

การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
Using lichen as air pollution index at
Suvarnabhumi Airport



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม
ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2558

การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

Using lichen as air pollution index at

Suvarnabhumi Airport



T148951



นาย พล งามสวัสดิ์วงศ์
นางสาว เมธาวดี เข้มทอง
นางสาว หทัยรัตน์ ชนะขำ

เลขหมู่.....148951
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี 18 S.ค. 2560

b. 12877635
l.

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา เคมีสิ่งแวดล้อม

ภาควิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

USING LICHEN AS AIR POLLUTION INDEX AT
SUARNABHUMI AIRPORT



A SPECIAL PROJECT PROBLEM EDUCATION SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
IN ENVIRONMENTAL RESOURCE CHEMISTRY

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

FACULTY OF SCIENCE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACEDMIC YEAR 2015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยาน
สุวรรณภูมิ

USING LICHEN AS AIR POLLUTION INDEX AT
SUARNABHUMI AIRPORT

ชื่อนักศึกษา

นาย พล งามสวัสดิวงศ์ รหัสนักศึกษา 55050964
นางสาว เมธาวดี เข้มทอง รหัสนักศึกษา 55050974
นางสาว หทัยรัตน์ ชนะขำ รหัสนักศึกษา 55051030

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)

ภาควิชา

เคมี




ปีการศึกษา

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ผศ. กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ ประธานกรรมการ	
ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย กรรมการ	
อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
ชื่อนักศึกษา	นาย พล งามสวัสดิวงศ์ รหัสนักศึกษา 55050964 นางสาว เมธาวดี เข้มทอง รหัสนักศึกษา 55050974 นางสาว หทัยรัตน์ ชนะขำ รหัสนักศึกษา 55051030
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีสิ่งแวดล้อม)
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์

บทคัดย่อ

การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิได้ทำการสำรวจชนิดพร้อมเก็บตัวอย่างไลเคน ที่พบและตรวจวัดคุณภาพอากาศ จำนวน 10 จุด ระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ทำการเก็บตัวอย่าง อากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟชนิดหลอด โดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 10 วันนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟี พร้อมตรวจวัดข้อมูลอุตุนิยมหาวิทยาลัยที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 5 วงศ์ 9 สกุล และ 10 ชนิด ได้แก่ *Chrysothrix xanthina*, *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Trypethelium eluteriae.*, *Dirinaria* sp., *Hyperphyscia* sp., *Pycnidia* sp., *Pyxine cocoesc*, *Pyxine dimidiate* และ *Amandinea extunata* ชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Pyxine cocoesc* และ *Dirinaria* sp. ปริมาณของ SO₂ และ NO₂ ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษาพบว่า เดือนกันยายน พ.ศ.2558 เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ค่า SO₂ ที่วัดได้อยู่ในช่วง 5.69-60.50, 1.39-51.12 และ 6.94-55.91 ppbv ตามลำดับ ค่า NO₂ ที่วัดได้อยู่ในช่วง 10.94-97.97, 15.87-69.15 และ 19.66-80.29 ppbv ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าปริมาณ SO₂ และ NO₂ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (p > 0.05) โดยจุดเก็บตัวอย่างครุวิหารบินไทยมีปริมาณ SO₂ และ NO₂ สูงสุดผลที่ได้จากการ ใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศและตรวจวัดปริมาณ SO₂ และ NO₂ สรุปได้ว่าในบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิคุณภาพอากาศอยู่ในระดับพอใช้

คำสำคัญ : ไลเคน, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์, อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพาสซีฟ, ไอออนโครมาโทกราฟี

Title	Using lichen as air pollution index at Suvarnabhumi Airport
Students	Mr. Pon Ngamswadwong Student ID 55050964 Miss Methawadee Khemthong Student ID 55050974 Miss Hatairat Chanakam Student ID 55051030
Degree	Bachelor of Science (Environmental Resource Chemistry)
Department	Chemistry
Academic Year	2558
Advisor	Glinsukol Suwannarat

Abstract

According to the study on the use of lichen as air pollution index in Suvarnabhumi Airport. The survey was conducted with samples of the lichen species around Suvarnabhumi Airport 10 points from August 2015 to October 2015. Air samples were collected for determination of sulfur dioxide (SO₂) and nitrogen dioxide (NO₂) in the ambient air by using passive sampling. Passive sampling tubes were hung and leaved for 10 days. Ion chromatography was used for SO₂ and NO₂ analyzes. The results found a total of 5 lichen families, 9 genera, and 10 species *Chrysothrix xanthina*, *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Trypethelium eluteriae*, *Dirinaria* sp., *Hyperphyscia* sp., *Pycnidia* sp., *Pyxine cocoesc*, *Pyxine dimidiata* and *Amandinea extunata*. The major type were *Pyxine cocoesc* and *Dirinaria* sp. And the amount of SO₂ and NO₂ each area in August and September 2015, respectively. While in October 2015, SO₂ concentration in each were range 5.69-60.50, 1.39-51.12 and 6.94-55.91 ppbv respectively. NO₂ concentration in each area range 10.94-97.97, 15.87-69.15 and 19.66-80.29 ppbv respectively. The statistical analysis of the ANOVA found that content in each area did not significantly different (p>0.05). Furthermore, at the catering sampling site had the highest value. For conclusion, that the ambient air quality around Suvarnabhumi Airport was fair.

Keywords : Lichen, Sulfer Dioxide, Nitrogen Dioxide, Passive Sampler, Ion Chromatograph

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากไม่ได้รับความช่วยเหลือ ความอนุเคราะห์ คำแนะนำ ตลอดจนกำลังใจที่ดีและเป็นประโยชน์จากบุคคลหลายท่าน

ขอขอบพระคุณ อาจารย์กมลสินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการพิเศษ ที่คอยให้คำปรึกษา คำแนะนำที่มีประโยชน์เป็นอย่างมาก คอยดูแลเอาใจใส่ รวมทั้งกำลังใจที่มีให้มาตลอดระยะเวลาที่ทำวิจัย และคอยตรวจสอบ ดิชมผลงานในการจัดทำโครงการพิเศษให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ และผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ที่กรุณาเป็นกรรมการในการสอบโครงการพิเศษ และได้ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องการตรวจทาน แก้ไข ตลอดจนคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ให้โครงการพิเศษมีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณ คุณอมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือเรื่องการวิเคราะห์และตรวจสอบชนิดของไลเคน รวมทั้งคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำเกี่ยวกับไลเคน ซึ่งเป็นประโยชน์มากต่อการจัดทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ คุณปรานี บุญวัฒน์ ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คอยเป็นที่ปรึกษาสำหรับการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ไอออนโครมาโทกราฟี และคอยเอื้อเฟื้อ อำนวยความสะดวกทั้งเครื่องมือ สถานที่ รวมทั้งกำลังใจที่ดีและความห่วงใยซึ่งมีให้ตลอดการจัดทำโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่คอยอำนวยความสะดวกด้านอุปกรณ์และสถานที่ในการจัดทำโครงการพิเศษนี้

กราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่คอยอบรมสั่งสอน ให้คำปรึกษา ให้กำลังใจที่ดีมาโดยตลอด และให้ความอุปการะตลอดมา ตลอดทั้งเพื่อนๆที่รักที่ให้กำลังใจที่ดีในทุกๆเรื่อง ซึ่งคอยให้ความช่วยเหลือ คอยส่งกำลังใจในทุกๆเรื่อง จนสามารถทำให้โครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณบริษัททำอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ส่วนทำอากาศยานสุวรรณภูมิ ที่อนุเคราะห์สถานที่ในการทำโครงการพิเศษในครั้งนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา และให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์

นอกจากนี้ยังมีบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลืออีกหลายท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือสำหรับการจัดทำโครงการพิเศษซึ่งมีได้กล่าวในที่นี้ ทางผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นาย พล งามสวัสดิ์วงศ์

นางสาว เมธาวดี เข็มทอง

นางสาว หทัยรัตน์ ชนชะ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป.....	ฉ
คำย่อ/สัญลักษณ์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไลเคน	3
2.1.1 การดำรงชีวิต	4
2.1.2 ประเภทของไลเคน.....	5
2.1.3 ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของไลเคน.....	6
2.1.4 การขยายพันธุ์ของไลเคน.....	7
2.1.5 วงจรชีวิต.....	8
2.1.6 ประโยชน์ของไลเคน.....	9
2.2 การใช้ไลเคนในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ.....	12
2.2.1 คุณสมบัติของการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของไลเคน.....	13
2.2.2 ข้อดี-ข้อจำกัดของการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ.....	13
2.3 ไลเคนในเขตกรุงเทพมหานคร.....	14
2.3.1 กลุ่มทนทานสูง.....	15
2.3.2 กลุ่มทนทาน	18
2.3.3 กลุ่มอากาศดี.....	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 ความหลากหลายทางชีวภาพ.....	26
2.4.1 ความหลากหลายทางชีวภาพ	26
2.5 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	28
2.6 แหล่งกำเนิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	29
2.6.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ.....	29
2.6.2 แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์.....	30
2.7 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม .	31
2.8 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	33
2.9 ข้อมูลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร.....	35
2.10 ออกไซด์ของไนโตรเจน.....	36
2.10.1 แหล่งและปฏิกิริยาของออกไซด์ของไนโตรเจน.....	36
2.10.2 ผลกระทบของไนโตรเจนออกไซด์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม	40
2.11 ข้อมูลระดับของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร.....	42
2.12 ฝนกรด.....	43
2.12.1 แหล่งกำเนิดสารก่อฝนกรด	43
2.12.2 สารก่อฝนกรดและกลไกการเกิดกรด.....	44
2.12.3 สารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน.....	45
2.12.4 สารประกอบคาร์บอน	45
2.12.5 ก๊าซคลอรีน.....	46
2.12.6 การเกิดกรดแบบเปียก	46
2.13 ฤทธิ์และหลักการทำงานของอุปกรณ์พาสซีฟ	46
2.13.1 หลักการ.....	47
2.13.1 ข้อดีและข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ	49
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	50
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	55
3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง.....	55
3.1.1 สภาพพื้นที่โดยรอบจุดที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง	58

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้	61
3.3 สารเคมี	61
3.4 วิธีการทดลอง.....	62
3.4.1 การสำรวจไลเคนในจุดเก็บตัวอย่าง	62
3.4.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ	62
3.4.3 การเตรียมตัวกลางดูดซับ	62
3.4.4 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ	63
3.4.5 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์.....	64
3.4.6 การทำกราฟมาตรฐาน	64
3.4.7 การวิเคราะห์ซัลเฟตและไนเตรตไอออนโดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ	65
3.4.8 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว	66
3.4.9 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง	66
3.4.9.1 วัดเส้นรอบวงของต้นไม้.....	66
3.4.9.2 ค่าพีเอชของเปลือกไม้	66
3.4.9.3 วัดค่าความเข้มแสง.....	66
3.4.9.4 อุณหภูมิ	66
3.4.9.5 ความชื้นสัมพัทธ์.....	66
3.4.9.6 ปริมาณน้ำฝน.....	67
3.5 สำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน.....	67
3.5.1 พื้นที่ศึกษา.....	67
3.5.2 วิธีการสำรวจ.....	68
3.5.3 การจำแนกสายพันธุ์ไลเคน.....	68
บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล	69
4.1 การศึกษาชนิดปริมาณของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อม	69
ทำอากาศยานสุวรรณภูมิ	
4.1.1 ชนิดของไลเคน.....	69

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2	ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไลเคนบริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง	73
4.2.1	ลักษณะของเปลือกไม้	75
4.2.2	เส้นรอบวงของต้นไม้	75
4.2.3	พีเอชของเปลือกไม้	76
4.2.4	ความเข้มแสง	76
4.2.5	อุณหภูมิ	77
4.2.6	ความชื้นสัมพัทธ์	78
4.2.7	ปริมาณน้ำฝน	79
4.3	ความหลากหลายทางชีวภาพ	81
4.4	การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีฟาสซีฟ	82
4.5	ความการหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีฟาสซีฟ	83
4.6	เปรียบเทียบชนิดไลเคนที่พบกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์	87
4.7	การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	88
4.8	การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	90
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	92
5.1	สรุปผลการวิจัย	92
5.1.1	การศึกษาชนิดปริมาณของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณทำอากาศยานสุวรรณภูมิ	92
5.1.2	ปริมาณน้ำฝนการหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีฟาสซีฟ	92

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.3 ปริมาณน้ำฝนการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	93
5.2 ข้อเสนอแนะ	93
เอกสารอ้างอิง	94
ภาคผนวก ก เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี	98
ภาคผนวก ข โครมาโทแกรม	100
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ ..	105
ภาคผนวก ง การคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ	113
ภาคผนวก จ พารามิเตอร์ต่างๆ ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลองและเก็บตัวอย่างอากาศ แบบพาสสีฟ	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด	91
ตารางที่ ก-1 สภาวะของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟีที่ใช้.....	99
ตารางที่ ค-1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในอากาศ.....	106
ตารางที่ ค-2 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ในอากาศ.....	108
ตารางที่ ค-3 ค่าเวลาการคงไว้ พื้นที่พีค และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต.....	110
ตารางที่ ค-4 ค่าเวลาการคงไว้ พื้นที่พีค และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรต.....	111
ตารางที่ ง-1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนสิงหาคม 2558.....	114
ตารางที่ ง-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนกันยายน 2558.....	115
ตารางที่ ง-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนตุลาคม 2558.....	116
ตารางที่ ง-4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนสิงหาคม 2558.....	117
ตารางที่ ง-5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนกันยายน 2558.....	118
ตารางที่ ง-6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนตุลาคม 2558.....	119
ตารางที่ จ-1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนสิงหาคม 2558.....	121
ตารางที่ จ-2 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนกันยายน 2558.....	122
ตารางที่ จ-3 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนตุลาคม 2558.....	125
ตารางที่ จ-4 ค่าความเข้มแสง พีเอชเบลือกไม้และเส้นรอบวงต้นไม้ของจุดเก็บตัวอย่าง.....	128

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 การเกิดไลเคน.....	3
รูปที่ 2.2 (ก) <i>Lecidella elaeochoma</i> (ข) <i>Lepraria incana</i> (possible).....	5
รูปที่ 2.3 (ก) <i>Parmelia perlata</i> and <i>P. caperata</i> (ข) <i>Xanthoria Species</i> (possible).....	5
รูปที่ 2.4 <i>Ramalina farinacea</i>	6
รูปที่ 2.5 ไลเคนสปิชีส์ <i>Cladonia</i>	6
รูปที่ 2.6 ภาพตัดขวางของไลเคน.....	7
รูปที่ 2.7 ฟรุติติงบอดี้ (fruiting body)	7
รูปที่ 2.8 โครงสร้างของไลเคนที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกันเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ.....	8
รูปที่ 2.9 วงจรชีวิตของไลเคน.....	9
รูปที่ 2.10 กลุ่มของไลเคนตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ.....	13
รูปที่ 2.11 ไลเคนชนิด <i>Amandinea extunat</i> วงศ์ Physciaceae (ไฟพระอินทร์)	15
รูปที่ 2.12 ไลเคนชนิด <i>Trypethelium eluteriae</i> วงศ์ Trypetheliaceae (ร้อยรู)	16
รูปที่ 2.13 ไลเคนชนิด <i>Pyxine cocoes</i> วงศ์ Physciaceae (หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง)	17
รูปที่ 2.14 ไลเคนชนิด <i>Anthracotheicum</i> วงศ์ Pyrenulaceae (สิ่วหัวช้างจิว)	17
รูปที่ 2.15 ไลเคนชนิด <i>Dirinaria</i> วงศ์ Physciaceae (ริ้วแพร)	18
รูปที่ 2.16 ไลเคนชนิด <i>Graphid</i> วงศ์ Graphidaceae (ลายเส้น)	19
รูปที่ 2.17 ไลเคนชนิด <i>Lecanora</i> วงศ์ Lecanoraceae (ร้อยเหรียญ).....	19
รูปที่ 2.18 ไลเคนชนิด <i>Rinodina</i> วงศ์ Physciaceae (จิตามะกอกดำ)	20
รูปที่ 2.19 ไลเคนชนิด <i>Arthonia</i> วงศ์ Arthoniaceae (หลังตุ๊กแก)	20
รูปที่ 2.20 ไลเคนชนิด <i>Bacidia</i> & <i>Caloplaca</i> วงศ์ Bacidiaceae & Teloschistaceae (โตรายากิ). 21	
รูปที่ 2.21 ไลเคนชนิด <i>Laurera benguelensis</i> วงศ์ Trypetheliaceae (ไผ่ของรอยขมิ้น)	22
รูปที่ 2.22 ไลเคนชนิด <i>Trypethelium tropicum</i> วงศ์ Trypetheliaceae (พริกไทยร้อยเม็ด)	22
รูปที่ 2.23 ไลเคนในชนิด (ก) สาครูถั่วดำ (<i>Glyphis</i>) และ (ข) บั้งขนเทา (<i>Sacograpta</i>)	23
รูปที่ 2.24 ไลเคนชนิด <i>Physcia dimidiata</i> วงศ์ Physciaceae (สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก).....	24
รูปที่ 2.25 ไลเคนชนิด <i>Chrysothrix</i> วงศ์ Chrysothricaceae (แป้งมณฑิ)	24
รูปที่ 2.26 (ก) ไลเคนชนิด <i>Parmotrema tinctorum</i> วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อแห้ง)	25
(ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นแท่ง	

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 2.27 (ก)ไลเคนชนิด <i>Parmotrema praesorediosum</i> วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อฟอง). 26	
(ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นฟองผงแปรงริมขอบใบ	
รูปที่ 2.28 ความหลากหลายทางชีวภาพ.....	28
รูปที่ 2.29 วัฏจักรซัลเฟอร์.....	31
รูปที่ 2.30 กลไกระหว่างไฮดรอกไซด์กับออกไซด์ของไนโตรเจน.....	38
รูปที่ 2.31 ปฏิกริยาระหว่างโอโซนกับออกไซด์ของไนโตรเจน.....	39
รูปที่ 2.32 ปฏิกริยาฝนกรด.....	44
รูปที่ 2.33 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ.....	47
รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน	60
รูปที่ 3.2 ตำแหน่งของกริดเฟรม.....	62
รูปที่ 3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ.....	63
รูปที่ 3.4 แผนที่ทำอากาศยานสุวรรณภูมิและแนวเส้นสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน...	67
รูปที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด.....	72
รูปที่ 4.2 เส้นรอบวงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	75
รูปที่ 4.3 ค่าพีเอชของเปลือกไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	76
รูปที่ 4.4 ความเข้มแสงเฉลี่ยระหว่างจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด.....	77
รูปที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนสิงหาคมเดือนกันยายน.....	78
และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558	
รูปที่ 4.6 ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนสิงหาคมเดือนกันยายน.....	79
และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558	
รูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนสิงหาคมเดือนกันยายน.....	79
และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558	
รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดในเดือนสิงหาคมเดือน.....	85
กันยายนและเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558	

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดในเดือนสิงหาคมเดือน...86 กันยายนและเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558	
รูปที่ ข-1 โครมาโทแกรม Trip Blank.....	101
รูปที่ ข-2 กราฟมาตรฐานของมาตรฐานสารละลายซัลเฟต.....	102
รูปที่ ข-3 กราฟมาตรฐานของมาตรฐานสารละลายไนเตรต.....	103
รูปที่ ข-4 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานแอนไอออน 2 ชนิดที่วิเคราะห์โดยเครื่อง...104 โครมาโทกราฟ	



คำย่อ/สัญลักษณ์

TEA	ไตรเอทานอลามีน
sp.	สปีชีส์ (species)
kPa	กิโลปาสกาล
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
$\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	โมลต่อตารางเมตรต่อวินาที
$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$	ตารางเมตรต่อวินาที
mol m^{-3}	โมลต่อลูกบาศก์เมตร
mol	โมล
s	วินาที
m	เมตร
mL	มิลลิลิตร
mM	มิลลิโมลาร์
μg	ไมโครกรัม
μL	ไมโครลิตร
ppm	ส่วนในล้านส่วน
ppbv	ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร
N	ละติจูด (Latitude)
E	ลองจิจูด (Longitude)
MSL	ระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean sea level)
$^{\circ}\text{C}$	องศาเซลเซียส
% w/w	ร้อยละโดยมวล
พ.ศ.	พุทธศักราช
มก./ลบ.ม.	มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
รณก.	ระดับน้ำทะเลปานกลาง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

มลพิษทางอากาศ ถือเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งในระบบสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลกระทบของมลพิษทางอากาศนั้นเพิ่งปรากฏเด่นชัดในช่วงระยะเวลาไม่กี่ทศวรรษที่ผ่านมาและทำให้ทั่วโลกต่างตื่นตัวในการศึกษาวิจัยแหล่งที่มาของมลพิษและผลกระทบจากมลพิษทางอากาศในทุกรูปแบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วจากภาคเกษตรกรรมมาเป็นภาคอุตสาหกรรมทำให้มีการขยายตัวของชุมชนทำให้เกิดความต้องการในการเดินทางและการขนส่งมากยิ่งขึ้น ปัญหามลพิษทางอากาศจึงถือว่าเป็นปัญหาสำคัญระดับนานาชาติที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกันกับท่าอากาศยานสุวรรณภูมิซึ่งเป็นท่าอากาศยานหลักของประเทศไทยแทนท่าอากาศยานดอนเมืองและตั้งเป้าให้เป็นศูนย์กลางการบินในทวีปเอเชีย ปัจจุบันเป็นหนึ่งในท่าอากาศยานที่มีผู้โดยสารมากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก สามารถรองรับเที่ยวบินถึง 76 เที่ยวบินต่อชั่วโมงและผู้โดยสาร 45 ล้านคนต่อปี เป็นจุดที่น่าสนใจในการวิเคราะห์หามลพิษที่เกิดขึ้นบริเวณท่าอากาศยาน ในปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบจากมลพิษทางอากาศหลากหลายวิธี เช่น เครื่องตรวจวัดอากาศเพื่อวิเคราะห์ทางเคมี เรดาร์ตรวจอากาศ เป็นต้น แต่เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพง และค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินเครื่องวัดค่อนข้างสูง เทคนิคการใช้ตัวชี้วัดทางชีวภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ไลเคนเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดทางชีวภาพที่ได้รับความนิยมนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้คุณภาพอากาศเนื่องจากเป็นสิ่งมีชีวิตที่อ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงต่อชนิดและปริมาณของไลเคนในบริเวณนั้นๆ การนำไลเคนเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพอากาศ ในพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและสะท้อนผลกระทบที่สะสมจากกิจกรรมต่างๆที่เกิดขึ้นได้ไลเคนจึงเป็นที่ได้รับความสนใจ โดยมีวิธีการระบุตำแหน่งจำแนกความหลากหลายของไลเคนที่มีการตรวจพบ ซึ่งชนิดและปริมาณ จะแตกต่างกันมากขึ้นอยู่กับมลพิษทางอากาศ ที่เกิดขึ้นขณะนั้น และได้นำวิธีการเก็บอากาศแบบพาสซีฟ เข้ามาใช้ตรวจวัดหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ในแต่ละจุดที่ตรวจพบไลเคนเพื่อนำมาเปรียบเทียบควบคู่กับการใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีราคาถูก สามารถผลิตได้ง่าย และปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งสามารถใช้ตรวจวัดมลสารได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว จึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ได้ถูกเลือกมาใช้อย่างแพร่หลาย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
- 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของโลเคนกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
- 3) เพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของโลเคนบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษามลพิษทางอากาศที่เกิดจากความเข้มข้น ของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิที่อยู่ในอากาศโดยใช้โลเคนเป็นดัชนีชี้วัด ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของโลเคน ได้ทำการศึกษาในเขตบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิทั้งหมด 10 จุดเพื่อศึกษาหาปริมาณ ความเข้มข้นของ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีอยู่ในชั้นบรรยากาศว่ามีความสัมพันธ์กับชนิดของโลเคนของบริเวณที่ทำการศึกษา ใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสซีฟ มีระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง โดยการแขวนหลอดเก็บตัวอย่างทิ้งไว้ตามจุดเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 10 วัน ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 6 ครั้ง ตั้งแต่ช่วงเดือน สิงหาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2558

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1) ทราบถึงปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในองค์ประกอบของอากาศที่มีอยู่ในท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
- 2) ทราบถึงผลกระทบของปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มีผลต่อชนิดของโลเคนในบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ
- 3) ทราบถึงความหลากหลายทางชีวภาพของโลเคนบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

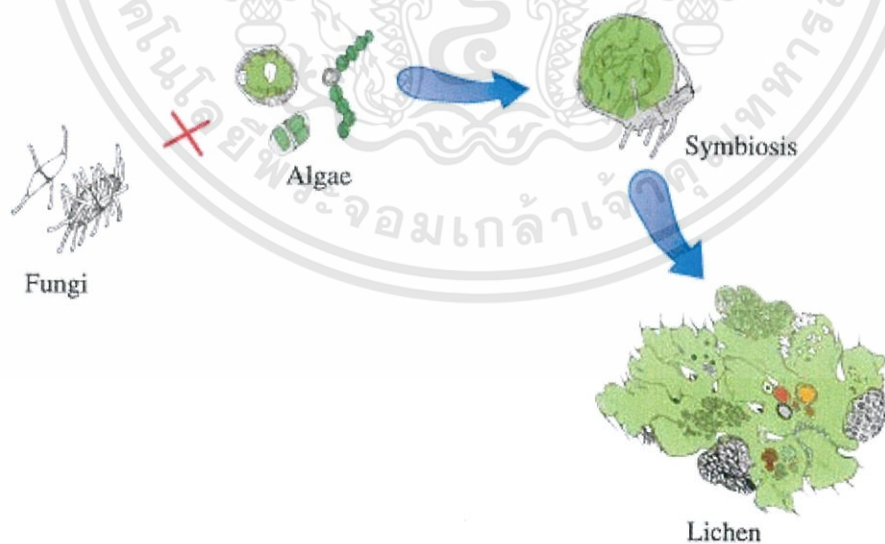
บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไลเคน (Lichen)

ไลเคน (lichen) คือ สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่ง เกิดจากการมาอยู่ร่วมกัน (symbiosis) ของรา (fungi) เรียกว่า mycobiont กับสาหร่าย (algae) และ/หรือ ไซยาโนแบคทีเรีย (cyanobacteria) เรียกว่า photobiont (เรียก phycobiont สำหรับสาหร่าย และเรียก cyanobiont สำหรับ cyanobacteria/blue green algae) โดย mycobiont มีหน้าที่เก็บความชื้น และป้องกันอันตรายให้กับ photobiont ส่วน photobiont ทำหน้าที่สร้างอาหารและแบ่งปันให้ mycobiont ดังนั้นทั้งสองต่างเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกันอย่างลงตัว ทำให้ไลเคนเกิดขึ้นได้แม้ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งหรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ

ไลเคน เกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของราและสาหร่าย ราที่สัมพันธ์อยู่กับไลเคนไม่สามารถเจริญเติบโตอยู่อย่างอิสระตามธรรมชาติ จำเป็นต้องอาศัยอยู่กับสาหร่ายเท่านั้น ส่วนสาหร่ายที่พบในไลเคน ส่วนใหญ่ คือ *Trebouxia* sp. ไม่พบอยู่อย่างอิสระตามธรรมชาติเช่นกัน ไลเคนในโลกนี้มีประมาณ 17,000 ชนิด ความหลากหลายของชนิดไลเคน มักเกิดจากราเป็นสำคัญ (กัณฑ์, 2544)



รูปที่ 2.1 การเกิดไลเคน (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 การดำรงชีวิต

สาหร่ายใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) จากบรรยากาศและน้ำ ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เพื่อสร้างสารอินทรีย์ที่เป็นอาหารแล้วแบ่งให้รา ส่วนราช่วยรักษาความชื้นให้สาหร่ายและปกป้องสาหร่ายจากสภาพแวดล้อมที่รุนแรง เช่น แสงแดดจัดและความร้อน เนื่องจากข้อได้เปรียบของการที่ราและสาหร่ายเจริญด้วยกัน ไลเคนจึงสามารถเติบโตบนหินและที่แห้งแล้งมากได้ จึงเป็นสิ่งมีชีวิตแรกเริ่มที่เข้าครอบครองพื้นที่ ไลเคนจะเกิดขึ้นได้เมื่อสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของทั้งสองฝ่าย โดยทั่วไปเราไม่พบราจากไลเคนเติบโตอยู่อย่างอิสระตามธรรมชาติ แต่เราสามารถพบสาหร่ายเติบโตอยู่ได้เอง

นักไลเคนวิทยาส่วนใหญ่เชื่อว่าการอยู่ร่วมกันของ mycobiont และ photobiont ในไลเคนเป็นแบบพึ่งพาอาศัยกัน (mutualism) อย่างไรก็ตาม นักไลเคนวิทยาบางส่วนเชื่อว่าการอยู่ร่วมกันนี้น่าจะเป็นแบบ controlled parasitism มากกว่า จนถึงบัดนี้ ข้อโต้แย้งนี้ก็ยังไม่มีการสรุปที่แน่นอนว่า mycobiont และ photobiont ในไลเคนนั้น แท้ที่จริงแล้วมีความสัมพันธ์กันแบบไหนกันแน่ ด้วยเหตุนี้ textbooks หรือ papers หลาย ๆ เรื่อง จึงพยายามหลีกเลี่ยงที่จะระบุชัดไปว่า ไลเคนนั้นเป็นความสัมพันธ์แบบ mutualism หรือ controlled parasitism แต่จะให้คำที่ครอบคลุมทั้งสอง นั่นคือ symbiosis แทน (Nash, 2008)

ในต่างประเทศ มีการสำรวจและศึกษาไลเคนอย่างแพร่หลายมานานนับศตวรรษ จนถึงปัจจุบัน ส่วนในประเทศไทย เริ่มมีการสำรวจที่เกาะช้าง ในปี พ.ศ. 2453 โดยนักพฤกษศาสตร์ชาวฟินแลนด์ หลังจากนั้นก็ได้มีนักวิทยาศาสตร์ต่างประเทศเข้ามาศึกษาสำรวจอีกหลายครั้ง ตัวอย่างไลเคนเหล่านี้ถูกนำมาเก็บอยู่ในพิพิธภัณฑ์ต่างประเทศ ส่วนการศึกษาไลเคนของนักพฤกษศาสตร์ชาวไทย เริ่มต้นอย่างจริงจัง เมื่อปีพ.ศ. 2537 และต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน ไลเคนที่เก็บรวบรวมได้มีประมาณ 20,000 ตัวอย่าง ประกอบด้วย 14 อันดับ 55 วงศ์ 127 สกุล และ 420 ชนิด ได้พบไลเคนชนิดใหม่ของโลก 7 ชนิด และอยู่ในระหว่างตีพิมพ์เผยแพร่อีก 32 ชนิด อย่างไรก็ตาม คาดว่าน่าจะมีไลเคนมากกว่าเท่าที่มีรายงานการสำรวจไลเคนในประเทศไทย (กัณฑ์ศรี, 2544)

นักพฤกษศาสตร์ประเมินว่ามีไลเคนประมาณ 17,000 - 25,000 ชนิดทั่วโลก ไลเคนพบได้ทั่วไป ตั้งแต่ที่หนาวจัดแถบขั้วโลก (Tundra) จนถึงร้อนและแห้งแล้งแบบทะเลทราย (Desert) รวมถึงร้อนชื้น (Tropic) เช่น ประเทศไทย เป็นต้น แต่ไลเคนบางชนิดไม่สามารถเติบโตได้ในสถานที่ที่มีมลภาวะทางอากาศ โดยจะเห็นได้ว่าในเมืองใหญ่ๆ และในเขตอุตสาหกรรมนั้นจะไม่พบไลเคนเจริญเติบโต (กัณฑ์ศรี, 2550) ด้วยเหตุนี้จึงมีผู้นิยมใช้ไลเคนเป็นดัชนี (Bioindicator) บ่งชี้คุณภาพอากาศ นอกจากนี้ไลเคนยังสร้างสารธรรมชาติที่แตกต่างไปจากพืชชั้นสูง ซึ่งสารธรรมชาติจากไลเคนหลายชนิดถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางมาเป็นเวลานานและยังมีอีกหลายชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ได้อีกมาก

2.1.2 ประเภทของไลเคน

ไลเคนแต่ละชนิดเกิดจากราหนึ่งชนิดจับคู่กับสาหร่ายอีกชนิดหนึ่งเท่านั้น ความหลากหลายของชนิดไลเคนขึ้นอยู่กับชนิดของราเป็นสำคัญ ราที่เป็นต้นกำเนิดไลเคนมีประมาณ 13,500 ชนิด ส่วนสาหร่ายในไลเคนมีประมาณ 100 ชนิดอยู่ใน 4 สกุลเท่านั้น ผลของการอยู่ร่วมกันของราและสาหร่ายทำให้เกิดโครงสร้าง ซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวของไลเคน เรียกว่า ทัลลัส (Thallus) สามารถแบ่งไลเคนออกเป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

- 1) ครัสโตส (Crustose) มีลักษณะคล้ายแผ่นผืนอัดตัวกันเป็นแผ่นบางๆติดอยู่ตามเปลือกไม้หรือหิน มีชั้นผิวด้านบนด้านเดียว ส่วนด้านล่างแนบสนิทกับวัตถุที่เกาะ



(ก)



(ข)

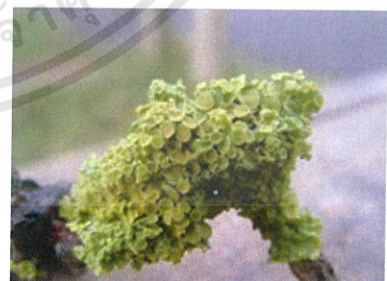
รูปที่ 2.2 (ก) *Lecidella elaeochoma* (ข) *Lepraria incana* (possible)

(The Accipiter online Magazine of The Hawk Conservancy Trust, UK, 2011)

- 2) โพลีโอส (Foliose) มีลักษณะคล้ายแผ่นใบบางๆ มีชั้นผิว 2 ด้าน ด้านบนสัมผัสอากาศ ส่วนด้านล่างมีส่วนที่คล้ายราก ที่เกิดจากเส้นใยของรา เรียกว่า ไรซีน (Rhizine) ใช้เกาะกับวัตถุยึดติด



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.3 (ก) *Parmelia perlata* and *P. caperata* (ข) *Xanthoria Species*

(possible)

(The Accipiter online Magazine of The Hawk Conservancy Trust, UK, 2011)

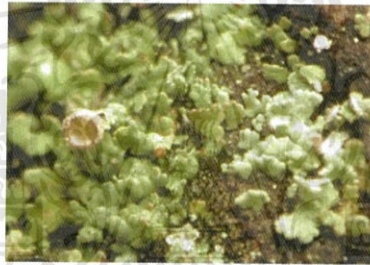
- 3) ฟรุทติโคส (Fruticose) หรือพวกพุ่มกอ มีลักษณะเป็นกิ่งก้านหรือเส้นสาย คล้ายราก ฝอยกับรากแขนง แต่อยู่ในอากาศ



รูปที่ 2.4 *Ramalina farinacea*

(The Accipiter online Magazine of The Hawk Conservancy Trust, UK, 2011)

- 4) สะแควมูโลส (Squamulose) มีลักษณะเป็นเกล็ดเล็กๆคล้ายเกล็ดปลา

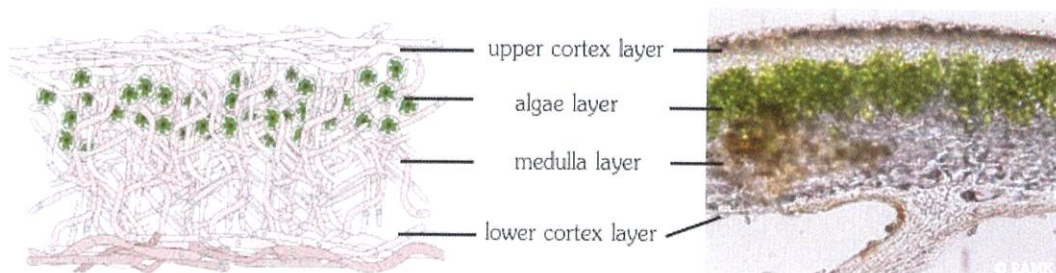


รูปที่ 2.5 ไลเคนสปีชีส์ *Cladonia* (New Brunswick Museum of Canada, 2015)

2.1.3 ลักษณะโครงสร้างและรูปร่างของไลเคน

เมื่อผ่าไลเคนตามขวางเพื่อดูโครงสร้างภายในทัลลัส (Thallus) จะเห็นได้ว่าประกอบขึ้นจากเส้นใยของรา ที่เรียกว่า ไฮฟี (Hyphae) กับสาหร่าย (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2554) ซึ่งประสานและเรียงตัวกันเป็น 3 ชั้น คือ

- 1) ชั้นคอร์เทกซ์ (Cortex) เป็นชั้นผิวนอกที่เกิดจากเส้นใยไฮฟีประสานตัวกันอย่างหนาแน่น
- 2) ชั้นเมดูลา (Medulla) เป็นบริเวณที่สาหร่าย (Algae) อาศัยอยู่ โดยสาหร่ายจะถูกเส้นใยไฮฟีพันไว้โดยรอบ ชั้นเมดูลา (Medulla) เป็นชั้นที่หนาที่สุดของทัลลัส มีลักษณะเป็นเส้นใยไฮฟีประสานกันเป็นชั้นซึ่งมีความสามารถในการกักเก็บน้ำและธาตุอาหารต่างๆ
- 3) ชั้นโลเวอร์คอร์เทกซ์ (Lower cortex) เป็นชั้นผิวด้านล่างที่ประกอบด้วยเส้นใยของราประสานกันอย่างหนาแน่นและมีเส้นใยของราพัฒนาเป็นไรซีน (Rhizine) ใช้ยึดเกาะกับวัตถุ ไลเคนบางชนิดจะไม่มีชั้นนี้ และบางชนิดมี rhizine อยู่ด้านล่าง ใช้ยึดเกาะกับพื้นผิวที่อาศัยอยู่



รูปที่ 2.6 ภาพตัดขวางทลัสส์ของไลเคน (ภาพด้านซ้ายคือภาพจำลองส่วนภาพทางขวาคือภาพจริง)(หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

2.1.4 การขยายพันธุ์ของไลเคน

เกิดขึ้นได้ 2 วิธีคือ แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) และ แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction)

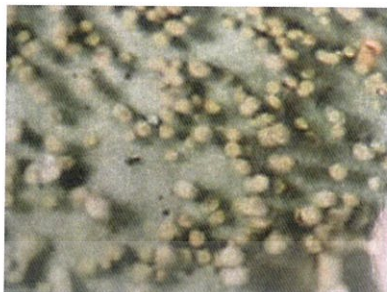
1. แบบอาศัยเพศ (Sexual reproduction) โดยการที่ราสร้างโครงสร้างที่เรียกว่า ฟรุติตังบอดี (fruiting body) สำหรับขยายพันธุ์ (เปรียบเทียบกับผลไม้ของพืช) โครงสร้างนี้ประกอบด้วยอะโพทีเซีย (apothecia) ซึ่งมีลักษณะคล้ายถ้วย จาน หรือคนโท ภายในบรรจุสปอร์ เมื่ออะโพทีเซียแก่สปอร์จะถูกปล่อยออกไป และแพร่ไปที่ต่างๆด้วยกระแสลม น้ำ แมลงหรือพาหะอื่นๆ เมื่อตกลงถึงพื้นที่ที่เหมาะสม สปอร์ของราจะต้องพบกับสาหร่ายที่เหมาะสมจึงจะเติบโตเป็นไลเคนได้



รูปที่ 2.7 ฟรุติตังบอดี *Fruiting body* รูปร่างที่หลากหลายของ lichen apothecia (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

2. แบบไม่อาศัยเพศ (Asexual reproduction) โดยการฉีกขาดของ ทลัสส์แล้วอกเป็นไลเคนต่อไป หรือไลเคน สร้างโครงสร้างที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกัน ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ

ไอซีเดีย (isidia) ลักษณะรูปร่างคล้ายเข็มเล็กๆจำนวนมากซึ่งหักง่าย จะถูกพาไปยังที่ต่างๆ ด้วยวิธีการเดียวกับสปอร์



ซอริเดีย (soredia) ประกอบด้วยเส้นใยราและสาหร่ายที่ประสานกันหลวม ๆ อยู่ที่ผิวของไลเคน มีลักษณะคล้ายขนมถ้วยฟูเล็กๆ ๆ

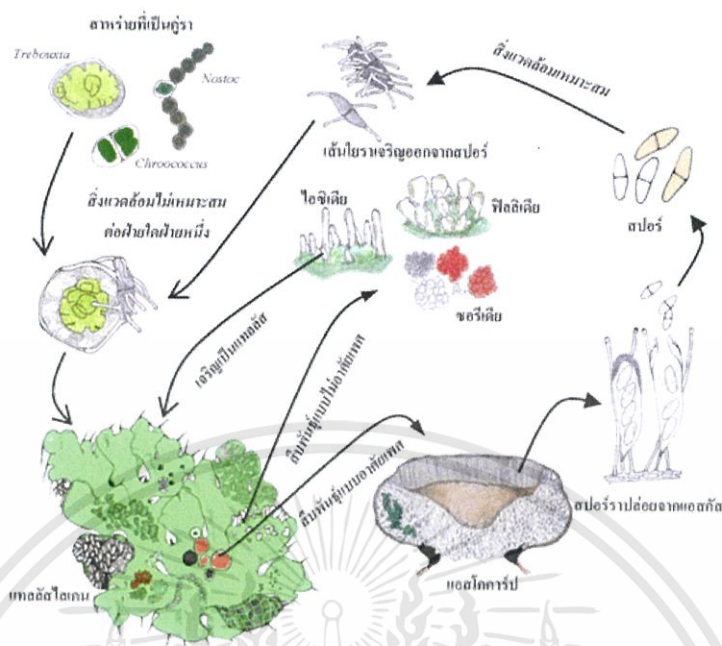


วิธีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศนี้ ส่วนที่หลุดออกไปสามารถเติบโตเป็นไลเคนตัวใหม่ได้ทันที เพราะมีทั้งราและสาหร่ายอยู่แล้ว เมื่อถูกพาไปยังที่เหมาะสมจึงเติบโตได้

รูปที่ 2.8 โครงสร้างของไลเคนที่มีทั้งราและสาหร่ายอยู่ด้วยกันเป็นการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

2.1.5 วงจรชีวิต

เมื่อราและสาหร่ายรวมตัวกันจนเกิดเป็นไลเคน พอถึงระยะหนึ่งไลเคนจะสร้างโครงสร้างสืบพันธุ์ ได้แก่ แอโพธิเซีย เพอริทีเซีย ไอซีเรีย ซอริเดีย เป็นต้น ซึ่งโครงสร้างเหล่านี้จะเจริญต่อไปเป็นไลเคนที่ลึกลับใหม่ต่อไป



รูปที่ 2.9 วงจรชีวิตของไลเคน (หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

2.1.6 ประโยชน์ของไลเคน

ไลเคนถูกนำมาใช้ประโยชน์ตั้งแต่ยุคอียิปต์โบราณจนถึงปัจจุบันในหลายๆ ด้าน (จิระศักดิ์, 2549 และ กัณฐิรีย์, 2550) ดังนี้

1) ด้านอาหาร

ไลเคนไม่มีแป้งและเซลลูโลส (Cellulose) ที่แท้จริง แต่มีสารพวกไลเคนิน (Lichenin) ที่ผนังเซลล์ของไฮฟีของรา ซึ่งนำมาเป็นอาหารได้ ในซีกโลกทางเหนือมีไลเคนสปิซีส์ *Cetraria islandica* หรือ iceland moss ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการที่กำจัดรสขมของสารไลเคนออกสามารถนำมาทำซูหรือต้มกับนมรับประทานเป็นอาหารและยาช่วยย่อยได้ นอกจากนี้ยังใช้ปนเป็นผสมแป้งทำขนมปังกรอบสำหรับนักเดินเรือ เรียกว่า “sea biscuit” ทำให้ขนมปังกรอบอยู่ทนนานไม่ถูกแมลงรบกวน ส่วนในฟินแลนด์นำไลเคนสปิซีส์ *Cladonia sp.* หรือ Reindeer moss ผสมกับแป้งไรน์ (Rye) ใช้ในการทำขนมปัง

อียิปต์โบราณสั่ง *Evernia prunestri* และ *E. furfuracea* เข้ามาเพื่อผสมแป้งทำขนมปังเพื่อทำให้รสชาติดีขึ้นในอินเดียใช้ *Parmelia perlata* ซึ่งภาษาพื้นเมืองเรียกว่า ราทาพู (rathapu) ผสมแกงกระหรี่และถือว่าเป็นอาหารโอชะ (delicacy) ในญี่ปุ่นใช้ไลเคน *Endocarpon* (*Dermatocarpon*) *miniaturum* ซึ่งมีชื่อพื้นเมืองว่า อิวาทากะ (iwataka) ในการทำอาหารและส่งออกไปยังประเทศจีนในพวกของฟุ่มเฟื่อย ไลเคนชนิดนี้น่าจะเป็นชนิดเดียวกับ *Gyrophera esculenta* นอกจากนี้ชาวอิสราเอลยังใช้ *Lecanora esculenta* ประกอบอาหารตามหลักศาสนา

(manna) และเรียกว่าเป็นขนมปังจากสวรรค์ (bread from heaven) ส่วนพวกที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายก็ใช้ไลเคนชนิดนี้ผสมแป้งทำขนมปังด้วย (Smith 1921, 1975)

2) การหมักเครื่องดื่มแอลกอฮอล์

มีการนำไลเคนสปีชีส์ *Lobaria pulmonaria* ที่เติบโตบนต้นสน มาหมักทำเบียร์แทนในฮอปในไซบีเรีย ในคริสต์วรรษที่ 19 มีการใช้ไลเคนในการทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่น ในสวีเดนใช้ไลเคนหลายชนิด ได้แก่ *Cladonia rangiferina*, *Cetraria islandica*, *Alectoria jubata*, *Physcia ciliaris*, *Ramalina fraxinea* และ *Usnea florida* เป็นต้น มาผ่านกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้ไลเคนิน (Lichenin) เปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคส (Glucose) แล้วจึงหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ ทำให้กลายเป็นเบียร์ที่มีคุณภาพดี มีการตั้งโรงงานกลั่นสุราจากไลเคน แต่ต้องปิดกิจการไปในปี พ.ศ.2427 เนื่องจากวัตถุดิบไม่เพียงพอ

3) ด้านสมุนไพร และยา

ชาวอียิปต์โบราณใช้ไลเคนเป็นส่วนประกอบของยาและสมุนไพรโดยใน ค.ศ.1864 มีการค้นพบโถที่บรรจุเมล็ดและส่วนของพืชต่างๆ รวมทั้งไลเคนที่มีอายุประมาณ 1700–1800 ปีก่อนคริสตกาล ไลเคนที่พบคือ *Evernia furfuracea* ซึ่งไม่เติบโตในอียิปต์ จึงเข้าใจว่า ไลเคนชนิดนี้ถูกส่งเข้ามาพร้อมกับ *Cetraria islandica* ในฐานะยาจากต่างแดน

ในคริสต์วรรษที่ 5 ชาวยุโรปนำไลเคนที่มีรสขม เช่น *Pertusaria amara* ถูกใช้แทนควินิน ไลเคนชนิดนี้เคยพบที่อุทยานแห่งชาติดอยขุนตาล จังหวัดลำปาง ในประเทศไทยมีการใช้ไลเคน “ฝอยลม” (*Usnea* spp.) เป็นยาสมุนไพรโบราณเช่นกัน

4) พืชของไลเคน

ถึงแม้ไลเคนผลิตกรดอินทรีย์ขึ้นมาหลายชนิด ซึ่งอาจจะคายเคืองบ้างเมื่อรับประทานเข้าไป แต่ไลเคนส่วนมากไม่มีพิษ พบไลเคน 2 ชนิดที่มีพิษ คือ *Letharia vulpina* และ *Cetraria pinastri* ซึ่งชาวยุโรปเหนือใช้เป็นยาเบื่อสุนัขจิ้งจอก

5) การฟอกย้อม

คุณสมบัติในการเป็นแอสตรินเจนของไลเคนสปีชีส์ *Cetraria islandica* และ *Lobaria pulmonaria* ทำให้ถูกนำมาใช้ในการฟอกหนัง

6) ไลเคนเป็นสีย้อม

ไลเคนถูกใช้เป็นสีย้อมมานานตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ไลเคนที่รู้จักกันดีคือ *Rocella tinctoria* และชนิดอื่น ๆ ในสกุลนี้โดยให้สีที่เรียกว่า orchil เป็นโทนสีม่วง สารตั้งต้นคือ erythrin, lecanoric acid (orseilleic acid) erythrinic gyrophoric evernic และ ramalic acid ไลเคนที่มีสารเหล่านี้สามารถให้สี orchil ได้ มีไลเคนประมาณ 20 ชนิดที่ให้สี orchil โดยฝรั่งเศส และ

ฮอลแลนด์ เป็นประเทศที่เคยผลิตสีจากไลเคนในเชิงอุตสาหกรรมสีเหล่านี้ ใช้อย้อมเส้นใยจากสัตว์ เช่น ขนสัตว์และไหม แต่ย้อมเส้นใยจากพืช เช่น ฝ้าย ไม่ได้

นอกจากนี้ยังมีไลเคนอีกหลายชนิดที่ให้สีย้อมต่างๆ เช่น

- *Lecanora tartarea, Parmelia saxatilis* ให้สีแดง
- *Parmelia omphalodes, Parmelia saxatilis* ให้สีน้ำตาล
- *Haematomma ventosum, Haematomma occineum* ให้สีน้ำตาลแดง
- *Xanthoria parietina, Cetraria funlperium, Pertusaria melaleuca* และ *Usnea barbata* ให้สีเหลือง
- *Candellariella vutellina* และ *Xanthoria lichnea* ให้สีเหลืองเช่นกันซึ่งใช้ย้อมเทียนในพิธีทางศาสนาในสวีเดน

กระดาษลิตมัสซึ่งใช้ทดสอบความเป็นกรดและด่างอย่างแพร่หลาย เตรียมจากสารที่ได้จากไลเคน โดยในสภาพที่เป็นกลางให้สีม่วง เมื่อเป็นกรดให้สีแดงและเป็นด่างให้สีน้ำเงิน

7) ไลเคนในการหมัก

นอกจากคุณสมบัติในการเป็นแอสตรินเจนของ *Cetraria islandica* และ *Lobaria pulmonaria* ทำให้ถูกนำมาใช้ในการฟอกหนังแล้วยังพบว่า *Lobaria pulmonaria* ถูกนำมาแทนที่ฮอป (hop) ในการหมักทำเบียร์ ในไซบีเรียมีการเก็บไลเคนที่เติบโตบนต้นสนมาหมักทำเบียร์ซึ่งได้เบียร์ที่มีรสชาติคล้ายกับที่หมักด้วยฮอปมาก แต่แรงกว่า ในคริสต์วรรษที่ 19 มีการใช้ไลเคนในการทำเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เช่นในสวีเดน ไลเคนที่ใช้มีหลายชนิด เช่น *Cladonia rangiferina, Cetraria islandica, Alectoria jubata, Physia ciliaris, Ramalina fraxinea* และ *Usnea florida* เป็นต้น โดยต้องนำไลเคนมาผ่านกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้ lichenin เปลี่ยนเป็น glucose แล้วจึงหมักให้เป็นแอลกอฮอล์ พบว่า *Cladonia rangiferina* มีน้ำตาลเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 68 ทำให้กลั่นเป็นบรันดีที่มีคุณภาพดี โดยไลเคน 1 กิโลกรัมสามารถกลั่นเป็นแอลกอฮอล์ได้ถึงครึ่งลิตร มีการตั้งโรงงานกลั่นสุราจากไลเคนในสวีเดน แต่ต้องปิดกิจการไปใน ค.ศ.1884 เนื่องจากหาวัดถูกจับได้ไม่พอเพียง

8) ไลเคนในน้ำหอม

ประเทศฝรั่งเศสใช้ไลเคนสปีชีส์ *Evernia prunastri* ซึ่งเรียกว่า oak moss ผสมในน้ำหอมเพื่อให้เกิดกลิ่นชื่นใจ และยังคงติดทนนาน โดยใช้สารสกัดจากไลเคนเหล่านี้ผสมกับกลิ่นอื่นๆ

9) ไลเคนทำความสะอาด

ในศตวรรษที่ 17 มีการใช้ผงจากไลเคนสปีชีส์ *Ramalina calciaris* ในการทำความสะอาดปราสาทฝรั่งเศส

10) การใช้ไลเคนบอกอายุหินและโบราณวัตถุ

เมื่อผิวหน้าวัตถุใดๆเริ่มเปิดหรือสัมผัสอากาศ ไลเคนจะเข้าเกาะอาศัยและเติบโตมีขนาดเพิ่มขึ้นตามอายุ การติดตามตรวจวัดอัตราการเติบโตทำให้สามารถประเมินอายุของวัตถุนั้นได้ วิธีการนี้เรียกว่า “ไลเคนโนเมตรี” (Lichenometry) ใช้ประเมินอายุของหินและโบราณสถาน

11) ไลเคนเป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพอากาศ

ไลเคนสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งบอกคุณภาพทางอากาศได้โดยสังเกตจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับไลเคน ผลกระทบของมลภาวะทางอากาศที่มีต่อไลเคนที่ได้รับความสนใจและศึกษากันมากเริ่มมาจาก SO_2 ซึ่งเป็นสาเหตุของความเป็นกรดในน้ำฝน หมอกและน้ำค้างในเมืองและเขตอุตสาหกรรมที่ใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ต่อมาได้มีการศึกษาถึงผลกระทบมลภาวะทางอากาศอื่นๆเช่น NO_x , O_3 และโลหะหนักด้วยที่มีต่อไลเคน

