเซลลูโลส (cellulose) ที่แท้จริง แต่มีสารพวกไลเคนิน (Lichenin) ที่ผนังเซลล์ไฮฟาของรา ซึ่งนำมาเป็นอาหารได้ ในซีกโลกทางเหนือมีไลเคนสปิซิส *Cetraria islandica* หรือ Iceland moss ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการที่กำจัดรสขมของสารไลเคนออก สามารถนำมาทำซูปหรือต้มกับนมรับประทานเป็นอาหารและยาได้ นอกจากนี้ ยังใช้ป็นส่วนผสมผสมแป้งทำขนมปังกรอบสำหรับนักเดินเรือ เรียกว่า "sea biscuit" ทำให้นมปังกรอบอยู่ทนนานไม่ถูกแมลงรบกวน ส่วนในฟินแลนด์นำไลเคนสปิซิส *Cladonia* sp. หรือ Reindeer moss ผสมกับแป้งไรน์ (Rye) ใช้ในการทำขนมปัง อียิปต์โบราณสั่ง *Evernia prunestri* และ *E. furfuracea* เข้ามาเพื่อผสมแป้งทำขนมปังเพื่อทำให้รสชาติดีขึ้น ในอินเดียใช้ *Parmelia perlata* ซึ่งภาษาพื้นเมืองเรียกว่า ราทาพู (rathapu) ผสมแกงกระหรี่ ในญี่ปุ่นใช้ไลเคน *Endocarpon (Dermatocarpon)*

miniatum ซึ่งมีชื่อพื้นเมืองว่า อิวาทากะ (iwataka) ในการทำอาหารและส่งออกไปยังประเทศจีน นอกจากนี้ชาวอิสราเอลยังใช้ *Lecanora esculenta* ประกอบอาหารตามหลักศาสนา (manna) และเรียกว่าเป็นขนมปังจากสวรรค์ (bread from heaven) ส่วนพวกที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายก็ใช้ไลเคนชนิดนี้ผสมแป้งทำขนมปังด้วย

2) การหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ มีการนำไลเคน *Lobaria pulmonaria* ที่เติบโตบนต้นสน ใช้หมักทำเปียร์แทนไบฮอปในไซบีเรียในคริสต์ทศวรรษที่ 19 มีการใช้ไลเคนในการทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น ในสวีเดนใช้ไลเคนหลายชนิด ได้แก่ *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Alectoria jubata*, *Physcia ciliaris*, *Ramalina fraxinea* และ *Usnea florida* เป็นต้น มาผ่านกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้ไลเคนิน (Lichenin) เปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคส (Glucose) จากนั้นหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ ใช้กลั่นเป็นบรันดีที่มีคุณภาพดี มีการตั้งโรงงานกลั่นสุราจากไลเคน

3) ด้านสมุนไพร และยา ชาวอียิปต์โบราณใช้ไลเคนเป็นส่วนประกอบของยาและสมุนไพร โดยใน ค.ศ. 1864 มีการค้นพบโถที่บรรจุเมล็ดและส่วนของพืชต่าง ๆ รวมทั้งไลเคนที่มีอายุประมาณ 1700-1800 ปีก่อนคริสตกาล ในคริสต์ทศวรรษที่ 5 ชาวยุโรปนำไลเคนที่มีรสขม เช่น *Pertusaria amara* ถูกใช้แทนควินิน ไลเคนชนิดนี้เคยพบที่อุทยานแห่งชาติดอยขุนตาล จังหวัดลำปาง ในประเทศไทยมีการใช้ไลเคน "ฝอยลม" (*Usnea* spp.) เป็นยาสมุนไพรโบราณ

4) พืชของไลเคน ถึงแม้ไลเคนผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นมาหลายชนิด ซึ่งอาจจะคายเคืองเมื่อรับประทาน แต่ไลเคนส่วนมากไม่มีพิษ พบไลเคน 2 ชนิดที่มีพิษ คือ *Letharia vulpine* และ *Cetraria pinastri* ซึ่งชาวยุโรปเหนือใช้เป็นยาเบื่อสุนัขจิ้งจอก

5) การฟอกย้อม คุณสมบัติในการเป็นแอสตรินเจนของไลเคนสปีชีส์ *Cetraria islandica* และ *Lobaria pulmonaria* ถูกนำมาใช้ในการฟอกหนัง

6) ไลเคนเป็นสีย้อม ไลเคนถูกใช้เป็นสีย้อมมาตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ คือ *Rocella tinctoria* และชนิดอื่น ๆ ในสกุลนี้โดยให้สีที่เรียกว่า Orchil สารตั้งต้นคือ Erythrin, Lecanoric acid (Orseillic acid), Erythrinic, Gyrophoric, Evernic และ Ramalic acid ไลเคนที่มีสารเหล่านี้สามารถให้สี Orchil ได้ มีไลเคนประมาณ 20 ชนิดที่ให้สี Orchil โดยฝรั่งเศสและฮอลแลนด์ เป็นประเทศที่เคยผลิตสีจากไลเคนในเชิงอุตสาหกรรม สีเหล่านี้ใช้ย้อมเส้นใยจากสัตว์ เช่น ขนสัตว์ และไหม แต่ย้อมเส้นใยจากพืช เช่น ฝ้าย ไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีไลเคนอีกหลายชนิดที่ให้สีย้อมต่างๆ เช่น

- *Lecanora tartarea*, *Parmelia saxatilis* ให้แดง
- *Parmelia omphalodes*, *Parmelia saxatilis* ให้สีน้ำตาล
- *Haematomma ventosum*, *Haematomma occineum* ให้สีน้ำตาลแดง
- *Xanthoria parietina*, *Cetraria funlperium*, *Pertusaria melaleuca* และ *Usnea barbata* ให้สีเหลือง

- *Candellariella vutellina* และ *Xanthoria lychnea* ให้สีเหลืองเช่นกันซึ่งใช้ย้อมเทียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง

ในพิธีทางศาสนาในสวีเดน

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ยกเว้นให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระดาษลิตมัสซึ่งใช้ทดสอบความเป็นกรดและด่างอย่างแพร่หลาย เตรียมจากสารที่ได้จากไลเคน โดยในสภาพที่เป็นกลางให้สีม่วง เมื่อเป็นกรดให้สีแดงและเป็นด่างให้สีน้ำเงิน

7) ไลเคนในน้ำหอม ประเทศฝรั่งเศสใช้ไลเคนสปีชีส์ *Evernia prunastri* ซึ่งเรียกว่า Oak moss ผสมในน้ำหอมเพื่อให้เกิดกลิ่นสดชื่นและติดทนนาน โดยใช้สารสกัดจากไลเคนเหล่านี้ผสมกับกลิ่นอื่นๆ

8) ไลเคนทำความสะอาดผม ในศตวรรษที่ 17 มีการใช้ผงจากไลเคนสปีชีส์ *Ramalina calciaris* ในการทำให้ผมสะอาดปราศจากรังแค

9) การใช้ไลเคนบอกอายุหินและโบราณวัตถุ เมื่อผิวหน้าวัตถุใดๆเริ่มเปิดหรือสัมผัสอากาศ ไลเคนจะเข้าเกาะอาศัยและเติบโตมีขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุ การติดตามตรวจวัดอัตราการเติบโตทำให้สามารถประเมินอายุของวัตถุนั้นได้ วิธีการนี้เรียกว่า "ไลเคนโนเมตรี" (Lichenometry) ใช้ประเมินอายุของหินและโบราณสถาน

10) ไลเคนเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพอากาศ ไลเคนสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพทางอากาศได้ โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไลเคน ผลกระทบของมลภาวะทางอากาศที่มีต่อไลเคนที่ได้รับความสนใจและศึกษากันมาก เริ่มมาจาก SO_2 ซึ่งเป็นสาเหตุของความเป็นกรดในน้ำฝน หมอก และน้ำค้างในเมืองและเขตอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ต่อมาได้มีการศึกษาถึงผลกระทบมลภาวะทางอากาศอื่น ๆ เช่น NO_x , O_3 และโลหะหนักด้วยที่มีต่อไลเคน การศึกษาผลกระทบของมลภาวะทางอากาศที่มีต่อไลเคนทำได้ 3 วิธี คือ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชนิดพันธุ์ของไลเคน (Community change) การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของการเติบโตและสัณฐาน (Growth and morphology changes) และการศึกษาผลกระทบต่อสรีระและชีวเคมีของไลเคน (Changes in biochemical and physiological processes)

2.2 การใช้ไลเคนในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ไลเคนขึ้นได้ในทุกระบบนิเวศที่พืชขึ้นได้ เพราะไลเคนต้องการแสง ความชื้น และปัจจัยดำรงชีวิตอื่นๆ ไม่ต่างไปจากพืช แต่สิ่งหนึ่งที่ไลเคนทำไม่ได้เหมือนพืช คือ ทนมลภาวะอากาศในขณะที่ผิวใบของพืชมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งเคลือบอยู่ ผิวของไลเคนเป็นเส้นใยสานกันแน่น ชับความชื้นและแร่ธาตุอาหารผ่านผิวเส้นใยนี้เข้ามาโดยตรง มลพิษในอากาศจึงสามารถเข้าไปสะสมในไลเคนได้ง่ายและทำลายคลอโรฟิลล์ของสาหร่าย ทำให้ไลเคนสุขภาพไม่ดีและตาย อย่างไรก็ตาม แม้ว่าไลเคนส่วนใหญ่จะอ่อนไหวต่อมลพิษ แต่ก็มีหลายชนิดที่ทนทานได้บ้าง และบางชนิดทนทานได้ดีมาก ความสามารถในการทนทานมลพิษในระดับต่างกันของไลเคนชนิดต่างๆ ทำให้สามารถใช้ไลเคนตรวจสอบระดับมลภาวะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 กลุ่มของไลเคนตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ (สรณรัชฎ์, 2553)

2.2.1 คุณสมบัติของการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของไลเคน

- 1) ไลเคนได้รับแร่ธาตุ สารอาหาร จากบรรยากาศโดยตรง
- 2) ไลเคนไม่มีแว็กซ์ (Wax) และคิวทิเคิล (Cuticle) ช่วยปกป้องโครงสร้างภายในของไลเคน เช่นเดียวกับพืชชั้นสูง มลพิษจากบรรยากาศจึงเข้าไปในเซลล์ต่างๆและทำอันตรายต่อกระบวนการดำรงชีวิตที่สำคัญ เช่น การสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโต
- 3) ในสภาพที่มีความชื้น ไลเคนจะมีความอ่อนไหวต่อมลภาวะอากาศมาก เนื่องจากไลเคนมีการเพิ่มอัตราการทำงานของกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์
- 4) ไลเคนมีการทำงานของกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้น ไลเคนสามารถถูกรบกวนโดยมลพิษได้ในฤดูหนาว
- 5) ไลเคนมีการเจริญเติบโตช้าและมีชีวิตยืนยาว สามารถสะสมสารพิษไว้ในทลัสส์และไลเคนไม่สามารถขับออกมาได้ จึงสามารถบอกระดับปริมาณของสารพิษที่สะสมอยู่ในปัจจุบันได้

2.2.2 ข้อดี-ข้อจำกัดของการใช้ไลเคนตรวจคุณภาพอากาศ

ปัจจุบัน หลายประเทศในยุโรปออกกฎระเบียบให้ใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศควบคู่ไปกับการใช้เครื่องวัดอากาศ เพราะแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียต่างกัน จึงสามารถเสริมกันได้ดี

ข้อดีของการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ คือ ผลกระทบของมลภาวะต่อไลเคนปรากฏอยู่นาน จึงแสดงให้เห็นสภาพอากาศโดยรวมในบริเวณนั้นแม้กิจกรรมที่สร้างมลภาวะจะไม่ได้เกิดขึ้นอยู่ในขณะที่สำรวจ ไลเคนอ่อนไหวต่อมลพิษมากกว่ามนุษย์ การหายไปของไลเคนจึงเป็นการเตือนภัยล่วงหน้า ก่อนจะเกิดเป็นปัญหารุนแรง การใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศมีค่าใช้จ่ายที่น้อย เนื่องจากอาศัยการสังเกตเท่านั้น จึงสามารถมีจุดตรวจสอบได้มากกว่าการใช้เครื่องวัดอากาศ ให้ภาพสภาพอากาศในพื้นที่ได้ละเอียด และการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ ใช้สื่อสารกับสังคมได้ดี เพราะบุคคลทั่วไปสามารถเรียนรู้ที่จะเชื่อมโยงกับการปรากฏหรือการหายไปของไลเคนได้ไม่ยาก ทำให้ง่ายต่อการเข้าใจมากกว่าค่าหน่วยวัดทางเคมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จำกัดในการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ 1) ระบุประเภทของมลภาวะไม่ได้ แต่ใช้ดูได้คร่าวๆ เป็นภาพรวม สารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) ไม่สามารถให้ค่ามาตรฐานได้เหมือนหน่วยวัดทางเคมี
- 3) ต้องอาศัยความรู้ความสามารถในการจำแนกชนิดพันธุ์

2.2.3 ไลเคนในเขตกรุงเทพมหานคร

นักชีววิทยาสำรวจพบไลเคนในเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 30 ชนิด แต่มีเพียง 17 ชนิดที่สามารถพบได้ทั่วไปในกรุงเทพฯ และตามที่ราบลุ่มแถบนี้ โดยแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ (สรณรัชฎ์, 2553) ได้ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มไลเคนตามความสามารถในการทนต่อมลภาวะอากาศ

กลุ่ม	วงศ์ (Family)	ชนิด(Species)	ชื่อสามัญ
ทนทานสูง	Physciaceae	<i>Amandinea extunat</i>	ไผ่พระอินทร์
		<i>Pyxine cocoes</i>	หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง
	Trypetheliaceae	<i>Trypethelium eluteriae</i>	ร้อยรู
	Pyrenulaceae	<i>Antthracothecium</i>	สีวหัวข้างจิว
ทนทาน	Physciaceae	<i>Dirinaria</i>	รื้อวแพร
		<i>Rinodina</i>	ธิดามะกอกดำ
		<i>Physcia dimidiata</i>	सान้อยกระโปรงบาน บางกอก
	Graphidaceae	<i>Graphid</i>	ลายเส้น
		<i>Glyphis & Sacograpta</i>	กลุ่มลายเส้นผลรวม
	Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>	ร้อยเหริยญ
	Arthoniaceae	<i>Arthonia</i>	หลังตุ๊กแก
	Bacidiaceae & Teloschistaceae	<i>Bacidia & Caloplaca</i>	โตรายากิ
	Trypetheliaceae	<i>Lourera benguelensis</i>	ไทรทองโรยขมิ้น
		<i>Trypethelium tropicum</i>	พริกไทยร้อยเม็ด
Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix</i>	แป้งมณโฑ	
อากาศดี	Parmeliaceae	<i>Parmotrema tinctorum</i>	ผักกาดหน่อแห้ง
		<i>Parmotrema praesorediosum</i>	ผักกาดหน่อฟอง

ที่มา : สรณรัชฎ์, 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.1 ไลเคนกลุ่มทนทานสูง

1) ไผ่พระอินทร์ ชนิด *Amandinea extunat* วงศ์ Physciaceae (รูปที่ 2.7) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวซีมัว ผิวนองไลเคนจะแตกเป็นร่องร่างแห มักแตกหน่อเป็นผงแบ่ง มีผลกลมมนสีดำด้าน ดูเหมือนแปะลงบนผืนไลเคน (ไม่ฝังจมอย่างผลสีหัวช้างจิว) พบมากในเขตเมือง รวมทั้งริมถนนใหญ่ และแหล่งมลภาวะอื่นๆ รวมถึงพื้นที่เกษตรที่ไผ่ปุ๋ยมาก



รูปที่ 2.7 ไลเคนชนิด *Amandinea extunat* วงศ์ Physciaceae (ไผ่พระอินทร์)
(สรณรัชฎ์, 2553)

2) ร้อยรู ชนิด *Trypethelium eluteriae* วงศ์ Trypetheliaceae (รูปที่ 2.8) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียว ผิวเรียบมัน แต่บางครั้งอาจมีลักษณะขยับัน มีผลหลายผลเชื่อมรวมเป็นกลุ่มสี่เหลี่ยม จึงเห็นผลหนึ่งกลุ่มมีรูสปอร์หลายรู พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง รวมทั้งบริเวณริมถนนใหญ่ แต่ผิวมักเกิดการฟอกขาวหรือมีสภาพหงิกงอน ผลมีสีออกน้ำตาลเข้มหรือสีดำคล้ำ ในที่ที่มีมลภาวะ พบขึ้นมากตามต้นนนทรีในเขตกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 2.8 ไลเคนชนิด *Trypethelium eluteriae* วงศ์ Trypetheliaceae (ร้อยรู)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (สรณรัชฎ์, 2553)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง ชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ *Physciaceae* (รูปที่ 2.9) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทใบ มีพื้นใบสีเขียวเทา หรือเทาซีด ขึ้นยึดติดแน่นบนวัตถุที่เกาะ ปลายแผ่นใบมักเกยซ้อนทับกัน และมีลักษณะคล้ายผ้าสีขาวหรือผลึกเกล็ดน้ำแข็ง แตกหน่อเป็นผงแบ่งตามขอบแขนงใบ ผลเป็นเม็ดแบน กลม สีดำ แต่ไม่ค่อยพบออกผล พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง รวมทั้งบริเวณริมถนนใหญ่ และจะพบขึ้นเยอะมากในพื้นที่เกษตรที่มีการใช้ปุ๋ยมาก ในที่ที่มีมรสภาวะจะพบว่าริมแผ่นใบมักเกิดการฟอกขาวในเขตกรุงเทพมหานครไม่พบออกผล



รูปที่ 2.9 ไลเคนชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ *Physciaceae* (หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง)
(หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566)

4) สิวหัวช้างจิว ชนิด *Anthracothecium* วงศ์ *Pyrenulaceae* (รูปที่ 2.10) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง เป็นแผ่นสีขาวเทา แตกกระแหวเป็นร่องร่างแห มีผลกลมมนนูนผุดขึ้นมาคล้ายภูเขาไฟกึ่งจมกึ่งโผล่ มีขนาดเล็กมากสีน้ำตาลเข้มหรือดำ เห็นรูสปอร์ตรงกลางได้ชัดเจน พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง แต่สิวหัวช้างชนิดที่มีผลขนาดใหญ่ มักพบได้ในที่มีอากาศดี โดยเฉพาะในป่าดิบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารของมหาวิทยาลัยรามคำแหง
รูปที่ 2.10 ไลเคนชนิด *Anthracothecium* วงศ์ *Pyrenulaceae* (สิวหัวช้างจิว) ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อ (สรณรัชฎ์; 2553) ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 กลุ่มทนนทาน

1) ริวแพร ชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae (รูปที่ 2.11) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทใบ มีสีเขียวเทาหรือเขียวตองอ่อน ขึ้นติดแน่นกับวัตถุที่เกาะ แขนงใบเบียดกันแน่น ปิบนูนขึ้นเป็นลอน ดอกคล้ายผ้าแพรย่น แตกหน่อเป็นกระจุกผงแป็งกลมๆ คล้ายขนมถ้วยฟู หรือดอกกะหล่ำ มีผลสีน้ำตาลหรือดำ มีขอบสีเดียวกับผืนไลเคน พบทั่วไปทั้งในและนอกเมืองบางครั้งพบขึ้นใกล้ถนน แต่ไม่พบในกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 2.11 ไลเคนชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae (ริวแพร) (สรณรัชฎ์, 2553)

2) ลายเส้น ชนิด Graphid วงศ์ Graphidaceae (รูปที่ 2.12) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนดวงมักเป็นสีขาวเทา หรือเขียวมะกอก ผลมีลักษณะเหมือนลายเส้นสีดำหรือขาว ขอบผลยกเป็นสันดูลายริมฝีปาก บางชนิดออกผลติดกันเป็นรูปแฉกหรือดาว บางชนิดที่พบในป่าเรียงตัวคล้ายอักษรจีน มีกระจายตัวเป็นกลุ่มใหญ่ มีมากมายหลายชนิด ขึ้นกระจายทั่วไป โดยเฉพาะในเขตร้อนพบได้ตั้งแต่ในป่าต่างๆ ถึงตามสวนในเมืองใหญ่ ความทนทานมลภาวะจะแตกต่างกันตามชนิด หลายชนิดทนทานและพบได้บ่อยในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะบนต้นลำต้น



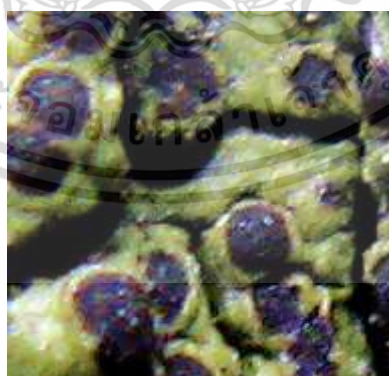
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 2.12 ไลเคนชนิด *Graphid* วงศ์ Graphidaceae (ลายเส้น) ระเบียบดำเนินการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566) ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ร้อยเหรียญ ชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae (รูปที่ 2.13) มีลักษณะเด่น คือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีเขียวเทาหรือสีเทา ผลมีลักษณะกลมแบน มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเขียวอ่อน มีขอบสีเดียวกับผืนไลเคน เป็นปุ่มๆ เหมือนสายลูกบิด และยกนูนสูงกว่าตัวผล จึงเห็นขอบได้ชัดเจน ดูคล้ายเหรียญสิบบาท มักออกผลเต็มผืนไลเคน พบทั่วไปทั้งในเมืองและนอกเมืองไม่ค่อยพบผลสีเขียวในกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 2.13 ไลเคนชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae (ร้อยเหรียญ)
(สรณรัชฎ์, 2553)

4) ฉิตามะกอกดำ ชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae (รูปที่ 2.14) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีเขียวมะกอกหรือสีเขียวขี้ม้า ผลมีลักษณะกลมแบน มีสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ขอบสีเดียวกับผืนไลเคน ไม่ยกนูนสูงขึ้นมามากนัก จึงเห็นไม่ชัดเจน พบได้ทั่วไป แต่เนื่องจากมีขนาดเล็กและสีกลมกลืนกับไลเคนอื่น โดยเฉพาะเมื่อขึ้นอยู่ในดงไผ่พระอินทร์ ทำให้สังเกตเห็นได้ยาก



รูปที่ 2.14 ไลเคนชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae (ฉิตามะกอกดำ)
(สรณรัชฎ์, 2553)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) หลังตุ๊กแก ชนิด *Arthonia* วงศ์ *Arthoniaceae* (รูปที่ 2.15) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง ผิวนไลเคนมีสีขาวเทา มักมีรอยแตกกระแหวง ดูคล้ายนาแห้ง ผลมีรูปร่างไม่แน่นอน พบในกรุงเทพมหานครมักมีลักษณะคล้ายร่องหนองน้ำสีดำ น้ำตาลถึงแดงเข้มดูคล้ายพินกรามอูดยา พบได้ทั่วไป บางครั้งจะพบใกล้ถนน



รูปที่ 2.15 ไลเคนชนิด *Arthonia* วงศ์ *Arthoniaceae* (หลังตุ๊กแก) (สรณรัชฎ์, 2553)

6) กลุ่มไตรายากิ ชนิด *Bacidia* & *Caloplaca* วงศ์ *Bacidiaceae* & *Teloschistaceae* (รูปที่ 2.16) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวอมเทา เขียวทองอ่อน ถึงเขียวเข้มมักแตกหน่อเป็นพองหรือผงบั้ง ทำให้ผิวของผิวนไลเคนดูขรุขระ ผลอวบเป็ง มีสีครีม หรือสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม *Bacidia* ตอนเป็นผลอ่อน รูปร่างกลมแบน และเห็นขอบสีอ่อนชัดเจน เมื่อแก่ขึ้น ผลจะเป่งขึ้นเรื่อยๆ จนกลมมน รูปร่างเบี้ยวคล้ายเห็ดหูหนู และไม่เห็นขอบ ผล *Caloplaca* เห็นขอบสีอ่อนได้ตลอด ตั้งแต่ผลอ่อนถึงผลแก่ สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง



รูปที่ 2.16 ไลเคนชนิด *Bacidia* & *Caloplaca* วงศ์ *Bacidiaceae* & *Teloschistaceae*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า (ไตรายากิ) (สรณรัชฎ์, 2553)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) ไททองโรยขมื่น ชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae (รูปที่ 2.17) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง ในสภาพพื้นไลเคนจะเป็นสีเขียวและมักมีผงฝุ่นสีเหลืองถึงส้มเหมือนมีผงขมื่นโรยหน้า จนบางครั้งเห็นเป็นสีเหลืองส้มทั้งพื้น แต่ในบริเวณที่มีมลภาวะพื้นไลเคนมักเกิดการฟอกขาว มักออกผลจำนวนมากติดกันแน่นทั้งพื้น ตัวผลดูคล้ายกระจุกหรือไทรกระเทียมดองสีเหลือง มีรูหนึ่งรูตรงกลาง สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง



รูปที่ 2.17 ไลเคนชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae (ไททองโรยขมื่น)
(สรณรัชฎ์, 2553)

8) พริกไทยร้อยเม็ด ชนิด *Trypethelium tropicum* วงศ์ Trypetheliaceae (รูปที่ 2.18) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวถึงสีเขียวขี้ม้า ผิวเรียบมัน แต่บางครั้งอาจดูเป็นลักษณะย่น ออกผลสีดำดำคล้ายเมล็ดพริกไทยจำนวนมาก กระจายเป็นกองๆ ตัวผลมักเชื่อมติดกันแต่ยังเห็นผลเดี่ยวๆ แต่ละผลมีหนึ่งรู เมื่อสปอร์แตกจะดูคล้ายเมล็ดพริกไทย มักพบบริเวณนอกเมืองมากกว่าในเมือง



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 2.18 ไลเคนชนิด *Trypethelium tropicum* วงศ์ Trypetheliaceae (พริกไทยร้อยเม็ด) ราคาไม่ต่ำกว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566) ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9) กลุ่มลายเส้นผลรวม ชนิด *Glyphis & Sacogropha* วงศ์ Graphidaceae (รูปที่ 2.19) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทดวงหรือผง ผลหลายผลเชื่อมรวมเป็นก้อนเดียวกันดูเฟินๆ คล้ายขนมเม็ดแมงลัก เมื่อส่องใกล้ๆ จะเห็นรูสปอร์หลายรู เป็นไลเคนวงศ์เดียวกับพวกลายเส้น แต่ละชนิดอาจมีความทนทานต่อมลภาวะอากาศต่างกัน สาเหตุดำ (Glyphis) มักจะทนมลภาวะได้ค่อนข้างดี บางครั้งพบขึ้นใกล้ถนน ในขณะที่พวกบั้งขนเทา (*Sacogropha*) จะอ่อนไหวกว่าและพบได้ง่ายนอกเมือง



รูปที่ 2.19 ไลเคนในชนิด (ก) สาเหตุดำ (*Glyphis*) และ (ข) บั้งขนเทา (*Sacogropha*)
(สรณรัชฎ์, 2553)

10) สาหร่ายกระโปรงบานบางกอก ชนิด *Physcia dimidiata* วงศ์ Physciaceae (รูปที่ 2.20) มีลักษณะเด่นคือ ใบมีขนาดเล็ก ขอบใบหยักละเอียด มีลักษณะแผ่นปลิวบานเหมือนระบายชายกระโปรง ตัวใบเผยอขึ้นมา ไม่แนบติดวัตถุที่เกาะอย่างหัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็งหรือริ้วแพร อาจเห็นรากเทียมเป็นเส้นเดี่ยวสีขาวใกล้ขอบใบ แตกหน่อเป็นพองผ่งแบ่งจำนวนมากตรงกลางผืนไลเคน ดูเหมือนดอกกะหล่ำ ไม่พบออกผล มักจะพบในบริเวณที่ค่อนข้างชื้น ไลเคนสกุลนี้ส่วนใหญ่ไม่ทนต่อมลภาวะ แต่ชนิดที่พบในกรุงเทพมหานครจะเป็นชนิดที่ค่อนข้างทนทาน บางครั้งจะพบขึ้นใกล้ถนนใหญ่



รูปที่ 2.20 ไลเคนชนิด *Physcia dimidiata* วงศ์ Physciaceae (สาหร่ายกระโปรงบานบางกอก)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อ (สรณรัชฎ์, 2553) ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11) แป้งมณีโฑ ชนิด *Chrysothrix* วงศ์ *Chrysothricaceae* (รูปที่ 2.21) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนผงฝุ่นสีเขียวตองอ่อนสด บางครั้งมีสีเหลืองสด ไม่พบออกผล พบนอกเมืองมากกว่าในเมือง



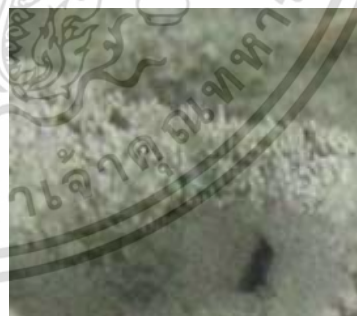
รูปที่ 2.21 ไลเคนชนิด *Chrysothrix* วงศ์ *Chrysothricaceae* (แป้งมณีโฑ)
(สรณรัชฎ์, 2553)

2.2.3.3 กลุ่มอากาศดี

1) ผักกาดหน่อแห้ง ชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ *Parmeliaceae* (รูปที่ 2.22) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทใบขนาดใหญ่ มีสีเทาขาวหรือเขียวอมเทา ขอบใบโค้งมนคล้ายใบผักสลัดโอ๊คลิฟ ในเวลาที่แห้งหน้าใบของไลเคนจะมีสีเทา ส่วนในเวลาที่เปียกจะมีสีเขียว ใต้ใบมีสีน้ำตาล แตกหน่อเป็นแท่งเล็กๆทั่วไป ไม่พบออกผล พบได้ทั่วไปตามต้นไม้ สวน และป่าต่างๆ ถ้าสภาพอากาศดี มักพบขึ้นบนกิ่งไม้มากกว่าบริเวณลำต้น ปัจจุบันไม่พบในเขตกรุงเทพมหานคร



ก



ข

รูปที่ 2.22 (ก) ไลเคนชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ *Parmeliaceae* (ผักกาดหน่อแห้ง)
(ข) ภาพขยายการแตกหน่อเป็นแท่ง (สรณรัชฎ์, 2553)

2) ผักกาดหน่อฟอง ชนิด *Parmotrema praesorediosum* วงศ์ *Parmeliaceae* (รูปที่ 2.23) มีลักษณะเด่นคือ เป็นไลเคนประเภทใบขนาดใหญ่ มีสีเทาขาวหรือเขียวอมเทา ขอบใบหยัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมือนใบผักกาดหอม ในเวลาที่แห้งหน้าใบของไลเคนจะมีสีเทา ส่วนในเวลาที่เปียกจะมีสีเขียว ใต้ใบมีสีน้ำตาลดำ แตกหน่อเป็นฟองผงแบ่งริมขอบใบ ไม่พบออกผล พบได้ทั่วไปตามต้นไม้ สวน และป่าต่างๆ ถ้าสภาพอากาศดี มักพบขึ้นบนกิ่งไม้มากกว่าบริเวณลำต้น ปัจจุบันไม่พบในเขตกรุงเทพมหานคร



ก



ข

รูปที่ 2.23 (ก) ไลเคนชนิด *Parmotrema proesorediosum* วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อฟอง)

(ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นฟองผงแบ่งริมขอบใบ (สรณรัชฎ์, 2553)

การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคนที่มีการแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ สามารถจำแนกกลุ่มได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคน

กลุ่มไลเคนที่พบ	คุณภาพอากาศ
พบกลุ่มอากาศดีทั่วไป : Fruticose และ/หรือ Squamulose	อากาศดี
พบกลุ่มทนทานมากที่สุด : Foliose	อากาศพอใช้
พบกลุ่มทนทานสูงมากกว่ากลุ่มอื่น : Crustose > Foliose	อากาศแย่มาก
พบเฉพาะกลุ่มทนทานสูง : Crustose	อากาศแย่มาก
ไม่พบไลเคน	มีมลภาวะอากาศรุนแรง

ที่มา : ปรับปรุงมาจากสรณรัชฎ์, 2553

2.2.4 ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ (Biodiversity) คือ การมีสิ่งมีชีวิตหลากหลายชนิด หลากหลายพันธุ์ในระบบนิเวศอันเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย ซึ่งมีมากมายและแตกต่างกันทั่วโลก ความหลากหลายทางชีวภาพเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศ และมีความสำคัญต่อความยั่งยืนของระบบนิเวศ

ชีวภาพเกิดจากการสะสมความแตกต่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระยะเวลาอันยาวนานและเป็นผลจากการเกิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต โดยการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพเริ่มจากการเกิดความหลากหลายทางพันธุกรรมเป็นผลให้เกิดความหลากหลายทางสปีชีส์บนความแตกต่างหลากหลายของระบบนิเวศ แบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

2.2.4.1 ความหลากหลายทางพันธุกรรม (Genetic diversity)

ความหลากหลายทางพันธุกรรมที่สิ่งมีชีวิตแต่ละชีวิตได้รับการถ่ายทอดมาจากรุ่นพ่อแม่และส่งต่อไปยังรุ่นต่อไปเช่น ลักษณะความหลากหลายของลวดลายและสีของหอยทาก ความหลากหลายของสีสันของ Emerald tree boas (*Coralluscanius*) ลักษณะทางพันธุกรรมที่ได้รับการถ่ายทอดนั้นผ่านทางยีน (gene) ที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ซึ่งส่งผลให้สิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันอาจมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันไปตามยีนที่ได้รับการถ่ายทอดมา

2.2.4.2 ความหลากหลายทางสปีชีส์ (Species diversity)

ความหลากหลายทางชนิดการเปลี่ยนแปลงมีจุดเริ่มมาจากความหลากหลายทางพันธุกรรมแต่เกิดขึ้นสะสมความแตกต่าง เป็นระยะเวลาที่ยาวนานหลายรุ่น และผ่านกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ หรืออาจเกิดจากการคัดเลือกพันธุ์โดยมนุษย์ทำให้เกิดสิ่งมีชีวิตปีชีส์ใหม่

2.2.4.3 ความหลากหลายของระบบนิเวศ (Ecological diversity)

ความแตกต่างของลักษณะของสิ่งมีชีวิตเป็นผลจากกลไกทางพันธุกรรม ซึ่งการแปรผันที่เกิดขึ้น ลักษณะใดที่สอดคล้องเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จะทำให้ลักษณะดังกล่าวถูกคัดเลือกให้สืบพันธุ์และดำรงอยู่ต่อไป ดังนั้น สภาพแวดล้อมย่อมมีผลต่อทิศทางและการเปลี่ยนแปลงและแนวโน้มของความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตบนโลกสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย เป็นผลมาจากความหลากหลายของระบบนิเวศ ในโลกมีระบบนิเวศมากมายหลายชนิดกระจายตามภูมิศาสตร์ต่างๆ ระบบนิเวศแต่ละประเภทจะมีชนิดของสิ่งมีชีวิตที่พบไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยทางกายภาพที่สิ่งมีชีวิตต้องการไม่เหมือนกัน จากข้อมูลดังกล่าวความหลากหลายทางพันธุกรรม ความหลากหลายของสปีชีส์ และความหลากหลายของระบบนิเวศ เป็นองค์ประกอบสำคัญที่ก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งความหลากหลายทางชีวภาพก่อให้เกิดความสมดุลของโลก

ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity indices) สามารถคำนวณโดยใช้สูตรของ Shannon-Wiener's Index ดังสมการที่ 2.1

ดัชนีของแซนนอน-เวียนเนอร์ (Shannon-Wiener's Index)

$$H = - \sum_{i=1}^S (P_i) (\ln * P_i) \quad (2.1)$$

เมื่อ H = ดัชนีความหลากหลาย

S = จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ P = สัดส่วนระหว่างจำนวนหรือมวลชีวภาพตัวอย่างของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด i ถึง S ด้านการคำนวณค่า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide, SO₂) มีน้ำหนักโมเลกุล 64.06 กรัมต่อโมล จุดเดือด 75.5 องศาเซลเซียส (ที่ 101.3 kPa) จุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็ง -10.0 องศาเซลเซียส (ที่ 101.3 kPa) ความหนาแน่น เท่ากับ 1.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ที่ -10.0 องศาเซลเซียส) ความสามารถในการละลายน้ำร้อยละ 8.5 ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นก๊าซไม่มีสีไม่มีไฟที่ระดับความเข้มข้นสูง มีกลิ่นฉุนแสบจมูก เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมวลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น มังกานีส เหล็ก และวานาเดียม จะเกิดปฏิกิริยาเติมออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน

การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และอนุภาคมวลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และละอองกรดกำมะถัน ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ ก๊าซนี้ยังทำให้เกิดปัญหาฝนกรด ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศน์ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถาน

ซัลเฟอร์ที่พบในบรรยากาศอยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ SO₂, H₂S และ SO₄²⁻ ในรูปแอโรซอล ซึ่งทั้ง 3 ชนิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) มีความสำคัญที่สุดปฏิกิริยาซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO₂) ดังสมการที่ 2.2



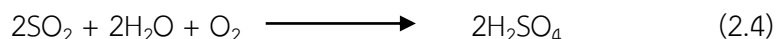
เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมวลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น มังกานีส เหล็ก และวานาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเติมออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน ดังสมการที่ 2.3



โดยปกติในบรรยากาศมีส่วนประกอบที่เป็นไอน้ำ หมอก เมฆ และฝน เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) ซึ่งเป็นอันตรายมากกว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เอง โดยเฉพาะสามารถทำให้วัตถุเกิดการผุกร่อนได้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 3 วัน โดยทั่วไปจะถูกออกซิไดซ์เป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) โดยออกซิเจน (O₂) หรือโอโซน (O₃) และควบแน่นหรือตกสู่ในรูปของกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) หรือซัลเฟต (SO₄²⁻) โดยปฏิกิริยาเคมีแสงในอากาศ และมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ฝุ่นเกิดการรวมตัว

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ มีอยู่ภายใต้ลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศฯ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นฝนกรด (Acid rain) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิต และมีฤทธิ์กัดกร่อนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ดังสมการที่ 2.4-2.5



2.3.1 แหล่งกำเนิดของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

แหล่งกำเนิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันของไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ ก๊าซออกซิเจน หรือ โอโซน ไรฝุ่นหรือละอองน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วเมื่อเกิด ปรากฏการณ์ของ หมอกควันเคมีแสง (Photochemical smog) เพราะทั้งออกซิเจน, โอโซน และฝุ่นมีความเข้มข้นสูง ดังสมการที่ 2.6-2.7



เมื่อ P คือ อนุภาค เช่น ฝุ่นหรือละอองน้ำ

2) แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) อยู่ในกลุ่มของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ซึ่งเป็นออกไซด์ของกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) อย่างหนึ่ง เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ่านหิน และน้ำมันซึ่งมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์เจือปนอยู่ ประมาณครึ่งหนึ่งของซัลเฟอร์ในถ่านหินจะอยู่ในรูปของไพไรต์ (FeS_2) และอีกครึ่งหนึ่งจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ การเผาไหม้ของไพไรต์เกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีปฏิกิริยา ดังสมการที่ 2.8



การเผาไหม้ของไพไรต์จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เป็นส่วนใหญ่ อาจเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ขึ้นได้ แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศแล้วเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ดังสมการที่ 2.9



2.3.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

1) การสูดดมก๊าซ SO_2 (Gaseous SO_2) ในปริมาณที่สูงแม้ระยะเวลาสัมผัสจะสั้น ทำให้เกิดการเอกสารนี้ หายใจลำบากได้ช่วงขณะสำหรับผู้ที่เป็นหอบหืด หรือผู้ที่ทำงานกลางแจ้ง การสัมผัส SO_2 หรืออนุภาคไม่ว่าการของ SO_2 จะทำให้เกิดโรคของระบบทางเดินหายใจ และทำให้ผู้ที่เป็โรคหัวใจมีอาการแย่ลงนำไปใช้

2) การสูดอนุภาคของ SO₂ (SO₂ Particles) ก๊าซ SO₂ จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับสารอื่นๆ ในอากาศ ทำให้เกิดฝุ่นละอองเล็กๆของซัลเฟต ซึ่งเมื่อสูดฝุ่นละอองของซัลเฟตเข้าไปจะไปสะสม ในปอดเมื่อสะสมมากขึ้นจะทำให้เกิดการระคายเคืองทางเดินหายใจ ทำให้มีปัญหาเรื่องการหายใจ การหายใจลำบากและเกิดโรคของระบบทางเดินหายใจ อีกทั้งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตก่อนเวลาอันควร

3) การลดทัศนวิสัยของการมองเห็น โดยเมื่อแสงหักเหหรือถูกดูดกลืนโดยก๊าซหรืออนุภาคของ SO₂ จะลดทัศนวิสัยของการมองเห็นโดยฝุ่นละอองซัลเฟตจะเป็นตัวลดทัศนวิสัยการมองเห็นได้มากกว่า

4) การทำให้เกิดฝนกรด ทั้ง SO₂ และไนโตรเจนออกไซด์ ทำปฏิกิริยากับสารอื่นๆในอากาศ ทำให้เกิดกรดขึ้น ซึ่งเมื่อตกลงมาสู่พื้นโลกในรูปของฝน หิมะ หมอก น้ำค้าง หรือตกลงมาเป็นอนุภาคที่แห้งจะทำให้เกิดฝนกรดขึ้น และไม่สามารถพาฝนกรดไปได้ไกลถึงหลายร้อยไมล์

5) การทำลายพืชและแหล่งน้ำ ฝนกรดจะทำลายป่าหรือพืชผลทางเกษตรกรรม และทำให้ดิน มีความเป็นกรดรวมถึงน้ำในแม่น้ำลำคลอง หรือทะเลสาบมีความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งทำให้นิเวศวิทยา ไม่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งเมื่อเกิดขึ้นเป็นเวลานานจะทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์ในระบบนิเวศน์เปลี่ยนแปลงไป

6) การทำลายทัศนียภาพ SO₂ ที่เป็นกรดจะกัดกร่อน บ้านเรือน อาคารสถานที่ รวมถึงสี ทำให้โบราณสถานอนุสาวรีย์ต่างๆเสียหาย

7) จากการศึกษาหลายๆ การศึกษา พบว่าการได้รับสัมผัสก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับต่ำ (ต่ำกว่า 5 ppm) จะทำให้เกิดผลกระทบต่อปอดอย่างถาวร (การศึกษาคนงานที่ได้รับสัมผัสก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับ 1-2.5 ppm มากกว่า 1 ปีจะทำให้การทำงานของปอดลดลง) การได้รับสัมผัสก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 30 นาที ในระดับ 10 ppm หรือการได้รับสัมผัสก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 1 ชั่วโมงในระดับ 4 ppm จะทำให้เกิดการระคายเคืองผิวหนัง

2.3.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ความเข้มข้นของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับต่างกันแสดงความเป็นอันตรายแตกต่างกัน จึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ส่วนในล้านส่วน(0.01 mg/m ³)
24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 ส่วนในล้านส่วน(0.01 mg/m ³)
1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.30 ส่วนในล้านส่วน(0.01 mg/m ³)

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ. 2550)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ออกไซด์ของไนโตรเจน