การศึกษาผลกระทบของมลภาวะทางอากาศที่มีต่อไลเคน อาจจะทำได้ 3 วิธี คือ

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของชนิดพันธุ์ของไลเคน (Community change)
2. การสังเกตการเปลี่ยนแปลงของการเติบโตและสัณฐาน (Growth and Morphology changes)
3. การศึกษาผลกระทบต่อสรีระและชีวเคมีของไลเคน (Changes in Biochemical and Physiological processes)

2.2 การใช้ไลเคนในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ไลเคนพบได้ในทุกระบบนิเวศที่มีพืชเจริญเติบโต เพราะไลเคนต้องการแสง ความชื้น และปัจจัยดำรงชีวิตอื่น ๆ ไม่ต่างไปจากพืช แต่สิ่งหนึ่งที่ไลเคนแตกต่างพืช คือ ทนทานมลภาวะอากาศ

ในขณะที่ผิวใบของพืชจะมีลักษณะคล้ายซี่ผึ้งเคลือบอยู่ ผิวของไลเคนจะเป็นเพียงเส้นใยของราประสานกันหนาแน่นเท่านั้น ไลเคนจะดูดซับความชื้นและแร่ธาตุอาหารผ่านผิวเส้นใยรานี้เข้ามาโดยตรง มลพิษในอากาศจึงสามารถเข้าไปสะสมในไลเคนได้ง่าย และทำลายคลอโรฟิลล์ของสาหร่ายทำให้ไลเคนตายได้ อย่างไรก็ตามแม้ว่าไลเคนส่วนใหญ่จะอ่อนไหวต่อมลพิษ แต่ก็มียาหลายชนิดที่ทนทานได้บ้าง และบางชนิดทนทานได้ดีมาก ความสามารถในการทนทานมลพิษในระดับต่างกันของไลเคนชนิดต่างๆ ทำให้สามารถใช้ไลเคนตรวจสอบระดับมลภาวะได้



รูปที่ 2.10 กลุ่มของไลเคนตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

2.2.1 คุณสมบัติของการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของไลเคน (Verein Deutscher Ingenieure, 1995)

1) ไลเคนได้รับแร่ธาตุ สารอาหาร จากบรรยากาศโดยตรง
 2) ไลเคนไม่มีแวกซ์ (Wax) และคิวทิเคิล (Cuticle) ช่วยปกป้องโครงสร้างภายในของ ไลเคน เช่นเดียวกับพืชชั้นสูง มลพิษจากบรรยากาศจึงเข้าไปในเซลล์ต่างๆ และทำอันตรายต่อกระบวนการดำรงชีวิตที่สำคัญ เช่น การสังเคราะห์แสง และการเจริญเติบโต

3) ในสภาพที่มีความชื้น ไลเคนจะมีความอ่อนไหวต่อมลภาวะอากาศมาก เนื่องจากไลเคนมีการเพิ่มอัตราการทำงานของกระบวนการต่างๆภายในเซลล์

4) ไลเคนมีการทำงานของกระบวนการต่างๆภายในเซลล์ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นไลเคนสามารถถูกรบกวนโดยมลพิษได้ในฤดูหนาว

ไลเคนมีการเจริญเติบโตช้าและมีชีวิตยืนยาว สามารถสะสมสารพิษไว้ในทลัสส์และไลเคนไม่สามารถขับออกมาได้ จึงสามารถบอกระดับปริมาณของสารพิษที่สะสมอยู่ในปัจจุบันได้

2.2.2 ข้อดี-ข้อจำกัดของการใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศ

ปัจจุบัน หลายประเทศในยุโรปออกกฎระเบียบให้ใช้ไลเคนตรวจสอบคุณภาพอากาศควบคู่ไปกับการใช้เครื่องตรวจวัดอากาศ เพราะแต่ละวิธีมีจุดอ่อนจุดแข็งต่างกัน จึงสามารถเสริมกันได้ดี (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

ข้อดี

- ผลกระทบของมลภาวะต่อไลเคนปรากฏอยู่นาน จึงแสดงให้เห็นสภาพอากาศโดยรวมในบริเวณนั้น แม้กิจกรรมที่สร้างมลภาวะจะไม่ได้เกิดขึ้นอยู่ในขณะที่ทำการสำรวจก็ตาม
- เพราะไลเคนอ่อนไหวต่อมลพิษมากกว่ามนุษย์ การสำรวจไม่พบไลเคนจึงเป็นการเตือนภัยล่วงหน้า ก่อนจะเกิดเป็นปัญหารุนแรง

- มีราคาถูก เพราะอาศัยการสังเกตเท่านั้น จึงสามารถกำหนดจุดตรวจสอบได้มากกว่าการใช้เครื่องตรวจวัดอากาศ ให้สภาพสภาพอากาศในพื้นที่ได้ละเอียด

ข้อจำกัด

- ไม่สามารถระบุประเภทของมลภาวะได้ แต่สามารถใช้ดูเป็นภาพรวมคร่าวๆของมลภาวะอากาศ
- ไม่สามารถให้ค่ามาตรฐานได้เหมือนหน่วยวัดเคมี
- ต้องอาศัยความรู้ความสามารถในการจำแนกชนิดพันธุ์

2.3 ไลเคนในเขตกรุงเทพมหานคร

นักชีววิทยาสำรวจพบไลเคนในเขตกรุงเทพมหานครประมาณ 30 ชนิด แต่มีเพียง 17 ชนิดที่สามารถพบได้ทั่วไปในกรุงเทพฯ และตามที่รวบรวมแถบนี้ โดยแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552) ได้ดังนี้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ

กลุ่ม	วงศ์ (Family)	ชนิด (Species)	ชื่อสามัญ
• ทนทานสูง	Physciaceae	<i>Amandinea extunat</i>	ไผ่พระอินทร์
		<i>Pyxine cocoes</i>	หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง
	Trypetheliaceae	<i>Trypethelium eluteriae</i>	ร้อยรุ
		Pyrenulaceae	<i>Anthracothecium</i>
• ทนทาน	Physciaceae	<i>Dirinari</i>	รื้อแพร
		<i>Rinodina</i>	ธิดามะกอกดำ
		<i>Physcia dimidiate</i>	สาวน้อยกระโปรงบาน
	Graphidaceae	<i>Graphid</i>	ลายเส้น
		<i>Glyphis & Sacrographa</i>	กลุ่มลายเส้นผลรวม
		Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>
	Arthoniaceae	<i>Arthonia</i>	หลังตุ๊กแก
	Bacidiaceae & Teloschistaceae	<i>Bacidia & Caloplaca</i>	โดรยาภิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 การแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ (ต่อ)

กลุ่ม	วงศ์ (Family)	ชนิด (Species)	ชื่อสามัญ
	Trypetheliaceae	<i>Laurera benguelensis</i>	ไทรทองโรยขี้มัน
		<i>Trypethelium tropicum</i>	พริกไทยร้อยเม็ด
	Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix</i>	แป้งมณโฑ
• อากาศดี	Parmeliaceae	<i>Parmotrema tinctorum</i>	ผักกาดหน่อแห้ง
		<i>Parmotrema praesorediosum</i>	ผักกาดหน่อฟอง

ที่มา : มุลนิธิโลกสีเขียว, 2552

2.3.1 กลุ่มทนทานสูง

1) ไผ่พระอินทร์ ชนิด *Amandinea extunat* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวขี้ม้า ผิวนอกของไลเคนจะแตกเป็นร่องร่างแห
- มักแตกหน่อเป็นผงแป้ง
- ผลกลมมนสีดำดำน ดูเหมือนแปะลงบนผิวนอกของไลเคน (ไม่ฝังจมอย่างผลสีหัวช้างจิว)

การกระจาย

พบมากในเขตเมือง รวมทั้งริมถนนใหญ่ และแหล่งมลภาวะอื่นๆ รวมถึงพื้นที่เกษตรที่ใช้ปุ๋ยมากด้วย



รูปที่ 2.11 ไลเคนชนิด *Amandinea extunat* วงศ์ Physciaceae (ไผ่พระอินทร์)
(มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

2) ร้อยรู ชนิด *Trypethelium eluteriae* วงศ์ Trypetheliaceae

ลักษณะเด่น

- โไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียว ผิวเรียบมัน แต่บางครั้งอาจมีลักษณะย้วยน
- มีผลหลายผลเชื่อมรวมเป็นกลุ่มสีเหลือง จึงเห็นผลหนึ่งกลุ่มมีรูสปอร์หลายรู

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง รวมทั้งบริเวณริมถนนใหญ่ แต่ผิวมักเกิดการฟอกขาวหรือมีสภาพหยิกย่น ผลจะมีสีออกน้ำตาลเข้มหรือสีดำคล้ำในที่ที่มีมลภาวะ พบขึ้นมากตามต้นนทรินในเขตกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 2.12 โไลเคนชนิด *Trypethelium eluteriae* วงศ์ Trypetheliaceae (ร้อยรู)
(มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

3) หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง ชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- โไลเคนประเภทใบ มีแผ่นใบสีเขียวเทา หรือเทาซีด ขึ้นยึดติดแน่นบนวัตถุที่เกาะ
- ปลายแผ่นใบมักเกยซ้อนทับกัน และมีลักษณะคล้ายฝ่าสีขาหรือผลึกเกล็ดน้ำแข็ง
- เกาะอยู่
- แตกหน่อเป็นผงแบ่งตามขอบแขนงใบ
- ผลเป็นเม็ดแบน กลม สีดำ แต่ไม่ค่อยพบออกผล

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง รวมทั้งบริเวณริมถนนใหญ่ และจะพบขึ้นเยอะมากในพื้นที่เกษตรที่มีการใช้ปุ๋ยมาก ในที่ที่มีมลภาวะจะพบว่าริมแผ่นใบมักเกิดการฟอกขาว ในเขตกรุงเทพมหานครไม่พบออกผล



รูปที่ 2.13 ไลเคนชนิด *Pyxine cocoes* วงศ์ Physciaceae (หัตถ์ทศกัณฐ์กุ่มน้ำแข็ง)
(หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

4) สิวหัวช้างจิว ชนิด *Anthracotheicum* วงศ์ Pyrenulaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง เป็นแผ่นสีขาวเทา แตกระแหงเป็นร่องร่างแห
- ผลกลมมนนูนผุดขึ้นมาคล้ายภูเขาไฟกึ่งจมกึ่งโผล่ มีขนาดเล็กมากสีน้ำตาลเข้ม หรือดำ เห็นรูสปอร์ตรงกลางได้ชัดเจน

การกระจาย

พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเมือง แต่สิวหัวช้างชนิดที่มีผลขนาดใหญ่มักพบได้ในที่มีอากาศดี โดยเฉพาะในป่าดิบ



รูปที่ 2.14 ไลเคนชนิด *Anthracotheicum* วงศ์ Pyrenulaceae (สิวหัวช้างจิว)
(มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

2.3.2 กลุ่มทนทาน

1) รั้วแพร ชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบ มีสีเขียวเทาหรือเขียวตองอ่อน ขึ้นติดแน่นกับวัตถุที่เกาะ
- แขนงใบเบียดกันแน่น บีบดูขึ้นเป็นลอน ดูล้ายผ้าแพรเย็น
- แตกหน่อเป็นกระจุกผิงแปลงกลมๆ คล้ายขนมถ้วยฟู หรือดอกกะหล่ำ
- ผลสีน้ำตาลหรือดำ มีขอบสีเดียวกับผืนไลเคน แต่แบบนี้จะไม่พบในกรุงเทพฯ

การกระจาย

พบทั่วไป ทั้งในและนอกเมืองบางครั้งพบขึ้นใกล้ถนน



รูปที่ 2.15 ไลเคนชนิด *Dirinaria* วงศ์ Physciaceae (รั้วแพร) (ไลเคนบ้านเรา, 2558)

2) ลายเส้น ชนิด *Graphid* วงศ์ Graphidaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผิง ผิงดวงมักเป็นสีขาวเทา หรือเขียวมะกอก
- ผลมีลักษณะเหมือนลายเส้นสีดำหรือขาว ขอบผลยกเป็นสันดูล้ายริมฝีปาก
- บางชนิดออกผลติดกันเป็นรูปแฉกหรือดาว บางชนิดที่พบในป่าเรียงตัวคล้ายอักษรจีน

การกระจาย

จะกระจายตัวเป็นกลุ่มใหญ่ มีมากมายหลายชนิด ขึ้นกระจายทั่วไป โดยเฉพาะในเขตร้อน พบได้ตั้งแต่ในป่าต่างๆ ถึงตามสวนในเมืองใหญ่ ความทนทานมลภาวะจะแตกต่างกันตามชนิด หลายชนิดทนทานและพบได้บ่อยในกรุงเทพมหานคร โดยเฉพาะบนต้นลำต้น



รูปที่ 2.16 ไลเคนชนิด *Graphid* วงศ์ Graphidaceae (ลายเส้น)
(หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

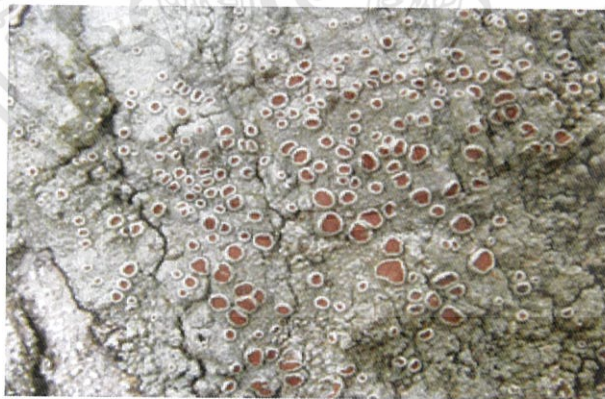
3) ร้อยเหรีญ ชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีเขียวเทาหรือสีเทา
- ผลมีลักษณะกลมแบน มีสีน้ำตาลอ่อนหรือสีเขียวอ่อน มีขอบสีเดียวกับผืนไลเคน เป็นปุ่มๆ เหมือนสายลูกบิด และยกนูนสูงกว่าตัวผล จึงเห็นขอบได้ชัดเจน คุกคล้ายเหรีญสลับบาท มักออกผลเต็มผืนไลเคน

การกระจาย

พบทั่วไปทั้งในเมืองและนอกเมือง ไม่ค่อยพบผลสีเขียวในกรุงเทพมหานคร



รูปที่ 2.17 ไลเคนชนิด *Lecanora* วงศ์ Lecanoraceae (ร้อยเหรีญ)
(Lichen Research Unit, 2015)

4) ธิตามะกอกดำ ชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีเขียวมะกอกหรือสีเขียวขี้ม้า
- ผลมีลักษณะกลมแบน มีสีน้ำตาลเข้มถึงสีดำ ขอบสีเดียวกับผืนไลเคน ไม่ยกนูนสูงขึ้นมากนัก จึงเห็นไม่ชัดเจน

การกระจาย

พบได้ทั่วไป แต่เนื่องจากมีขนาดเล็กและสีกลมกลืนกับไลเคนอื่นๆ โดยเฉพาะเมื่อขึ้นอยู่ในดงไผ่พระอินทร์ ทำให้สังเกตเห็นได้ยาก



รูปที่ 2.18 ไลเคนชนิด *Rinodina* วงศ์ Physciaceae (ธิตามะกอกดำ) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

5) หลิ่งตุ๊กแก ชนิด *Arthonia* วงศ์ Arthoniaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง ผืนไลเคนมีสีขาวเทา มักมีรอยแตกกระแหวง ดุกคล้ายนาแห้ง
- ผลมีรูปร่างไม่แน่นอน ที่พบในกรุงเทพฯ มักมีลักษณะคล้ายร่องหนองน้ำสีดำ น้ำตาล ถึงแดงเข้ม ดุกคล้ายพินกรามอดุดา

การกระจาย

พบได้ทั่วไป บางครั้งจะพบใกล้ถนน



รูปที่ 2.19 ไลเคนชนิด *Arthonia* วงศ์ Arthoniaceae (หลิ่งตุ๊กแก) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) กลุ่มโตรีายากิ ชนิด *Bacidia* & *Caloplaca* วงศ์ Bacidiaceae & Teloschistaceae

ลักษณะเด่น

- โไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวอมเทา เขียวทองอ่อน ถึงเขียวเข้ม
- มักแตกหน่อเป็นฟองหรือผงแป้น ทำให้ผิวของผืนไลเคนดูขรุขระ
- ผลอวบน้ำ มีสีครีม หรือสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้ม
- *Bacidia* ตอนเป็นผลอ่อน รูปร่างจะออกกลมแบน และเห็นขอบสีอ่อนชัดเจน เมื่อแก่ขึ้น ผลจะเป่งขึ้นเรื่อยๆ จนกลมมน รูปร่างเปี้ยวคล้ายเห็ดหูหนู และไม่เห็นขอบ
- ผล *Caloplaca* เห็นขอบสีอ่อนได้ตลอด ตั้งแต่ผลอ่อนถึงผลแก่

การกระจาย

สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง



รูปที่ 2.20 โไลเคนชนิด *Bacidia* & *Caloplaca* วงศ์ Bacidiaceae & Teloschistaceae (โตรีายากิ) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

7) ไททองโรยขมื่น ชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae

ลักษณะเด่น

- โไลเคนประเภทดวงหรือผง ในสภาพดี ผืนไลเคนจะเป็นสีเขียวและมักมีผงฝุ่นสีเหลืองถึงส้มเหมือนมีผงขมื่นโรยหน้า จนบางครั้งเห็นเป็นสีเหลืองส้มทั้งผืน แต่ในบริเวณที่มีมลภาวะผืนไลเคนมักเกิดการฟอกขาว
- มักออกผลจำนวนมากติดกันแน่นทั้งผืน ตัวผลดูคล้ายกระปุกหรือไหกระเทียมดองสีเหลือง มีรูหนึ่งรูตรงกลาง

การกระจาย

สามารถพบขึ้นนอกเขตเมืองมากกว่าในเมือง



รูปที่ 2.21 ไลเคนชนิด *Laurera benguelensis* วงศ์ Trypetheliaceae (ไลเคนของโรยขมิ้น)
(ไลเคนบ้านเรา, 2558)

8) พริกไทยร้อยเม็ด ชนิด *Trypethelium tropicum* วงศ์ Trypetheliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง มีสีเขียวถึงสีเขียวขี้ม้า ผิวเรียบมัน แต่บางครั้งอาจดูเป็นลักษณะย่น
- ออกผลสีดำด้านคล้ายเมล็ดพริกไทยจำนวนมาก กระจายเป็นกองๆ ตัวผลมักเชื่อมติดกัน แต่ยังเห็นผลเดี่ยวๆ แต่ละผลมีหนึ่งรู เมื่อสปอร์แตกจะดูคล้ายเมล็ดพริกไทย

การกระจาย

พบขึ้นนอกเมืองมากกว่าในเมือง



รูปที่ 2.22 ไลเคนชนิด *Trypethelium tropicum* วงศ์ Trypetheliaceae (พริกไทยร้อยเม็ด)
(หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2558)

9) กลุ่มลายเส้นผลรวม ชนิด *Glyphis & Sacographa* วงศ์ Graphidaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทดวงหรือผง
- ผลหลายผลเชื่อมรวมเป็นก้อนเดียวกันดูเฟินๆ คล้ายขนมเม็ดแมงลัก เมื่อส่องใกล้ๆ จะเห็นรูสปอร์หลายรู

การกระจาย

เป็นไลเคนวงศ์เดียวกันกับพวกลายเส้น แต่ละชนิดอาจมีความทนทานต่อมลภาวะอากาศต่างกัน จากการสังเกตในเบื้องต้น พวกสาครู้ดำ (*Glyphis*) มักจะทนมลภาวะได้ค่อนข้างดี บางครั้งพบขึ้นใกล้ถนน ในขณะที่พวกบั้งขนเทา (*Sacographa*) จะอ่อนไหวกว่าและพบได้ง่ายนอกเมือง



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.23 ไลเคนในชนิด (ก) สาครู้ดำ (*Glyphis*) และ (ข) บั้งขนเทา (*Sacographa*)
(มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

10) สาวน้อยกระโปรงบานบางกอก ชนิด *Physcia dimidiata* วงศ์ Physciaceae

ลักษณะเด่น

- ใบขนาดเล็ก ขอบใบหยักละเอียด มีลักษณะแผ่นปลิวบานเหมือนระบายชายกระโปรง
- ตัวใบเผยอขึ้นมา ไม่แนบติดวัตถุที่เกาะอย่างหัดถักคกัณฑ์กุ่มน้ำแข็งหรือริ้วแพร
- อาจเห็นรากเทียมเป็นเส้นเดี่ยวสีขาวใกล้ขอบใบ
- แตกหน่อเป็นฟองผงแป้งจำนวนมากตรงกลางผืนไลเคน ดูเหมือนดอกกะหล่ำ
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

มักจะพบในบริเวณที่ค่อนข้างชื้น ไลเคนสกุลนี้ส่วนใหญ่ไม่ทนต่อมลภาวะ แต่ชนิดที่พบในกรุงเทพมหานครจะเป็นชนิดที่ค่อนข้างทนทาน บางครั้งจะพบขึ้นใกล้ถนนใหญ่



รูปที่ 2.24 ไลเคนชนิด *Physcia dimidiata* วงศ์ Physciaceae (สาวน้อยกระโปรงบาน บางกอก) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

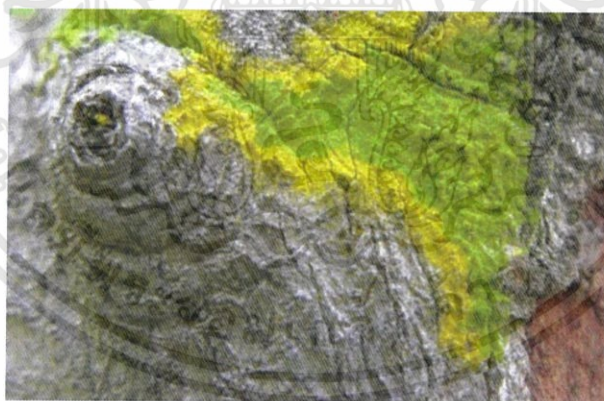
11) แป้งมณฑโท ชนิด *Chrysothrix* วงศ์ Chrysothricaceae

ลักษณะเด่น

- เป็นผงฝุ่นสีเขียวตองอ่อนสด บางครั้งมีสีเหลืองสด
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

พบนอกเมืองมากกว่าในเมือง



รูปที่ 2.25 ไลเคนชนิด *Chrysothrix* วงศ์ Chrysothricaceae (แป้งมณฑโท) (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

2.3.3 กลุ่มอากาศดี

1) ผักกาดหน่อแห้ง ชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ Parmeliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบขนาดใหญ่ มีสีเทาขาวหรือเขียวอมเทา ขอบใบโค้งมนคล้ายใบผักสลัด โอ๊คสีฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

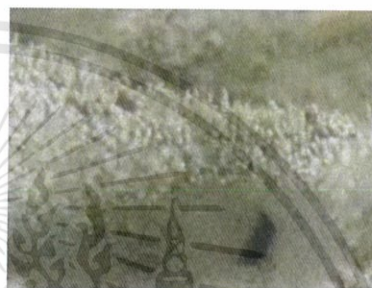
- ในเวลาที่แห้งหน้าใบของไลเคนจะมีสีเทา ส่วนในเวลาที่เปียกจะมีสีเขียว ใต้ใบมีสีน้ำตาลดำ
- แยกหน่อเป็นแท่งเล็กๆ ทั่วใบ
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

พบได้ทั่วไปตามต้นไม้ สวน และป่าต่างๆ ถ้าสภาพอากาศดี มักพบขึ้นบนกิ่งไม้มากกว่า บริเวณลำต้น ปัจจุบันไม่พบในเขตกรุงเทพมหานคร



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.26 (ก) ไลเคนชนิด *Parmotrema tinctorum* วงศ์ Parmeliaceae (ผักกาดหน่อแห้ง)
(ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นแท่ง (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

2) ผักกาดหน่อฟอง ชนิด *Parmotrema praesorediosum* วงศ์ Parmeliaceae

ลักษณะเด่น

- ไลเคนประเภทใบขนาดใหญ่ มีสีเทาขาวหรือเขียวอมเทา ขอบใบหยักเหมือนใบผักกาดหอม
- ในเวลาที่แห้งหน้าใบของไลเคนจะมีสีเทา ส่วนในเวลาที่เปียกจะมีสีเขียว ใต้ใบมีสีน้ำตาลดำ แยกหน่อเป็นฟองผองแป้งริมขอบใบ
- ไม่พบออกผล

การกระจาย

พบได้ทั่วไปตามต้นไม้ สวน และป่าต่างๆ ถ้าสภาพอากาศดี มักพบขึ้นบนกิ่งไม้มากกว่า บริเวณลำต้น ปัจจุบันไม่พบในเขตกรุงเทพมหานคร



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.27 (ก) ไลเคนชนิด *Parmotrema praesorediosum* วงศ์ Parmeliaceae

(ฝักกาดหน่อฟอง)

(ข) ภาพขยาย การแตกหน่อเป็นฟองผงแบ่งริมขอบใบ (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

ในการประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคนที่มีการแบ่งกลุ่มตามความสามารถในการทนมลภาวะอากาศ 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	มีมลภาวะทางอากาศรุนแรง

ที่มา : ปรับปรุงมาจากมูลนิธิโลกสีเขียว, 2555

2.4 ความหลากหลายทางชีวภาพ

ความหลากหลายทางชีวภาพ หมายถึง การมีชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตหลากหลาย ชนิดมาอยู่ร่วมกัน ณ สถานที่หนึ่งหรือระบบนิเวศใดระบบนิเวศหนึ่ง

2.4.1 ความหลากหลายทางชีวภาพแบ่งได้ 3 ระดับดังนี้

1. ความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) ได้แก่ ความหลากหลายขององค์ประกอบทางพันธุกรรมในสิ่งมีชีวิตซึ่งแสดงออกด้วยลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ที่ปรากฏให้เห็น โดยทั่วไปทั้งภายในสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันและระหว่างสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน ระดับความแตกต่างนี้เองที่

ใช้กำหนดความใกล้ชิดหรือความห่างของสิ่งมีชีวิตในสายวิวัฒนาการจนกลายเป็นสิ่งมีชีวิตต่างชนิดต่างกลุ่มหรือต่างอาณาจักรกันตามลำดับ นักชีววิทยามีเทคนิคการวัดความหลากหลายทางพันธุกรรมหลายวิธี แต่ทุกวิธีอาศัยความแตกต่างขององค์ประกอบทางพันธุกรรมเป็นดัชนีในการวัด หากสิ่งมีชีวิตชนิดใดมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมเป็นแบบเดียวกันทั้งหมดย่อมแสดงว่าสิ่งมีชีวิตชนิดนั้นไม่มีความหลากหลายทางพันธุกรรม