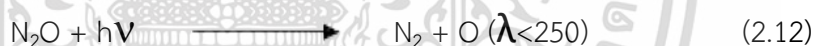
ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วยไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจน ไตรออกไซด์ (N_2O_3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ (N_2O_4) และ ไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N_2O_5) ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ NO และ NO_2 เนื่องจากเป็นก๊าซที่มีอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ และมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตมากกว่าออกไซด์ของไนโตรเจนตัวอื่นๆ ไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ละลายน้ำได้บ้างเล็กน้อย ส่วนไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) มีสภาพเป็นก๊าซที่อุณหภูมิปกติก๊าซทั้งสองเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ไฟผ่า ไฟแลบ ภูเขาไฟระเบิดปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดินหรืออาจเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรม การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน การชุบโลหะ และการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น

2.4.1 แหล่งกำเนิดและปฏิกิริยาของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

1) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เป็นแก๊สที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเกิดได้เองตามธรรมชาติ โดยปฏิกิริยา Denitrification ของธาตุไนโตรเจนในรูปไนเตรตไอออนที่มีในดินที่มีออกซิเจนน้อย ดังสมการที่ 2.10



แล้วถูกปล่อยในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ จากนั้นจะค่อยๆเคลื่อนที่ต่อไปยังอากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ และเกิดโฟลิซิสต์ต่อได้ที่ความสูงจากพื้นโลกมากกว่า 20 กิโลเมตร ได้เป็น 2 สมการ ต่อไปนี้ที่ 2.11-2.12



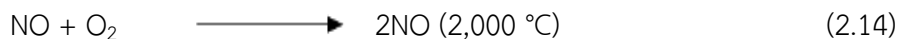
N_2O สามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาต่อกับอะตอมของออกซิเจนเกิดเป็นไนตริกออกไซด์ ดังสมการที่ 2.13



จากปฏิกิริยาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไนตรัสออกไซด์จัดเป็นมลพิษปฐมภูมิโดยจะสามารถให้ ไนตริกออกไซด์ที่เป็นสารมลพิษทุติยภูมิ อย่างไรก็ตามปัจจุบันนี้สิ่งแวดล้อมได้ให้ความสำคัญไนตรัสออกไซด์มากขึ้นเนื่องจากเป็นที่ทราบกันว่าให้ผลรวมต่อการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกด้วย เพราะสมบัติของตัวสารเองและเป็นออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดในบรรยากาศ (0.3ppm) โดยมีอัตราการปล่อยที่มีแนวโน้มในการเพิ่ม 0.3% ต่อปี

2) ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นก๊าซที่ไม่มีสีและไม่เสถียรในบรรยากาศจัดเป็นมลพิษทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิ เกิดได้จากธรรมชาติและจากกิจกรรมมนุษย์ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม รวมถึงในเครื่องยนต์ต่างๆ กระบวนการเผาไหม้ที่ทำให้ให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น จึงเป็นเหตุให้ก๊าซที่มีมากที่สุดในบรรยากาศ (ร้อยละ 79) คือ ไนโตรเจน เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศ ดังสมการที่ 2.14

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลำดับประเภทเชื้อเพลิงที่ปล่อยไนตริกออกไซด์เรียงจากปริมาณมากไปน้อยได้ ดังนี้ ถ่านหิน > น้ำมันปิโตรเลียม > ก๊าซ สำหรับจากธรรมชาตินอกจากไนตรัสออกไซด์จะให้ไนตริกออกไซด์ พบว่าฟ้าผ่าก็เป็นแหล่งกำเนิดหลักของไนตริกออกไซด์และเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนกับการเผาไหม้ได้เช่นกัน ไนตริกออกไซด์เป็นแก๊สที่ว่องไวจึงพบว่าหลังจากที่ถูกปล่อยในบรรยากาศ 4-6 วัน จะออกไซด์ต่อด้วยอะตอมของออกซิเจนหรือโอโซนแล้วให้ไนโตรเจนออกมาได้ ดังสมการที่ 2.15



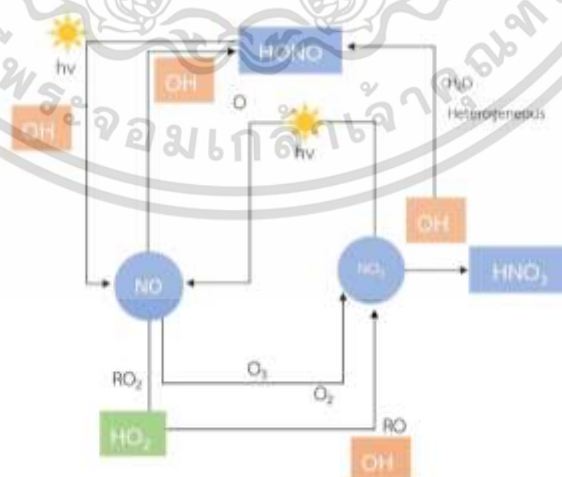
3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) จัดเป็นก๊าซที่มีสีน้ำตาลปนแดง จัดเป็นมลพิษทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิ มีแหล่งที่มาจากทั้งธรรมชาติและจากการกระทำของมนุษย์ โดยพบว่าทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงและจากฟ้าผ่าจะให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ ดังสมการที่ 2.16



ไนโตรเจนไดออกไซด์จะทำให้เกิดกรดไนตริก โดยจะมีกลไกการเกิดในเวลากลางวันและกลางคืนที่ต่างกัน ดังสมการที่ 2.17-21.9



กลางวันจะมีอนุมูลอิสระไนเทรตเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้เป็นกรดไนตริก ดังนี้



รูปที่ 2.24 กลไกระหว่างไฮโดรเจนออกไซด์กับออกไซด์ของไนโตรเจน (Elmar Uherek, 2015)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดไนตริกจะถูกกำจัดให้ออกจากบรรยากาศได้ทั้งในรูปของเหลวหรือแห้ง ตกลงสู่พื้นโลก ในบางกรณีกรดไนตริกจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียซึ่งระเหยจากปัสสาวะของสัตว์และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนได้เป็นสารประกอบแอมโมเนียไนเตรต ดังสมการที่ 2.20

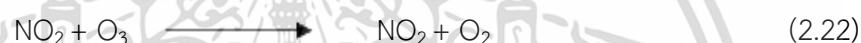
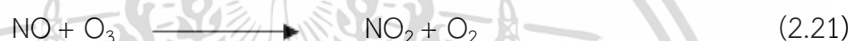


แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกกำจัดจากบรรยากาศสู่พื้นโลกโดยอาจรวมตัวกับน้ำหรืออยู่ในรูปแอมโรซอลที่เป็นของแข็ง

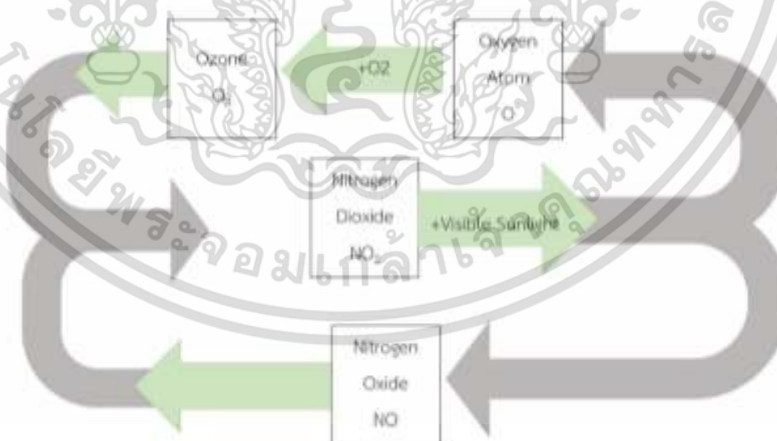
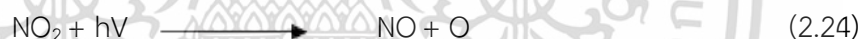
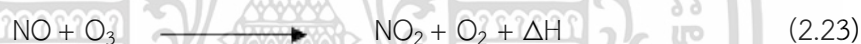
NO_x โดยเฉพาะไนตริกออกไซด์เป็นสารเคมีเริ่มต้นหลักที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโฟโตเคมี คัลสม็อกซึ่งก่อให้เกิดสารมัธยันต์ที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพมนุษย์

สุดท้าย NO_x จะกลายเป็นไนไตรต์หรือไนเตรตที่รวมกับอนุภาคมลพิษโดยเกิดผ่านบางปฏิกิริยาดังตัวอย่าง ดังรูปที่ 2.25

1) ออกซิเดชันโดยโอโซน ดังสมการที่ 2.21-2.22



2) ปฏิกิริยากับแสง ดังสมการที่ 2.23-2.24

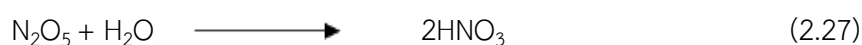


รูปที่ 2.25 ปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับออกไซด์ของไนโตรเจน (NIEHS, 2015)

ปฏิกิริยาหลังจากนี้อาจเกิดได้ ดังสมการที่ 2.25-2.26



แต่พบว่าปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดเร็วที่สุด ดังสมการที่ 2.27



และอาจทำให้สารต่อเป็นสมการที่ 2.28



2.4.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากไนโตรเจนออกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

1) ทำให้เกิดก๊าซโอโซนในระดับพื้นดิน (Smog) ซึ่งเกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง NO_x กับสารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compound หรือ VOCs) โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการรับผลกระทบได้แก่ เด็ก คนชรา ผู้ที่เป็นโรคปอดหรือหลอดลม เช่น โรคหอบหืดและผู้ทำงานหรือออกกำลังกายนอกบ้าน ซึ่งเมื่อสัมผัสเป็นเวลานานๆอยู่เป็นประจำก็จะทำให้มีการทำลายของเนื้อปอด ทำให้การทำงานของปอดลดลง นอกจากนี้ Ozone สามารถจะถูกพัดพาไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดมลพิษ ทำให้เกิดผลกับประชาชนหรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ห่างไกลออกไปได้รวมถึงมีผลต่อการลดผลผลิตทางการเกษตรด้วย

2) ฝนกรด NO_x และ SO_x สามารถที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดกรด และเมื่อตกลงมายังพื้นผิวโลกไม่ว่าจะเป็นผืน หมอก หิมะ หรืออนุภาคแห้ง และบางที่สามารถที่จะถูกพาไปได้ไกลหลายร้อยไมล์ ฝนกรดจะทำให้เกิดการกัดกร่อน อาคารบ้านเรือน รถยนต์ อนุสาวรีย์หรือโบราณสถานต่างๆ และทำให้แหล่งน้ำต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ทะเลสาบ มีความเป็นกรดและไม่เหมาะต่อการดำรงชีวิตตามปกติของพืชหรือสัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น

3) ฝุ่นละอองขนาดเล็ก NO_x ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย หรือความชื้น หรือสารประกอบอื่นในอากาศ ทำให้เกิด Nitric acid หรือฝุ่นละอองขนาดเล็กอื่นๆ และฝุ่นละอองขนาดเล็กดังกล่าวทำให้มีผลต่อระบบหายใจ และทำลายเนื้อปอด และเป็นสาเหตุของการตายก่อนเวลาอันสมควร อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะเข้าไปยังระบบทางเดินหายใจได้ลึก ทำให้ผู้ที่มีโรคของระบบทางเดินหายใจอยู่แล้ว มีอาการแย่ลงจากเดิม เช่น ผู้ที่มีถุงลมโป่งพอง หลอดลมอักเสบ และทำให้ผู้ที่ป็นโรคหัวใจมีอาการแย่ลงจากเดิม

4) คุณภาพของแหล่งน้ำแย่ง การที่มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่ง จะทำให้รบกวนสมดุลของสารอาหารต่างๆ ในแหล่งน้ำ ทำให้พืชน้ำบางชนิดเจริญเติบโตมากเกินไปจนเป็นเหตุให้เกิดการลดของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ทำให้ลดจำนวนประชากรของปลา และหอย

5) การเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ Nitrous Oxide (N_2O) ซึ่งอยู่ในตระกูลของ Nitrogen oxide เป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse effect) ถ้ามีการสะสมในบรรยากาศ ในปริมาณที่มาก จะทำให้อุณหภูมิของโลกค่อยๆสูงขึ้น ซึ่งจะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อมนุษยชาติ ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น และทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างใหญ่หลวงต่อพืชและสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น มีอยู่ภายใต้เงื่อนไขและประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) สารเคมีที่เป็นพิษ NO_x ทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์หรืออาจจะเป็น ozone จะได้สารประกอบตัวใหม่ที่เป็นพิษ ซึ่งบางตัวเป็นสาเหตุของการผ่าเหล่า (Biological mutation) โดยตัวอย่างของสารประกอบที่เกิดขึ้นที่เป็นพิษ เช่น nitrate radical, nitroarenes and nitrosamines

7) การลดทัศนวิสัยของการมองเห็น อนุภาคของไนเตรท และ ไนโตรเจนไดออกไซด์จะขัดขวางการผ่านของแสงอาทิตย์ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองหรือสวนสาธารณะต่างๆ

8) การได้รับสัมผัส NO_x ในระยะสั้นที่ความเข้มข้นสูงกว่า 3 ppm ทำให้เกิดการทำงานของปอดลดลง หากความเข้มข้นต่ำกว่า 3 ppm สามารถทำให้เกิดการระคายเคืองปอด และความเข้มข้นน้อยกว่า 0.01 ppm จะทำให้เกิดการระคายเคืองปอดและการทำงานของปอดลดลง

2.4.3 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ความเข้มข้นของปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ในระดับต่างกันแสดงความเป็นอันตรายแตกต่างกัน กรมควบคุมมลพิษจึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์	
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1 ปี	ไม่เกิน 0.17 ส่วนในล้านส่วน (0.32 mg/m^3)
1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.03 ส่วนในล้านส่วน (0.57 mg/m^3)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2562)

2.5 พาสซีฟแซมเปิลอร์ (Passive Sampler)

การเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของมลพิษในอากาศ เพื่อนำไปหาแนวทางแก้ปัญหาหมอกพิษอากาศ การเก็บตัวอย่างอากาศมีทั้งแบบแอคทีฟแซมเปิลอร์ และพาสซีฟแซมเปิลอร์ การเก็บตัวอย่างอากาศด้วยวิธีแอคทีฟ (Active sampling) จะใช้ปั๊มดูดอากาศ ทำให้ทราบปริมาณอากาศ สามารถนำไปคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอน แต่มีค่าใช้จ่ายในการเก็บตัวอย่างแพง ส่วนการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟ (Passive sampling) เป็นวิธีการเก็บตัวอย่างโดยอาศัยหลักการแพร่ของโมเลกุลของมลสาร มลสารจะจับกับวัสดุดูดซับ โดยการแพร่ของโมเลกุลก๊าซเป็นไปตามกฎการแพร่ของฟิคค์ Fick's law of distribution ดังสมการที่ 2.29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = -D \frac{dC}{dL} \quad (2.29)$$

- เมื่อ F คือ ฟลักซ์ของมวลสาร (g/cm².s)
 D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร (diffusion coefficient) ดังตารางที่ 2.5
 dC คือ ความเข้มข้นของมลพิษที่ต่างกันระหว่างในอากาศกับบนเมมเบรน
 dL คือ ระยะความยาวของการแพร่ (effective path length)

ตารางที่ 2.5 สัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ

ก๊าซ	สัมประสิทธิ์การแพร่ (m ² /s)
ก๊าซซิลเฟอร์ไดออกไซด์	1.05×10 ⁻⁵
ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	1.38×10 ⁻⁵
ก๊าซโอโซน	1.35×10 ⁻⁵

ความเข้มข้นของมลสารที่ถูกดูดซับอยู่บนวัสดุดูดซับ สามารถคำนวณจากสมการที่ 2.30

$$M = F \times A \times T \quad (2.30)$$

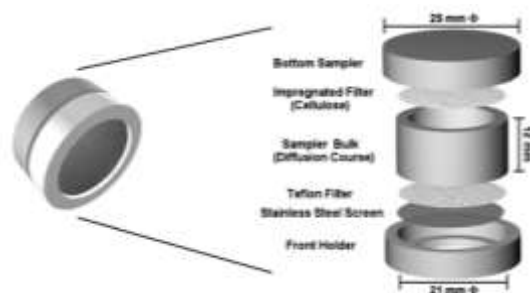
- เมื่อ M คือ มวลของก๊าซ (g)
 F คือ ฟลักซ์ของมวลสาร (g/cm².s)
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของเมมเบรน
 T คือ ระยะเวลาจับสัมผัส (s)

ข้อดีของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ คือ ไม่ต้องใช้ปั๊มดูดอากาศ มีราคาถูก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก มีความหลากหลายเชิงพื้นที่ในการเก็บตัวอย่างอากาศ แต่มีข้อเสียคือ ไม่ทราบปริมาตรอากาศที่แน่นอน และยังไม่มีความมาตรฐานมลพิษอากาศที่ตรวจวัดด้วยวิธีนี้

2.5.1 ลักษณะของพาสซีฟแซมเปิลอร์

ลักษณะของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟ มีการพัฒนา 2 แบบ ได้แก่ พาสซีฟแซมเปิลอร์แบบตลับ (Cassette type) และพาสซีฟแซมเปิลอร์แบบทรงกระบอก (Tube type) ดังรูปที่ 2.28 และ 2.29 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศพาสซีฟแบบตลับ (Cassette type)

ที่มา : Campos *et al.*, 2010

รูปที่ 2.27 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศพาสซีฟแบบทรงกระบอก (Tube type)

ที่มา : Fern and Svanberg (1998)

2.5.2 สารดูดซับสำหรับพาสซีฟแอมเพลอร์

สารดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ แสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 สารสำหรับดูดซับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ก๊าซ	สารดูดซับ
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO ₂)	Triethanolamine (TEA)
ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO ₂)	Triethanolamine (TEA)

ที่มา : Campos *et al.* (2010); Üzmez *et al.* (2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (สุนทรี, 2555)

ปัจจัยต่างๆ ที่อาจมีผลต่อการตรวจวัดคุณภาพอากาศด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ ดังนี้

1) ลักษณะของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ ความยาวของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจวัด โดยอุปกรณ์ที่มีขนาดสั้นจะลดความผันผวนของอากาศภายในอุปกรณ์ได้

2) ชนิดของแผ่นดูดซับมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจวัด

3) สารเคมีใช้เป็นตัวจับก๊าซตัวอย่าง มีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจวัด

4) ความเร็วลมมีผลต่อการแพร่กระจายของมลสารและทำให้เกิดความปั่นป่วนซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพในการเก็บตัวอย่าง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์ในตำแหน่งที่เหมาะสม หรือใช้อุปกรณ์ป้องกันลมซึ่งเป็นที่ยับแบบเปิดขณะเก็บตัวอย่าง

5) ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง จากงานวิจัยของ Campos *et al.* (2010) ได้รับผลการทดลองที่บ่งบอกว่าระยะเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างมีผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจวัด ถ้าใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างที่มากเกินไปจะทำให้ปริมาณความเข้มข้นที่ได้รับลดลง

6) ความสูง การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟที่ความสูงต่างๆมีผลต่อการเก็บตัวอย่าง โดยทั่วไปจะตรวจวัดที่ระดับ 1.5-2.0 เมตร และห่างจากผนังอาคารประมาณ 1.5-2.0 เมตร

7) ลักษณะการติดตั้ง สามารถทำการติดตั้งได้ 2 แบบ คือ แนวนระดับและแนวตั้ง ซึ่งการติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟให้ทิศทางของอากาศไหลเข้า-ออกในแนวนระดับให้ผลการทดลองทดสอบคล้องกับวิธีมาตรฐานเคมีลูมิเนสเซนซ์มากกว่าแนวตั้ง

8) การปนเปื้อนของมลสารอื่นๆ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หนูเดือน และคณะ (2560) ศึกษาผลของมลพิษทางอากาศต่อความหลากหลายของไลเคนในพื้นที่บริเวณรอบๆ อุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ศึกษาชนิดและความถี่ของไลเคน โดยใช้กรอบสำรวจความถี่ (20×50 ตารางเซนติเมตร) บนต้นมะม่วงจำนวน 110 ต้น เก็บปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสซีฟทรงกระบอก และตรวจวัดปริมาณก๊าซโดยเทคนิคไอออนโครมาโตกราฟี พบไลเคน 11 วงศ์ 20 สกุล 26 ชนิด ประกอบด้วยไลเคนกลุ่มโพลีโอส 6 ชนิด และกลุ่มครัสโตส 20 ชนิด พบไลเคนส่วนใหญ่อยู่ในสกุล *Arthonia* sp., *Dirinaria* sp., *Lecanora* sp. และ *Physcia* sp. พบไลเคนชนิด *Physcia poncinsii* Hue. และ *Pyxine cocoes* (Swartz) Nyl. เป็นไลเคนที่มีความถี่สูงและพบในทุกพื้นที่ จากการตรวจปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.28-5.08 ppbv และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.52-7.60 ppbv

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของไลเคนกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าทั้งปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับดัชนีความหลากหลายของไลเคนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($r^2 = -0.245$, $p < 0.05$) และ ($r^2 = -0.081$, $p < 0.05$) ตามลำดับ แสดงให้เห็นปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของไลเคน

Khairuddin *et al.* (2017) ทำการศึกษาและจำแนกชนิดไลเคนที่ทนทานที่สุดต่อมลพิษที่เกิดจากการจราจรในพื้นที่เมืองและชานเมืองบาตูปาฮัต ทำการศึกษาโดยใช้วิธีดัชนีความบริสุทธิ์ของอากาศ (Index of Atmospheric Purity, IAP) และทดสอบเชิงรูปภาพและเคมีเพื่อจำแนกชนิดของไลเคน จากผลการศึกษาพบว่าไลเคนชนิด *Dirinaria picta* เป็นไลเคนที่ทนทานที่สุดต่อมลพิษจากการจราจรรถยนต์ แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศในพื้นที่เมืองและชานเมืองบาตูปาฮัตสะอาดในระดับปานกลาง

Grundström and Pleijel (2014) ศึกษาอิทธิพลของต้นไม้ต่อความเข้มข้น NO_2 และ O_3 ใกล้ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น โดยตรวจวัดความเข้มข้นของ NO_2 และ O_3 ภายในและภายนอกบริเวณที่ปกคลุมด้วยไม้พุ่มที่หนาใกล้กับเส้นทางการจราจรเมืองโกเธนเบิร์ก ประเทศสวีเดน ด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ 6 ครั้ง ระยะเวลาเก็บตัวอย่าง 1 สัปดาห์ โดยเริ่มต้นก่อนใบไม้ร่วงและสิ้นสุดเมื่อใบร่วงเป็นจำนวนมาก จากการตรวจวัดพบความเข้มข้นของ NO_2 ในบริเวณที่มีไม้พุ่มมีค่าน้อยกว่าภายนอกในทุกช่วงเวลาตั้งแต่ก่อนใบไม้ร่วงจนถึงช่วงที่ใบไม้ร่วงเป็นจำนวนมาก ($p = 0.016$) โดยมีค่าลดลงเฉลี่ย 7% หรือ 2.7 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วน O_3 มีความเข้มข้นที่แปรปรวนมากระหว่างก่อนใบไม้ร่วงและช่วงเวลาที่ใบไม้ร่วงเป็นจำนวนมาก โดยช่วงเวลาที่ใบไม้ร่วงบริเวณพุ่มไม้มีความเข้มข้นเฉลี่ยลดลง 2% เมื่อเทียบกับภายนอก ส่วนช่วงเวลาที่ใบไม้ร่วงเป็นจำนวนมากพบว่าทั้งภายในและภายนอกมีความเข้มข้นแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของพืชในพื้นที่เมือง มีผลต่อความเข้มข้นของมลพิษในอากาศเล็กน้อย และมลพิษจากการจราจรมีผลต่อปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

3.1.1 วัสดุอุปกรณ์

- 1) หลอดเก็บตัวอย่างอากาศพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) ขนาด 5.5 เซนติเมตร x 3 เซนติเมตร
- 2) กล่องพลาสติกบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ขนาดกว้าง 15 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร สูง 12.5 เซนติเมตร
- 3) แผ่นกรองเซลลูโลส (Membrane Filter CA.0.45 μm) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 47 มิลลิเมตร ยี่ห้อ Memb. Sol. ประเทศจีน
- 4) เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph) รุ่น 733 IC Separation Center ยี่ห้อ Metrohm ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
- 5) เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) รุ่น Five Easy Plus ยี่ห้อ Mettler Toledo ประเทศไทย
- 6) เครื่องอัลตราโซนิก (Ultrasonic) รุ่น 136 H บริษัท Fisher Scientific Worldwide ประเทศสหรัฐอเมริกา
- 7) เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์คุณภาพสูง (Ultrapure water) รุ่น Aquinity² P10 Life Science ประเทศเยอรมนี
- 8) ตู้อบ รุ่น UF 30 ยี่ห้อ Memmert ประเทศเยอรมนี
- 9) เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux/Fc Light Meter) รุ่น LX-1330B ยี่ห้อ Digital Light Meter ประเทศจีน
- 10) เตชเคเตอร์รุ่น DN200 ยี่ห้อ Vakuumfest
- 11) แผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ยี่ห้อ CNW
- 12) ไมโครปิเปตขนาด 200 ไมโครลิตร
- 13) ถูชิปพลาสติก
- 14) ปากคัสแตนเลส
- 15) โกร่งบดสาร
- 16) มีดแบบพกพา
- 17) ตลับเมตรชนิดสายวัดผ้า
- 18) เครื่องแก้วต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 สารเคมี

- 1) สารละลายไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine, TEA) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ KemAus™ บริษัท Elago Enterprises Pty Ltd. ประเทศออสเตรเลีย
- 2) สารละลายมาตรฐานซัลเฟต (SO_4^{2-}) เข้มข้น 1,000 พีพีเอ็ม เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ MEARK ประเทศเยอรมัน
- 3) สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ MCE บริษัท Nacalai Tesque, Inc. ประเทศญี่ปุ่น
- 4) สารละลายโซเดียมไฮโดรคาร์บอเนต (NaHCO_3) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ MCE บริษัท Nacalai Tesque, Inc. ประเทศญี่ปุ่น
- 5) อะซิโตน (Acetone) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ Carlo Erba บริษัท CARLO ERBA Reagents (DASIT Group) ประเทศอิตาลี
- 6) น้ำบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)

3.2 จุดเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างอากาศบริเวณที่สำรวจพบไลเคนบนต้นไม้ชนิดเดียวกัน ในบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง การศึกษานี้เลือกใช้ต้นพญาสัตบรรณเนื่องจากเป็นต้นไม้ที่ปลูกทั่วไปในสถาบันฯ โดยเลือกต้นที่พบไลเคน และเก็บตัวอย่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในบรรยากาศโดยวิธีเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟ จำนวน 10 จุด อ้างอิงมาจากการวิจัยของพล และคณะ (2558) ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน

จุดที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
A1	 สนามกีฬา สถาบันฯ	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณด้านหลังสนามกีฬา สถาบันฯทางขานถนน มอเตอร์เวย์	13.73116°N, 100.77184°E




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน (ต่อ)

จุดที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
A2	 <p>บริเวณด้านหลังอาคาร ทรงไทย (อาคาร นวัตกรรมเฉลิมพระ เกียรติ สจล.)</p>	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณด้านหลังขอ อาคารทรงไทย(อาคาร นวัตกรรมเฉลิมพระ เกียรติ สจล.)ทางขนาน ถนนมอเตอร์เวย์	13.73147°N, 100.77881°E
A3	 <p>บริเวณลานจอด รถจักรยานยนต์คณะ เทคโนโลยีสารสนเทศ</p>	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณลานจอด รถจักรยานยนต์ของ คณะเทคโนโลยี สารสนเทศ ทางขนาน ถนนมอเตอร์เวย์	
A4	 <p>สระน้ำบริเวณพระบรมรา ชานุสาวรีย์รัชกาลที่ 4</p>	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณสระน้ำติดกับ พระบรมราชานุสาวรีย์ รัชกาลที่ 4	13.73093°N, 100.77904°E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน (ต่อ)

จุดที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทาง ภูมิศาสตร์
A5	 บริเวณด้านหน้าอุทยาน พระจอมเกล้า รีมถนน ฉลองกรุง	ต้นพญาสัตบรรณ	ทางขนานถนนฉลองกรุง	13.73059°N, 100.77919°E
A6	 บริเวณด้านหน้าอาคาร พอลิเมอร์ คณะ วิทยาศาสตร์	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณด้านหน้าคณะ วิทยาศาสตร์ติดกับ ทางเข้าลานจอดรถ	13.72992°N, 100.77965°E
A7	 บริเวณด้านหลังตึกคณะ บริหารธุรกิจ	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณด้านหลังคณะ บริหารธุรกิจติดกับสถานี รถไฟหัวตะเข้ทางขนาน กับทางรถไฟ	13.43437°N, 100.46547°E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน (ต่อ)

จุดที่	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
A8	 ด้านหลังหอประชุมใหญ่ คณะวิศวกรรมศาสตร์	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณด้านข้าง หอประชุมใหญ่คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ด้านหน้ามีบ่อน้ำทาง ขนานถนนฉลองกรุง	13.72728°N, 100.77769°E
A9	 บริเวณแยกตึก HM Building คณะ วิศวกรรมศาสตร์	ต้นพญาสัตบรรณ	บริเวณแยกของตึก HM Building ทางแยกคณะ วิศวกรรมศาสตร์และ คณะสถาปัตยกรรม ศาสตร์	13.72606° N, 100.77458°E
A10	 บริเวณแยกด้านหน้าคณะ อุตสาหกรรมอาหาร	ต้นพญาสัตบรรณ	ด้านข้างของตึก KOSEN -KMITE ติดกับลานจอด รถของอาคารเฉลิมพร เกียรติ	13.72717°N, 100.78002°E

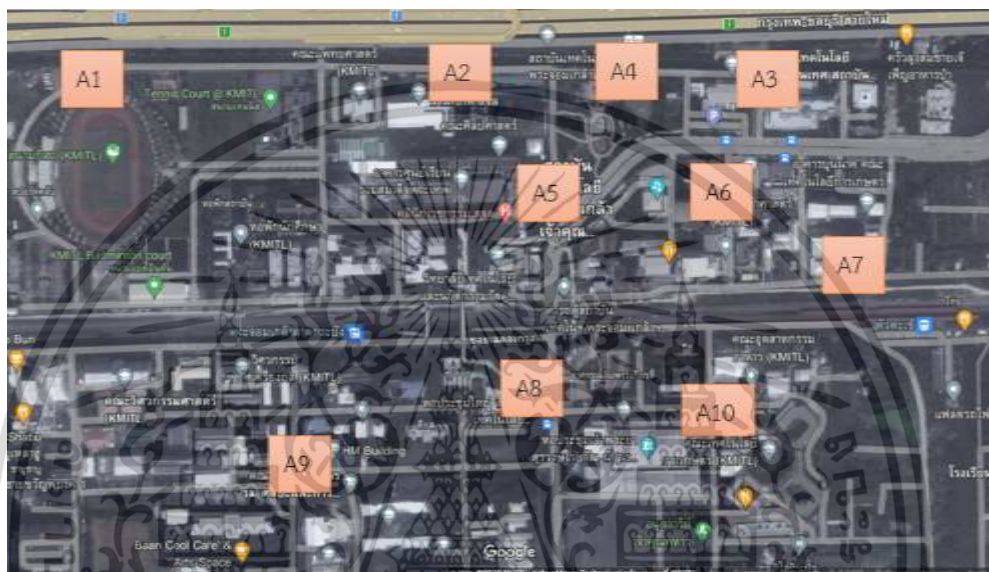
3.2.1 สภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบจุดเก็บตัวอย่างอากาศ

สภาพบริเวณรอบจุดเก็บตัวอย่างอากาศ 10 จุด จำแนกตามความหนาแน่นของอาคารสิ่ง
ออกเป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 3.1) ดังนี้

- 1) ความหนาแน่นของอาคารสูง พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สูงมาก จะ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เป็นอาคารพักอาศัย อาคารพาณิชย์ อาคารเรียน สำนักงาน เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ A3, A9
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ความหนาแน่นของอาคารต่ำ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างต่ำจะเป็นสิ่งปลูกสร้างประเภทอาคารสูง แต่มีพื้นที่โล่งด้านข้างเล็กน้อย อาคารสิ่งปลูกสร้างชั้นเดียว บ้านพัก โรงเก็บของ เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ A2, A6, A8, A10

3) พื้นที่เปิด พื้นที่ที่ไม่มีอาคารหรือสิ่งปลูกสร้างเลย หรือพื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างความหนาแน่นต่ำมาก เป็นพื้นที่เปิดโล่ง เช่น สวนสาธารณะ สวนหย่อม ลานกีฬา ลานจอดรถ เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ A1, A4, A5, A7



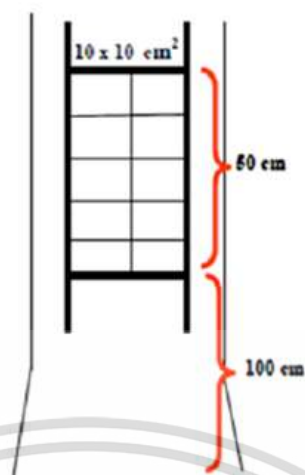
รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและเส้นทางสำรวจไลเคน

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 การสำรวจไลเคนในจุดเก็บตัวอย่าง

ใช้กริดเฟรม (Grid frame) ขนาด 20 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร แบ่งเป็น 10 ตาราง ขนาด 10 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร ทาบลงบนลำต้นของต้นไม้ในจุดเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงจากขอบบนของกริดเฟรม 150 เซนติเมตร เหนือระดับพื้นดิน (รูปที่ 3.2) โดยพื้นที่ในการสำรวจไลเคนคือ 10 เมตร x 10 เมตร รอบจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งกริกเฟรมสำหรับสำรวจไลเคน

3.3.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

1) ตัดกระดาษกรองเซลลูโลสที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ให้มีรูปทรงเป็นวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร นำไปแช่ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) และ sonicate ในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แช่ทิ้งไว้ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง เป็นเวลา 1 คืน จากนั้น อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปใส่ในเดซิเคเตอร์ บรรจุใส่ในถุงซิปลาสติก

2) นำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศพอลิเอทิลีนรูปทรงกระบอกขนาด 5.5 เซนติเมตร x 3 เซนติเมตร แช่ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) วางในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาออกมาผึ่งไว้ให้แห้ง

3.3.3 การเตรียมสารละลายตัวกลางดูดซับ

1) เตรียมสารละลายไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine, TEA) 20% โดยปิเปต TEA ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) จนถึงขีดบอกปริมาตร

2) นำกระดาษกรองที่เตรียมไว้บรรจุลงในหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ปิเปตสารละลาย 20% TEA ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงบนกระดาษกรอง

3) ปิดปากหลอดเก็บตัวอย่างด้วยพาราฟิล์ม เก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศลงในถุงซิปลาสติก

3.3.4 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

1) นำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ที่บรรจุกระดาษกรองที่หัดด้วย 20% TEA มาติดตั้งในกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ เป็นกล่องรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่มีฝาปิด กว้าง 15 เซนติเมตร x ยาว 24 เซนติเมตร x สูง 12.5 เซนติเมตร โดยติดตั้งหลอดเก็บตัวอย่างอากาศที่ด้านทั้ง 3 ด้าน

ภายในกล่อง (3 ชั้น) และ 1 ด้านสำหรับแบลนด์ภาคสนาม (Field blank) ด้านข้างของกล่องถูกเจาะรู ผูกติดกับเส้นลวด แล้วนำไปผูกติดกับบริเวณที่จะทำการศึกษา โดยแขวนอุปกรณ์ดังกล่าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1.50 เมตร (รูปที่ 3.3)

2) เก็บตัวอย่างอากาศโดยเปิดพาราฟิล์มในหลอดเก็บตัวอย่าง ส่วน Field blank ไม่เปิดพาราฟิล์ม เก็บตัวอย่างอากาศทั้ง 10 จุด เป็นเวลา 10 วัน เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 ระหว่างวันที่ 10 - 20 กุมภาพันธ์ 2566 ครั้งที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ 2566 ถึง 5 มีนาคม 2566

3) หลังจากครบเวลา ปิดปากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศด้วยพาราฟิล์ม นำหลอดบรรจุลงถุงซิปลาสติกและเก็บรักษาตัวอย่างในตู้เย็นเพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบแพสซิฟ

3.3.5 การทำกราฟมาตรฐาน

1) เตรียมสารละลาย Ion chromatography multi-Element standards ในเตรทเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม โดยปิเปตสารละลาย Ion chromatography multi-Element standards 500 พีพีเอ็ม ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)

2) เตรียมสารละลาย Ion chromatography multi-Element standards ในเตรทเข้มข้น 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0 พีพีเอ็ม โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานในเตรทเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม ปริมาตร 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1,000 ไมโครมิลลิลิตร ลงในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)

3) กรองด้วยกระดาษกรองเซลลูโลส ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ใส่ลงในภาชนะพลาสติกขนาดเล็ก

4) ฉีดสารละลายมาตรฐานที่เตรียมได้ 20 ไมโครลิตร เข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี เพื่อทำการกราฟมาตรฐาน (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ก และ ข) โดยใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.6 การวิเคราะห์

- 1) ปิเปิดน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) จำนวน 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดเก็บตัวอย่าง เขย่า 2-3 ครั้ง และนำไปสกัดในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 15 นาที
- 2) กรองด้วยกระดาษกรองเซลูโลส ที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร
- 3) นำตัวอย่างมาใส่ในขวดปรับปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)
- 4) วิเคราะห์สารตัวอย่าง โดยฉีดสารตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร เข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี โดยใช้สภาวะในการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 3.2
- 5) วิเคราะห์แบล็กเช่นเดียวกับตัวอย่าง

ตารางที่ 3.2 สภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

ระบบทำงาน	เงื่อนไขในการวิเคราะห์
Eluent	3.2 mM Na ₂ CO ₃ / 1.0 mM NaHCO ₃
Column	METROSEP A SUPP 5-150
Column size	4.0 x 150 mm
Flow rate	0.85 mL/min
Sample volume	20.0 µL
Dilution	1.00
Temperature	35.0 °C

3.3.7 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

- 1) วัดเส้นรอบวงของต้นไม้

วัดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่สำรวจพบไลเคน (จุดเดียวกับบริเวณที่แขวนกล่องเก็บตัวอย่างอากาศ) ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรเหนือพื้นดิน โดยใช้ตลับเมตรชนิดสายวัดผ้า

- 2) ค่าพีเอชของเปลือกไม้ (พล และคณะ, 2558)

เก็บเปลือกไม้จากจุดเก็บตัวอย่างอากาศที่มีระยะห่างจากไลเคน 2-3 มิลลิเมตร และมีความสูงจากจุดเก็บเปลือกไม้ถึงพื้นดิน 1.50 เมตร โดยใช้มีดแบบพกพา เก็บรักษาไว้ในถุงซิปลาสติก จากนั้นนำไปคั่วให้มีความละเอียดพอประมาณ นำตัวอย่างของเปลือกไม้ที่บดแล้วมา 1 กรัม แช่ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่าพีเอชของตัวอย่างเปลือกไม้ด้วยเครื่องวัดพีเอช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) วัดค่าความเข้มของแสง

วัดค่าความเข้มของแสงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ในช่วงเวลาเช้า กลางวัน และเย็น ด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง แล้วนำมาหาค่าความเข้มของแสงเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างต่อวัน

4) อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนได้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยาบางนา

3.4 สํารวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน

3.4.1 พื้นที่ศึกษา

สํารวจความหลากหลายของไลเคนจากบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 10 แนวสํารวจ ประกอบด้วย สนามกีฬาสถาบันฯ, หลังอุทยานพระจอมเกล้า, บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ, บริเวณสระน้ำลานพระรูป ร.๔, หน้าอุทยานพระจอมเกล้าริมถนนฉลองกรุง, หน้าอาคารพอลิเมอร์คณะวิทยาศาสตร์, บริเวณหลังตึกคณะบริหารธุรกิจ, บริเวณหลังหอประชุมใหญ่วิศวกรรมศาสตร์, บริเวณสามแยกตึก HM Building คณะวิศวกรรมศาสตร์, บริเวณแยกหน้าคณะอุตสาหกรรมอาหาร โดยการทำการสุ่มนับตามแนวเส้นสํารวจ (Line transect) (รูปที่ 3.4)



รูปที่ 3.4 แผนที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและแนวเส้นสํารวจความหลากหลายของไลเคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 วิธีการสำรวจ

สำรวจไลเคนทั้งหมด 10 จุด ตามจุดสำรวจที่แสดงดังรูป 3.4 โดยแต่ละจุดเดินสำรวจตามแนวเส้นถนนใกล้กับจุดเก็บตัวอย่าง โดยการทำการสำรวจชนิดพันธุ์ของไลเคนบนโคนต้นไม้จากระดับพื้นถึง 2 เมตร โดยทำการสำรวจคุณลักษณะของไลเคนแต่ละชนิดที่พบในแต่ละจุดเก็บพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลและถ่ายภาพเพื่อนำไปวิเคราะห์หาชนิดของไลเคน

3.4.3 การจำแนกสายพันธุ์ไลเคน

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological characteristics) โดยตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานของไลเคน เช่น รูปแบบและสีของแทลลัส โดยใช้ฐานข้อมูลของสรณรัชฎ์ (2553)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

การศึกษาความหลากหลายของไลเคนและการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จุดเก็บตัวอย่าง 10 จุด บริเวณโดยรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ระยะเวลาการเก็บตัวอย่างตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 ได้ผลการวิจัยดังนี้

4.1 ผลการศึกษาความหลากหลายของไลเคน

4.1.1 ชนิดและปริมาณของไลเคน









จากผลการศึกษาชนิดของไลเคนที่พบบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยวิธีเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของสรณรัชฎ์ (2553) พบไลเคนทั้งหมด 8 วงศ์ (Family) 10 สกุล (Genus) 10 ชนิด (Species) ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบ







ชนิดไลเคน	รูปแบบและสีของแทลัสส์ใช้ อ้างอิง	รูปแบบและสีของแทลัสส์ ที่พบ
<i>Physcia dimidiata</i>	 (สรณรัชฎ์, 2553)	
<i>Graphid</i> sp.	 (พล และคณะ, 2558)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ควรเผยแพร่สู่สาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่าการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกไปจำหน่ายและต้องอ้างอิงถึงชื่อเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบ (ต่อ)

ชนิดไลเคน	รูปแบบและสีของแทลัสส์ใช้ อ้างอิง	รูปแบบและสีของแทลัสส์ ที่พบ
<i>Anthracothecium</i>	 (สรณรัชฎ์, 2553)	
<i>Amandinea extunata</i>	 (สรณรัชฎ์, 2553)	
<i>Trypethelium eluteriae</i>	 (สรณรัชฎ์, 2553)	
<i>Cryptothecia</i> sp.1	 (ศูนย์วิจัยความหลากหลายทาง ชีวภาพเฉลิมพระเกียรติ ๗๒ พรรษา บรมราชินีนาถ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 2559)	

ตารางที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบ (ต่อ)