2. ความหลากหลายของชนิดหรือชนิดพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต (Species diversity) ความหลากหลายแบบนี้วัดได้จากจำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดรวมทั้งโครงสร้างอายุและเพศของประชากรด้วย

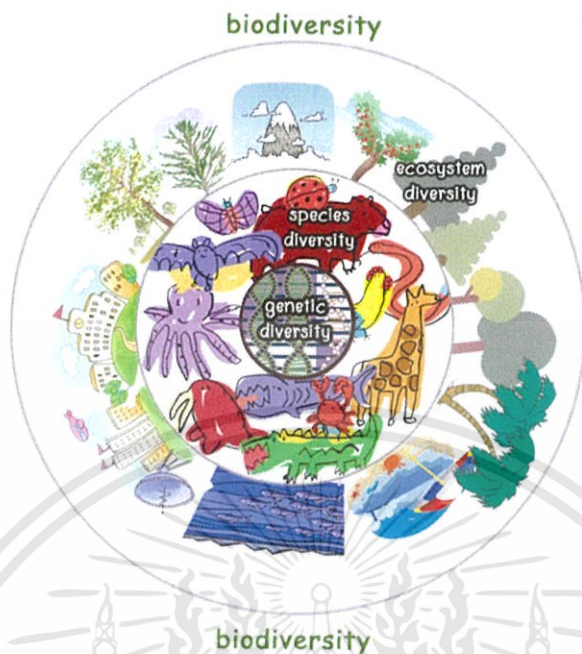
3. ความหลากหลายของระบบนิเวศ (ecological diversity) ระบบนิเวศแต่ละระบบเป็นแหล่งของถิ่นที่อยู่อาศัย (habitat) ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ซึ่งมีปัจจัยทางกายภาพและชีวภาพที่เหมาะสมกับสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในระบบนิเวศนั้น สิ่งมีชีวิตบางชนิดมีวิวัฒนาการมาในทิศทางที่สามารถปรับตัวให้อยู่ได้ในระบบนิเวศที่หลากหลายแต่บางชนิดก็อยู่ได้เพียงระบบนิเวศที่มีภาวะเฉพาะเจาะจงเท่านั้น ความหลากหลายของระบบนิเวศขึ้นอยู่กับชนิดและจำนวนประชากรของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศนั้นๆ สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดผ่านกระบวนการวิวัฒนาการในอดีต และมีขีดจำกัดที่จะดำรงอยู่ในภาวะความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความหลากหลายทางพันธุกรรมภายในประชากรของมันเองส่วนหนึ่ง และขึ้นอยู่กับความรุนแรงของความแปรปรวนของสิ่งแวดล้อมอีกส่วนหนึ่ง หากไม่มีทั้งความหลากหลายทางพันธุกรรมและความหลากหลายของระบบนิเวศ สิ่งมีชีวิตกลุ่มนั้นย่อมไร้ทางเลือกและหมดหนทางที่จะอยู่รอดเพื่อสืบทอดลูกหลานต่อไป

ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity indices) ใช้สูตรของ Shannon-Wiener's Index ตาม Ludwig และ Reynold (1998) ดังนี้

ดัชนีของแชนนอน-เวียนเนอร์ (Shannon-Wiener's Index)

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

H	=	ดัชนีความหลากหลาย
S	=	จำนวนชนิด
P _i	=	สัดส่วนของจำนวนหรือมวลชีวภาพของแต่ละชนิดถึง i
*	=	ในการคำนวณ ln อาจใช้ log ₁₀ หรือ log ₂



รูปที่ 2.28 ความหลากหลายทางชีวภาพ (Krusarawut, 2557)

2.5 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur Dioxide : SO_2) เรียกชื่ออื่นว่า ซัลฟูรัส แอนไฮไดรย (Sulfurous Anhydride) หรือ ซัลฟูรัส ออกไซด์ (Sulfurous Oxide) หรือ ซัลเฟอร์ ซุปเปอร์ออกไซด์ (Sulfur Superoxide) มีน้ำหนักโมเลกุล 64.06 กรัมต่อโมล มีจุดเดือด -75.5 องศาเซลเซียส (ที่ 101.3 kPa) มีจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็ง -10.0 องศาเซลเซียส (ที่ 101.3 kPa) ความหนาแน่นเท่ากับ 1.46 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ที่ -10.0 องศาเซลเซียส) ความสามารถในการละลายน้ำ 8.5% ที่ 25 องศาเซลเซียส เป็นก๊าซไม่มีสี มีกลิ่นกรด ไม่ไวไฟ ที่ระดับความเข้มข้นสูงถึงระดับ 3 พีพีเอ็ม จะมีกลิ่นฉุนแสบจมูก การสันดาปเชื้อเพลิงเพื่อใช้พลังงานในการดำรงชีพของมวลมนุษย์ ซึ่งรวมถึงอุตสาหกรรมทำให้เกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และอนุภาคมลสาร กระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ก็เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทั้งสองเช่นกัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และละอองกรดกำมะถัน ก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง นอกจากนี้ ก๊าซนี้ยังทำให้น้ำฝนที่ตกลงมามีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะทำลายระบบนิเวศ ป่าไม้ แหล่งน้ำสิ่งมีชีวิตต่างๆ รวมถึงการกัดกร่อนอาคารและโบราณสถานอีกด้วย (กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กทม, 2550)

ซัลเฟอร์ที่พบในบรรยากาศอยู่ในรูปสารประกอบ 3 ชนิด คือ SO_2 , H_2S และ SO_4^{2-} ในรูปแอโรซอล ซึ่งทั้ง 3 ชนิด ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีความสำคัญที่สุด ปฏิกิริยาการเกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ดังสมการ (2.2)



เมื่อทำปฏิกิริยากับก๊าซออกซิเจนในอากาศจะเป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์และจะรวมตัวเป็นกรดกำมะถัน เมื่อมีความชื้นเพียงพอหากอยู่ร่วมกับอนุภาคมวลสารที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น แมงกานีสเหล็ก และวานาเดียม จะเกิดมีปฏิกิริยาเติมออกซิเจนเกิดเป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ และเป็นกรดกำมะถันเช่นกัน ดังสมการ (2.3)



โดยปกติในบรรยากาศมีส่วนประกอบที่เป็นไอน้ำ หมอก เมฆ และฝน เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศก็จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ซึ่งเป็นอันตรายมากกว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เอง โดยเฉพาะสามารถทำให้วัตถุเกิดการผุกร่อนได้ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 3 วัน โดยทั่วไป จะถูกออกซิไดซ์เป็น ก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) โดยออกซิเจน (O_2) หรือโอโซน (O_3) และควบแน่นหรือตกสู่ในรูปของกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) หรือซัลเฟต (SO_4^{2-}) โดยปฏิกิริยาเคมีแสงในอากาศ และมีตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น ฝุ่นเกิดการรวมตัวเป็นฝนกรด (Acid rain) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ป่าไม้ แหล่งน้ำ สิ่งมีชีวิต และมีฤทธิ์กัดกร่อนอาคารและสิ่งก่อสร้างต่างๆ ดังสมการ (2.4) และ (2.5)



2.6 แหล่งกำเนิดของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

2.6.1 แหล่งกำเนิดจากธรรมชาติ

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ได้จากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการออกซิเดชันของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ที่เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ กับออกซิเจน (O_2) หรือ โอโซน (O_3) โดยที่ฝุ่นหรือละอองน้ำเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้เร็วเมื่อเกิดปรากฏการณ์ของหมอกควันเคมีแสง (Photochemical smog) เพราะทั้งออกซิเจน (O_2), โอโซน (O_3) และฝุ่นมีความเข้มข้นสูง ดังสมการ (2.6) และ (2.7)



เมื่อ P คือ อนุภาค เช่น ฝุ่นหรือละอองน้ำ

2.6.2 แหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) อยู่ในกลุ่มของก๊าซซัลเฟอร์ออกไซด์ (SO_x) ซึ่งเป็นออกไซด์ของกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) อย่างหนึ่ง เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ่านหิน และน้ำมันซึ่งมีกำมะถันหรือซัลเฟอร์ (S) เจือปนอยู่ ประมาณครึ่งหนึ่งของซัลเฟอร์ (S) ในถ่านหิน จะอยู่ในรูปของไพไรต์ (FeS₂) และอีกครึ่งหนึ่งจะอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ การเผาไหม้ของไพไรต์ (FeS₂) เกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) มีปฏิกิริยาดังสมการ (2.8)

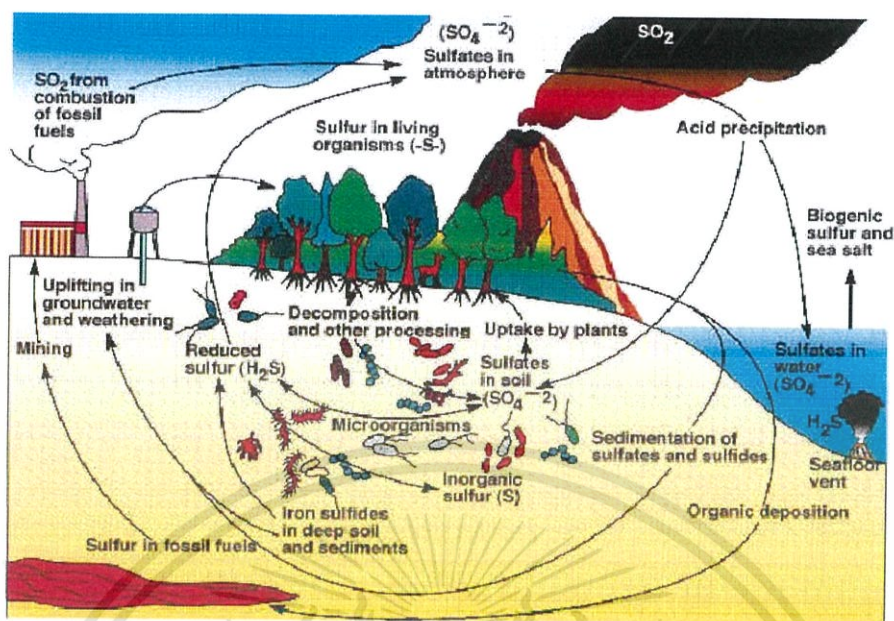


การเผาไหม้ของไพไรต์จะเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) เป็นส่วนใหญ่ อาจเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO₃) ขึ้นได้ แต่มีปริมาณเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำในอากาศ แล้วเปลี่ยนเป็นกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) ดังสมการ (2.9)



โรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศในปริมาณสูง ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้น้ำมันปิโตรเลียม โรงงานอุตสาหกรรมถลุงสินแร่โลหะ โรงงานผลิตกระดาษ เป็นต้น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากการกระทำของมนุษย์มากกว่าที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติ

การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศจากการเผาไหม้ขึ้นอยู่กับปริมาณของซัลเฟอร์ ซึ่งปรากฏอยู่ในเชื้อเพลิงแหล่งที่สำคัญอีกแหล่งหนึ่งในการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศ คือ อุตสาหกรรมถลุงโลหะ ซึ่งสินแร่บางชนิด เช่น สินแร่สังกะสีและทองแดงมักอยู่ในรูปของซัลไฟด์ ระหว่างการถลุงจะมีก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระบายนอกมาด้วย และแหล่งที่น่าสนใจอีกแหล่งหนึ่ง คือ จากโรงงานผลิตกรดซัลฟูริก (H₂SO₄)



รูปที่ 2.29 วัฏจักรซัลเฟอร์ (Sulfur Cycle) (โรงเรียนมหิตลวิทยาลัยอนุสรณ์, 2015)

2.7 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม

การปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีความเข้มข้นสูง มีผลกระทบต่อสุขภาพอย่างมาก ก๊าซนี้มีอันตรายต่อร่างกายมากยิ่งขึ้นเมื่อรวมตัวกับฝุ่น ซึ่งฝุ่นบางชนิดสามารถดูดซึมและละลายก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไว้ในตัว เช่น โซเดียมคลอไรด์ ละอองไอของเหล็ก เพอร์ส แมงกานีส วานาเดียม เป็นต้น ซึ่งรวมถึงผลกระทบต่อการทำงานของระบบทางเดินหายใจ โรคปอด โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดหัวใจ และผู้ที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ เด็ก คนชรา และผู้ป่วยโรคหืด โรคหลอดเลือดหัวใจหรือโรคปอด

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีกลิ่นเหม็น ทำให้ระบบทางเดินหายใจ เช่น จมูก ลำคอ อักเสบ ระคายเคือง ทั้งนี้เนื่องมาจากในน้ำมันเชื้อเพลิงรถยนต์มีกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีสารกำมะถันปนอยู่ เมื่อเกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จะมีก๊าซกำมะถันหลุดออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ ดังนั้นโรงกลั่นน้ำมันต้องกำจัดกำมะถันในน้ำมันดิบออกให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ก๊าซนี้มีอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ เพราะเป็นตัวนำที่ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อระบบหายใจ ทำให้สัตว์เจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจส่วนต้นในอัตราสูง ถ้าสูดเข้าไปเสมอ ๆ ทำให้เกิดหลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถ้ามากทำให้ลิ้นไก่สั้นเกิดการเกร็งหดปิดทางเดินหายใจตายทันที ที่สำคัญที่สุดเป็นอันตรายต่อปอดในรายที่คนไข้เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจอยู่แล้ว จะมีการเพิ่มมากขึ้น เมื่อได้รับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขนาด 0.25 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อปรากฏอยู่รวมกับฝุ่น และความชื้น จะมีผลต่อสุขภาพเพิ่มขึ้นมาก มีการศึกษาผลต่อร่างกายของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และ SO_3 กับสัตว์ พบว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผลต่อระบบหายใจส่วนบน เมื่อระดับต่ำกว่า 20 พีพีเอ็ม ซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลเฉพาะเฉียบพลัน ไม่มีผลเรื้อรัง จากการศึกษาเกี่ยวกับสัตว์พบว่า การได้รับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ขนาดปาน

กลาง และไม่ต่อเนื่อง ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะไม่มีผลสะสมใดๆ และจะต้องมีระดับจนถึง 1 พีพีเอ็ม จึงจะเกิดผลกับสุขภาพหรือให้ผลแตกต่างระหว่างคนปกติ

ตารางที่ 2.3 ผลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์

ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ppm)	ผลที่เกิดขึ้น
1500 (0.52) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	เพิ่มอัตราการตาย
เท่ากับหรือมากกว่า 715 (0.25) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	อาจเพิ่มอัตราการตายต่อวัน
500 (0.19) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	อาจเพิ่มอัตราการตาย
300 – 500 (0.11-0.19) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	เพิ่มอัตราป่วยเข้ารับการรักษาใน โรงพยาบาลด้วยโรคทางเดินหายใจ เพิ่มอัตราการขาดงาน
715 (0.25) (เฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	อัตราการป่วยของผู้มีอายุเกิน 54 ปี เพิ่มขึ้นโดยฉับพลัน
600 (0.21) (ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง)	ผู้ป่วยด้วยโรคปอดเรื้อรังอาจมีอาการ รุนแรง
105-265 (0.037-0.092) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี)	มีอาการโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้น และอาจเกิดโรคปอด
120 (0.046) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี)	เป็นโรคทางเดินหายใจบ่อยครั้งขึ้น และอาการร้ายแรงขึ้น
115 (0.040) (ค่าเฉลี่ย 1 ปี)	เพิ่มอัตราการตายด้วยโรคหลอดลมอักเสบ และมะเร็งปอด
ผลต่อการมองเห็น 286 (0.10)	การมองเห็นไกลลดลงประมาณ 5 ไมล์

ที่มา : United States Department of Health, Education, and Welfare (USHEW), 1920

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ความเข้มข้นของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับต่างๆกัน ย่อมแสดงความความเป็นอันตรายแตกต่างกัน จึงมีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์	
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1 ปี	ไม่เกิน 0.04 ส่วนในล้านส่วน (0.01 mg/m ³)
24 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.12 ส่วนในล้านส่วน (0.30 mg/m ³)
1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.30 ส่วนในล้านส่วน (780 mg/m ³)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)

ความเข้มข้น (ppb)	คุณภาพอากาศ	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-25	ดี	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
26-120	ปานกลาง	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
121-305	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	ผู้่วยโรกระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ไม่ควรทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน

ตารางที่ 2.5 มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) (ต่อ)

ความเข้มข้น (ppb)	คุณภาพอากาศ	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
306-610	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ผู้ป่วยโรกระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ควรจำกัดการออกกำลังกายนอกอาคาร
มากกว่า 610	อันตราย	บุคคลทั่วไปควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายนอกอาคารสำหรับผู้ป่วยโรกระบบทางเดินหายใจ ควรอยู่ภายในอาคาร

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตาม WHO Air Quality Guideline 2005

	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 10 นาที	เกณฑ์ในการกำหนดระดับ
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(mg/m^3)	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
Interim Target 1 (IT1)	125	0.125	-	-
Interim Target 2 (IT2)	50	0.050	-	ค่าเป้าหมายระหว่างกลาง ใช้การควบคุมทั้งการปล่อยไอเสียจากรถยนต์และจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า ค่านี้เป็นค่าที่สมเหตุสมผลและสามารถทำได้จริงสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนาที่สามารถที่จะบรรลุได้ในช่วงเวลา 1-2 ปี ซึ่งจะทำให้สุขภาพดีขึ้น และถ้าบรรลุเป้าหมายนี้แล้วให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.6 ค่ามาตรฐานของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ตาม WHO Air Quality Guideline 2005 (ต่อ)

	ค่าเฉลี่ย 24 ชั่วโมง		ค่าเฉลี่ย 10 นาที ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	เกณฑ์ในการกำหนดระดับ
	($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	(mg/m^3)		
				พัฒนาต่อยอดไปสู่ระดับ AQG
Air Quality Guideline (AQG)	20	0.020	500	-

ค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ระยะยาว 1 ปีไม่จำเป็นต้องมี เนื่องจาก WHO ระบุว่าค่าระยะสั้นที่ 24 ชั่วโมง ถ้าสามารถควบคุมให้ต่ำได้ ค่า 1 ปีก็จะต่ำไปด้วย จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดเนื่องจากการบรรลุตามค่า Guideline ในบางประเทศเป็นเรื่องที่ยาก จึงได้กำหนดชั้นบันไดของค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่ IT1 และ IT2 (ตารางที่ 2.3) แนวทางการควบคุม คือ การควบคุมการปล่อยไอเสีย ทั้งจากท่อไอเสียรถยนต์หรือจากโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า จะทำให้สามารถลดซัลเฟอร์ไดออกไซด์ลงได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำ ตามค่ามาตรฐานของประเทศไทยค่าเฉลี่ย $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ แสดงว่ามีมาตรฐานเข้มงวดกว่าค่า IT2 ของ WHO ($0.050 \text{ mg}/\text{m}^3$) แต่ยังมีค่าสูงกว่า AQG ที่ระบุว่าควรพัฒนาต่อยอดให้ประชากรมีสุขภาพดี

2.9 ข้อมูลระดับของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร

การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร แบ่งพื้นที่ตรวจวัดออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมถนน และพื้นที่ทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบพาสซีฟในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นอีก 21 จุด ทำการตรวจวัดจุดละประมาณ 2 สัปดาห์ สำหรับผลการติดตามตรวจสอบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 2.7 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร ปี 2557

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นใน เวลา	ช่วงค่าที่วัดได้	ค่า มาตรฐาน	จำนวนครั้งที่เกินมาตรฐาน/ จำนวนครั้งที่ตรวจวัด (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
1) บริเวณพื้นที่ริมถนน SO ₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	0 - 23	300	0/26,984 (0)	3
2) บริเวณพื้นที่ทั่วไป SO ₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	0 - 21	300	0/62,151 (0)	4

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

2.10 ออกไซด์ของไนโตรเจน

ออกไซด์ของไนโตรเจน ประกอบด้วย ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไดรอกไซด์ (N₂O₃) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ (N₂O₂) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ (N₂O₄) ไดไนโตรเจนเพนตอกไซด์ (N₂O₅) ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ก๊าซ ถ่านหิน ฟืน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของออกไซด์ของไนโตรเจนซับซ้อนมากและขึ้นอยู่กับสารมลพิษอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอน โอโซน สารประกอบซัลเฟอร์ เป็นต้น รวมทั้งสภาวะทางธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ก็เป็นองค์ประกอบตัวหนึ่งเช่นกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เนื่องจากพบในบรรยากาศในปริมาณที่มากและก่อให้เกิดปัญหามลพิษทางอากาศ (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

2.10.1 แหล่งและปฏิกิริยาของออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

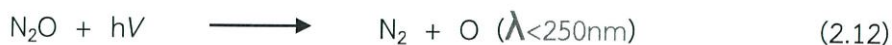
- ไนตรัสออกไซด์ (N₂O) เป็นแก๊สที่ว่องไวต่อปฏิกิริยาเกิดได้เองตามธรรมชาติ โดยปฏิกิริยา Denitrification ของธาตุไนโตรเจนในรูปไนเตรตไอออนที่มีในดินที่มีออกซิเจนน้อย ดังสมการ



แล้วถูกปล่อยในชั้นบรรยากาศโทรโพสเฟียร์ จากนั้นจะค่อยๆ เคลื่อนที่ต่อไปยังอากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ และเกิดโฟโตลิซิสต่อได้ที่ความสูงจากพื้นโลกมากกว่า 20 กิโลเมตร ได้เป็น 2 สมการต่อไปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

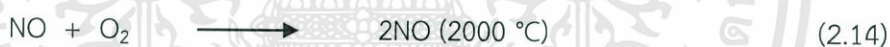


N_2O สามารถที่จะเกิดปฏิกิริยาต่อกับอะตอมของออกซิเจนเกิดเป็นไนตริกออกไซด์ ดังสมการ



จากปฏิกิริยาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าไนตรัสออกไซด์จัดเป็นมลพิษปฐมภูมิโดยจะสามารถให้ไนตริกออกไซด์ที่เป็นสารมลพิษทุติยภูมิ แต่อย่างไรก็ตามปัจจุบันนักสิ่งแวดล้อมได้ให้ความสำคัญไนตรัสออกไซด์มากขึ้นเนื่องจากเป็นที่ทราบกันว่าให้ผลรวมต่อการเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจกด้วย เพราะสมบัติของตัวเองและเป็นออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดในบรรยากาศ (0.3ppm) โดยมีอัตราการปล่อยที่มีแนวโน้มในการเพิ่ม 0.3% ต่อปี

- ไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นแก๊สที่ไม่มีสีและไม่เสถียรในบรรยากาศจัดเป็นมลพิษทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิ เกิดได้จากธรรมชาติและจากกิจกรรมมนุษย์ซึ่งมีการใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อใช้ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม รวมถึงในเครื่องยนต์ต่างๆ กระบวนการเผาไหม้ที่เองที่ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศสูงขึ้น จึงเป็นเหตุให้แก๊สที่มีมากที่สุดในบรรยากาศ (79%) คือไนโตรเจนเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศ ดังสมการ



ลำดับประเภทเชื้อเพลิงที่ปล่อยไนตริกออกไซด์เรียงจากปริมาณมากไปน้อยได้ ดังนี้ ถ่านหิน > น้ำมันปิโตรเลียม > แก๊ส สำหรับจากธรรมชาตินอกจากไนตรัสออกไซด์จะให้ไนตริกออกไซด์ พบว่าฟ้าผ่าก็เป็นแหล่งกำเนิดหลักของไนตริกออกไซด์และเกิดปฏิกิริยาได้เหมือนกับการเผาไหม้ได้เช่นกัน ไนตริกออกไซด์เป็นแก๊สที่ว่องไวจึงพบว่าหลังจากที่ถูกปล่อยในบรรยากาศได้ 4-6 วัน ก็จะออกซิไดซ์ต่อดัวยอะตอมของออกซิเจนหรือโอโซนแล้วให้ไนโตรเจนออกมาได้ ดังนี้



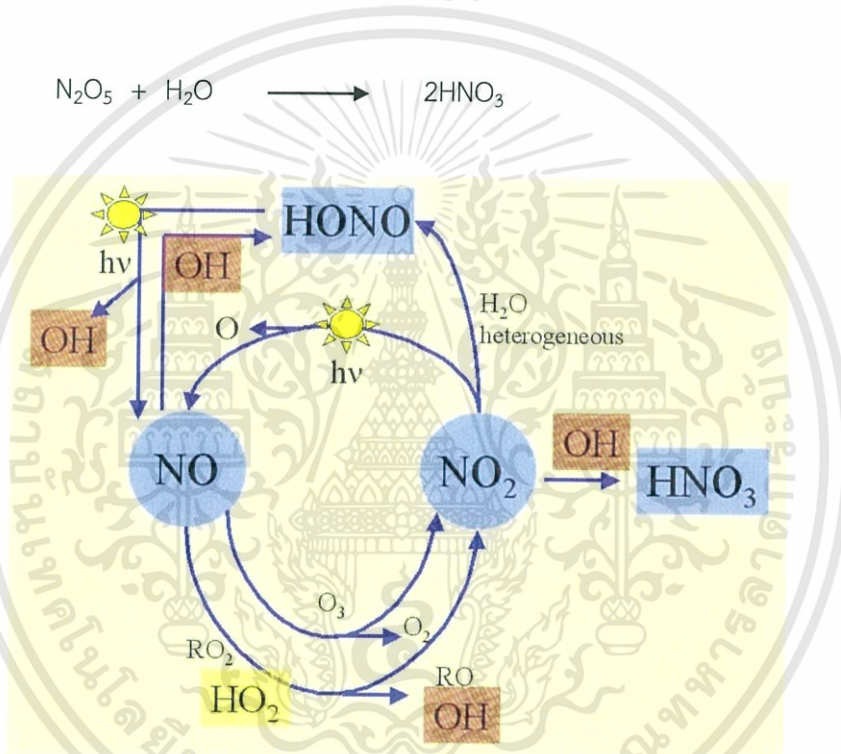
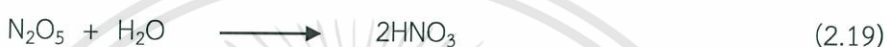
- ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นแก๊สที่มีสีน้ำตาลปนแดงจัดเป็นมลพิษทั้งประเภทปฐมภูมิและทุติยภูมิ มีแหล่งที่มาจากทั้งธรรมชาติและมนุษย์ทำ โดยพบว่าทั้งการเผาไหม้เชื้อเพลิงและจากฟ้าผ่าจะให้ไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ ดังสมการ



ไนโตรเจนไดออกไซด์จะให้กรดไนตริก โดยจะมีกลไกการเกิดในเวลากลางวันและกลางคืนที่ต่างกัน



กลางคืน จะมีอนุมูลอิสระไนเตรตเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยและเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องจนได้เป็นกรดไนตริก ดังนี้



รูปที่ 2.30 กลไกระหว่างไฮดรอกไซด์กับออกไซด์ของไนโตรเจน (Elmar Uherek, 2015)