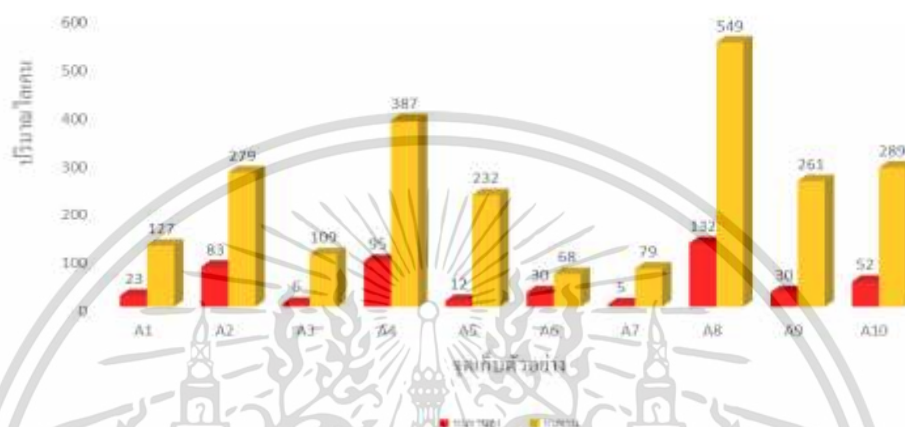
ชนิดไลเคน	รูปแบบและสีของแทลลัสใช้ อ้างอิง	รูปแบบและสีของแทลลัส ที่พบ
<i>Dirinaria</i> sp.	 (พล และคณะ, 2558)	
<i>Pyxine cocoes</i>	 (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566)	
<i>Bacidia</i> sp.	 (สรณรัชฎ์, 2553)	
<i>Chrysothrix xanthina</i>	 ที่มา: https://www.inaturalist.org/taxa/345245-Chrysothrix-xanthina	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ชนิดของไลเคนที่พบ ณ จุดเก็บตัวอย่าง

Thallus type	Family (วงศ์)	Genus (สกุล)	Species (ชนิด)	กลุ่ม	จุดเก็บตัวอย่างที่									
					A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Crustose	Chrysothricaceae	Chysothrix	<i>Chrysothrix xanthina</i> (แป้งมณโฑ)	ทนทาน	nd	8	34	46	nd	nd	13	23	17	5
	Graphidaceae	Graphis	<i>Graphis</i> sp. (ลายเส้น)	ทนทาน	nd	39	1	8	1	nd	17	71	3	nd
	Pyrenulaceae	Anthracotheicum	<i>Anthracotheicum</i> sp. (สีหัวช้างจิ๋ว)	ทนทานสูง	7	35	nd	15	3	29	5	64	26	52
	Arthoniaceae	Cryptothecia	<i>Cryptothecia</i> sp.	ทนทานสูง	nd	36	9	18	nd	14	nd	65	23	18
	Trypetheliaceae	Trypethelium	<i>Trypethelium eluteriae</i> (ร้อยรู)	ทนทานสูง	nd	nd	nd	3	nd	nd	nd	nd	4	nd
	Ramalinaceae	Bacidia	<i>Bacidia</i> sp. (ไตรายากิ)	ทนทาน	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2	nd
	Physciaceae	Amandinea	<i>Amandinea extunata</i> (ไฟพระอินทร์)	ทนทานสูง	8	33	nd	6	nd	nd	nd	68	nd	nd
Foliose	Physciaceae	Dirinaria	<i>Dirinaria</i> sp. (ริ้วแพร)	ทนทาน	56	95	23	114	107	52	41	191	145	132
		Physcia	<i>Physcia dimidiata</i> (सान้อยกระโปรงบานบางกอก)	ทนทาน	71	101	42	201	124	2	8	199	67	134
		Pyxine	<i>Pyxine cocoes</i> (หัตถ์ทศกัณท์กุ่มน้ำแข็ง)	ทนทานสูง	8	15	6	71	9	1	nd	nd	nd	nd
			Total		150	362	115	482	244	98	84	681	287	341

ตารางที่ 4.2 (ดูรายละเอียดในตาราง ข-1.3 ภาคผนวก ข) แสดงชนิดและปริมาณของไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างแต่ละจุด จากการสำรวจพบไลเคน *Dirinaria* sp. มากที่สุด รองลงมาคือ *Physcia dimidiata* โดยพบกระจายอยู่ทุกพื้นที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งไลเคนทั้ง 2 ชนิด จัดอยู่ในกลุ่มไลเคนที่มีความทนทานต่อมลพิษทางอากาศ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khairuddin *et al.* (2017) ที่พบการกระจายตัวของไลเคน *Dirinaria picta* มากที่สุดในพื้นที่ที่มีมลพิษที่เกิดจากยานพาหนะ



รูปที่ 4.1 เปรียบเทียบระหว่างไลเคนกลุ่มทนทานกับไลเคนกลุ่มทนทานสูงที่พบบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

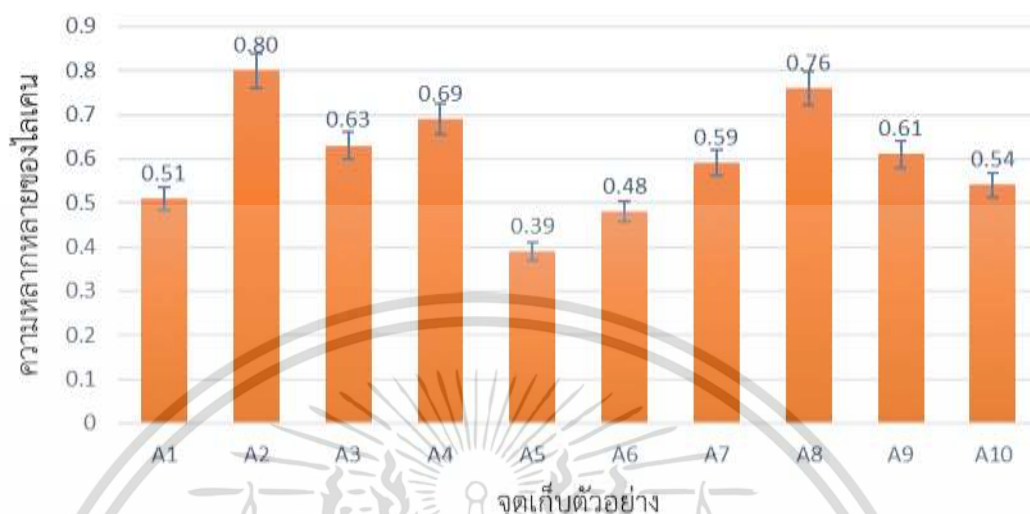
รูปที่ 4.1 แสดงกลุ่มของไลเคนที่พบ ณ จุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด พบไลเคนอยู่ในกลุ่มทนทานสูง (tolerant) และกลุ่มทนทาน (intermediate) ทั้งหมด ไม่พบกลุ่มไลเคนบอบบาง (sensitive) โดยพบไลเคนกลุ่มทนทานมากกว่ากลุ่มทนทานสูงแสดงว่าคุณภาพอากาศบริเวณที่ทำการศึกษายู่ในระดับพอใช้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสรณรัชฎ์ (2553) ที่รายงานว่าคุณภาพอากาศระดับพอใช้จะพบไลเคนกลุ่มทนทานมากกว่ากลุ่มทนทานสูง

4.1.2 ความหลากหลายทางชีวภาพ

จากการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคนบนต้นพญาสัตบรรณและต้นตีนเป็ดน้ำตามแนวเส้นถนน (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-1.1 ภาคผนวก ข) จำนวนต้นที่ศึกษาและปริมาณของไลเคนที่พบนำไปแทนค่าในดัชนีความหลากหลายของแชนนอน-เวียนเนอร์ (Shannon Wiener's Index) พบว่าค่าความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่มีค่าเท่ากับ 0.73 (ดูรายละเอียดในตาราง ข-1.2 ภาคผนวก ข)

รูปที่ 4.2 แสดงความหลากหลายของไลเคนในบริเวณสถาบันฯทั้ง 10 จุด เรียงจากมากไปน้อย คือ จุดเก็บตัวอย่าง A2 (0.80), จุดเก็บตัวอย่าง A8 (0.76), จุดเก็บตัวอย่าง A4 (0.69), จุดเก็บเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ A3 (0.63), จุดเก็บตัวอย่าง A9 (0.61), จุดเก็บตัวอย่าง A7 (0.59), จุดเก็บตัวอย่าง A10 (0.54), จุดเก็บตัวอย่าง A1 (0.51), จุดเก็บตัวอย่าง A6 (0.48), จุดเก็บตัวอย่าง A5 (0.39)



รูปที่ 4.2 ความหลากหลายของไลเคนของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

จุดเก็บตัวอย่าง A2, จุดเก็บตัวอย่าง A8, จุดเก็บตัวอย่าง A4 มีความหลากหลายของไลเคนสูง เนื่องจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด มีลักษณะความหนาแน่นของอาคารต่ำและเป็นพื้นที่เปิดส่งผลให้มีมลพิษน้อยกว่าจุดอื่นๆ นอกจากนี้บริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุด อยู่ใกล้กับแหล่งน้ำ ทำให้มีความชื้นที่สูงกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างอื่นๆ ส่วนบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่พบความหลากหลายของไลเคนน้อยที่สุด คือบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A5, A6 และ A1 เนื่องจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 3 จุดดังกล่าว เป็นพื้นที่ที่ติดกับถนนที่เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหนูเดือนและคณะ (2560) ที่พบว่ามลพิษอากาศที่สูงขึ้นส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของไลเคน

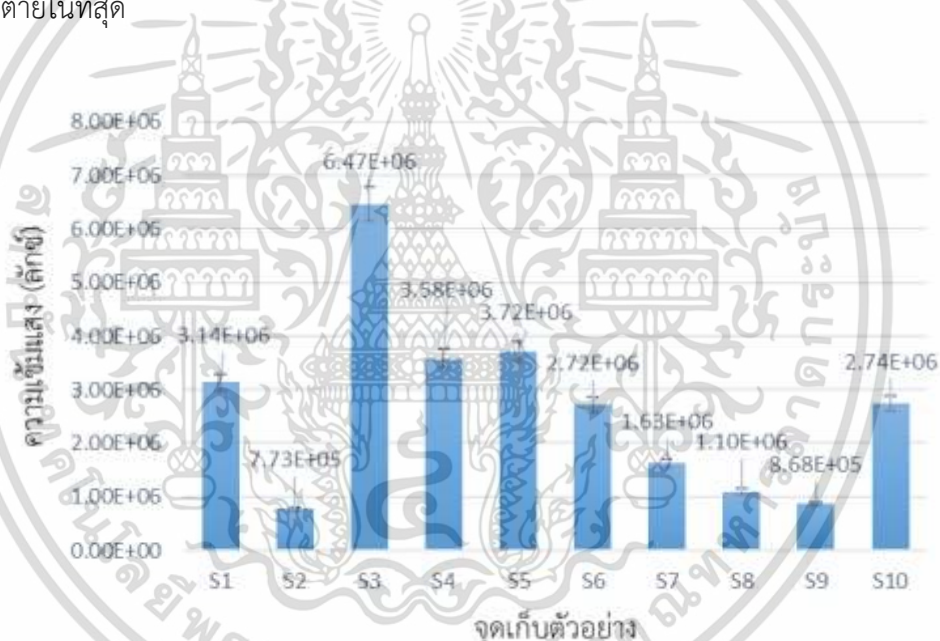
จากผลการสำรวจความหลากหลายของไลเคนพบว่า สภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง (จุดเก็บตัวอย่าง A1, A4, A5 และ A7) และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารต่ำ (จุดเก็บตัวอย่าง A2, A6, A8 และ A10) มีความหลากหลายของไลเคนสูงกว่าบริเวณพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารสูง (จุดเก็บตัวอย่าง A3 และ A9)

4.1.3 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไลเคนบริเวณที่ทำการศึกษาระดับตัวอย่าง

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษาคาดว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน การศึกษาประกอบไปด้วย 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเข้มแสง, ลักษณะของเปลือกไม้, เส้นรอบวงของต้นไม้, พีเอชของเปลือกไม้, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ความเข้มแสง (Light intensity)

จากการศึกษาความเข้มแสงด้วยเครื่อง Digital light meter ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด มีความเข้มแสงอยู่ในช่วง 7.73×10^5 - 6.47×10^6 ลักซ์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.67×10^6 ลักซ์ พบว่าบริเวณที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A3 ความเข้มมีค่าเท่ากับ 2.67×10^6 ลักซ์ และบริเวณที่มีค่าความเข้มแสงต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A2 ความเข้มมีค่าเท่ากับ 7.73×10^5 ลักซ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2.2 ภาคผนวก ข) ความเข้มแสงที่เหมาะสมสำหรับไลเคนอยู่ในช่วง 5.8×10^5 ถึง 1.5×10^6 ลักซ์ (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566) บริเวณที่มีความเข้มแสงสูงกว่าค่าเหมาะสม คือ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A1, A3, A4, A5, A6, A7 และ A10 บริเวณที่มีความเข้มแสงเหมาะสม คือ บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A2, A8 และ A9 นั่นคือ ไลเคนในบริเวณที่มีความเข้มแสงต่ำเกินไป จะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงได้น้อยหรือไม่เกิดการสังเคราะห์แสงทำให้ไลเคนมีคลอโรฟิลล์ที่น้อยลง มีสีที่ซีด และตายในที่สุด



รูปที่ 4.3 ความเข้มแสงของต้นไม้อันในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

2) ลักษณะของเปลือกไม้

จากการสำรวจลักษณะพื้นที่ผิวของเปลือกไม้ในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาและพบไลเคนเจริญเติบโต สามารถจำแนกได้ 2 กลุ่ม ดังนี้

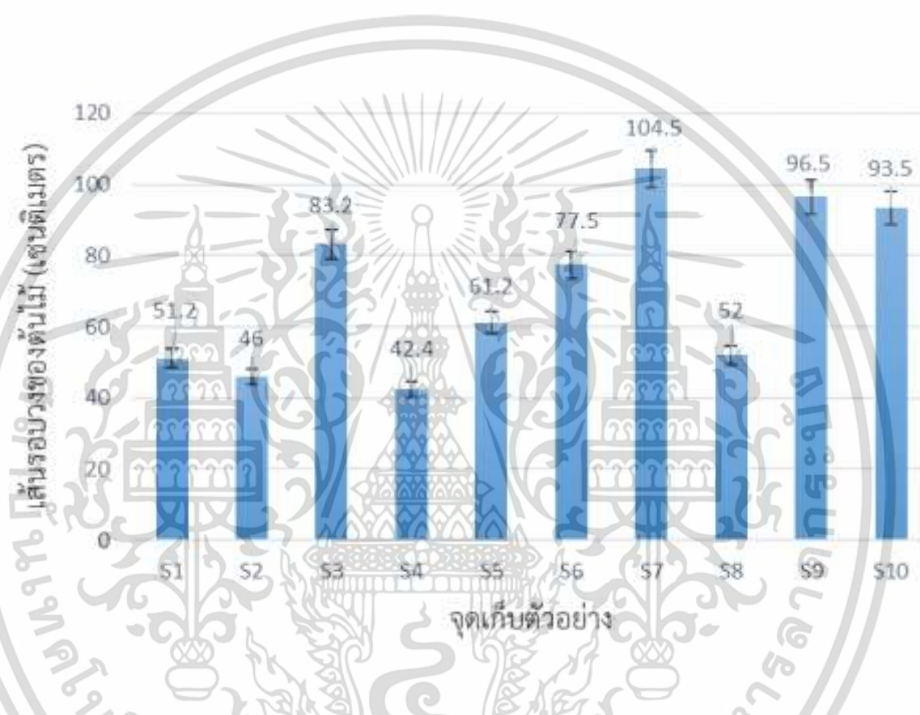
1) ผิวเรียบ: เปลือกไม้เรียบเป็นสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเทา มีช่องระบายอากาศเป็นร่องยาว มีน้ำยางสีขาว

2) ผิวขรุขระ: เปลือกไม้หนาแต่เปราะ ผิวต้นมีสะเก็ดเล็ก ๆ สีขาวปนน้ำตาล มีน้ำยางสีขาว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเก็บตัวอย่างที่พบเปลือกไม้ผิวเรียบคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ A2 และ A9 จุดเก็บตัวอย่างที่พบเปลือกไม้แบบผิวขรุขระ คือ จุดเก็บตัวอย่าง A1, A3, A4, A5, A6, A7, A8 และ A10 พบว่าไลเคนสามารถเจริญเติบโตอยู่บนเปลือกของต้นไม้ที่มีลักษณะผิวเรียบและผิวขรุขระค่อนข้างสม่ำเสมอ

3) เส้นรอบวงของต้นไม้

การวัดเส้นรอบวงของต้นไม้จะวัดที่ระดับความสูงที่ 1.50 เมตรจากระดับเหนือพื้นดินซึ่งเป็นความสูงเดียวกันที่ทำการติดตั้งกล่องเก็บตัวอย่างอากาศ จากการศึกษาพบว่าต้นไม้ในบริเวณที่ศึกษามีขนาดของเส้นรอบวงที่แตกต่างกัน (ดังรูปที่ 4.4) จากผลการสำรวจพบว่าเส้นรอบวงของต้นไม้ไม่มีผลต่อชนิดและการเจริญเติบโตของไลเคนสอดคล้องกับงานวิจัยของ พล และคณะ (2558)

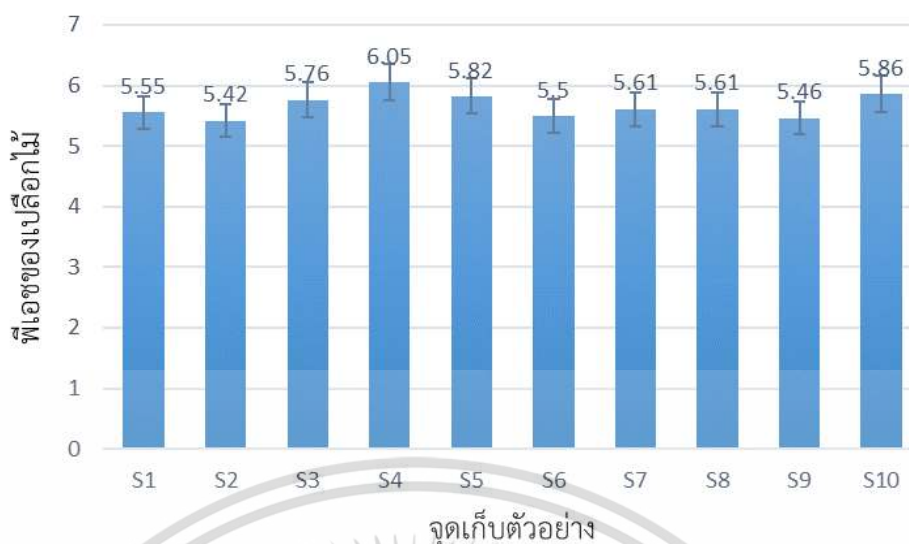


รูปที่ 4.4 เส้นรอบวงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

4) พีเอชของเปลือกไม้

จากการทดสอบค่าพีเอชของเปลือกไม้จากจุดเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 10 จุด โดยรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังพบว่า ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.42 – 6.05 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน บริเวณที่มีค่าพีเอชเฉลี่ยของเปลือกไม้ต่ำสุดคือจุดเก็บตัวอย่าง A2 และบริเวณที่มีค่าพีเอชเฉลี่ยของเปลือกไม้สูงสุดคือจุดเก็บตัวอย่าง A4 ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ข-2.2 ภาคผนวก ข) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของหน่วยงานวิจัยไลเคน หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2566) ที่กล่าวว่าค่าพีเอชของเปลือกไม้ที่เหมาะสมมีสถานะเป็นกรดในช่วง 4-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 ค่าพีเอชของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

สำหรับอุณหภูมิ (Temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) ปริมาณน้ำฝน (Rain) ได้ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาบางนา จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 มีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.6 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม 15 - 30 องศาเซลเซียส สำหรับการเจริญของไลเคน (หน่วยงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558) แสดงดังตารางที่ 4.3

ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 64.3 % ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 77.2 % เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 51.4 % ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 อยู่ในช่วงความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 68 - 81 % (หน่วยงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2566) ส่วนความชื้นสัมพัทธ์ในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีค่าต่ำกว่าค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมเล็กน้อย เนื่องจากเข้าสู่ช่วงฤดูร้อน การที่ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำ อาจทำให้ทัลลัสของไลเคนดูดซับน้ำในบรรยากาศได้น้อย เมื่อได้รับแสงแดดจึงเกิดกระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสงได้น้อย

ปริมาณน้ำฝนในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 87.2 มิลลิเมตร ช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 87.2 มิลลิเมตร การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 0 มิลลิเมตร

ปริมาณความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของไลเคน เนื่องจากไลเคนเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อความเข้มแสง อุณหภูมิและปริมาณความชื้นในอากาศมาก อุณหภูมิในบรรยากาศอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน (อยู่ในช่วง 15 -30 องศาเซลเซียส) ซึ่งมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้มีค่าต่ำกว่าความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมเล็กน้อย ซึ่งความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในช่วง 68-81 % เนื่องจากไลเคนไม่มีชั้นคิวติเคิลที่ทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำ ทำให้ความชื้นในทัลลัสสมดุลงกับความชื้นในบรรยากาศ ถ้ามีความชื้นในบรรยากาศสูงถึงจุดอิ่มตัวทำให้ไลเคนดูดซับความชื้นในบรรยากาศไว้ได้ และเมื่อได้รับแสงแดดทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และกระบวนการนี้จะหยุดลงเมื่อความชื้นที่ไลเคนดูดซับไว้หมดลง ดังนั้น ความชื้นจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ไลเคนสามารถดำรงและกระจายตัวได้ (พล และคณะ, 2558)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่วัดได้กับบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ช่วงที่เหมาะสม	จุดเก็บตัวอย่าง										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
ลักษณะเปลือกไม้	ขรุขระ	ขรุขระ	เรียบ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	เรียบ	ขรุขระ
เส้นรอบวง	-	51.2	46	83.2	42.4	61.2	77.5	104.5	52	96.5	95.5	
พีเอชเปลือกไม้	4-6	5.55	5.42	5.76	6.05	5.82	5.50	5.61	5.61	5.46	5.86	
ความเข้มแสง (ลักซ์)	5.8×10^5 ถึง 1.5×10^6	3.14×10^6	7.73×10^5	6.47×10^6	3.58×10^6	3.72×10^6	2.72×10^6	1.63×10^6	1.10×10^6	8.68×10^5	2.74×10^6	
อุณหภูมิ (Temperature) (°C)*	15-30 %	27.5										
ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) (%)*	68-81 %	64.3										
ปริมาณน้ำฝน (Rain) มิลลิเมตร*	-	87.2										
ปริมาณไลเคนที่พบ	-	150	362	115	482	224	97	84	581	287	341	

หมายเหตุ: * ได้ข้อมูลจากสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา ในช่วงระยะเวลา 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ. 2566

4.2 ผลของความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสซีฟ

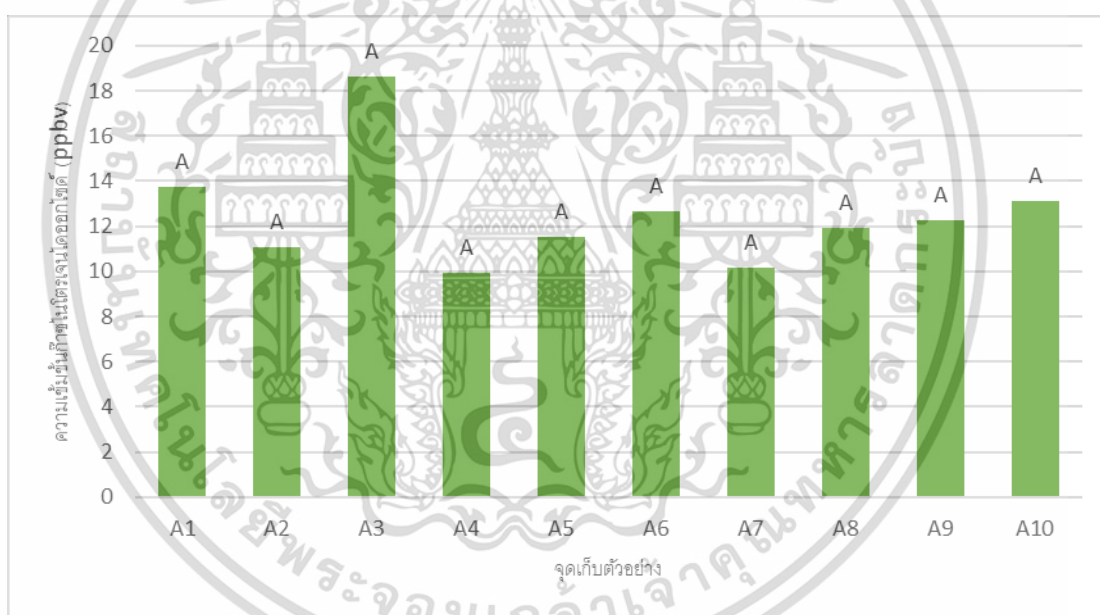
วิเคราะห์ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ โดยวิธีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟจากจุดเก็บอย่าง 10 จุดโดยรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเก็บตัวอย่างจากหลอดเก็บตัวอย่าง 3 หลอด (3 ซ้ำ) และแบลด์ภาคสนาม 1 หลอด ต่อหนึ่งจุดเก็บตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 10 วัน ระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 23 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 และ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 จากนั้นนำตัวอย่างมาสกัดด้วยน้ำกลั่นความบริสุทธิ์สูง (ultrapure) และวิเคราะห์หาความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ได้ผลดังนี้

4.2.1 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษาครั้งที่ 1 (10 กุมภาพันธ์ – 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566) มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 8.97 - 24.57 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุดคือ จุดเก็บตัวอย่าง A4 บริเวณสระน้ำ บริเวณพระบรมราชานุสาวรีย์ รัชกาลที่ 4 เนื่องจากบริเวณนี้เป็นบริเวณเดียวที่ไม่ติดกับถนนที่มีการจราจรทางรถยนต์ และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุดคือ จุดเก็บตัวอย่าง A3 บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (ดูรายละเอียดในตาราง ค-1.2 ภาคผนวก ค) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ติดกับถนน และเป็นบริเวณที่จอดรถจักรยานยนต์ ทำให้บริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากที่สุด จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เก็บตัวอย่างครั้งที่ 1 บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง 9 แห่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A4 ที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า (ดูรายละเอียดในตาราง ง-1.1, ง-1.2 ภาคผนวก ง)

ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษาครั้งที่ 2 (23 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ. 2566) มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 6.58 - 12.69 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุดคือ จุดเก็บตัวอย่าง A1 บริเวณสนามกีฬาสถาบันฯ เนื่องจากเป็นบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุดคือ จุดเก็บตัวอย่าง A3 บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ (ดูรายละเอียดในตาราง ค-1.3 ภาคผนวก ค) เนื่องจากเป็นบริเวณที่ติดกับถนน และเป็นบริเวณที่จอดรถจักรยานยนต์ ทำให้บริเวณนี้เป็นบริเวณที่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากที่สุด จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง 10 แห่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ดูรายละเอียดในเอกสารนี้ ภาคผนวก ง-1.3, ง-1.4 ภาคผนวก ง) ปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเข้มข้นเฉลี่ยระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 มีความเข้มข้นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 9.91 – 18.62 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A4 สระน้ำ บริเวณพระบรมราชานุสาวรีย์รัชกาลที่ 4 และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A3 บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ ดังรูปที่ 4.6 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-1.2, ค-1.3 ภาคผนวก ค) เนื่องจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A3 เป็นจุดที่ติดกับถนน และเป็นบริเวณที่จอดรถจักรยานยนต์ ทำให้เป็นจุดเก็บตัวอย่างที่มีปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Grundström and Pleijel (2014) ได้กล่าวว่าการจราจรมีผลต่อปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 แห่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ดูรายละเอียดในตาราง ง-1.5, ง-1.6 ภาคผนวก ง)



หมายเหตุ ตัวอักษร A หมายถึงการแบ่งกลุ่มทางสถิติ

รูปที่ 4.6 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ.2566

4.2.2 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษาในระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วงของการวัดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ครั้งที่ 1 (10 กุมภาพันธ์ – 20 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566) มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ ทั้งสิ้น ยกทั้งที่ ไม่มีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาแก้ไข

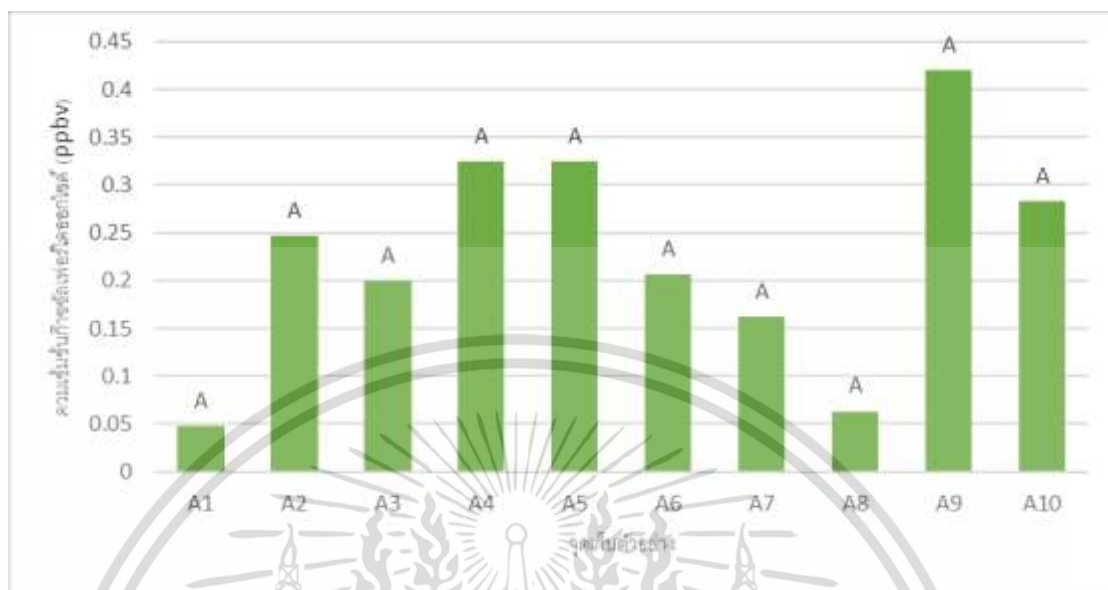
ในช่วง 0.00 - 0.09592827 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A6 บริเวณด้านหน้าอาคารพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์ เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นอาคารต่ำ อีกทั้งเป็นบริเวณที่มีการจราจรเบาบาง และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A1 บริเวณสนามกีฬาสถาบันฯ เป็นพื้นที่เปิดโล่ง เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นช่วงเวลาก่อนจัดแข่งกีฬาภายในสถาบันฯ อาจมีกิจกรรมที่เกิดจากมนุษย์ก่อให้เกิดมลพิษ จึงทำให้บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A1 พบปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากที่สุด (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-2.2 ภาคผนวก ค) จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A1, A2, A5 และ A10 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีค่าสูงกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A3, A4, A7, A8 และ A9 (ดูรายละเอียดในตาราง ง-2.1, ง-2.2 ภาคผนวก ง)

การเก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 (23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ. 2566) มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 0 - 0.841177231 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A1 บริเวณสนามกีฬาสถาบันฯ เป็นบริเวณพื้นที่เปิดโล่ง และมีการจราจรเบาบาง และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A9 บริเวณแยกตึก HM Building คณะวิศวกรรมศาสตร์ (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-2.3 ภาคผนวก ค) เนื่องจากบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A9 เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นอาคารสูง เป็นบริเวณที่มีการทำกิจกรรมจากมนุษย์ที่อาจจะก่อให้เกิดมลพิษ ทำให้บริเวณนี้มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มากกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A1 จากผลการทดสอบทางสถิติด้วย One-way ANOVA พบว่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง 9 แห่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ยกเว้นบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A1 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า (ดูรายละเอียดในตาราง ง-2.3, ง-2.4 ภาคผนวก ง)

ความเข้มข้นเฉลี่ยระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม พ.ศ. 2566 มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.04796 - 0.42059 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A1 บริเวณสนามกีฬาสถาบันฯ เนื่องจากเป็นพื้นที่เปิดโล่ง จึงทำให้เป็นบริเวณที่มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยที่สุด และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยสูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่าง A9 บริเวณแยกตึก HM Building คณะวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งบริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นอาคารสูง อาจมีกิจกรรมจากมนุษย์ที่สร้างมลพิษที่มากกว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง A1 ซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง แสดงดังรูปที่ 4.7 (ดูรายละเอียดในตารางที่ ค-2.2, ค-2.3 ภาคผนวก ค) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพล และคณะ (2558) พบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณที่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนเพื่อการค้าเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์แก่ส่วนรวม
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณจุดเก็บตัวอย่าง 10 แห่ง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ดูรายละเอียดในตาราง ง-2.5, ง-2.6 ภาคผนวก ง)



หมายเหตุ ตัวอักษร A หมายถึงการแบ่งกลุ่มทางสถิติ

รูปที่ 4.7 ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ระยะเวลาตั้งแต่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม พ.ศ.2566

4.2.3 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนที่พบกับความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

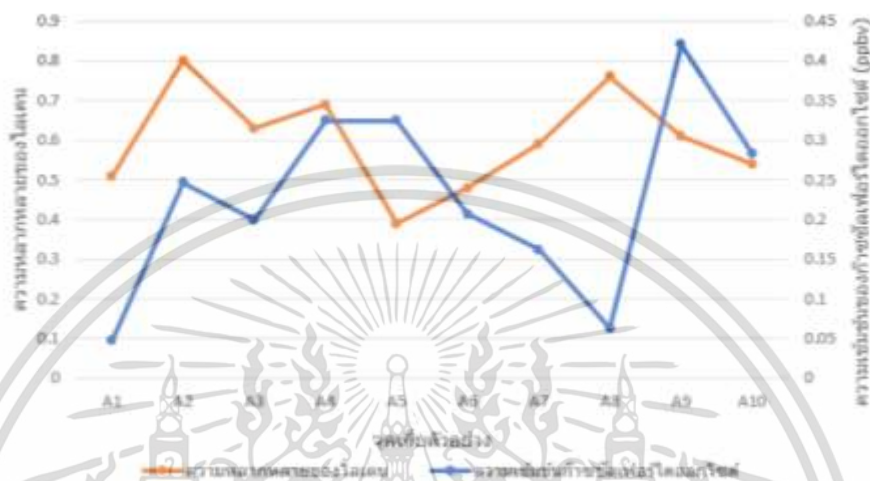
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนกับความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ พบว่าบริเวณจุดเก็บตัวอย่างที่มีไนโตรเจนไดออกไซด์สูงจะพบความหลากหลายของไลเคนต่ำและบริเวณที่มีไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำจะพบความหลากหลายของไลเคนสูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำมาเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นว่าเป็นการใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีรูปที่ 4.8 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนกับความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

4.2.4 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนที่พบกับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนกับความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่มีผลต่อความหลากหลายของไลเคน เนื่องจากความเข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างมีค่าต่ำ



รูปที่ 4.9 เปรียบเทียบความหลากหลายของไลเคนกับความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีวัดคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1) ความหลากหลายทางชีวภาพ พบชนิดของไลเคนเจริญบนต้นพญาสัตบรรณ (ต้นตีนเป็ด) และต้นตีนเป็ดน้ำ บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 8 วงศ์ (Family) 10 สกุล (Genus) 10 ชนิด (Species) ชนิดของไลเคนที่พบคือ *Chrysothrix xanthina*, *Graphis* sp., *Anthracotheceium* sp., *Amandinea extunata*, *Trypethelium eluteriae*, *Bacidia* sp., *Dirinaria* sp., *Cryptothecia* sp.1., *Physcia dimidiata* และ *Pyxine cocoes* จัดอยู่ในกลุ่ม Crustose และ Foliose ชนิดไลเคนที่พบมากที่สุดและกระจายทั่วทุกจุดเก็บตัวอย่าง คือ *Dirinaria* sp. ดัชนีความหลากหลายของไลเคนเฉลี่ยบริเวณสถาบันเท่ากับ 0.73

2) พบไลเคนกลุ่มทนทานมากกว่ากลุ่มทนทานสูงแสดงว่าคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอยู่ในระดับพอใช้

3) ค่า pH ของเปลือกไม้ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วง 4-6 ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน มีความชื้นแสงอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน 5.8×10^5 ถึง 1.5×10^6 ลักซ์

4) ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์บริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้ง 10 จุด แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ และมีความเข้มข้นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

5) ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์มีผลต่อความหลากหลายของไลเคน ส่วนความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่มีผลต่อความหลากหลายของไลเคนเนื่องจากความเข้มข้นน้อยมาก

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศและสำรวจไลเคน และศึกษาปัจจัยของฤดูกาล
- 2) ควรใช้กล้องขยายในการสำรวจไลเคน
- 3) ควรใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสซีฟทางการค้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ 2562 **ข้อมูลดัชนีคุณภาพอากาศ** [Online]. เข้าถึงได้จาก : http://air4thai.pcd.go.th/webV2/aqi_info.php (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)
- กรมควบคุมมลพิษ 2562, **มาตรฐานคุณภาพอากาศ** [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://monitor.deqp.go.th/documents/1629881850725px1.pdf> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 2566 **คลังความรู้ อากาศมลพิษทางอากาศ** [Online] เข้าถึงได้จาก <https://datacenter.deqp.go.th/knowledge/>. (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2554. **รู้รอบทิศ มลพิษทางอากาศ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://air4thai.net/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ก.พ. 2566)
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2561. **ประกาศ กรมควบคุมมลพิษเรื่อง ดัชนีคุณภาพอากาศของประเทศไทย**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.pcd.go.th/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 16 ก.พ. 2566)
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2566. **มลพิษทางอากาศ**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://datacenter.deqp.go.th/knowledge/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 25 ม.ค. 2566)
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2566. **รายงานอากาศ 24 ชม. ที่ผ่านมา**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <https://www.tmd.go.th/weather/province/past24Hr/bangkok/37/455201> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ก.พ. 2566)
- กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง 2563 **รายงานสถานการณ์และคุณภาพอากาศประเทศไทย** [Online] เข้าถึงได้จาก : Air4Thai (pcd.go.th) (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)
- กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ. 2566. **ข้อมูลคุณภาพอากาศย้อนหลัง**. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://air4thai.pcd.go.th/webV2/history/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 ก.พ. 2566)
- กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กทม. **ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์** [Online] เข้าถึงได้จาก : <http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/monpit-a/nitro.htm> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ. 2550), กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป [Online]. เข้าถึงได้จาก <https://www.pcd.go.th/laws/2816> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 28 (พ.ศ. 2550). คู่มือเรื่องมาตรฐานอนามัยสิ่งแวดล้อม [Online] เข้าถึงได้จาก : n553_7e737d1ff6decd08e3616a1da3c8d07f_h004.pdf (moph.go.th) (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)

พล งามสวัสดิ์วงศ์, เมธาวดี เข้มทอง และหทัยนัตน์ ชนะขำ. 2558. การใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

มหาวิทยาลัยมหิดล ผลกระทบของสารมลพิษทางอากาศ [Online] เข้าถึงได้จาก : UntitledDocument (mahidol.ac.th) (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)

วนารักษ์ ไชพันธ์แก้ว. 2551. ไลเคนและการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่

ศิวพันธุ์ ชูอินทร์. 2553. การพัฒนาวิธีการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษทางอากาศด้วยวิธีการแบบพาสซีฟ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, หน้า 94.

ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพเฉลิมพระเกียรติ 72 พรรษาบรมราชินีนาถ มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. 2559. ไลเคนในหุบเขาลาพญา. พิมพ์ครั้งที่ 1. ยะลา : มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

สุนทรี ศิริรัตน์ประภา 2555. การพัฒนาแพลตฟอร์มสำหรับตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.sure.su.ac.th/xmlui/handle/123456789/10783> (วันที่สืบค้นข้อมูล 10 มี.ค. 2566)

สมพร จันทระ. 2548 การหาปริมาณไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศโดยใช้การเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ

สรณรัชฎ์ กาญจนะวณิชย์. 2553. นักสืบสายลม: คู่มือสำรวจไลเคนกรุงเทพฯ ตรวจสอบคุณภาพอากาศเมือง. กรุงเทพฯ : มูลนิธิโลกสีเขียว.

หน่วยวิจัยไลเคน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 2566. ไลเคน. [Online]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.lichen.ru.ac.th/> (วันที่สืบค้นข้อมูล 23 พ.ค. 2566)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- หนูเดือน เมืองแสน. พงศ์เทพ สุวรรณวารี. ดวงกมล แม้นศิริ. พงษ์ฤทธิ ครอบปรัชญา. และอรันย์ภัค พิทักษ์พงษ์. 2560. การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, หน้า 69
- Campos, V. P., Cruz, L. P.S., Godoi, R. H.M., Godoi, A.F. L., Tavares, T. M. 2010. “Development and validation of passive samplers for atmospheric monitoring of SO₂, NO₂, O₃ and H₂S in tropical areas.” Microchemical Journal. 96 : 132-138.
- Cruz, L. P.S., Campos, V. P., Novaes, J. A. P., Tavares, T. M. 2005. “Laboratory validation of a passive sampler for SO₂ atmospheric monitoring.” JBCS. 16 : 50-57.
- Ferm M. and Svanberg P.A 1998. “Cost-efficient techniques for ueban- and background measurements of SO₂ and NO₂.” Journal Atmospheric Environment. 32 : 1377-1381.
- Greaver T., McDow S., Phelan J., Kaylor S.D., Herrick J.D., Sarah Jovan. 2023. “Synthesis of lichen response to gaseous nitrogen: Ammonia versus nitrogen dioxide.” Journal Atmospheric Environment. 292 : 119396.
- Gilbert O. (2004). **Lichens - Naturally Scottish (Gilbert 2004)**. [Online]: Available : <https://www.scribd.com/document/359943251/Lichens-Naturally-scottish-Gilbert-2004-pdf#> (Accesed date: 6 June 2023)
- Grundström, M. and Pleijel H. 2014. “Limited effect of urban tree vegetation on NO₂ and O₃ concentrations near a traffic route.” Journal Environmental Pollution. 189 : 73-76.
- Khairuddin N.A. , Muhammad N., Hashim H.N., Yusof H., Jusoh S., Abas A. , Talip B.A., Abdullah N. and Din L.B. 2017. “Identification of Most Tolerant Lichen Species to Vehicular Traffic’s Pollutants at Batu Pahat Area.” AIP Conference Proceedings. 1891 : 020078-1–020078-5.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Nash III, T.H. 2008. **Lichen Biology**. 2nd ed. New York: Cambridge University Press.
- New Zealand Plant Conservation Network. 2023. **All flora species**. [Online]. Available: <https://www.nzpcn.org.nz/flora/species/> (Accessed date: 1 June 2023)
- NIEHS, 2015, **Ozone production from pollutants**. [Online] Available : <http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/ozone-pollution.htm> (Accessed date: 1 June 2023)
- Uherek E., 2015. **OH and the nitrogen oxide cycle**. [Online] Available : <http://www.xplora.org/downloads/Knoppix/ESPERE/ESPEREdez05/ESPEREde.htm> (Accessed date: June 1, 2023)
- Üzmez, Ö. Ö., Gaga, E. O., Ercan, Ö., Ceylan, Ö., Döğeroğlu, T. 2020. "Performance evaluation of a new three-in one diffusive sampler for monitoring NO₂, SO₂ and O₃." *Talanta*. 120829

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph)

ก-1 การวิเคราะห์ในเตรทไอออนโดยเครื่องโครมาโทกราฟี

การเตรียมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase Eluent) สำหรับการวิเคราะห์แอนไอออน

1) เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) กับโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) ที่มีความเข้มข้น 3.2 และ 1.0 มิลลิโมลาร์ (mM) โดยชั่ง Na_2CO_3 และ NaHCO_3 มา 0.6783 กรัม และ 0.1680 กรัม ตามลำดับ ละลายด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) ประมาณ 80 – 100 มิลลิลิตร

2) เติมอะซิโตน จำนวน 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันการเติบโตของแบคทีเรีย ปรับปริมาตรด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง จนได้ 2 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3) นำสารละลายที่ได้ไปไล่ก๊าซในอ่างอัลตราโซนิกนาน 30 นาที

4) นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแบบลดความดัน

5) นำมาแช่ในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 5 นาทีอีกครั้งเพื่อไล่ก๊าซออกไป

6) นำไปใส่บนถาดรองในชุดเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ทำการไล่ฟองอากาศออกจากภายในเส้นท่อทุกครั้งทำการเปลี่ยนสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่

ก-2 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

1) ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำประปา น้ำยาล้างเครื่องแก้ว และน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)

2) เติมกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 20% w/w (AR Grade) ลงไปในเครื่องแก้วและแช่ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมงส่วนเครื่องแก้วที่ไม่สามารถกักเก็บกรดไนตริกได้ เช่น ปีเปต ให้แช่ไว้ในบีกเกอร์และกระบอกตวง 1,000 มิลลิลิตรที่มีกรดไนตริกความเข้มข้นเท่ากัน

3) นำเครื่องแก้วที่แช่เสร็จแล้วมาทำการล้างด้วยน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง 3 ครั้ง ผึ่งหรืออบให้แห้งเก็บเครื่องแก้วไว้ในอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น ใส่ถุงซิปลาสติกปิดสนิท

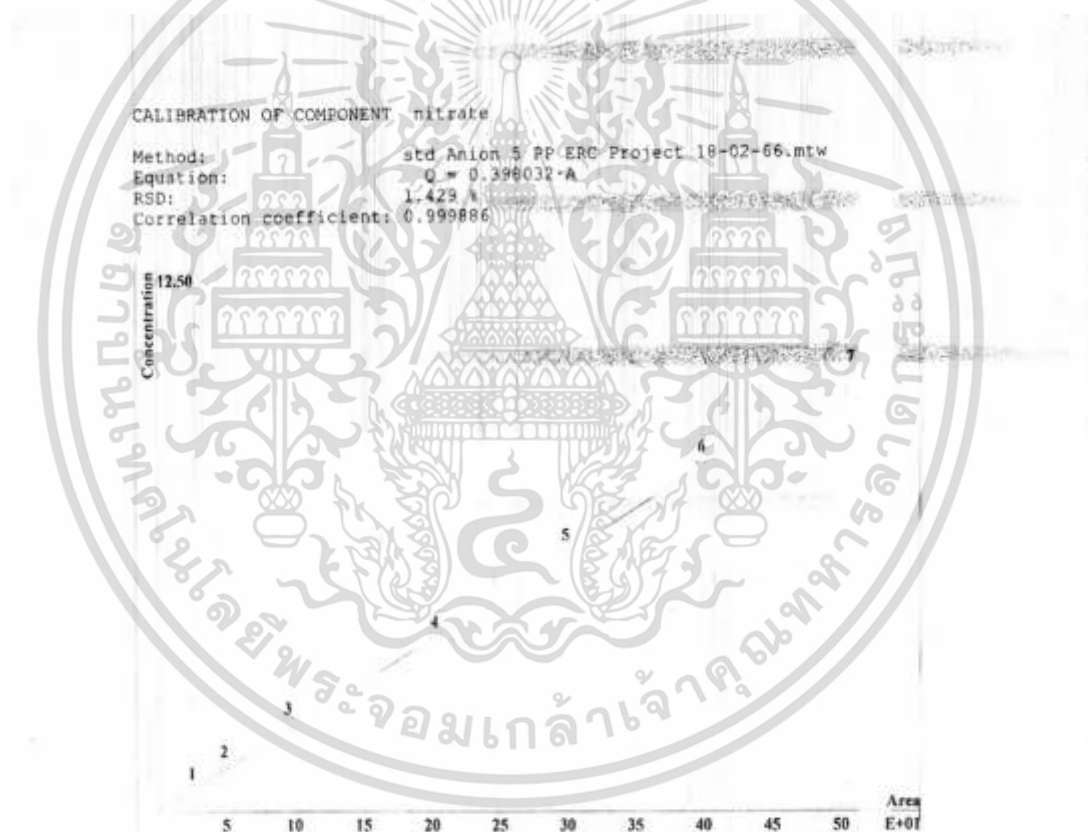
ก-3 การดูแลรักษาคอลัมน์ในไอออนโครมาโทกราฟี

1) ใช้คอลัมน์ที่มีความดันไม่เกินค่าที่ระบุไว้ได้สูงสุดในคุณลักษณะของคอลัมน์

2) การเก็บคอลัมน์เมื่อไม่ได้ใช้งาน ถ้าในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ให้เก็บไว้ในสารละลายที่ใช้ชะ (Eluent) พร้อมทั้งปิดจุกสนิท (plug) แต่ที่เป็นระยะยาวให้คอลัมน์ด้วยสารละลายที่เหมาะสม ในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บก่อนอย่างน้อย 10 นาที การเลือกสารละลายต้องดูการคำแนะนำของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดของคอลัมน์ แล้วจึงทำการถอดคอลัมน์และปิดจุกให้สนิท

3) การล้างในการทำความสะอาดคอลัมน์ เมื่อโครมาโทกราฟที่ได้พีคที่ผิดปกติและไม่สามารถจำแนกชนิดได้ว่าเป็นสารใด แสดงว่ามีสิ่งสกปรกติดค้างในคอลัมน์ แบ่งชนิดของสารตกค้างได้เป็น 3 พวก คือ ชนิดที่ละลายในกรด ละลายในเบส และละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ต้องเลือกสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดให้เหมาะสมเช่นกัน เช่น การล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเป็น 10 เท่าของสารละลายที่ใช้คอลัมน์ ถ้ามีไอออนของโลหะติดอยู่ อาจใช้กรดไฮโดรคลอริก 1-3 โมลาร์ ในการล้างหรือกรดที่ใช้คีเลต (Chelating agent) เช่น กรดออกซาลิก หรือตัวทำละลายอินทรีย์ เช่นอะซีโตน ผสมน้ำตามอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับพวกที่ตกค้างเป็นสารไม่มีขั้ว และไม่ชอบน้ำ (Nonionic and Hydrophobic)

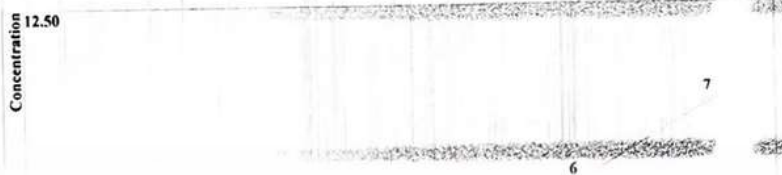


รูปที่ ก-1 กราฟมาตรฐานของสารละลายไนเตรท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALIBRATION OF COMPONENT sulphate

Method: std Anion 5 PP ERC Project 18-02-66.mtw
 Equation: $Q = 0.273241 \cdot A$
 RSD: 0.980 %
 Correlation coefficient: 0.999932



รูปที่ ก-2 กราฟมาตรฐานของสารละลายซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคน และพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

ข-1 ดัชนีของแซนนอน-เวียนเนอร์ (Shannon-Wiener's Index)

ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity indices) ใช้สูตรของ Shannon-Wiener's Index ดังนี้

$$H = -\sum_{i=1}^S (P_i)(\ln P_i)$$

เมื่อ H = ดัชนีความหลากหลาย
S = จำนวนชนิด
P_i = สัดส่วนของจำนวนหรือมวลชีวภาพของแต่ละชนิดถึง i

ตารางที่ ข-1.1 แนวสำรวจไลเคน, จำนวนพืชที่ศึกษา, จำนวนชนิดของไลเคน, และปริมาณไลเคนที่พบบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

จุดที่	ชื่อแนวเส้นสำรวจไลเคน	จำนวนพืชที่ ต้องศึกษา (ต้น)	จำนวน ชนิดไลเคนที่ พบ	ปริมาณไลเคนที่พบ (Thallus)
L1	สนามกีฬาสถาบันฯ	98	5	150
L2	หลังอุทยานพระจอมเกล้า	94	8	362
L3	ลานจอดรถจักรยานยนต์คณะ เทคโนโลยีสารสนเทศ	52	6	115
L4	สระน้ำลานพระรูป ร.๕	47	9	482
L5	หน้าอุทยานพระจอมเกล้าริมถนน ฉลองกรุง	50	5	244
L6	หน้าอาคารพอลิเมอร์คณะ วิทยาศาสตร์	19	5	98
L7	หลังตึกคณะบริหารธุรกิจใกล้ทางรถไฟ	53	5	84
L8	หลังหอประชุมใหญ่วิศวกรรมศาสตร์	65	7	681

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.1 แนวสำรวจไลเคน, จำนวนพืชที่ศึกษา, จำนวนชนิดของไลเคน, และปริมาณไลเคนที่พบบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (ต่อ)

L9	แยกตึก HM Building คณะ วิศวกรรมศาสตร์	131	8	287
L10	แยกหน้าคณะอุตสาหกรรมอาหาร	36	5	341

ตารางที่ ข-1.2 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพบริเวณสถาบันฯ

Species	No. of Sample	Pi	Log(Pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	146	0.0513	-1.29	-0.07
<i>Graphis</i> sp.	140	0.0492	-1.31	-0.06
<i>Anthracotheicum</i>	236	0.0830	-1.08	-0.09
<i>Amandinea extunata</i>	115	0.0404	-1.39	-0.06
<i>Trypethelium eluteriae</i>	7	0.0025	-2.61	-0.01
<i>Bacidia</i> sp.	2	0.0007	-3.15	0.00
<i>Dirinaria</i> sp.	956	0.3361	-0.47	-0.16
<i>Pycnidia</i> sp.	183	0.0643	-1.19	-0.08
<i>Physcia dimidiata</i>	949	0.3337	-0.48	-0.16
<i>Pyxine cocoes</i>	110	0.0387	-1.41	-0.05
SUM	2844			-0.73

ตารางที่ ข-1.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง A1				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Anthracotheicum</i>	7	0.0467	-1.33	-0.06
<i>Amandinea extunata</i>	8	0.0533	-1.27	-0.07
<i>Dirinaria</i> sp.	56	0.3733	-0.43	-0.16
<i>Physcia dimidiata</i>	71	0.4733	-0.32	-0.15
<i>Pyxine cocoes</i>	8	0.0533	-1.27	-0.07
SUM	150			-0.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง A2				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	8	0.0221	-1.66	-0.04
<i>Graphis</i> sp.	39	0.1077	-0.97	-0.10
<i>Anthracotheicum</i>	35	0.0967	-1.01	-0.10
<i>Amandinea extunata</i>	33	0.0912	-1.04	-0.09
<i>Dirinaria</i> sp.	95	0.2624	-0.58	-0.15
<i>Pycnidia</i> sp.	36	0.0994	-1.00	-0.10
<i>Physcia dimidiata</i>	101	0.2790	-0.55	-0.15
<i>Pyxine cocoes</i>	15	0.0414	-1.38	-0.06
SUM	362			-0.80
จุดเก็บตัวอย่าง A3				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	34	0.2957	-0.53	-0.1565
<i>Graphis</i> sp.	1	0.0087	-2.06	-0.0179
<i>Dirinaria</i> sp.	23	0.2000	-0.70	-0.1398
<i>Pycnidia</i> sp.	9	0.0783	-1.11	-0.0866
<i>Physcia dimidiata</i>	42	0.3652	-0.44	-0.1598
<i>Pyxine cocoes</i>	6	0.0522	-1.28	-0.0669
SUM	115			-0.63
จุดเก็บตัวอย่าง A4				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	46	0.0954	-1.02	-0.0974
<i>Graphis</i> sp.	8	0.0166	-1.78	-0.0295
<i>Anthracotheicum</i>	15	0.0311	-1.51	-0.0469
<i>Amandinea extunata</i>	6	0.0124	-1.90	-0.0237
<i>Trypethelium eluteriae</i>	3	0.0062	-2.21	-0.0137
<i>Dirinaria</i> sp.	114	0.2365	-0.63	-0.1481
<i>Pycnidia</i> sp.	18	0.0373	-1.43	-0.0533

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง A4				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Physcia dimidiata</i>	201	0.4170	-0.38	-0.1584
<i>Pyxine cocoes</i>	71	0.1473	-0.83	-0.1225
SUM	482			-0.69
จุดเก็บตัวอย่าง A5				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Graphis sp.</i>	1	0.0041	-2.39	-0.009784
<i>Anthracothecium</i>	3	0.0123	-1.91	-0.023487
<i>Dirinaria sp.</i>	107	0.4385	-0.36	-0.156994
<i>Physcia dimidiata</i>	124	0.5082	-0.29	-0.149394
<i>Pyxine cocoes</i>	9	0.0369	-1.43	-0.052862
SUM	244			-0.39
จุดเก็บตัวอย่าง A6				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Anthracothecium</i>	29	0.2959	-0.5288	-0.1565
<i>Dirinaria sp.</i>	52	0.5306	-0.2752	-0.1460
<i>Pycnidia sp.</i>	14	0.1429	-0.8451	-0.1207
<i>Physcia dimidiata</i>	2	0.0204	-1.6902	-0.0345
<i>Pyxine cocoes</i>	1	0.0102	-1.9912	-0.0203
SUM	98			-0.48
จุดเก็บตัวอย่าง A7				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	13	0.1548	-0.8103	-0.1254
<i>Graphis sp.</i>	17	0.2024	-0.6938	-0.1404
<i>Anthracothecium</i>	5	0.0595	-1.2253	-0.0729
<i>Dirinaria sp.</i>	41	0.4881	-0.3115	-0.1520
<i>Physcia dimidiata</i>	8	0.0952	-1.0212	-0.0973
SUM	84			-0.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-1.3 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายชีวภาพแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง A8				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	23	0.0338	-1.4714	-0.0497
<i>Graphis</i> sp.	71	0.1043	-0.9819	-0.1024
<i>Anthracotheicum</i>	64	0.0940	-1.0270	-0.0965
<i>Amandinea extunata</i>	68	0.0999	-1.0006	-0.0999
<i>Dirinaria</i> sp.	191	0.2805	-0.5521	-0.1549
<i>Pycnidia</i> sp.	65	0.0954	-1.0202	-0.0974
<i>Physcia dimidiata</i>	199	0.2922	-0.5343	-0.1561
SUM	681			-0.76
จุดเก็บตัวอย่าง A9				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	17	0.0592	-1.2274	-0.0727
<i>Graphis</i> sp.	3	0.0105	-1.9808	-0.0207
<i>Anthracotheicum</i>	26	0.0906	-1.0429	-0.0945
<i>Trypethelium eluteriae</i>	4	0.0139	-1.8558	-0.0259
<i>Bacidia</i> sp.	2	0.0070	-2.1569	-0.0150
<i>Dirinaria</i> sp.	145	0.5052	-0.2965	-0.1498
<i>Pycnidia</i> sp.	23	0.0801	-1.0962	-0.0878
<i>Physcia dimidiata</i>	67	0.2334	-0.6318	-0.1475
SUM	287			-0.61
จุดเก็บตัวอย่าง A10				
Species	No. of Sample	Pi	Log(pi)	Pi*log (Pi)
<i>Chrysothrix xanthina</i>	5	0.0147	-1.8338	-0.0269
<i>Anthracotheicum</i>	52	0.1525	-0.8168	-0.1245
<i>Dirinaria</i> sp.	132	0.3871	-0.4122	-0.1596
<i>Pycnidia</i> sp.	18	0.0528	-1.2775	-0.0674
<i>Physcia dimidiata</i>	134	0.3930	-0.4056	-0.1594
SUM	341			-0.54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข-2 พารามิเตอร์ต่างๆ ที่มีผลต่อการเจริญของไลเคน

ตารางที่ ข-2.1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองการเก็บตัวอย่าง (กรมอุตุนิยมวิทยา
บางนา, 2566)

วันที่ ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณ น้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็ว ลมสูงสุด (น็อต)	ความกด อากาศ (เฮกโต ปาสคาล)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย				
10 ก.พ. 66	25.8	32.5	28.31	83.56	-	5.44	-
11 ก.พ. 66	26.2	32.1	28.53	79.58	-	6.02	-
12 ก.พ. 66	25.8	32	28.36	84.17	-	6.8	-
13 ก.พ. 66	25.9	30.9	28.23	87.96	-	6.22	-
14 ก.พ. 66	25.5	33.4	28.79	86.42	-	4.85	-
15 ก.พ. 66	22.5	27	25.09	100	87.2	5.64	-
16 ก.พ. 66	21.9	29.1	25.68	82.25	-	5.25	-
17 ก.พ. 66	24.5	30	26.8	62.46	-	5.64	1010.77
18 ก.พ. 66	24.1	32.5	27.63	73	-	5.05	1013.2
19 ก.พ. 66	23.6	34.2	28.68	54.46	-	3.5	1010.6
20 ก.พ. 66	25.3	32.1	28.06	54.96	-	5.64	1011.9
21 ก.พ. 66	23.9	32.8	28	53.5	-	5.05	1010.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2.1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองการเก็บตัวอย่าง (กรมอุตุนิยมวิทยา
บางนา, 2566) (ต่อ)

วันที่ ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้น สัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณ น้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลม สูงสุด (น็อต)	ความกด อากาศ (เฮกโต ปาสคาล)
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย				
22 ก.พ. 66	24.6	32.9	28.25	50.65	-	5.44	1012.43
23 ก.พ. 66	23.6	33.4	28.25	54.83	-	4.28	1011.21
24 ก.พ. 66	22.8	34.9	29.2	48.88	-	5.25	1010.16
25 ก.พ. 66	23.9	31.2	27.59	45.54	-	8.16	1014.86
1 มี.ค. 66	18.9	34.9	27	62.78	-	8.16	1014.47
2 มี.ค. 66	20.7	34.9	27.8	67.52	-	8.16	1013.9
3 มี.ค. 66	24.5	32.9	28.33	43.5	-	5.25	1015.87
4 มี.ค. 66	23.8	32.3	27.58	47.08	-	5.83	1016.79
5 มี.ค. 66	23.1	32.4	27.5	51.71	-	5.44	1015.83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข-2.2 ค่าความเข้มแสง (Light intensity) พีเอชของเปลือกไม้ (Bark pH) และเส้นรอบวง
ต้นไม้ของจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์)	พีเอชเปลือกไม้	เส้นรอบวงต้นไม้ (เซนติเมตร)
A1	4.76E+06	5.530	51.2
A2	7.00E+05	5.090	46.0
A3	3.54E+06	5.685	83.2
A4	4.78E+06	6.125	42.4
A5	5.03E+06	5.850	61.2
A6	4.15E+06	5.215	77.5
A7	1.69E+06	5.530	104.5
A8	9.80E+05	5.525	52.0
A9	1.43E+06	5.210	96.5
A10	4.21E+06	5.745	93.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ

ค-1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ตารางที่ ค-1.1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ในอากาศ

ตัวอย่าง	NO ₃ ⁻ ion chromatograph (ppm)	[NO ₃ ⁻] (μM)	[NO ₂] (nmoles/m ³)	[NO ₂] (ppb)	Average (ppb)	SD
A1/1	266.5830	4299.7258	79.3361	19.4102		
A1/2	320.8350	5174.7581	95.4816	23.3603		
A1/3	273.3640	4409.0968	81.3541	19.9039	20.8915	2.1523

ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศคำนวณด้วยสมการ (คิวพินธุ์ ชูอินทร์, 2553)

$$C = \frac{L \times V \times [B]}{D \times T}$$

เมื่อ	C	คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ (nmoles/m ³)
	V	คือ ปริมาตรที่ใช้สกัด (mL)
	L	คือ ระยะความยาวของการแพร่ (m)
	D	คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ
	T	คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (s)
	[B]	คือ ความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง (μM)

การคำนวณความเข้มข้นของไนเตรท [NO₃⁻] ในตัวอย่าง

$$\begin{aligned}
 [B] = [\text{NO}_3^-] &= 266.5830 \text{ ppm} = 266.5830 \text{ } \mu\text{g/mL} \\
 &= \frac{266.5830 \text{ } \mu\text{g/mL}}{62 \text{ } \text{g/mol}} \times 1000 \text{ mL} \\
 &= 4299.7258 \text{ } \mu\text{M} \text{ ของ } [\text{NO}_3^-]
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ [NO₂] ในหน่วย (nmoles/m³)

$$\begin{aligned}
 [\text{O}_3] &= \frac{L \times V \times [B]}{D \times T} \\
 &= \frac{0.055 \text{ m} \times 4 \text{ mL} \times 4299.7258 \text{ } \mu\text{M}}{1.38 \times 10^{-5} \text{ m/s} \times 864000 \text{ s}} \\
 &= 79.3361 \text{ nmoles/m}^3
 \end{aligned}$$