กรดไนตริกจะถูกกำจัดให้ออกจากบรรยากาศได้ทั้งในรูปของเหลวหรือแห้งก็ได้ลงสู่พื้นโลก ในบางกรณีกรดไนตริกจะทำปฏิกิริยากับแอมโมเนียซึ่งระเหยจากปัสสาวะของสัตว์และสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนได้เป็นสารประกอบแอมโมเนียไนเตรต ดังนี้



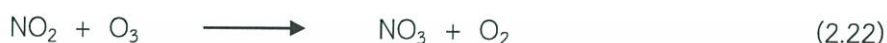
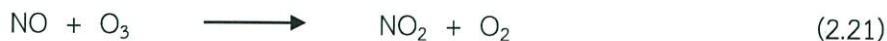
แอมโมเนียที่เกิดขึ้นจะถูกกำจัดจากบรรยากาศสู่พื้นโลกโดยอาจรวมตัวกับน้ำหรืออยู่ในรูปแอมโรซอลที่เป็นของแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

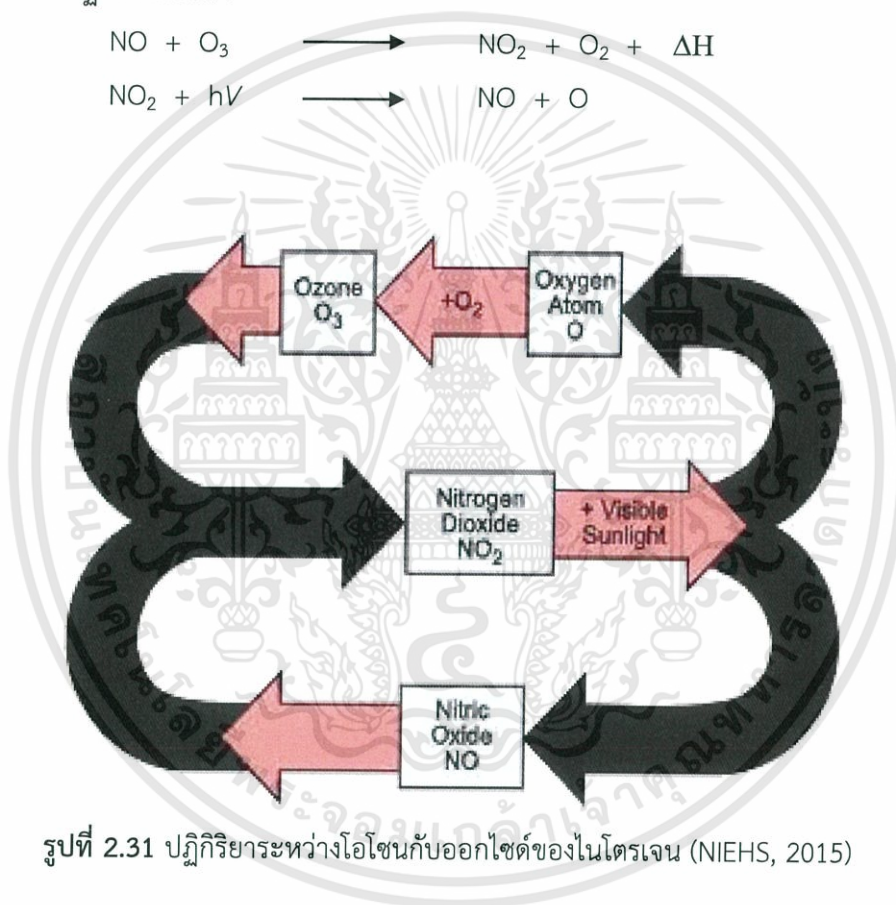
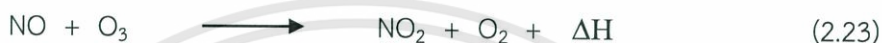
NO_x โดยเฉพาะไนตริกออกไซด์เป็นสารเคมีเริ่มต้นหลักที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโฟโตเคมี คัลสม็อกซึ่งก่อให้เกิดสารมัธยันต์ที่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพมนุษย์

สุดท้าย NO_x จะกลายเป็นไนไตรต์หรือไนเตรตที่รวมกับอนุภาคมลพิษโดยเกิดผ่านบางปฏิกิริยาดังตัวอย่าง และแสดงดังรูปที่ 2.31

1. ออกซิเดชันโดยโอโซนคือ



2. ปฏิกิริยากับแสง



รูปที่ 2.31 ปฏิกิริยาระหว่างโอโซนกับออกไซด์ของไนโตรเจน (NIEHS, 2015)

ปฏิกิริยาหลังจากนี้อาจเกิดได้ ดังนี้



แต่พบว่าปฏิกิริยาที่ให้ HNO_3 เร็วที่สุดเกิด ดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอาจจะให้สารต่อเป็น



2.10.2 ผลกระทบของไนโตรเจนออกไซด์ต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและการอนามัยสิ่งแวดล้อม, 2555)

ผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจาก NO_x นั้นมีได้หลายรูปแบบ เนื่องจาก Nitrogen Oxide มีสารประกอบหลายตัวที่อยู่ในกลุ่มของ Nitrogen Oxide ได้แก่ Nitrogen dioxide, Nitric Acid, Nitrous Oxide, Nitric และ Nitric Oxide สรุปผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม มีดังนี้

1. ทำให้เกิดก๊าซโอโซนในระดับพื้นดิน (Smog) ซึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่าง NO_x กับ สารระเหยอินทรีย์ (Volatile Organic Compounds หรือ VOC_s) โดยมีแสงแดดเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการรับผลกระทบได้แก่ เด็ก คนชรา ผู้ที่เป็นโรคปอดหรือหอบหืด เช่น โรคหอบหืดและผู้ที่ทำงานหรือออกกำลังกายนอกบ้านซึ่งเมื่อสัมผัสเป็นเวลานานๆ อยู่เป็นประจำ ก็จะทำให้มีการทำลายของเนื้อปอดทำให้การทำงานของปอดลดลง นอกจากนี้โอโซนสามารถถูกพัดพาไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดมลพิษทำให้เกิดผลกับประชาชนหรือสิ่งแวดล้อมที่อยู่ห่างไกลออกไปได้รวมถึงมีผลต่อการลดผลผลิตทางการเกษตรด้วย
2. ฝนกรด NO_x และ SO_x สามารถที่จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดกรดและเมื่อตกลงมายังพื้นผิวโลกไม่ว่าจะเป็นฝน หมอก หิมะ หรืออนุภาคแห้งและบางที่สามารถที่จะถูกพาไปได้ไกลหลายร้อยไมล์ ฝนกรดจะทำให้เกิดการกัดกร่อนอาคารบ้านเรือน รถยนต์ อนุสาวรีย์หรือโบราณสถานต่างๆ และทำให้แหล่งน้ำต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นแม่น้ำ ทะเลสาบมีความเป็นกรดและไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตตามปกติของพืชหรือสัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น
3. ฝุ่นละอองขนาดเล็ก NO_x ทำปฏิกิริยากับแอมโมเนีย หรือความชื้นหรือสารประกอบอื่นในอากาศ ทำให้เกิดกรดไนตริกหรือฝุ่นละอองขนาดเล็กอื่นๆ และฝุ่นละอองขนาดเล็กดังกล่าวทำให้มีผลต่อระบบหายใจ และทำลายเนื้อปอดและเป็นสาเหตุของการตายก่อนเวลาอันสมควร อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะเข้าไปยังระบบทางเดินหายใจได้ลึกทำให้มีผู้ที่มีโรคของระบบทางเดินหายใจอยู่แล้วมีอาการแย่ลงจากเดิม เช่น ผู้ที่มีถุงลมโป่งพอง หอบหืดอักเสบ และทำให้ผู้ที่เป็นโรคหัวใจมีอาการแย่ลงจากเดิม
4. คุณภาพของแหล่งน้ำแย่ง การที่มีปริมาณไนโตรเจนในน้ำสูงขึ้นโดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งจะทำให้רבกวนสมดุลของสารอาหารต่างๆ ในแหล่งน้ำทำให้พืชน้ำบางชนิดเจริญเติบโตมากเกินไปจนเป็นเหตุให้เกิดการลดของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ทำให้ลดจำนวนประชากรของปลา และหอย

5. การเปลี่ยนแปลงของดินฟ้าอากาศ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งอยู่ในตระกูลของไนโตรเจน ออกไซด์เป็นสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเรือนกระจก (Greenhouse effect) ถ้ามีการสะสมในบรรยากาศในปริมาณที่มาก จะทำให้อุณหภูมิของโลกค่อยๆ สูงขึ้นซึ่งจะเป็นปัจจัยเสี่ยงต่อมนุษยชาติ ทำให้ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างใหญ่หลวงต่อพืชและสัตว์

6. สารเคมีที่เป็นพิษ NO_x ทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ หรืออาจจะเป็นโอโซนจะได้สารประกอบตัวใหม่ที่เป็นพิษซึ่งบางตัวเป็นสาเหตุของการผ่าเหล่าทางชีวภาพ (Biological mutation) โดยตัวอย่างของสารประกอบที่เกิดขึ้นที่เป็นพิษ เช่น nitrate radical, nitroarenes และ nitrosamines

7. การลดทัศนวิสัยของการมองเห็น อนุภาคของไนเตรต และไนโตรเจนไดออกไซด์จะขัดขวางการผ่านของแสงอาทิตย์ ทำให้ทัศนวิสัยในการมองเห็นลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตเมืองหรือสวนสาธารณะต่างๆ

ตารางที่ 2.8 ค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์	
ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นในเวลา	ค่ามาตรฐาน
1 ชั่วโมง	ไม่เกิน 0.17 ส่วนในล้านส่วน (0.32 mg/m^3)
1 ปี	ไม่เกิน 0.03 ส่วนในล้านส่วน (0.057 mg/m^3)

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

ตารางที่ 2.9 มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2)

ความเข้มข้น (ppb)	คุณภาพอากาศ	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
0-85	ดี	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
86-170	ปานกลาง	ไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพ
171-600	มีผลกระทบต่อสุขภาพ	ผู้ช่วยโรกระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไป โดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ไม่ควร

ตารางที่ 2.9 มาตรฐานคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) (ต่อ)

ความเข้มข้น (ppb)	คุณภาพอากาศ	แนวทางการป้องกันผลกระทบ
		ทำกิจกรรมภายนอกอาคารเป็นเวลานาน
601-1,202	มีผลกระทบต่อสุขภาพมาก	ผู้ป่วยโรกระบบทางเดินหายใจควรหลีกเลี่ยงกิจกรรมภายนอกอาคาร บุคคลทั่วไปโดยเฉพาะเด็กและผู้สูงอายุ ควรจำกัดการออกกำลังกายภายนอกอาคาร
มากกว่า 1,202	อันตราย	บุคคลทั่วไปควรหลีกเลี่ยงการออกกำลังกายภายนอกอาคารสำหรับผู้ป่วยโรกระบบทางเดินหายใจ ควรอยู่ภายในอาคาร

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

2.11 ข้อมูลระดับของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร

การติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศในกรุงเทพมหานคร แบ่งพื้นที่ตรวจวัดออกเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ริมถนน และพื้นที่ทั่วไป นอกจากนี้ยังมีการตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบพาสซีฟในบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นอีก 21 จุด ทำการตรวจวัดจุดละประมาณ 2 สัปดาห์ สำหรับผลการติดตามตรวจสอบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไปของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ

ตารางที่ 2.10 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในกรุงเทพมหานคร ปี 2557

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นใน เวลา	ช่วงค่าที่วัดได้	ค่า มาตรฐาน	จำนวนครั้งที่เกินมาตรฐาน/ จำนวนครั้งที่ตรวจวัด (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย 1 ปี
1) บริเวณพื้นที่ริมถนน NO ₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	0 - 153	170	0/29,954 (0)	37
2) บริเวณพื้นที่ทั่วไป NO ₂ เฉลี่ย 1 ชั่วโมง (ppb)	0 - 142	170	0/71392 (0)	29

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ, 2558

2.12 ฝนกรด (acid rain)

ความเป็นกรด-ด่าง หรือ ค่า pH มีค่าตั้งแต่ 1-14 โดยวัดจากปริมาณไฮโดรเจนไอออน (H⁺) ที่มีอยู่ในสารละลาย โดยมี pH 7 เป็นค่ากลาง หากมี pH ต่ำกว่า 7 แสดงว่าสารละลายเป็นกรด แต่หากมีค่ามากกว่า 7 แสดงว่าสารละลายเป็นด่าง

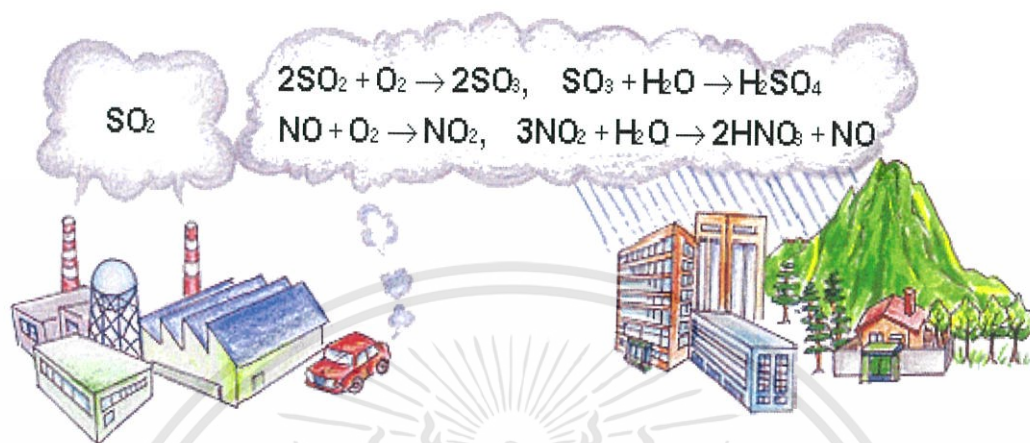
น้ำบริสุทธิ์ที่ปราศจากสารปนเปื้อนจะมีค่า pH เท่ากับ 7 ส่วนน้ำฝนโดยตามธรรมชาติจะมีค่า pH ใกล้เคียง และต่ำกว่า 7 เล็กน้อย คือ ที่ pH 5.6 เนื่องจากมีคาร์บอนไดออกไซด์ละลายกับน้ำฝนทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก แต่หากมีสารอื่นปนเปื้อน และละลายกับน้ำฝนมาก โดยเฉพาะสารที่มีศักยภาพเพิ่มความเป็นกรด เช่น กรดซัลฟูริก และกรดไนตริก เป็นต้น จนทำให้มีความเป็นกรดมาก pH จะต่ำลงมากกว่า 5.6 ดังนั้น ฝนกรด จึงหมายถึง น้ำฝนที่มีสภาพความเป็นกรดต่ำกว่า 5.6 (pH น้อยกว่า 5.6)

2.12.1 แหล่งกำเนิดสารก่อฝนกรด

1. จากธรรมชาติ เกิดจากการปลดปล่อยสารก่อความเป็นกรดจากแหล่งธรรมชาติ ได้แก่ ไฟป่า ภูเขาไฟ และการย่อยสลายของซากพืช ซากสัตว์ทั้งบนบก ในน้ำ และในทะเล เป็นต้น สารที่ปลดปล่อย ได้แก่ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S)

2. จากมนุษย์ เกิดจากการปลดปล่อยสารก่อความเป็นกรดที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ถือเป็นแหล่งที่ทำให้เกิดฝนกรดเป็นหลัก ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ในรถยนต์ การหุงหาอาหารในครัวเรือน การเผาขยะ การเผาวัสดุทางการเกษตร อุตสาหกรรม เป็นต้น สารที่ปลดปล่อย ได้แก่ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ก๊าซ

ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)



รูปที่ 2.32 ปฏิกิริยาฝนกรด (Acid Rain) (เว็บไซต์สยามเคมี, 2558)

2.12.2 สารก่อฝนกรด และกลไกการเกิดกรด

1. สารประกอบออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SO_x)

กลุ่มของสารประกอบออกไซด์ซัลเฟอร์ เป็นก๊าซไม่มีสี ไม่สามารถติดไฟ และระเบิดได้ แต่ทำให้เกิดรสเปรี้ยวหรือความเป็นกรดได้ และมีกลิ่นฉุน พบได้มากในบรรยากาศในรูปต่างๆ ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S)

- ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) สามารถเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ผ่านปฏิกิริยาออกซิเดชันของออกซิเจนหรือโอโซน โดยมีฝุ่นเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และสามารถเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และกรดกำมะถันได้โดยมีแสงเป็นตัวกระตุ้น
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) เมื่อสัมผัสกับโลหะที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น เหล็ก แมงกานีส และโซเดียม จะเกิดเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และกรดกำมะถันได้
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อสัมผัสกับน้ำหรือควบแน่นรวมกับไอน้ำจะเกิดเป็นกรดกำมะถันได้
- ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) สามารถเปลี่ยนเป็นก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) เมื่อรวมกับออกซิเจน ดังสมการ



ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ทำปฏิกิริยากับน้ำได้กรดซัลฟูริก ดังสมการ



ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H₂S) ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้กรดซัลฟูริก ดังสมการ



2.12.3 สารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x)

ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่ปลดปล่อยส่วนมากจะมาจากการเผาไหม้ก๊าซ และน้ำมัน เชื้อเพลิง และบางส่วนเกิดจากฟ้าแลบ ฟ้าผ่า และการระเบิดของภูเขาไฟ ซึ่งอยู่ในรูปก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO) เป็นส่วนใหญ่

ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO) เมื่อทำปฏิกิริยากับโอโซน (O₃) จะเกิดเป็นก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และสามารถทำปฏิกิริยาย้อนกลับได้ โดยมีแสงทำให้เกิดการแตกตัวกลับเป็นก๊าซไนตรัสออกไซด์ (NO) ดังสมการ



นอกจากนั้น ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ยังสามารถเกิดได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของก๊าซแอมโมเนียที่ได้จากการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ออกสู่บรรยากาศ

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) เมื่อสัมผัสหรือควบแน่นรวมกับไอน้ำจะทำให้เกิดกรดไนตริก ดังสมการ



2.12.4 สารประกอบคาร์บอน (C)

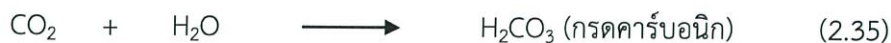
เป็นสารที่ปลดปล่อยออกจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นหลัก และบางส่วนเกิดจากกระบวนการทางธรรมชาติ ซึ่งอยู่ในรูปที่ทำให้เกิดความเป็นกรดในน้ำฝนได้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซมีเทน (CH₄) และไอระเหยของสารประกอบอัลเคน อัลคีนอัลดีไฮด์ และกรดอินทรีย์ เป็นต้น

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เมื่อรวมตัวกับน้ำจะทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ดังสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารประกอบคาร์บอนเหล่านี้ เมื่อรวมตัวกับน้ำหรือไอน้ำจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิก ดังสมการ



2.12.5 ก๊าซคลอรีน (Cl⁻)

ก๊าซคลอรีนส่วนมากเกิดจากภาคอุตสาหกรรมเป็นหลักที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงแข็ง และกิจกรรมการใช้สารประกอบคลอรีนในกระบวนการผลิตแล้วปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ ซึ่งก๊าซคลอรีนสามารถละลายในน้ำฝน และไอน้ำได้เร็ว และทำให้เกิดสภาพความเป็นกรดได้

รูปแบบกรดจากบรรยากาศ

1. การเกิดกรดแบบแห้ง (dry deposition)

เป็นการตกตะกอนสะสมของอนุภาคสารก่อกรดที่สะสมในบรรยากาศในสภาพเป็นไอหรือเป็นก๊าซ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นต้น แล้วตกลงสู่แหล่งรับด้วยกลไกตามธรรมชาติ ได้แก่

- การดูดซับจากกับพืช ดิน น้ำ หรือผิววัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น ไม้ อาคาร ถนน เป็นต้น
- การชนสัมผัสกับพืช ดิน น้ำ หรือผิววัสดุที่มนุษย์สร้างขึ้น
- การตกด้วยแรงโน้มถ่วง

2.12.6 การเกิดกรดแบบเปียก (wet deposition)

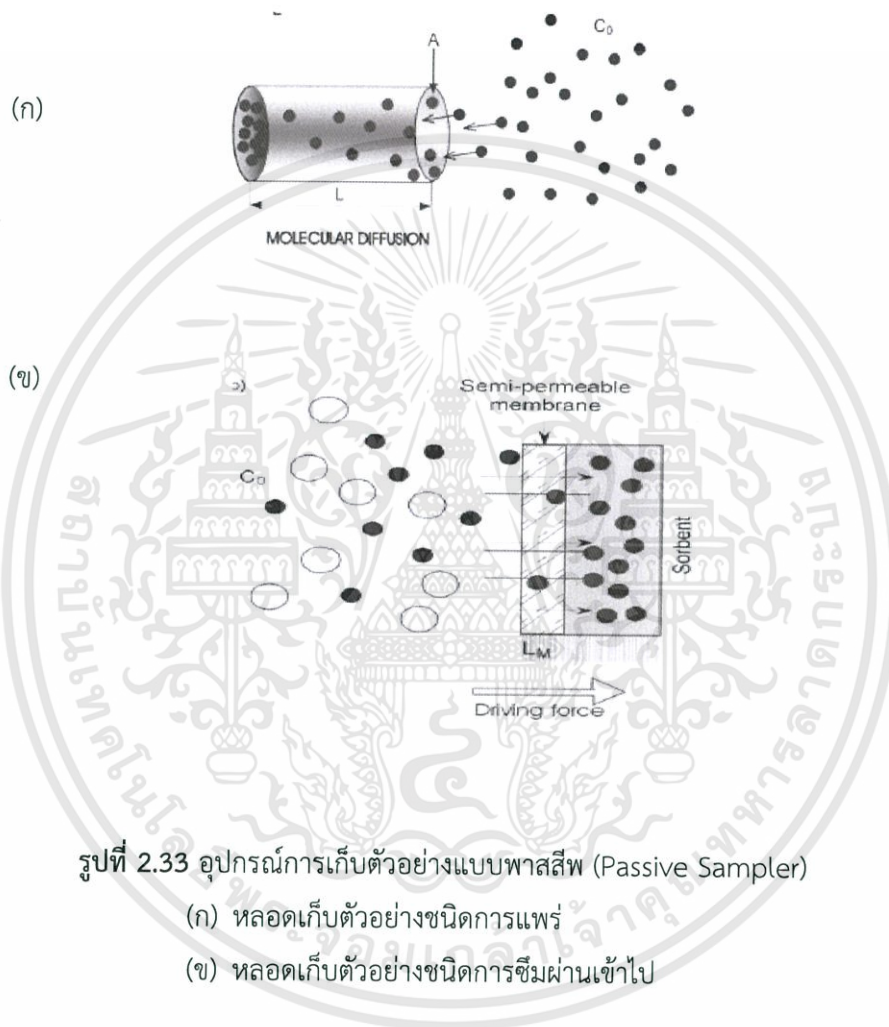
เป็นการตกสัมผัสที่มีน้ำหรือไอน้ำเป็นตัวทำละลาย และเปลี่ยนรูปก๊าซก่อกรดให้กลายเป็นกรด เช่น น้ำฝน และหิมะ ซึ่งส่วนมากจะพบความเป็นกรดในรูปของกรดซัลฟูริก และกรดไนตริก จากการเปลี่ยนรูปของออกไซด์ของซัลเฟอร์ และไนโตรเจนเป็นหลัก

2.13 ทฤษฎีและหลักการทำงานของอุปกรณ์พาสซีฟ (Passive Sampling)

การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (Passive Sampling) อาศัยหลักการของการไหลอย่างอิสระของโมเลกุลที่ต้องการวิเคราะห์ จากตัวกลางของตัวอย่างไปยังตัวกลางของตัวดูดซับ โดยอาศัยผลของความแตกต่างของความต่างศักย์ทางเคมีของสารที่ต้องการวิเคราะห์ระหว่างตัวกลาง วิธีนี้สามารถนำไปใช้สำหรับการตรวจหาสารอินทรีย์และสารอินทรีย์ทั้งในอากาศ น้ำ และดิน

การไหลสุทธิของโมเลกุลที่ต้องการวิเคราะห์ จะเป็นการไหลจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล หรือจนกระทั่งระยะเวลาการเก็บตัวอย่างสิ้นสุดลงในระยะเวลาที่เหมาะสม

ในทางปฏิบัติ การเดินทางผ่านเครื่องกีดขวางอาศัยหลักการสองอย่าง คือ การแพร่ (Diffusion) หรือ การซึมผ่านเข้าไป (Permeation) ซึ่งเป็นรูปแบบพื้นฐานทั่วไป ในการจำแนกอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟทั้งหมด แผนผังรูปภาพของเครื่องเก็บตัวอย่างทั้งสองชนิด (Gorecki and Namiesnik, 2002) แสดงในรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 อุปกรณ์การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (Passive Sampler)

(ก) หลอดเก็บตัวอย่างชนิดการแพร่

(ข) หลอดเก็บตัวอย่างชนิดการซึมผ่านเข้าไป

- เมื่อ C_0 คือ ความเข้มข้นของอากาศภายนอก ซึ่งเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในหลอดเก็บตัวอย่าง
 A คือ พื้นที่หน้าตัดของหลอดเก็บตัวอย่าง
 L คือ ความยาวของหลอดเก็บตัวอย่าง (Gorecki and Namiesnik, 2002)

2.13.1 หลักการ (Operating principles)

หลักการของการเก็บตัวอย่างแบบ passive diffusion ตาม (Gair, 1991) มีหลักการตาม Fick's law ดังสมการ (2.36)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = -D \frac{dc}{dx} \quad (2.36)$$

เมื่อ	F	คือ	ฟลักซ์ของมวลสาร ($\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$)
	D	คือ	สัมประสิทธิ์การแพร่ของสาร (Diffusion coefficient) ($\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$)
	c	คือ	ความเข้มข้นของสารมลพิษในหลอด (mol cm^{-3})
	x	คือ	ความยาวของการแพร่ (cm)

ปริมาณของก๊าซที่เดินทางโดย Fick's law จากอากาศโดยรอบไปที่ก้นหลอด หาได้จากสมการ (2.37)

$$Q = F(\pi r^2)t \quad (2.37)$$

เมื่อ	Q	คือ	ปริมาณของก๊าซ (mol)
	t	คือ	ระยะเวลาที่รับสัมผัส (วินาที)
	r	คือ	รัศมีของหลอด (m)

แทนค่า F จากสมการ 2.36 ลงใน 2.37

$$Q = -D \frac{dc}{dx} (\pi r^2)t \quad (2.38)$$

$$\frac{dc}{dx} = \frac{C_1 - C_0}{l} \quad (2.39)$$

เมื่อ	C_1	คือ	ความเข้มข้นของสารมลพิษในอากาศ (mol cm^{-3})
	C_0	คือ	ความเข้มข้นของสารมลพิษของตัวดูดซับ (mol cm^{-3})
	l	คือ	ความยาวของหลอด (m)

ดังนั้น จำนวนโมลของ SO_2 หรือ NO_2 ที่เก็บได้ คือ

$$Q = \frac{D(C_1 - C_0)(\pi r^2)t}{l} \quad (2.40)$$

สำหรับ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ในอากาศโดยรอบ คือ $1.27 \times 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ สมมติให้ sorbent มีประสิทธิภาพ 100% ดังนั้น $c_0 = 0$ ความเข้มข้นของ SO₂ คัดได้จากสมการ

$$C_1 = \frac{Q \cdot l}{\pi r^2 \cdot t \cdot 1.27 \cdot 10^{-5}} \quad (2.41)$$

$$= \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ of SO}_2$$

เมื่อ Q คือ ปริมาณของ SO₂ (μg) ที่ได้จากการคำนวณ SO₄²⁻ (μg)

2.13.2 ข้อดีและข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

จากการที่ได้มีผู้ทำการศึกษา วิจัยก่อนหน้านี้ ทำให้ทราบว่าการตรวจวัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ด้วยอุปกรณ์พาสซีฟ มีข้อดีและข้อจำกัด ดังนี้ (สมพร, 2548; Cruz *et.al.*, 2005)

ข้อดีของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีราคาถูก สามารถผลิตได้ง่ายและสะดวกในการติดตั้ง เหมาะสำหรับการตรวจวัดแบบบุคคล ปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้หลายครั้ง ไม่ต้องใช้ปั๊มดูดอากาศเหมือนที่ใช้กับเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบแอคทีฟ สามารถใช้ตรวจวัดมลสารได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว และสามารถทำซ้ำได้หลายค่า

ข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างค่อนข้างนาน อยู่ในช่วงประมาณ 1 หรือ 2 อาทิตย์เป็นอย่างน้อย ไม่สามารถตรวจวัดความเข้มข้นสูงสุดของมลสารได้ และผลการตรวจวัดอาจคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น ความเร็วลม อุณหภูมิ และความชื้น

ดังนั้นวิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ จึงเป็นวิธีที่มีการทดลองและศึกษาเพื่อหาปริมาณก๊าซและสารระเหยต่างๆหลายชนิด เนื่องจากเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากมาก มีราคาถูก อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการทดลองต่ำ จึงมีการทดลองและพัฒนาวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการเก็บตัวอย่าง และเพื่อให้มีความสะดวกในการนำไปใช้ได้มากขึ้น

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปาลี ทรัพย์ศรี (2544) ได้ทำการศึกษาคุณภาพอากาศในเขตตัวเมืองเชียงใหม่ โดยแบ่งบริเวณตัวเมืองเป็นตาราง (Grid square) ขนาด 0.5 กิโลเมตร \times 0.5 กิโลเมตร และ 1.0 กิโลเมตร \times 1.0 กิโลเมตร สำหรับบริเวณรอบนอกเมือง ทำการบันทึกความถี่ของไลเคนโดยใช้กริดเฟรม (Grid frame) ขนาด 0.2 เมตร \times 0.5 เมตร วางทาบบนลำต้นของต้นมะม่วง (*Mangifera indica* L.) 6 ต้น ในแต่ละตาราง ต้นมะม่วงที่ทำการสำรวจมี 402 ต้น และพบไลเคนชนิด foliose 4 กลุ่มและชนิด Crustose 14 กลุ่ม นำความถี่ของไลเคนที่พบมาใช้ในการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality index) ซึ่งความถี่ที่สูงกว่าบ่งบอกถึงสถานการณ์คุณภาพอากาศที่ดีกว่า และสามารถแบ่งลำดับชั้นคุณภาพอากาศ (Air Quality class) ได้ 4 ชั้น สรุปได้ดังนี้ ลำดับที่ 1 ตารางที่ทำการศึกษามีดัชนีคุณภาพอากาศจาก 1.7 ถึง 8.0 บ่งชี้บริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงมาก แสดงโดยสีแดง ลำดับที่ 2 ตารางที่ทำการศึกษามีดัชนีคุณภาพอากาศจาก 8.7 ถึง 16.3 บ่งชี้บริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงถึงสูงมาก แสดงโดยสีส้ม-แดง ลำดับที่ 3 ตารางที่ทำการศึกษามีดัชนีคุณภาพอากาศจาก 16.5 ถึง 23.5 บ่งชี้บริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูง แสดงโดยสีส้ม ลำดับที่ 4 ตารางที่ทำการศึกษามีดัชนีคุณภาพอากาศเท่ากับ 25.8 บ่งชี้บริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศปานกลาง แสดงโดยสีเหลือง ไม่มีบริเวณใดในพื้นที่ที่ตรวจสอบมีภาวะมลพิษทางอากาศต่ำหรือต่ำมาก

วนารักษ์ ไชพันธ์แก้ว (2545) สำรวจความหลากหลายของไลเคนในบริเวณที่ลุ่มที่ถูกรบกวนใน 7 จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย เพื่อศึกษาความหลากหลายของไลเคนในเขตตัวเมืองที่มีมลพิษทางอากาศสูง และบริเวณนอกตัวเมืองที่มีมลพิษทางอากาศต่ำ คัดเลือกหาชนิดของไลเคนที่เหมาะสมในการใช้เป็นตัวชี้บ่งทางชีวภาพในการตรวจสอบผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ รวมทั้งพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 32 แห่ง เป็นพื้นที่ศึกษาในเขตตัวเมือง 7 แห่ง และนอกเขตตัวเมือง 25 แห่ง ทำการคัดเลือกต้นมะม่วง (*Mangifera indica* L.) จำนวน 10 ต้น ในพื้นที่ทำศึกษาแต่ละแห่ง สำรวจชนิดและความถี่ของไลเคนบนต้นไม้ที่เลือก โดยประยุกต์จากวิธีของ VDI (Verein Deutscher Ingenieure) Guideline 3799 part 1 บันทึกชนิดของไลเคนและความถี่ของไลเคนบนต้นไม้แต่ละชนิดโดยใช้กรอบสำรวจชนิดขนาด 20x50 ตารางเซนติเมตร ซึ่งประกอบด้วยช่องเล็กขนาด 10x10 ตารางเซนติเมตร จำนวน 10 ช่อง พบว่า ในเขตตัวเมืองมีจำนวนชนิดและความถี่ของไลเคนน้อยกว่าในเขตนอกตัวเมือง จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ชนิดและความถี่ของไลเคนกลุ่มลิโอสที่พบสามารถจัดกลุ่มพื้นที่ศึกษาไว้ 5 กลุ่ม โดยใช้ไลเคนในวงศ์ Physciaceae และ Parmeliaceae ทำให้มีการแบ่งออกเป็นกลุ่มดังกล่าว จำนวนประชากรในพื้นที่ซึ่งใช้แทนปริมาณของสารมลพิษในอากาศ ปริมาณน้ำฝน และสภาพทางภูมิศาสตร์มีผลต่อจำนวนและชนิดของไลเคนที่พบ ฝุ่นละอองอาจเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการกระจายตัวของไลเคนในพื้นที่ศึกษามากกว่าก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นอกจากนี้ยังได้บรรยายลักษณะของไลเคนชนิดใหม่ของโลกที่พบในพื้นที่ศึกษาอีก 4 ชนิด

กบินตรา แมน สักยา (2547) ได้ใช้วิธีเก็บตัวอย่างแบบพาสีฟเพื่อวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากอากาศในเมืองเชียงใหม่ ระหว่างเดือนตุลาคม 2546 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2547 โดยใช้กระดาดกรองวอดแมนเบอร์40 ชุดด้วยไตรเอทานอลามีนบรรจุในหลอดพอลิสไตรีนและหลอดพอลิเอธิลีน เพื่อดักจับก๊าซทั้งสองชนิด โดยทำการเก็บตัวอย่างจากสองบริเวณคือ บริเวณในเมืองและบริเวณแบกกราวด์เป็นเวลา 2 ถึง 4 อาทิตย์ โดยบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างดังกล่าวในกล่องพอลิเอธิลีนเพื่อป้องกันการรบกวนจากปัจจัยทางด้านอุณหภูมิ ทำการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ที่สกัดจากหลอดเก็บตัวอย่างโดยวิธีสเปกโทรโฟโตเมทรีในรูปของไอออนไนเทรด และหาปริมาณและซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยวิธีไอออนโครมาโทกราฟีในรูปของไอออนซัลเฟต นอกจากนี้ยังมีการใช้หลอดแพร่ที่ซื้อมาจากบริษัทแกรดโกอินเตอร์เนชันแนลการศึกษานี้ด้วย ได้เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ในหลอดแพร่กระจายทั้ง 3 ชนิด และเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์จากวิธีวัดแบบแอคทีฟ พบว่าผลของการหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยหลอดพอลิสไตรีนและหลอดพอลิเอธิลีนมีความสอดคล้องกัน ทั้งหลอดพอลิสไตรีนและหลอดพอลิเอธิลีน แสดงค่าไนโตรเจนไดออกไซด์ที่วัดได้น้อยกว่าการวัดโดยวิธีแบบแอคทีฟ ส่วนค่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่วัดได้นั้นมีค่ามากกว่าวิธีการวัดแบบแอคทีฟและของบริษัทแกรดโก ซึ่งค่าที่วัดได้มากกว่านั้นแปรตามสถานที่และเวลาที่เก็บตัวอย่างอากาศ หลอดทั้งสองชนิดดังกล่าวแสดงแนวโน้มของมลภาวะได้คล้ายคลึงกับทั้งหลอดของบริษัทแกรดโกและวิธีแบบแอคทีฟ ผลที่ได้จากวิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสีฟนี้แสดงว่าการใช้หลอดเก็บตัวอย่างดังกล่าว ให้ผลการตรวจวัดที่ดีทั้งสำหรับไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ความแม่นยำของวิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสีฟมีค่าประมาณร้อยละ 18 และร้อยละ 16 สำหรับไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตามลำดับ ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ที่วัดได้นั้นมีค่าสูงสุดบริเวณสี่แยกและต่ำสุดบริเวณที่เป็นแบกกราวด์ แต่ไม่พบแนวโน้มดังกล่าว ในกรณีของปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์จากเดือนตุลาคม 2546 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2547 ส่วนความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์นั้น พบว่าเพิ่มขึ้นในเดือนธันวาคม 2546 และลดลงอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2547

เวชศาสตร์ พลเยี่ยม และคณะ (2552) ได้ทำการสำรวจไลเคนมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคนในเขตเมืองที่มีมลพิษทางอากาศสูง เพื่อจัดทำคู่มือศึกษา ไลเคนในเขตเมือง และเพื่อใช้ไลเคนเป็นเครื่องมือชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างไลเคนจากสวนสาธารณะ 9 แห่ง คือ สวนหลวง ร.9 สวนพระนคร สวนเสรีไทย สวนจตุจักร สวนสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ สวนเบญจสิริ สวนรมณีนาถ สวนลุมพินี และสวนธนบุรีรมย์ เก็บไลเคนได้ทั้งสิ้น 54 ตัวอย่าง จัดจำแนกตามหลักอนุกรมวิธาน ได้ 27 ชนิด 16 สกุล 9 วงศ์ ซึ่งครั้งนี้มีไลเคนที่สำรวจพบเพิ่มขึ้น จากในอดีตหลายชนิด โดยมีไลเคนอีกหลายชนิดยังระบุชื่อไม่ได้ ไลเคนที่พบแพร่กระจายได้ดีส่วนใหญ่เป็นพวกทนทานมลพิษทางอากาศสูง ได้แก่ *Pyxine cocoes*, *Anthracotheicum subglobosum* และ *Trypethelium eluteriae* ส่วนกลุ่มทนทานปานกลางพบได้บางสวนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวนสาธารณะที่พบชนิดไลเคนได้มากที่สุด คือ สวนธนบุรีรมย์ รองลงมา ได้แก่ สวนหลวง ร.9 ทั้งสองสวนตั้งอยู่ในเขตใกล้ชานเมือง ปัจจัยที่มีผลต่อการแพร่กระจายของไลเคนในสวนต่างๆขึ้นอยู่กับภูมิอากาศ สมบัติของเปลือกไม้และมลพิษทางอากาศ การอยู่รอดของไลเคนในสวนสาธารณะอาจขึ้นอยู่กับการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ รวมทั้งมนุษย์ ที่จำเป็นต้องติดตามเผ่าละวังในระยะยาวต่อไป

อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์ (2552) ได้ทำการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพในการตรวจวัดคุณภาพอากาศ บริเวณพื้นที่จังหวัดนครราชสีมาในปี 2552 โดยใช้แผนที่ไลเคนในการจัดการคุณภาพอากาศ และใช้การเก็บตัวอย่างแบบพาสสิฟในการตรวจวัดคุณภาพอากาศปฐมภูมิ, ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) โดยไอออนโครมาโทกราฟี พื้นที่ในการศึกษามีทั้งหมด 46 จุด (1 × 1 กิโลเมตร) และได้เก็บไลเคนจากต้นมะม่วงทั้งหมด 278 ต้น พบไลเคนทั้งหมด 29 ชนิด ซึ่งเป็นไลเคนชนิดครัสโตส 22 ชนิด และเป็นไลเคนชนิดโพลีออส 7 ชนิด ส่วนไลเคน 5 ที่พบมากที่สุด คือ *Hyperphyscia adglutinata*, *Pyxine cocoes*, *Physcia dimidiata*, *Lecanora leprosa* และ *Opegriiapha stirto* ในศูนย์กลางของเมืองจะพบน้อยกว่าพื้นที่ด้านนอก ทำการคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศ (Air Quality Index : AQI) ซึ่งมีความแตกต่างกัน 4.7 ถึง 29.2 และทำการหาชั้นของคุณภาพอากาศ (Air Quality Class : AQC) โดยกำหนดจากไลเคนได้ 4 ระดับชั้น โดยใช้สีในการแบ่งของเขตของมลพิษทางอากาศ จากสมการของเพียร์สันแสดงให้เห็นดัชนีความหลากหลายของไลเคน(Lichen Diversity Index : LDI) มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ NO₂ ($r = -0.446^{**}$, $p < 0.01$) และความเข้มข้นของ SO₂ ($r = -0.470^{**}$, $p < 0.01$) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับ pH เปลือกไม้ ($r = 0.144$, $p < 0.01$) pH เปลือกไม้มีค่าแตกต่างกัน 5.09 ถึง 5.62 ดัชนีความหลากหลายของไลเคน (Lichen Diversity Index : LDI) มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญไปยังเปลือกไม้ ($r = -0.004^{**}$, $p < 0.01$) สรุปได้ว่า ความเข้มข้นของ NO₂ และ SO₂ เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีอิทธิพลกับความหลากหลายของไลเคนในเขตพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

ชุมพล สานแดง โชติกา ลอยทวินนท์ และปริญญา ตาอินทร์ (2554) ได้ทำการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้ทำการสำรวจชนิดพร้อมเก็บตัวอย่างไลเคนที่พบและตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 13 จุด ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554 – เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสิฟชนิดหลอด โดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 15 วัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีพร้อมตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิจากที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 4 วงศ์ 7 สกุล และ 7 ชนิด ได้แก่ *Chrysothrix xanthina*, *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Dirinaria* sp., *Hyperphyscia* sp., *Pycnidia* sp. และ *Pyxine cocoes* ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Pyxine cocoes* และ *Dirinaria* sp และปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ได

ออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่า เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2554, เดือนธันวาคม พ.ศ. 2554 และ เดือนมกราคม พ.ศ. 2555 ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 2.221-7.970, 4.173-12.654 และ 2.933-12.356 ppbv ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$) โดยจุดเก็บตัวอย่างคณะเทคโนโลยีสารสนเทศและประตูทางเข้า-ออกสถาบันฯฝั่งถนนมอเตอร์เวย์มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด ผลที่ได้จากการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศและตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สรุปได้ว่า ในบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังคุณภาพอากาศอยู่ในระดับพอใช้

จันทร์พิมพ์ สังขารอด พรพรรณ เลิศกิจมั่นคง และสิริยา หงษ์อุดร (2555) ได้ทำการศึกษากการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง (สวนพระนคร) ได้ทำการสำรวจชนิดพร้อมเก็บตัวอย่างไลเคนที่พบและตรวจวัดคุณภาพอากาศจำนวน 12 จุดระหว่างเดือนกรกฎาคม - เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเพื่อหาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ใช้วิธีการเก็บตัวอย่างแบบพาสสิฟชนิดหลอดโดยแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศทิ้งไว้ 15 วัน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโดยเทคนิคไอออนโครมาโทกราฟีพร้อมตรวจวัดข้อมูลอุณหภูมิตามวิธีที่เกี่ยวข้อง

ผลการศึกษาพบไลเคนทั้งหมด 2 วงศ์ 3 สกุล และ 3 ชนิด ได้แก่ *Buellia* sp., *Pyxine cocoes* และ *Graphis* sp. ชนิดที่พบมากที่สุด คือ *Pyxine cocoes* ปริมาณของ SO_2 และ NO_2 ในแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณความเข้มข้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ช่วงเดือนกรกฎาคม - เดือนกันยายน พ.ศ. 2555 ทั้ง 12 จุดเก็บตัวอย่าง อยู่ในช่วง 2.755-8.099 และ 3.890-11.262 ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าปริมาณของ SO_2 และ NO_2 ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p > 0.05$) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับตารางที่ 2.3 และ ตารางที่ 2.4 มาตราฐานคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ สรุปได้ว่า บริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง (สวนพระนคร) มีคุณภาพอากาศพอใช้

กฤติกา ป้อมเผือก (มปภ.) ได้ทำการศึกษาไลเคนซึ่งถูกนำไปใช้เป็นตัวบ่งชี้และประเมินคุณภาพอากาศในเขตตัวเมืองและรอบเมืองลำปาง โดยวิธีการระบุค่าของความหลากหลายของ ไลเคน (Lichen Diversity Value : LDV) พื้นที่ศึกษาในอำเภอเมืองลำปางถูกแบ่งออกเป็น 39 หน่วยเก็บตัวอย่าง ขนาด 1x1 ตารางกิโลเมตร และทำการสำรวจความถี่ของไลเคนที่พบบนลำต้นมะม่วง (*Mangifera indica* L.) จำนวนทั้งหมด 234 ต้น พบไลเคนทั้งหมด 21 ชนิด ซึ่งเป็นไลเคนชนิดครัสโตส 15 ชนิด และเป็นไลเคนชนิดโพลีออส 6 ชนิด นำความถี่ของไลเคนที่พบมาใช้คำนวณค่า LDVs โดยค่าที่คำนวณได้มีค่าอยู่ระหว่าง 11.83 ถึง 53.33 นำค่าที่ได้ไปจัดกลุ่มแยกตามแต่ละลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นคุณภาพอากาศ วิธีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบพาสสีพ่นมาใช้ เพื่อวัดความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในแต่ละหน่วยเก็บตัวอย่าง โดยใช้หลอดพอลิเอธิลีนในการดักจับก๊าซทั้งสอง ตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลาสองอาทิตย์ หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์ในรูปของไนไตรท์ (NO₂⁻) และซัลเฟต (SO₄²⁻) โดยใช้ไอออนโครมาโทกราฟี จากการวิเคราะห์สถิติโดยใช้ ANOVA พบว่าความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละชั้นคุณภาพอากาศ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F^{NS} = 1.599, p < 0.05$) ในขณะที่ความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละลำดับชั้นคุณภาพอากาศแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F^* = 5.455, p < 0.05$) ผลที่ได้จากการใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการตรวจสอบมลพิษทางอากาศ และการตรวจวัดความเข้มข้นของก๊าซมลพิษโดยวิธีแบบพาสสีพ พบว่ามีความสอดคล้องกันกับค่าไนโตรเจนไดออกไซด์ และผลจากการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า ก๊าซที่มีผลต่อความหลากหลายของไลเคนมากกว่าในพื้นที่ที่ทำการศึกษาคือ ไนโตรเจนไดออกไซด์

กัญจน์ ศิลป์ประสิทธิ์ และคณะ (2556) จากการวิจัยสำรวจไลเคนบริเวณ แหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ เชื้อขนุดานปราการชล พบไลเคนในกลุ่มกลุ่มครัสโตสไลเคน (crustose) เป็นจำนวนมาก ขณะที่พบกลุ่มโฟลิโอสไลเคน (foliose) เพียงชนิดเดียวคือ *Leptogium* sp. และไม่พบไลเคนในกลุ่มฟรุติโคส (fruticose) นอกจากนั้นพบว่าบริเวณแหล่งท่องเที่ยวน้ำตกช่องลม พบไลเคนหลากหลายสกุลมากที่สุดคือ คิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาได้แก่ น้ำตกคลองคราม คิดเป็นร้อยละ 24 น้ำตกผางามอน คิดเป็นร้อยละ 14 และบริเวณจุดลงเรือพบเพียงกลุ่มเดียวคือ ไลเคนในสกุล *Graphis* sp. คิดเป็นร้อยละ 4 ของจำนวนสกุลไลเคนที่พบทั้งหมด นอกจากนี้ไลเคนในสกุล *Pertusaria* sp. ถูกพบมากที่สุดในทุกจุดท่องเที่ยวของเชื้อขนุดานปราการชล อย่างไรก็ตามหาความสัมพันธ์ของชนิดพันธุ์ไม้กับชนิดไลเคนที่อิงอาศัย จะให้แนวทางส่งเสริมจัดการสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรป่าไม้ เพื่อการอนุรักษ์ไลเคนได้ นอกจากนี้ชนิดไลเคนที่พบในแหล่งท่องเที่ยว อาจสามารถบ่งบอกผลกระทบของการท่องเที่ยวที่มีต่อสภาพแวดล้อมได้


บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง




เนื่องจากการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดของโลเคนกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ที่มีอยู่ในบรรยากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จึงกำหนดจุดเก็บตัวอย่างอากาศในบริเวณเดียวกันกับบริเวณที่สำรวจพบโลเคน ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 10 จุด

จุดเก็บตัวอย่าง	บริเวณที่ทำการศึกษา	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
S1	 AOT (อาคารซ่อมบำรุงท่าอากาศยาน)	ต้นราชพฤกษ์	บริเวณด้านหน้าทางเข้าอาคารสำนักงาน AOT ติดถนนมีต้นไม้เรียงกับถนน	13° 43.771'N 100° 46.287' E รณก.9 m
S2	 Bus Terminal(สถานีรถโดยสาร)	ต้นชงโค	บริเวณที่จอดรถสาธารณะของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิติดถนนมีต้นไม้เรียงติดกับถนน	13° 43.836' N 100° 46.890' E รณก.8 m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 10 จุด (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	บริเวณที่ทำการศึกษ	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
S3	 ถนนเส้นไปบางนาตราด	ต้นมะฮอกกานี	บริเวณริมถนน เส้นที่ออกจาก สนามบินไปบาง นาตราดและ เรียบเส้นรันเวย์	13° 43.754' N 100° 46.915' E รณก.12 m
S4	 ลานจอดรถระยะยาว	ต้นราชพฤกษ์	บริเวณติดริม ถนนทางเข้า ลานจอดรถ ระยะยาวมี ต้นไม้เรียงติด กับถนน	13° 43.812' N 100° 46.85' E รณก. 13 m
S5	 AOB (สำนักงานท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ)	ต้นประดู่ป่า	บริเวณหน้า อาคาร สำนักงานใหญ่ AOB ติดถนน และอยู่ตรงข้าม ลานจอดรถ ผู้โดยสารขาเข้า	13° 43.812' N 100° 46.85' E รณก. 13m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 10 จุด (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	บริเวณที่ทำการศึกษ	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
P6	 <p>Novotel (โรงแรมโนโวเทล สุวรรณภูมิ)</p>	ต้นประดู่ป่า	บริเวณหน้าโรงแรมโนโวเทลติดถนนและอยู่ตรงข้ามลานจอดรถผู้โดยสารขาออก	<p>13° 43.766' N 100° 46.749' E รณก.8 m</p>
S7	 <p>คลังสินค้าและภาษีอากร</p>	ต้นราชพฤกษ์	บริเวณทางลงจากอาคารผู้โดยสารขาเข้าติดอยู่ด้านหน้าคลังสินค้าและภาษีอากรและเป็นเส้นถนนออกไปอื้อนุช	<p>13° 43.470' N 100° 46.514' E รณก.1 m</p>
S8	 <p>ครัวการบินไทย</p>	ต้นนนทรี	บริเวณหน้าตึกครัวการบินไทยเป็นติดกับถนนมีมือกรถวิ่งเข้าตลอดเพื่อขนส่งอาหาร	<p>13° 43.555' N 100° 46.978' E รณก.2 m</p>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างอากาศทั้งหมด 10 จุด (ต่อ)

จุดเก็บตัวอย่าง	บริเวณที่ทำการศึกษ	ชื่อต้นไม้	สภาพแวดล้อม	พิกัดทางภูมิศาสตร์
S9	 ศูนย์ปฏิบัติการการบินไทย	ต้นทางนกยูง	บริเวณหน้าศูนย์ปฏิบัติการการบินไทยติดถนนและอยู่ตรงข้ามทางเข้าอาคารผู้โดยสารขาออกของท่าอากาศยาน	13° 43.555' N 100° 46.978' E รณก.2 m
S10	 ทางออกไปแยกสุขสยาม	ต้นประดู่ป่า	อยู่บริเวณเรียบถนนไปแยกสุขสยามก่อนถึงสถานีตำรวจสุวรรณภูมิ ต้นไม้เรียบติดกับถนน	13° 43.832' N 100° 46.636' E รณก.6 m

3.1.1 สภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบจุดที่ทำการศึกษและเก็บตัวอย่างอากาศ

โดยสภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบจุดที่ทำการศึกษและเก็บตัวอย่างอากาศจะกล่าวถึงความหนาแน่นของอาคารสิ่งปลูกสร้างโดยรอบจุดที่ทำการศึกษทั้ง 10 จุดสามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

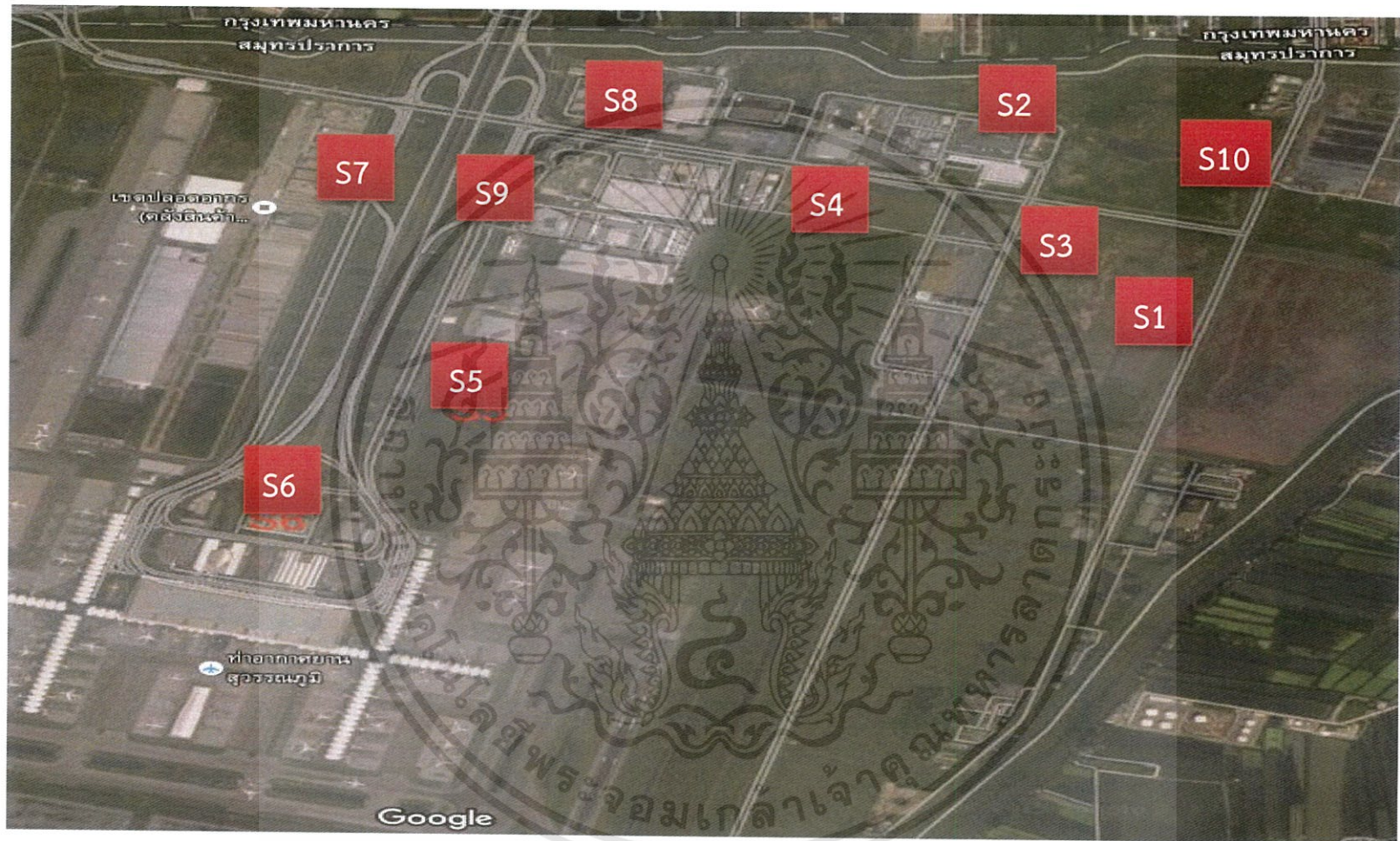
1. ความหนาแน่นของอาคารสูง : พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่สูงมาก จะเป็นอาคารพวอาคารพาณิชย์ สำนักงาน อาคารเรียน เป็นต้นได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 AOB (บริษัทท่าอากาศยานไทย สำนักงานใหญ่) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 Novotel (โรงแรมโนโวเทล)
2. ความหนาแน่นของอาคารค่อนข้างต่ำ : พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของอาคารและสิ่งปลูกสร้างค่อนข้างต่ำจะเป็นสิ่งปลูกสร้างประเภทอาคารสูง แต่มีพื้นที่โล่งด้านข้างเล็กน้อย อาคารและสิ่งปลูกสร้างชั้นเดียว บ้านพัก โรงเก็บของ เป็นต้น ได้แก่ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1

AOT (บริษัทท่าอากาศยานไทยจำกัด) , จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 Buserminal (สถานีรถโดยสาร) , จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 คลังสินค้าและภาชีอากร, จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ครั้วการบินบริษัทการบินไทย จำกัด (มหาชน) และจุดเก็บตัวอย่างที่ 9 ศูนย์ปฏิบัติการ บริษัทการบินไทยจำกัด (มหาชน)

3. **พื้นที่เปิด** : พื้นที่ที่ไม่มีอาคารและสิ่งปลูกสร้างเลย หรือ พื้นที่ที่มีสิ่งก่อสร้างความหนาแน่นต่ำมาก เป็นพื้นที่เปิดโล่ง เช่น สวนสาธารณะ สวนหย่อม ลานกีฬา ลานจอดรถ เป็นต้นได้แก่จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ถนนเส้นบางนาตราด , จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ลาดจอดรถระยะยาว และจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 แยกสุขสยาม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่างและสำรวจพบไลเคน

3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

1. หลอดเก็บตัวอย่างอากาศพอลิเอทิลีน (Polyethylene: PE) ขนาด 3.5 เซนติเมตร × 2.0 เซนติเมตร
2. กล่องพลาสติกบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ขนาดกว้าง 14 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร
3. แผ่นกรองเซลลูโลส (Filter Paper) ยี่ห้อ ADVANTEC 5B
4. เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph) รุ่น DX 600 ยี่ห้อ Metrohm
5. เครื่องอัลตราโซนิก (Ultra sonic) รุ่น 136 H บริษัท Fisher Scientific Worldwild
6. เครื่องทำน้ำบริสุทธิ์สูง (Ultrapure Organax Catridge) รุ่น Millipak-40
7. เครื่อง GPS map 60 GARMIN
8. เครื่องวัดความเข้มแสง (Lux/Fc Light Meter) รุ่น TM-204 ยี่ห้อ TENMARS
9. เครื่องวัดพีเอช (pH Meter) รุ่น 860 ยี่ห้อ Consort
10. กริดเฟรม (Grid frame) ขนาด 20 เซนติเมตร × 50 เซนติเมตร
11. เดซิเคเตอร์
12. ตู้อบ
13. แผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร
14. ไมโครปิเปตขนาด 1000 ไมโครลิตร
15. ถุงซิปลาสติก
16. ปากคีบสแตนเลส
17. โกร่งบดสาร
18. มีดแบบพกพา
19. ตลับเมตรชนิดสายวัดผ้า
20. เครื่องแก้วสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการ

3.3 สารเคมี

1. สารละลายไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine ; TEA) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ CARLO ERBA
2. สารละลายมาตรฐานซัลเฟต (SO_4^{2-}) เข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ MEARK
3. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ CARLO ERBA
4. สารละลายโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO_3) เกรดวิเคราะห์ (AR grade) ยี่ห้อ CARLO ERBA

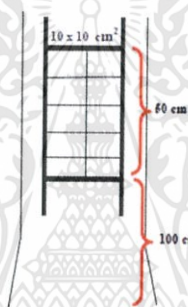
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. อะซิโตน (acetone) ยี่ห้อ Fisher Scientific
6. น้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)

3.4 วิธีการทดลอง (อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์, 2552)

3.4.1 การสำรวจไลเคนในจุดเก็บตัวอย่าง

โดยการใช้กริดเฟรม (Grid frame) ขนาด 20 เซนติเมตร × 50 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งเป็น 10 ตาราง ขนาด 10 เซนติเมตร × 10 เซนติเมตร ทาบลงบนลำต้นของต้นไม้ในจุดเก็บตัวอย่างที่ระดับความสูงจากขอบบนของกริดเฟรม 150 เซนติเมตรเหนือระดับพื้นดิน โดยพื้นที่ในการสำรวจไลเคน คือ 10 เมตร × 10 เมตรรอบจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด



รูปที่ 3.2 ตำแหน่งของกริดเฟรมสำหรับสำรวจไลเคน (VereinDeutscherIngenieure, 1995)

3.4.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

- 1) ตัดกระดาษกรองเซลลูโลสขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร (ADVENTEC) เป็นวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2.0 เซนติเมตร แช่น้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) วางในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วแช่ทิ้งไว้ใน Ultrapure water เป็นเวลา 1 คืน จากนั้นอบแห้งที่ 103 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วเก็บใส่ถุงซิปลาสติก นำไปใส่ในเตาซีเคเตอร์
- 2) นำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศพอลิเอทิลีนแช่ใน Ultrapure water ตั้งในอ่างอัลตราโซนิกเป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วนำออกมาผึ่งไว้ให้แห้ง

3.4.3 การเตรียมตัวกลางดูดซับ

- 1) การเตรียม 20%TEA ในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water)
 - ปิเปต TEA 20 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
 - เติมน้ำความบริสุทธิ์สูง 20 มิลลิลิตร ลงไป เขย่าให้เข้ากัน
 - ปรับปริมาตรด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง จนถึงขีดบอกระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) นำกระดาษกรองที่เตรียมไว้มาบรรจุลงหลอดเก็บตัวอย่าง ปิเปต 20%TEA ปริมาตร 50 ไมโครลิตรลงบนกระดาษกรอง
- 3) ปิดหลอดเก็บตัวอย่างด้วยพาราฟิล์ม เก็บอุปกรณ์ที่เรียบร้อยแล้วในถุงซิปลาสติก

3.4.4 การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสตีฟ

นำหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ เป็นพลาสติกชนิดพอลิเอทิลีนรูปทรงกระบอกขนาด 3.5 เซนติเมตร x 2.0 เซนติเมตร ที่ผ่านการล้างด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) มาเรียบร้อยแล้ว ภายในหลอดบรรจุกระดาษกรองที่ชุบด้วย 20%TEA ซึ่งเป็นตัวดูดซับอยู่ ส่วนกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ เป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่มีฝาปิด กว้าง 14 เซนติเมตร ยาว 24 เซนติเมตร สูง 12 เซนติเมตร เมื่อนำไปใช้งานจะนำหลอดเก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาติดที่ด้านทั้ง 3 ด้านภายในกล่องและ 1 ด้านสำหรับแบลงค์ สำหรับด้านบนของกล่องจะถูกเจาะรูผูกติดกับเส้นลวด แล้วนำไปผูกติดกับบริเวณที่จะทำการศึกษา โดยแขวนอุปกรณ์ดังกล่าวสูงจากพื้นดินประมาณ 1.50 เมตรโดยวางจุดละ 3 ซ้ำ ทั้ง 10 จุดเก็บตัวอย่างและขณะติดตั้งได้ทำหริบแบลงค์โดยในหลอดเก็บตัวอย่างภายในบรรจุกระดาษกรองชุบ 20%TEA ปิดพาราฟิล์มนำไปด้วยขณะทำการติดตั้ง



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างแบบพาสตีฟ

เมื่อเวลาผ่านไป 10 วันหลังจากติดตั้งอุปกรณ์แล้ว ทำการเก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศและปิดปากหลอดเก็บตัวอย่างอากาศด้วยพาราฟิล์ม นำหลอดบรรจุลงถุงซิปลาสติกและเก็บรักษาตัวอย่างในตู้แช่เย็นเพื่อรอนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.4.5 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

- 1) ปิเปิดน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) จำนวน 4 มิลลิลิตรลงในหลอดเก็บตัวอย่าง เขย่าเป็นครั้งคราว 2-3 ครั้ง สกัดในอ่างอัลตราโซนิกนาน 15 นาที
- 2) กรองด้วยแผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ใส่ลงในภาชนะพลาสติกขนาดเล็กสำหรับฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี
- 3) ทำแบลนด์ โดยการเตรียมหลอดพาสตีฟที่ไม่เปิดรับสัมผัสอากาศ และทำเช่นเดียวกับการเตรียมตัวอย่าง
- 4) นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี โดยตัวอย่างที่เตรียมไว้ต้องทำการวิเคราะห์ทันที

3.4.6 การทำกราฟมาตรฐาน

- 1) ปิเปิดสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 1000 พีพีเอ็ม ทำการเจือจาง 10 เท่าโดยปิเปิดสารละลายมาตรฐานซัลเฟตปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) จนถึงขีดบอกริมาตรจะได้สารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม
- 2) เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 0.5 1.0 3.0 5.0 10.0 และ 15.0 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จากสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 100 พีพีเอ็มที่เตรียมได้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต(SO_4^{2-})(ppm)	ปริมาตรสารละลายซัลเฟตที่ใช้ (μL)
0.5	50
1.0	100
3.0	300
5.0	500
10.0	100
15.0	150

- 3) เตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตเข้มข้น 0.5 1.0 3.0 5.0 10.0 และ 15.0 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จากสารละลายมาตรฐานไนเตรตเข้มข้น 100 พีพีเอ็มที่เตรียมได้ ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 เตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรต

ความเข้มข้นของสารละลาย มาตรฐานไนเตรต(NO_3^-)(ppm)	ปริมาตรสารละลายซัลเฟตที่ใช้ (μL)
0.5	50
1.0	100
3.0	300
5.0	500
10.0	100
15.0	150

- 4) ปิเปตสารละลายดังตาราง ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร จำนวน 7 ขวด
- 5) ปรับปริมาตรด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) จนถึงขีดบอกระดับ
- 5) กรองด้วยแผ่นกรองที่มีรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร ใส่ลงในภาชนะพลาสติกขนาดเล็กสำหรับฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี
- 7) ฉีดเข้าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี เพื่อทำการภาพมาตรฐาน

3.4.7 การวิเคราะห์ซัลเฟตไอออนและไนเตรตไอออนโดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

การเตรียมสารละลายวัฏภาคเคลื่อนที่ (Mobile Phase Eluent) สำหรับการวิเคราะห์แอนไอออน

- 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 กรัมตามลำดับ ละลายด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) ประมาณ 80 – 100 มิลลิลิตร

- เติมน้ำซีตริก จำนวน 100 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันการเติบโตของแบคทีเรีย ปรับปริมาตรด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) จนได้ 2 ลิตรในขวดวัดปริมาตร ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- นำสารละลายที่ได้ไปไล่ก๊าซในอ่างอัลตราโซนิกนาน 30 นาที

- นำมากรองโดยใช้กระดาษกรองที่มีขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตรด้วยเครื่องกรองสุญญากาศแบบลดความดัน

- นำมาแช่ในอ่างอัลตราโซนิกนาน 5 นาทีอีกครั้งเพื่อไล่แก๊สออกไป

3.4.8 การทำความสะอาดเครื่องแก้ว

- ล้างเครื่องแก้วด้วยน้ำประปา น้ำยาล้างเครื่องแก้ว และน้ำความบริสุทธิ์สูง
- เติมกรดไนตริกที่ความเข้มข้น 20% w/w (AR Grade) ลงไปในเครื่องแก้วและแช่ไว้เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ส่วนเครื่องแก้วที่ไม่สามารถกักเก็บกรดไนตริกได้ เช่นปิเปต ให้แช่ไว้ในบีกเกอร์และกระบอกตวง 1000 มิลลิลิตรที่มีกรดไนตริกความเข้มข้นเท่ากัน
- นำเครื่องแก้วที่แช่เสร็จแล้วมาทำการล้างด้วยน้ำความบริสุทธิ์สูง 3 ครั้ง ผึ่งหรืออบให้แห้ง เก็บเครื่องแก้วไว้ในอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่นใส่ถุงซิปลาสติกปิดสนิท

3.4.9 การวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

3.4.9.1 วัดเส้นรอบวงของต้นไม้

วัดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่สำรวจพบโลเคน (จุดเดียวกับบริเวณที่แขวนกล่องเก็บตัวอย่างอากาศ) ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ที่ระดับความสูง 1.50 เมตรเหนือพื้นดิน โดยใช้ตลับเมตรชนิดสายวัดผ้า

3.4.9.2 ค่าพีเอชของเปลือกไม้

เก็บเปลือกไม้จากจุดเก็บตัวอย่างอากาศที่มีระยะห่างจากโลเคน 2-3 มิลลิเมตร และมีความสูงจากจุดเก็บเปลือกไม้ถึงพื้นดิน 1.50 เมตร โดยใช้มีดแบบพกพา เก็บรักษาไว้ในถุงซิปลาสติก จากนั้นนำไปบดด้วยโกร่งบดสารให้มีความละเอียดพอประมาณ นำตัวอย่างของเปลือกไม้ที่บดแล้วมา 1 กรัม แช่ในน้ำความบริสุทธิ์สูง (Ultrapure water) 15 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้ววัดค่าพีเอชของตัวอย่างเปลือกไม้ด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช(pH Meter)

3.4.9.3 วัดค่าความเข้มของแสง

วัดค่าความเข้มของแสงในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10จุด ในช่วงเวลาเช้า กลางวัน และเย็น ด้วยเครื่องวัดความเข้มแสง (Lux/Fc Light Meter) แล้วนำมาหาค่าความเข้มแสงเฉลี่ยในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างต่อวัน

3.4.9.4 อุณหภูมิ

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในสถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ

3.4.9.5 ความชื้นสัมพัทธ์

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในสถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ

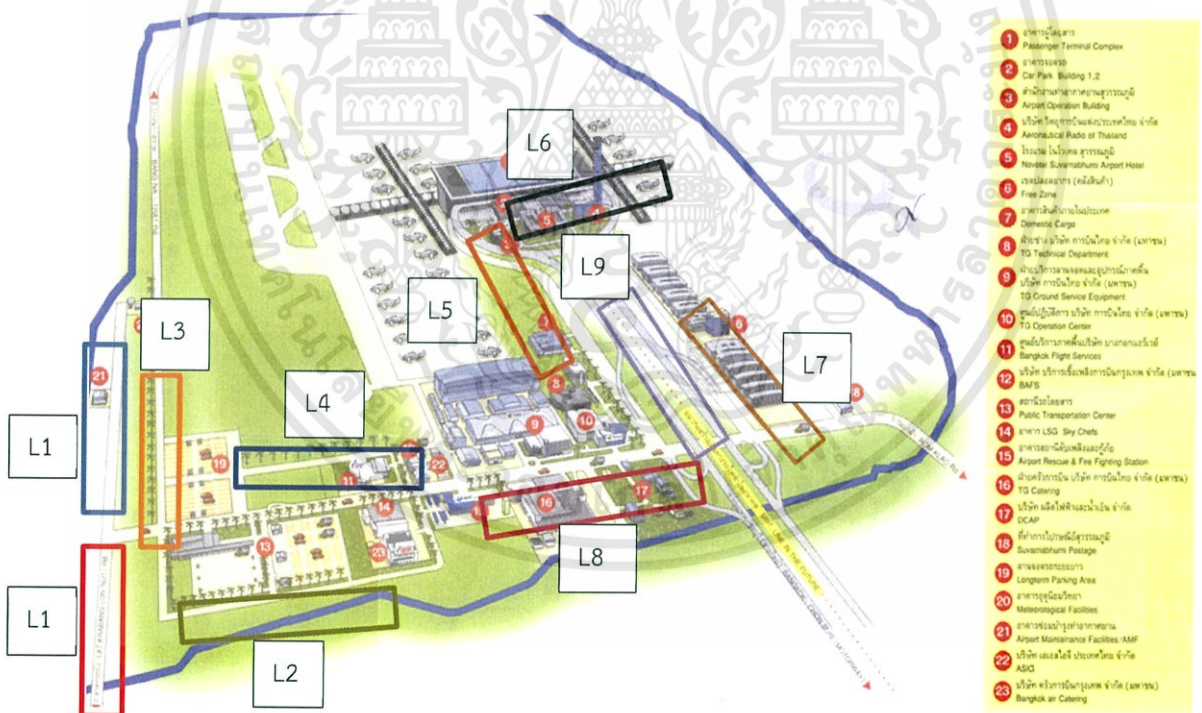
3.4.9.6 ปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาในสถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ

3.5 สํารวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน

3.5.1 พื้นที่ศึกษา

สํารวจความหลากหลายของไลเคนจากบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 10 แนวสํารวจ ประกอบด้วย AOT (อาคารซ่อมบำรุงท่าอากาศยาน), Bus Terminal(สถานีรถโดยสาร), ถนนเส้นไปบางนาตราด,ลานจอดรถระยะยาว, AOB (สํานักงานท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ), Novotel(โรงแรมโนโวเทล สุวรรณภูมิ), คลังสินค้าและภาชีอาคาร, ครั้วการบินไทย, ศูนย์ปฏิบัติการการบินไทยและทางออกไปแยกสุขสยาม โดยทำการสุมันับตามแนวเส้นสํารวจ (Line transect) เป็นระยะทาง 3 กิโลเมตร ตามแนวเส้นสํารวจไลเคน



รูปที่ 3.4 แผนที่ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและแนวเส้นสํารวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 วิธีการสำรวจ

สำรวจไลเคนทั้งหมด 10 จุด ตามจุดสำรวจที่แสดงรูปที่ 3.4 โดยแต่ละจุดเดินสำรวจเป็นแนวเส้นตรง ระยะทาง 3 กิโลเมตร โดยทำการสำรวจชนิดพันธุ์ของไลเคนบนโคนต้นไม้ จากระดับพื้นถึง 2 เมตร โดยทำการสำรวจดูลักษณะของไลเคนแต่ละชนิดที่พบในแต่ละจุดเก็บพร้อมทั้งบันทึกข้อมูลและถ่ายภาพเพื่อนำไปวิเคราะห์หาชนิดของไลเคน โดยต้นไม้ต้องปลูกในสวนเป็นระยะเวลาานมากกว่า 5 ปี

3.5.3 การจำแนกสายพันธุ์ไลเคน

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological characteristics) โดยตรวจสอบลักษณะทางสัณฐานของไลเคน เช่น รูปแบบและสีของเทลลีส โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศเช่น เอโพทีเซีย (apothesia), พิกนิตีเดีย (pycnidia) เป็นต้น ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ stereo ตามวิธีของ อมรรรัตน์ พิทักษ์พงษ์ (2558) พร้อมทั้งบันทึกภาพและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง



บทที่ 4

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมตัวอย่างของไลเคนที่พบจากบริเวณที่ทำการศึกษา และการวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิโดยมีระยะเวลาการเก็บตัวอย่างอากาศ 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคม, เดือนกันยายน และเดือนตุลาคมพ.ศ. 2558 ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

4.1 การศึกษาชนิดปริมาณของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

4.1.1 ชนิดของไลเคน

จากการศึกษาชนิดของไลเคนบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิพบไลเคนทั้งหมด 5 วงศ์ (Family) 9 สกุล (Genus) 10 ชนิด (Species) และยังมีไลเคนที่ไม่ทราบชนิดด้วยชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Pyxine cocoes* และ *Dirinaria* sp. ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมดแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 รายชื่อชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด

Thallus type (รูปแบบการเจริญเติบโต)	Family (วงศ์)	Genus (สกุล)	Species (ชนิด)
Crustose	Chrysothricaceae	Chysothrix	<i>Chysothrix xanthina</i>
	Graphidaceae	Graphis	<i>Graphis</i> sp.
	Lecanoraceae	Lecanora	<i>Lecanora</i> sp.
	Trypetheliaceae	Trypethelium	<i>Trypethelium eluteriae</i>
Foliose	Physciaceae	Dirinaria	<i>Dirinaria</i> sp.
		Hyperphyscia	<i>Hyperphyscia</i> sp.
		Pycnidia	<i>Pycnidia</i> sp.
		Pyxine	<i>Pyxine cocoes</i>
		Pyxine	<i>Pyxine dimidiate</i>
		Amandinea	<i>Amandinea extunata</i>

ตารางที่ 4.2 ชนิดของไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

Species	จุดเก็บตัวอย่างที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Chrysothrix xanthima</i>				✓					✓	
<i>Graphis</i> sp.	✓				✓	✓	✓			✓
<i>Lecanora</i> sp.	✓				✓	✓			✓	
<i>Trypethelium eluteriae</i>		✓	✓	✓			✓	✓		✓
<i>Dirinaria</i> sp.	✓	✓	✓		✓	✓				✓
<i>Hyperphyscia</i> sp.					✓	✓	✓		✓	
<i>Pycnidia</i> sp.						✓				
<i>Pyxine cocoes</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Pyxine dimidiata</i>				✓	✓	✓	✓			
<i>Amandinea extunata</i>	✓					✓	✓		✓	
ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เฉลี่ย (ppbv)	14.25	8.02	13.74	8.23	9.21	12.11	9.95	55.84	11.67	10.48
ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เฉลี่ย (ppbv)	28.93	22.38	28.74	30.25	17.68	17.74	20.60	82.47	21.71	23.32

จากตารางที่ 2.2 การประเมินคุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคน และจากงานวิจัยของ กัณจศิริย์ บุญประกอบ (2550) แสดงให้เห็นว่า คุณภาพอากาศที่ทำการศึกษาในบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิอยู่ในระดับพอใช้

ตารางที่ 4.3 ปริมาณไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด (ในหน่วย Thallus)

Species	จุดเก็บตัวอย่างที่									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Chrysothrix xanthima</i>	0	0	0	29	0	0	0	0	32	0
<i>Graphis</i> sp.	72	0	45	0	65	61	75	0	0	41
<i>Lecanora</i> sp.	65	0	0	0	71	63	0	0	73	0
<i>Trypethelium eluteriae</i>	0	75	81	89	0	0	53	134	0	53
<i>Dirinaria</i> sp.	110	127	112	129	119	139	0	0	113	80
<i>Hyperphyscia</i> sp.	0	0	0	0	81	71	89	0	18	0
<i>Pycnidia</i> sp.	0	0	0	0	0	45	0	0	0	0
<i>Pyxine cocoes</i>	120	189	130	143	143	187	159	127	129	114
<i>Pyxine dimidiata</i>	0	0	0	20	34	30	56	0	0	0
<i>Amandinea extunata</i>	53	59	61	0	0	27	63	0	69	0
Total	420	450	429	410	513	623	495	261	434	288



Chrysothrix xanthina



Graphis sp.



Lecanora sp.

Dirinaria sp.



Trypethelium eluteriae

Hyperphyscia sp.



รูปที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Pycnidia sp.



Pyxine cocoes



Physcia dimidiata



Amandinea extunata

รูปที่ 4.1 ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมด(ต่อ)

4.2 ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของไลเคนบริเวณที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่าง

ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษาคาดว่าเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน การศึกษาประกอบไปด้วย 7 พารามิเตอร์ ได้แก่ ลักษณะของเปลือกไม้, เส้นรอบวงต้นไม้, พีเอชของเปลือกไม้, ความเข้มแสง, อุณหภูมิ, ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่วัดได้กับบริเวณจุดเก็บตัวอย่าง

พารามิเตอร์	ช่วงที่เหมาะสม	จุดเก็บตัวอย่าง									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ลักษณะเปลือไม้	ขรุขระ	ขรุขระ	เรียบ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	ขรุขระ	เรียบ	เรียบ	เรียบ
เส้นรอบวงต้นไม้	-	44.2	71.1	70.5	65.7	76.8	69.6	59.89	74.9	93.2	49.5
พีเอชเปลือไม้	4 ถึง 6	6.56	6.67	5.88	6.89	6.63	6.33	6.62	6.35	6.36	6.45
ความเข้มแสง	5.8×10^5 ถึง 1.5×10^6	7.03×10^6	4.84×10^6	3.18×10^7	3.25×10^7	5.53×10^6	5.15×10^6	9.68×10^6	4.09×10^6	9.42×10^6	3.41×10^7
SO ₂ (ppbv)	0 ถึง 120	14.2531	8.0155	13.7436	8.2266	9.2109	12.1096	9.9435	55.8457	11.6684	10.4789
NO ₂ (ppbv)	0 ถึง 170	28.9288	22.3784	28.7437	30.257	17.6767	17.7389	20.6025	82.4712	21.7132	23.325

จากตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่วัดได้กับบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิโดยรวมแล้วมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน เนื่องจากสภาพแวดล้อมต่างๆ นี้ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ มีค่าไม่ต่างกันมาก จะเห็นว่าจุดที่มีต้นไม้ผิวขรุขระจะพบไลเคนได้มากกว่าต้นไม้ผิวเรียบ ค่าพีเอชและค่าความเข้มแสงที่เกินช่วงที่เหมาะสมไปจะทำให้ไลเคนเติบโตได้ แต่ขนาดของต้นไม้จะไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จะส่งผลต่อชนิดของไลเคนจะเห็นว่าจุดที่ 8 มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ที่มากที่สุดจะพบไลเคนกลุ่มทานทานสูง

4.2.1 ลักษณะของเปลือกไม้

ตามที่เราจะตรวจสอบลักษณะของเปลือกไม้ที่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตของไลเคน เพราะเปลือกไม้เป็นวัสดุเกาะอาศัย ซึ่งอาจมีคุณสมบัติที่คล้ายคลึงกันหรือต่างกันได้ ทั้งในเรื่องของลักษณะพื้นที่ผิว, ความชื้น และคุณสมบัติทางเคมี

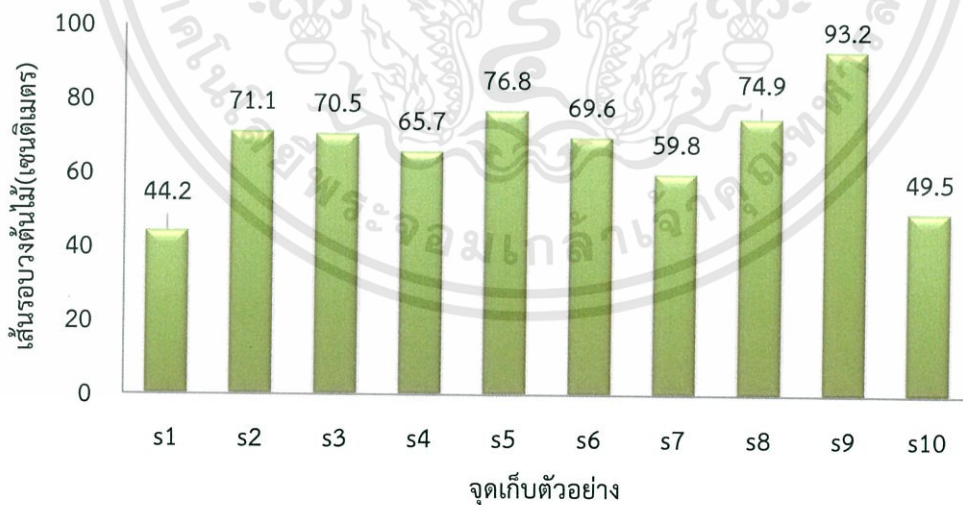
จากการสำรวจลักษณะพื้นที่ผิวของเปลือกไม้ในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพบไลเคนเจริญเติบโตสามารถจำแนกได้ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ผิวเรียบ : เปลือกไม้มีลักษณะเรียบและบาง ไม่มีรอยแตกลึกของผิวเปลือกไม้ เช่น ประดู่ บ้าน ทรงบาดาล
2. ผิวค่อนข้างเรียบสม่ำเสมอ : เปลือกไม้มีลักษณะค่อนข้างเรียบและหนา มีรอยแตกของผิวเปลือกไม้อย่างสม่ำเสมอ เช่น หมาก ชงโค
3. ผิวขรุขระ : เปลือกไม้มีลักษณะหยาบ ขรุขระและหนา มีรอยแตกของผิวเปลือกไม้ขนาดใหญ่และลึก เช่น มะฮอกกานี ประดู่ป่า

โดยลักษณะพื้นที่ผิวที่มีความขรุขระหรือมีรอยแตก การสร้างโคโลนีของไลเคนจะสร้างได้ง่ายกว่าพื้นที่ผิวเรียบ (Brodon, 1973)

4.2.2 เส้นรอบวงของต้นไม้

ทำการวัดเส้นรอบวงของต้นไม้ที่พบไลเคนที่ระดับความสูง 1.50 เมตรจากระดับเหนือพื้นดิน ซึ่งเป็นความสูงเดียวกับที่ทำการแขวนกล่องเก็บตัวอย่างอากาศ จากการศึกษาพบว่าต้นไม้ในบริเวณที่ศึกษามีขนาดของเส้นรอบวงแตกต่างกัน สรุปได้ว่าเส้นรอบวงต้นไม้ไม่มีผลต่อชนิดและการเจริญเติบโตของไลเคนจากงานวิจัยของ (Angel Zambrano Garcia and Thomas H. Nash III and Maria Angeles Herrera-Campos 2000) ดังรูปที่ 4.2

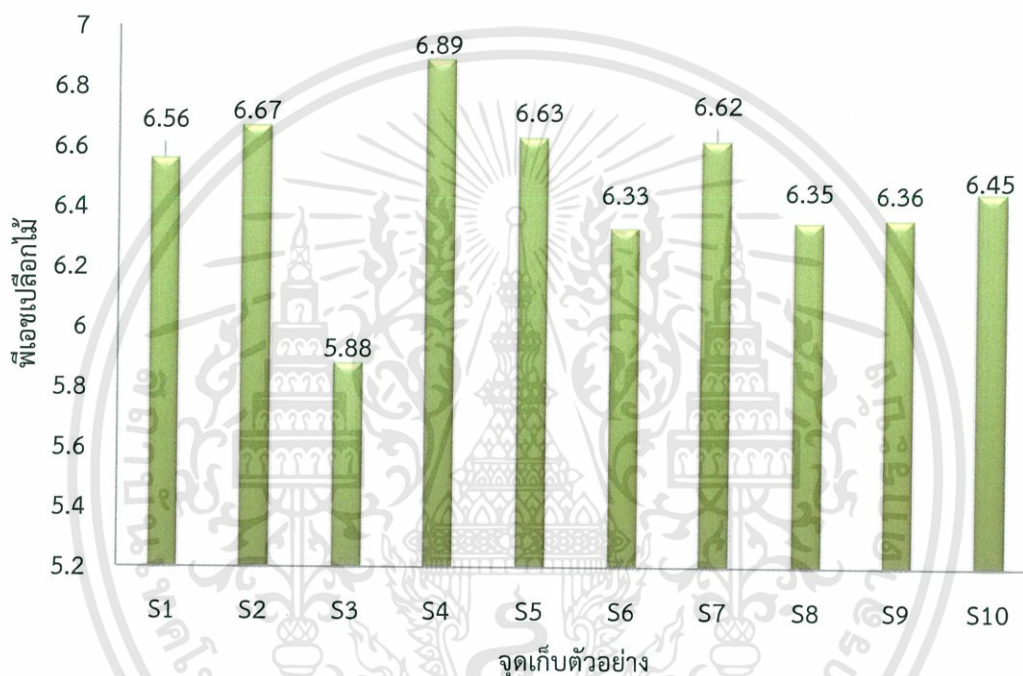


รูปที่ 4.2 เส้นรอบวงของต้นไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

4.2.3 พีเอชของเปลือกไม้

ตามที่ได้ทำการทดสอบค่าพีเอชของเปลือกไม้จากจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 10 จุดโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิพบว่าค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.88 – 6.89 แสดงให้เห็นค่าพีเอชของเปลือกไม้ในบริเวณที่ทำการศึกษามีสถานะที่เป็นกรดไลเคนจะเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะกรดช่วง 4-6 จากงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2555)

จะเห็นได้ว่าบริเวณศึกษาที่มีค่าพีเอชเฉลี่ยของเปลือกไม้ต่ำสุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ถนนเส้นบางนาตราด (5.88) และบริเวณที่มีค่าพีเอชเฉลี่ยของเปลือกไม้สูงสุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ลานจอดรถระยะยาว (6.89) ดังรูปที่ 4.3



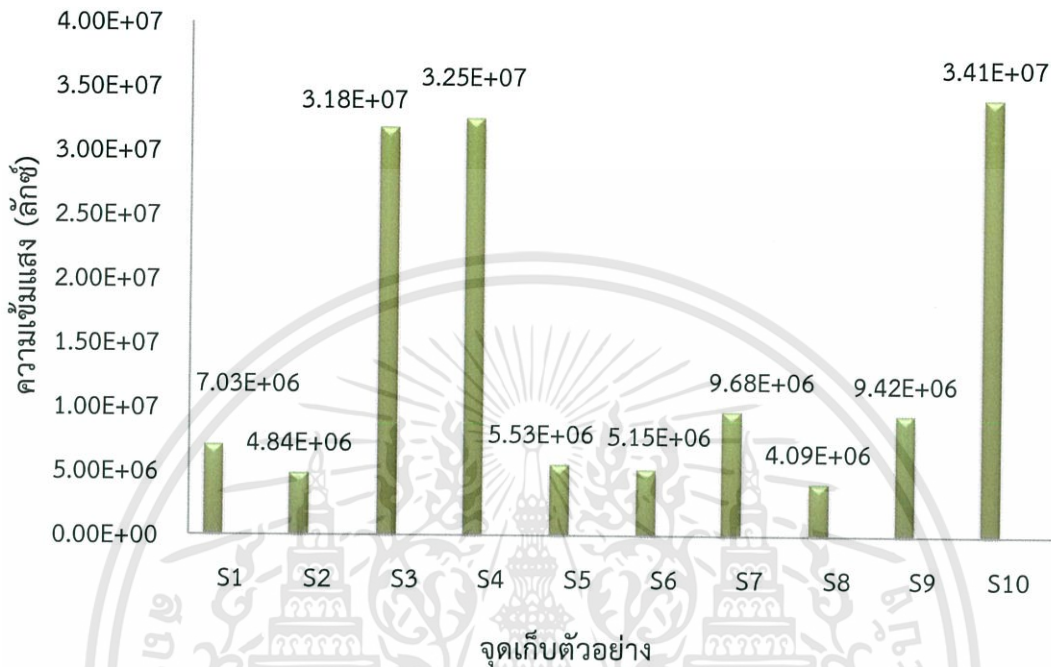
รูปที่ 4.3 ค่าพีเอชของเปลือกไม้ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

4.2.4 ความเข้มแสง (Light intensity)

จากการศึกษาความเข้มแสงด้วยเครื่อง Lux/Fc light meter ระยะเวลาระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด ความเข้มแสงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 1.44×10^7 ลักซ์ พบว่าบริเวณที่มีค่าความเข้มแสงสูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 10 โรงแรม Novotel (3.41×10^7 ลักซ์) และบริเวณที่มีค่าความเข้มแสงต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครีวการบิน (4.09×10^6 ลักซ์) ดังรูปที่ 4.4

หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2558) ได้กล่าวไว้ว่าความเข้มแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญมาก บริเวณที่มีไลเคนเจริญเติบโตจะสัมพันธ์กับความเข้มแสง เพราะแสงเป็นตัวสำคัญที่ไลเคนจะใช้ในการสังเคราะห์แสง เมื่อไลเคนได้รับแสงที่เหมาะสมจะทำให้เกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงขึ้นได้ และถ้ามีความเข้มแสงต่ำ ก็จะทำให้เกิดการสังเคราะห์แสงได้น้อยหรือไม่เกิดการสังเคราะห์แสง ทำให้ไลเคนมีคลอโรฟิลล์ที่น้อยลง มีสีที่ซีด และตายในที่สุดเมื่อไม่เกิดการสังเคราะห์แสง และความเอกซาร์นี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มแสงที่เหมาะสมอยู่ในช่วง $5.8 \times 10^5 - 1.5 \times 10^6$ ลักซ์ ค่าความเข้มแสงที่ได้จากการศึกษาพบว่าอยู่ในช่วงที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน



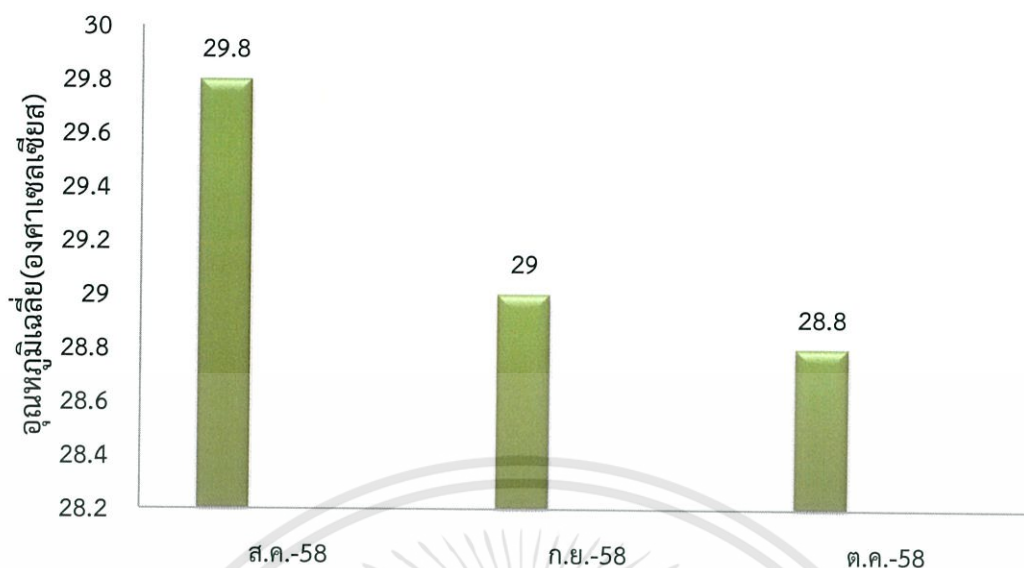
รูปที่ 4.4 ความเข้มแสงเฉลี่ยระหว่างจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

4.2.5 อุณหภูมิ (Temperature)

จากข้อมูลอุณหภูมิของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษากันทั้ง 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละเดือน ดังนี้

- เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 อุณหภูมิเฉลี่ย 29.8 องศาเซลเซียส
- เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 อุณหภูมิเฉลี่ย 29.0 องศาเซลเซียส
- เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 อุณหภูมิเฉลี่ย 28.8 องศาเซลเซียส

จากงานวิจัยของหน่วยงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2558) ค่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาทางชีวเคมีในสิ่งมีชีวิต เช่น อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 15 – 30 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิที่สูงและต่ำกว่านี้ จะมีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน แต่อาจไม่ใช่ปัจจัยวิกฤตที่มีอิทธิพลต่อการเกิดขึ้นของไลเคนโดยตรง เนื่องจากอุณหภูมิที่วัดได้อยู่ในช่วงที่สิ่งมีชีวิตทั่วไปสามารถเติบโตได้ จากค่าที่วัดได้อุณหภูมิอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน

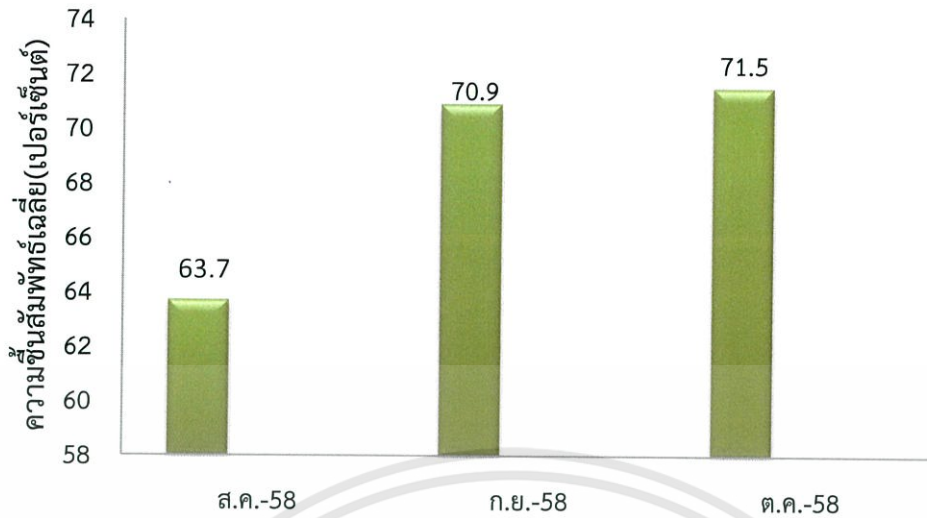


รูปที่ 4.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของเดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

4.2.6 ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity)

จากข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ ในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาทั้ง 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ดังนี้ 63.7%, 70.9% และ 71.5% ตามลำดับดังรูปที่ 4.6

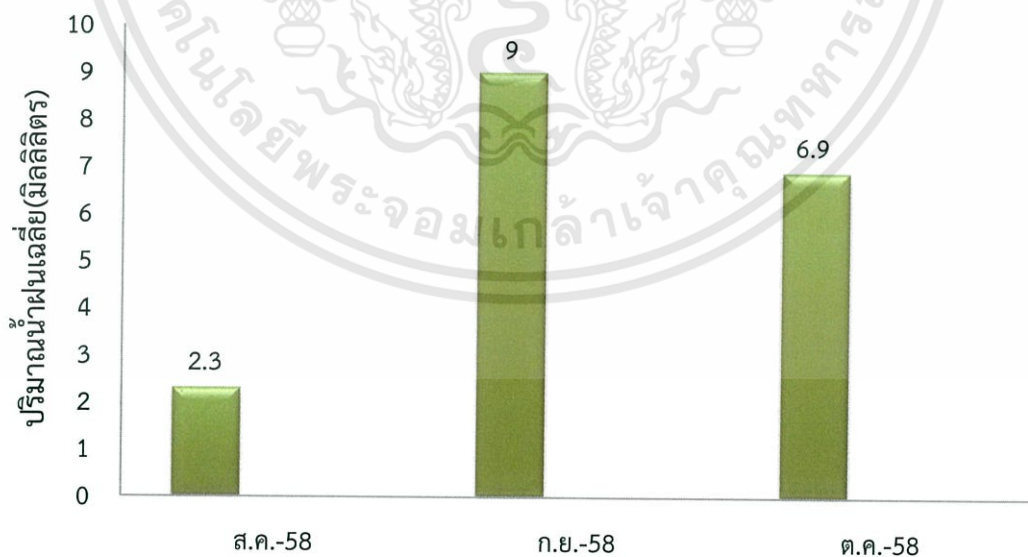
จากงานวิจัยของหน่วยงานวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2558) ได้กล่าวไว้ว่า เนื่องจากไลเคนไม่มีชั้นคิวติเคิล ซึ่งทำหน้าที่ในการป้องกันการสูญเสียน้ำความชื้นในทัลลัส จึงสมดุลงกับความชื้นในบรรยากาศ ถ้าความชื้นในบรรยากาศสูงถึงจุดอิ่มตัวหรือใกล้จุดอิ่มตัวทำให้ทัลลัสของไลเคนดูดซับน้ำในบรรยากาศไว้ได้เมื่อได้รับแสงแดดจึงเกิดกระบวนการการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยกระบวนการนี้สิ้นสุดลงเมื่อน้ำหมดไปจากทัลลัส ดังนั้นการที่มีความชื้นสัมพัทธ์เหมาะสมจึงปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ไลเคนดำรงชีวิตอยู่ได้ ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 68 – 81 % จากค่าความชื้นสัมพัทธ์ที่วัดได้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์เฉลี่ยของเดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

4.2.7 ปริมาณน้ำฝน (Rain)

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสนามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษาทั้ง 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีปริมาณเฉลี่ย ดังนี้ 2.3 mL, 9 mL และ 6.9 mL ตามลำดับ ดังรูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำฝนเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน จากงานวิจัยของ หนูเดือน เมืองแสน และคณะ (2556)



รูปที่ 4.7 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยของเดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมรอบบริเวณที่ศึกษาและเก็บตัวอย่างอากาศสรุปได้ว่า สภาพพื้นที่บริเวณโดยรอบซึ่งเป็นพื้นที่เปิดโล่ง พื้นที่ที่มีตึกหนาแน่นและไม่มีตึกหนาแน่นไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคนในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดไลเคนสามารถเจริญเติบโตอยู่บนเปลือกของต้นไม้ที่มีลักษณะผิวเรียบ ผิวขรุขระและผิวเรียบค่อนข้างสม่ำเสมอ จากงานวิจัยของหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2555) ค่าพีเอชที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไลเคนอยู่ในช่วง 4 -6 ซึ่งจากการศึกษาจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด มีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 5.88-6.89 พบว่ามีค่าพีเอชอยู่ในช่วงที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของไลเคน

ส่วนปริมาณความเข้มข้น อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ มีผลอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของไลเคน เนื่องจากไลเคนเป็นพืชที่มีความอ่อนไหวต่อความเข้มข้น อุณหภูมิและปริมาณความชื้นในอากาศมาก จากงานวิจัยของหน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง (2555) ช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคนเป็นดังนี้ ปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ในช่วง $5.8 \times 10^5 - 1.5 \times 10^6$ ลักซ์อุณหภูมิเฉลี่ย 15-30 องศาเซลเซียส และจากงานวิจัยของสำนักงานความหลากหลายทางชีวภาพ (2555) ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยต้องมากกว่า 80 % จึงเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไลเคน จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของกรมอุตุนิยมวิทยา สถานีอุตุนิยมวิทยาสานามบินสุวรรณภูมิ จังหวัดสมุทรปราการ พบว่ามีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 27.69 ± 1.20 องศาเซลเซียสความชื้นสัมพัทธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $58 \pm 3.01\%$ ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.73 \times 10^8 \pm 8.90 \times 10^6$ ลักซ์และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 0.002 มิลลิเมตร ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าสภาวะทางสิ่งแวดล้อมในจุดเก็บตัวอย่างมีความเหมาะสมในระดับพอใช้ต่อการเจริญของไลเคน จึงทำให้พบชนิดของไลเคนที่หลากหลายไลเคนส่วนใหญ่ที่พบเป็นไลเคนจำพวกกลุ่มทนทานและกลุ่มทนทานสูง (มุลนิธิโลกสีเขียว, 2552) ที่พบได้ทั่วไปทั้งในและนอกเขตเมือง บางครั้งสามารถพบขึ้นใกล้กับถนนที่มีการจราจรหนาแน่น ซึ่งมีความทนทานต่อมลพิษได้มากกว่าไลเคนชนิดอื่นๆ

4.3 ความหลากหลายทางชีวภาพ

ในปัจจุบันความหลากหลายทางชีวภาพจัดว่าเป็นคำที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางในเกือบทุกวงการทั้งด้านสังคมและวิทยาศาสตร์อย่างไรก็ตามความหลากหลายทางชีวภาพยังคงไม่เป็นที่แพร่หลายมากนักสำหรับการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน

ตารางที่ 4.5 แนวเส้นสำรวจไลเคน, จำนวนพืช, จำนวนชนิดของไลเคน และปริมาณไลเคนที่พบบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

จุดที่	ชื่อแนวเส้นสำรวจไลเคน	จำนวนพืชที่ต้องศึกษา (ต้น)	จำนวนชนิดไลเคนที่พบ	ปริมาณไลเคนที่พบ (Thallus)
L1	AOT (อาคารซ่อมบำรุงท่าอากาศยาน)	32	5	420
L2	Bus Terminal (สถานีรถโดยสาร)	37	4	450
L3	ถนนเส้นไปบางนาตราด	35	5	429
L4	ลานจอดรถระยะยาว	32	5	410
L5	AOB (สำนักงานท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ)	38	6	513
L6	Novotel (โรงแรมโนโวเทลสุวรรณภูมิ)	37	8	623
L7	คลังสินค้าและภาษีอากร	30	6	495
L8	ครัวการบินไทย	29	2	261
L9	ศูนย์ปฏิบัติการการบินไทย	30	6	434
L10	ทางออกไปแยกสุขสมาน	36	4	288

จากการสำรวจความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคนตามแนวเส้นถนนที่กำหนดต้นไม้ส่วนใหญ่เป็นต้นราชพฤกษ์และมะฮอกกานีส่วนชนิดของไลเคนและระยะทางคู่ได้จากตารางที่ 4.5 นำไปแทนค่าในดัชนีความหลากหลายของแซนนอน-เวียเนอร์ (Shannon Wiener's Index) ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ

Species	No. of Sample	Pi	Log(Pi)	Pi*log(Pi)
<i>Chrysothrix xanthima</i>	61	0.01	-1.85	-0.03
<i>Graphis</i> sp.	359	0.08	-1.08	-0.09
<i>Lecanora</i> sp.	272	0.06	-1.20	-0.08
<i>Trypethelium eluteriae</i>	485	0.11	-0.95	-0.11
<i>Dirinaria</i> sp.	929	0.21	-0.67	-0.14
<i>Hyperphyscia</i> sp.	259	0.06	-1.22	-0.07
<i>Pycnidia</i> sp.	45	0.01	-1.98	-0.02
<i>Pyxine cocoes</i>	1441	0.33	-0.48	-0.16
<i>Pyxine dimidiata</i>	140	0.03	-1.49	-0.05
<i>Amandinea extunata</i>	332	0.08	-1.11	-0.09
	SUM = 4323			-0.83

$H = 0.83$ (ดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 0.83)

4.4 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสิฟ

การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ โดยใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสสิฟจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมาจากหลอดเก็บตัวอย่าง 3 หลอดที่บรรจุอยู่ในกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่าง (4 หลอดเก็บตัวอย่างต่อพื้นที่เก็บหนึ่งจุด) แขนงหลอดเก็บตัวอย่างทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 วันนำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษาในแต่ละเดือนเป็นเวลา 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคมเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วงของการวัด (ตั้งภาคผนวก ค และ ง) คือ

เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 5.69 – 60.50 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) (AOT) (5.69 ± 0.17 ppbv) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุฑการบิน (60.50 ± 7.33 ppbv)

เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 1.39 – 51.12 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 แยกสุขสมาน (1.39 ± 0.07 ppbv) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน (51.12 ± 4.96 ppbv)

เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์อยู่ในช่วง 6.94 – 55.91 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ถนนบางนา-ตราด (6.94 ± 0.38 ppbv) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน (55.91 ± 6.91 ppbv) ดังรูปที่ 4.8

4.5 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสตีฟ

การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ โดยใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสตีฟจากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมาจากหลอดเก็บตัวอย่าง 3 หลอดที่บรรจุอยู่ในกล่องบรรจุหลอดเก็บตัวอย่าง (4 หลอดเก็บตัวอย่างต่อพื้นที่เก็บหนึ่งจุด) แขนงหลอดเก็บตัวอย่างทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 10 วันนำตัวอย่างมาสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

การวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ศึกษาในแต่ละเดือนเป็นเวลา 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคมเดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงของการวัด (ตั้งภาคผนวก ค และ ง) คือ

เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 10.94 – 97.97 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 อาคารสำนักงานท่าอากาศยาน (AOB) (10.94 ± 0.35 ppbv) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน (97.97 ± 4.40 ppbv)