เปลี่ยนหน่วยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จาก nmoles/m³ เป็น ppb

เมื่อ C_{air} คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ nmoles/m³

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ (0.0821 L.atm/mol.K)

P คือ ความดันบรรยากาศเท่ากับ 1 atm

T คือ อุณหภูมิ (K)

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น } C_{\text{air}} &= C \times R \times T \times P \times 10^{-3} \\
 \text{NO}_2 \text{ (ppb)} &= 79.3361 \times 0.0821 \times (273+25) \times 1 \times 10^{-3} \\
 &= 19.4102 \text{ ppb}
 \end{aligned}$$

ตารางที่ ค-1.2 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 10-20 กุมภาพันธ์ 2566

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	NO ₃ ⁻	NO ₂	NO ₂	avg.	SD
		(ppm)	NO ₂	(ppb)		
1	A1/1	266.5830	4299.7258	79.3361	20.8915	2.1523
	A1/2	320.8350	5174.7581	95.4816		
	A1/3	273.3640	4409.0968	81.3541		
2	A2/1	196.6340	3171.5161	58.5190	15.0298	0.7060
	A2/2	206.6070	3332.3710	61.4870		
	A2/3	216.0230	3484.2419	64.2892		
3	A3/1	272.1130	4388.9194	80.9818	24.5661	5.9734
	A3/2	310.5870	5009.4677	92.4318		
	A3/3	429.4850	6927.1774	127.8163		
4	A4/1	97.1820	1567.4516	28.9217	8.9682	1.6388
	A4/2	136.1430	2195.8548	40.5166		
	A4/3	136.1880	2196.5806	40.5300		
5	A5/1	247.1280	3985.9355	73.5462	16.3243	
	A5/2	224.2005	3616.1371	66.7229		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ข้อมูลไปและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.2 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 10-20 กุมภาพันธ์ 2566 (ต่อ)

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	NO ₃ - (ppm)	NO ₂	NO ₂ (nmoles/m ³)	NO ₂ (ppb)	avg.	SD
6	A5/3	126.4080	2038.8387	37.6195	9.2039	14.5073	4.6681
	A6/1	310.0200	5000.3226	92.2631	22.5729		
	A6/2	-	-	-	-		
	A6/3	-	-	-	-		
7	A7/1	270.0075	4354.9597	80.3552	19.6595	13.3811	5.8104
	A7/2	168.7995	2722.5726	50.2353	12.2905		
	A7/3	112.5285	1814.9758	33.4889	8.1933		
8	A8/1	250.9365	4047.3629	74.6796	18.2710	16.8826	5.2075
	A8/2	291.9225	4708.4274	86.8772	21.2552		
	A8/3	152.7450	2463.6290	45.4575	11.1215		
9	A9/1	168.8205	2722.9113	50.2416	12.2920	14.4369	1.8598
	A9/2	211.7550	3415.4032	63.0190	15.4181		
	A9/3	214.2630	3455.8548	63.7654	15.6007		
10	A10/1	304.7475	4915.2823	90.6939	22.1890	17.6938	5.4070
	A10/2	160.6050	2590.4032	47.7966	11.6938		
	A10/3	263.6775	4252.8629	78.4714	19.1986		
Blank		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

หมายเหตุ : 1) ตัวอย่าง A6/1 และ A6/2 มีความผิดพลาดขณะตั้งเก็บตัวอย่างอากาศทำให้ไม่มีปริมาณความเข้มข้นในตาราง

2) Blank มีความเข้มข้นเป็น 0.0000 เนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่างใช้พาราฟิล์มปิดไม่สามารถนำแบลงค์จากการทดลองมาคำนวณได้ จึงอ้างอิงความเข้มข้นของแบลงค์จาก (พล และคณะ, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.3 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	NO ₃ ⁻		NO ₂		avg.	SD
		(ppm)	NO ₂	(nmoles/m ³)	(ppb)		
1	A1/1	74.9430	1208.7581	22.3033	5.4567		
	A1/2	86.6685	1397.8790	25.7929	6.3104		
	A1/3	109.4805	1765.8145	32.5818	7.9714	6.5795	1.2788
2	A2/1	91.4865	1475.5887	27.2267	6.6612		
	A2/2	103.5015	1669.3790	30.8024	7.5361		
	A2/3	96.7065	1559.7823	28.7802	7.0413	7.0795	0.4387
3	A3/1	141.8025	2287.1371	42.2009	10.3248		
	A3/2	194.7150	3140.5645	57.9479	14.1774		
	A3/3	185.9235	2998.7661	55.3315	13.5373	12.6798	2.0645
4	A4/1	156.2430	2520.0484	46.4985	11.3762		
	A4/2	154.7790	2496.4355	46.0628	11.2696		
	A4/3	136.1625	2196.1694	40.5224	9.9141	10.8533	0.8151
5	A5/1	155.2740	2504.4194	46.2101	11.3057		
	A5/2	62.5815	1009.3790	18.6245	4.5566		
	A5/3	135.2295	2181.1210	40.2448	9.8462	8.5695	3.5510
6	A6/1	120.0510	1936.3065	35.7276	8.7410		
	A6/2	147.7320	2382.7742	43.9656	10.7565		
	A6/3	116.7870	1883.6613	34.7562	8.5034	8.7410	1.2380
7	A7/1	81.9780	1322.2258	24.3969	5.9689		
	A7/2	102.1080	1646.9032	30.3877	7.4346		
	A7/3	99.9660	1612.3548	29.7502	7.2786	6.8940	0.8050
8	A8/1	77.1210	1243.8871	22.9515	5.6153		
	A8/2	134.6445	2171.6855	40.0707	9.8036		
	A8/3	74.2380	1197.3871	22.0935	5.4054	6.9414	2.4810
9	A9/1	107.2620	1730.0323	31.9216	7.8099		
	A9/2	166.2420	2681.3226	49.4742	12.1043		
	A9/3	142.3800	2296.4516	42.3728	10.3668	10.0937	2.1602
10	A10/1	109.7055	1769.4435	32.6488	7.9878		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในของโรงเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-1.3 ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566 (ต่อ)

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	NO ₃ - (ppm)	NO ₂ (ppm)	NO ₂ (nmoles/m ³)	NO ₂ (ppb)	avg.	SD
A10/2		168.3375	2715.1210	50.0978	12.2568		
A10/3		71.8095	1158.2177	21.3708	5.2285	8.4910	3.5411
Blank		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

หมายเหตุ : Blank มีความเข้มข้นเป็น 0.0000 เนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่างใช้พาราฟิล์มปิดไม่สามารถนำแบลงค์จากการทดลองมาคำนวณได้ จึงอ้างอิงความเข้มข้นของแบลงค์จาก (พล และคณะ, 2558)

ค-2 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตารางที่ ค-2.1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในอากาศ

ตัวอย่าง	SO ₄ ²⁻ ion chromatograph (ppm)	[SO ₄ ²⁻] (μM)	[SO ₂] (nmoles/m ³)	[SO ₂] (ppb)	Average (ppb)	SD
A1/1	2.7690	28.8227	0.4893	0.1197		
A1/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
A1/3	3.8880	40.4705	0.6870	0.1681	0.0959	0.0865

ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศคำนวณด้วยสมการ (ศิริพันธุ์, 2553)

$$C = \frac{L \times V \times [B]}{D \times T}$$

- เมื่อ C คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ (nmoles/m³)
 V คือ ปริมาตรที่ใช้สกัด (ml)
 L คือ ระยะความยาวของการแพร่ (m)
 D คือ สัมประสิทธิ์การแพร่ของก๊าซ
 T คือ ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง (s)
 [B] คือ ความเข้มข้นของสารในตัวอย่าง (μM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณความเข้มข้นของซัลเฟต [SO₄²⁻] ในตัวอย่าง

$$\begin{aligned}
 [B] = [\text{SO}_4^{2-}] &= 2.7690 \text{ ppm} = 2.7690 \text{ } \mu\text{g/mL} \\
 &= \frac{2.7690 \text{ } \mu\text{g/mL}}{96.07 \text{ g/mol}} \times 1000 \text{ mL} \\
 &= 28.8227 \text{ } \mu\text{M} \text{ ของ } [\text{SO}_4^{2-}]
 \end{aligned}$$

การคำนวณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ [SO₂] ในหน่วย (nmoles/m³)

$$\begin{aligned}
 [\text{SO}_2] &= \frac{L \times V \times [B]}{D \times T} \\
 &= \frac{0.055 \text{ m} \times 4 \text{ mL} \times 28.8227 \text{ } \mu\text{M}}{1.38 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \times 864000 \text{ s}} \\
 &= 0.4893 \text{ nmoles/m}^3
 \end{aligned}$$

เปลี่ยนหน่วยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จาก nmoles/m³ เป็น ppb

เมื่อ C_{air} คือ ความเข้มข้นของสารมลพิษทางอากาศในบรรยากาศ nmoles/m³

R คือ ค่าคงที่ของก๊าซ (0.0821 L.atm/mol.K)

P คือ ความดันบรรยากาศเท่ากับ 1 atm

T คือ อุณหภูมิ (K)

ดังนั้น C_{air} = C × R × T × P × 10⁻³

SO₂ (ppb) = 0.4893 × 0.0821 × (273+25) × 1 × 10⁻³

= 0.1197 ppb

ตารางที่ ค-2.2 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 10-20 กุมภาพันธ์ 2566

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	SO ₄ ²⁻		SO ₂		avg.	SD
		(ppm)	SO ₂	(nmoles/m ³)	SO ₂ (ppb)		
1	A1/1	2.7690	28.8227	0.4893	0.1197		
	A1/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A1/3	3.8880	40.4705	0.6870	0.1681	0.0959	0.0865
2	A2/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A2/2	0.6880	7.1614	0.1216	0.0297		
	A2/3	0.2210	2.3004	0.0391	0.0096	0.0131	0.0152
3	A3/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A3/2	0.1600	1.6655	0.0283	0.0069		
	A3/3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0023	0.0040

เอกสารนี้เป็นเอกสารอ้างอิง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้ง A3/3 กิ่งห้ 0.0000 ัดแปลง 0.0000 ละต้องอ 0.0000 ัจของ 0.0000 ูกคร้ 0.0023 ัน 0.0040

ตารางที่ ค-2.2 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 10-20 กุมภาพันธ์ 2566 (ต่อ)

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	NO ₃ ⁻		NO ₂		avg.	SD
		(ppm)	NO ₂	(nmoles/m ³)	(ppb)		
4	A4/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A4/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A4/3	0.0555	0.5777	0.0098	0.0024	0.0008	0.0014
5	A5/1	0.3060	3.1852	0.0541	0.0132		
	A5/2	0.2895	3.0134	0.0512	0.0125		
	A5/3	0.2145	2.2327	0.0379	0.0093	0.0117	0.0021
6	A6/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A6/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A6/3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
7	A7/1	0.2070	2.1547	0.0366	0.0089		
	A7/2	0.2490	2.5919	0.0440	0.0108		
	A7/3	0.0495	0.5152	0.0087	0.0021	0.0073	0.0045
8	A8/1	0.2970	3.0915	0.0525	0.0128		
	A8/2	0.2715	2.8261	0.0480	0.0117		
	A8/3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0082	0.0071
9	A9/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A9/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A9/3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	A10/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A10/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	A10/3	0.6300	6.5577	0.1113	0.0272	0.0091	0.0157
Blank		0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

หมายเหตุ : 1) ตัวอย่าง A6/1 และ A6/2 มีความผิดพลาดขณะตั้งเก็บตัวอย่างอากาศทำให้ไม่มีปริมาณความเข้มข้นในตาราง
 2) Blank มีความเข้มข้นเป็น 0.0000 เนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่างใช้พาราฟิล์มปิดไม่สามารถนำแบลงค์จากการทดลองมาคำนวณได้ จึงอ้างอิงความเข้มข้นของแบลงค์จาก (พล และคณะ, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.3 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	SO ₄ ²⁻	SO ₂		avg.	SD
		(ppm)	SO ₂	(nmoles/m ³)		
1	A1/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	A1/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	A1/3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	A2/1	10.4130	108.3897	1.8399	0.4502	
	A2/2	12.3945	129.0153	2.1901	0.5358	
	A2/3	10.5285	109.5920	1.8604	0.4552	0.4804
3	A3/1	10.8045	112.4649	1.9091	0.4671	
	A3/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	A3/3	16.6965	173.7951	2.9502	0.7218	0.3963
4	A4/1	13.7445	143.0676	2.4286	0.5942	
	A4/2	19.5855	203.8670	3.4607	0.8467	
	A4/3	11.6550	121.3178	2.0594	0.5039	0.6482
5	A5/1	21.6855	225.7260	3.8318	0.9375	
	A5/2	6.7755	70.5267	1.1972	0.2929	
	A5/3	15.7635	164.0835	2.7854	0.6815	0.6373
6	A6/1	11.6115	120.8650	2.0517	0.5020	
	A6/2	5.2440	54.5852	0.9266	0.2267	
	A6/3	11.8410	123.2539	2.0923	0.5119	0.4135
7	A7/1	6.7890	70.6672	1.1996	0.2935	
	A7/2	11.0310	114.8225	1.9491	0.4769	
	A7/3	4.1055	42.7345	0.7254	0.1775	0.3159
8	A8/1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	A8/2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	A8/3	8.1930	85.2816	1.4477	0.3542	0.1181
9	A9/1	15.1530	157.7287	2.6775	0.6551	
	A9/2	17.0985	177.9796	3.0213	0.7392	
	A9/3	26.1225	271.9111	4.6158	1.1293	0.8412
10	A10/1	11.0415	114.9318	1.9510	0.4773	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค-2.3 ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการเก็บตัวอย่างรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 23 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566 (ต่อ)

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	SO ₄ ²⁻ (ppm)	SO ₂	SO ₂ (nmoles/m ³)	SO ₂ (ppb)	avg.	SD
	A10/2	27.0405	281.4666	4.7780	1.1690		
	A10/3	0.6165	6.4172	0.1089	0.0267	0.5577	0.4891
	Blank	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

หมายเหตุ : Blank มีความเข้มข้นเป็น 0.0000 เนื่องจากวิธีการเก็บตัวอย่างใช้พาราฟิล์มปิดไม่สามารถนำแบลงค์จากการทดลองมาคำนวณได้ จึงอ้างอิงความเข้มข้นของแบลงค์จาก (พล และคณะ, 2558)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง

การคำนวณทางสถิติ

ง 1. การคำนวณทางสถิติของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

ตารางที่ ง-1.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ครั้งที่ 1 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
จุดเก็บ	9	525.2	58.35	3.31	0.015
Error	18	317.7	17.65		
Total	27	842.9			

ตารางที่ ง-1.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ครั้งที่ 1 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

จุดเก็บ	N	Mean	Grouping
3	3	24.57	A
6*	1	22.57	A B
1	3	20.89	A B
10	3	17.69	A B
8	3	16.88	A B
2	3	15.030	A B
5	3	14.51	A B
9	3	14.44	A B
7	3	13.38	A B
4	3	8.968	B

หมายเหตุ 1) * มีข้อผิดพลาดขณะเก็บตัวอย่างทำให้ตัวอย่างที่ 6 มีตัวอย่างเพียง 1 ตัวอย่าง

2) A, AB, B แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนได

ออกไซด์ ชุดข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เชื่อม 95%
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ครั้งที่ 2 ในจุดเก็บ
ตัวอย่างทั้ง 10 จุด

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
จุดเก็บ	9	108.99	12.110	2.70	0.031
Error	20	89.81	4.491		
Total	29	198.80			

ตารางที่ ง-1.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ครั้งที่ 2 ในแต่ละจุด
เก็บตัวอย่าง

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

จุดเก็บ	N	Mean	Grouping
3	3	12.68	A
4	3	10.853	A
9	3	10.09	A
6	3	9.334	A
5	3	8.57	A
10	3	8.49	A
2	3	7.080	A
8	3	6.94	A
7	3	6.894	A
1	3	6.580	A

หมายเหตุ A แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในการ
เก็บตัวอย่างครั้งที่ 2 ชุดข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ One-way
ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-1.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม 2566 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
จุดเก็บ	9	330.5	36.72	1.12	0.369
Error	48	1577.9	32.87		
Total	57	1908.4			

ตารางที่ ง-1.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 10 กุมภาพันธ์ – 5 มีนาคม 2566 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

จุดเก็บ	N	Mean	Grouping
3	6	18.62	A
1	6	13.74	A
10	6	13.09	A
6*	4	12.64	A
9	6	12.27	A
8	6	11.91	A
5	6	11.54	A
2	6	11.05	A
7	6	10.14	A
4	6	9.911	A

หมายเหตุ 1)* มีข้อผิดพลาดขณะเก็บตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ครั้งที่ 1 ทำให้ตัวอย่างที่ 6 มีตัวอย่างเพียง 1 ตัวอย่าง

2) A แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย ชุดข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง 2. การคำนวณทางสถิติของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตารางที่ ง-2.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ครั้งที่ 1 ในจุดเก็บ
ตัวอย่างทั้ง 10 จุด

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
จุดเก็บตัวอย่าง	9	0.02208	0.002453	2.74	0.033
Error	18	0.01612	0.000895		
Total	27	0.03820			

ตารางที่ ง-2.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ครั้งที่ 1 ในแต่ละจุด
เก็บตัวอย่าง

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Mean	Grouping
1	3	0.0959	A
2	3	0.01310	A B
5	3	0.01167	A B
10	3	0.00908	A B
8	3	0.00819	B
7	3	0.00728	B
3	3	0.00231	B
4	3	0.000800	B
9	3	0.000000	B
6*	1	0.000000	A B

หมายเหตุ 1) * มีข้อผิดพลาดขณะเก็บตัวอย่างทำให้ตัวอย่างที่ 6 มีตัวอย่างเพียง 1 ตัวอย่าง

2) A, AB, B แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ชุดข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2.3 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ครั้งที่ 2 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
จุดเก็บตัวอย่าง	9	1.722	0.19131	2.52	0.041
Error	20	1.518	0.07591		
Total	29	3.240			

ตารางที่ ง-2.4 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ครั้งที่ 2 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Mean	Grouping
9	3	0.841	A
4	3	0.648	A B
5	3	0.637	A B
10	3	0.558	A B
2	3	0.4804	A B
6	3	0.4135	A B
3	3	0.396	A B
7	3	0.3159	A B
8	3	0.118	A B
1	3	0.000000	B

หมายเหตุ A, AB, B แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ชุดข้อมูลที่มีตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2.5 วิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยตั้งแต่วันที่ 10
กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
จุดเก็บตัวอย่าง	9	1.722	0.19131	2.52	0.041
Error	20	1.518	0.07591		
Total	29	3.240			

ตารางที่ ง-2.6 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยตั้งแต่วันที่
10 กุมภาพันธ์ - 5 มีนาคม 2566 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

จุดเก็บตัวอย่าง	N	Mean	Grouping
9	6	0.421	A
4	6	0.325	A
5	6	0.324	A
6*	4	0.310	A
10	6	0.283	A
2	6	0.247	A
3	6	0.199	A
7	6	0.1616	A
8	6	0.0631	A
1	6	0.0480	A

หมายเหตุ 1)* มีข้อผิดพลาดขณะเก็บตัวอย่างจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ครั้งที่ 1 ทำให้ตัวอย่างที่ 6 มี
ตัวอย่างเพียง 1 ตัวอย่าง

2) A แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ย
ชุดข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ One-way ANOVA ที่ระดับความ
เชื่อมั่น 95%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



งานทะเบียนคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

คำรับรองเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ข้าพเจ้า นาย/นาง/นางสาว..... นภัสสร..... ทศนจรรยา..... รหัสประจำตัว..... 62050399.....

นาย/นาง/นางสาว..... ผานิตา..... ปานรอด..... รหัสประจำตัว..... 62050417.....

นาย/นาง/นางสาว..... พีรวัฒน์..... ยอดกมลศาสตร์..... รหัสประจำตัว..... 62050420.....

นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา..... เคมีสิ่งแวดล้อม..... ภาควิชา..... เคมี.....

ขอรับรองว่าโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา เรื่อง

ชื่อภาษาไทย....การประเมินคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพและปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นตัวบ่งชี้ทางมลพิษอากาศ.....

ชื่อภาษาอังกฤษ....Assessment of Air Quality at King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang using Lichens as Bioindicator and Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide Concentrations as Air Pollutant Indicator.....

ปีการศึกษา..... 2565.....

เป็นผลงานวิจัยที่มีได้คัดลอกหรือละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้อื่นและได้ผ่านการตรวจสอบความซ้ำซ้อนเรียบร้อยแล้ว และได้แนบเอกสารการตรวจสอบการลอกเลียนงานวรรณกรรมที่ตรวจสอบจากเล่มโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์แล้ว

โปรแกรมอักษรวินิจฉัย..... 6.30.....% หรือโปรแกรม Turnitin.....%

ลงชื่อ..... นภัสสร ทศนจรรยา..... ลงชื่อ..... ผานิตา..... ลงชื่อ..... พีรวัฒน์

(นภัสสร ทศนจรรยา)

(ผานิตา ปานรอด)

(พีรวัฒน์ ยอดกมลศาสตร์)

นักศึกษา

นักศึกษา

นักศึกษา

ข้าพเจ้า ศ. / รศ. / ผศ. / ดร. / อ..... สุวรรณิ จรรยาพูน..... อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษา ได้ตรวจสอบโครงการพิเศษ/ปัญหาพิเศษ/สหกิจศึกษาของนักศึกษาข้างต้น แล้ว ขอรับรองว่าเป็นผลงานวิจัยของนักศึกษาจริงและมีเนื้อหาสมบูรณ์ จึงลงชื่อไว้เป็นหลักฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ลงชื่อ..... อ. สุวรรณิ จรรยาพูน..... ลงชื่อ..... อ. [Signature]..... ถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม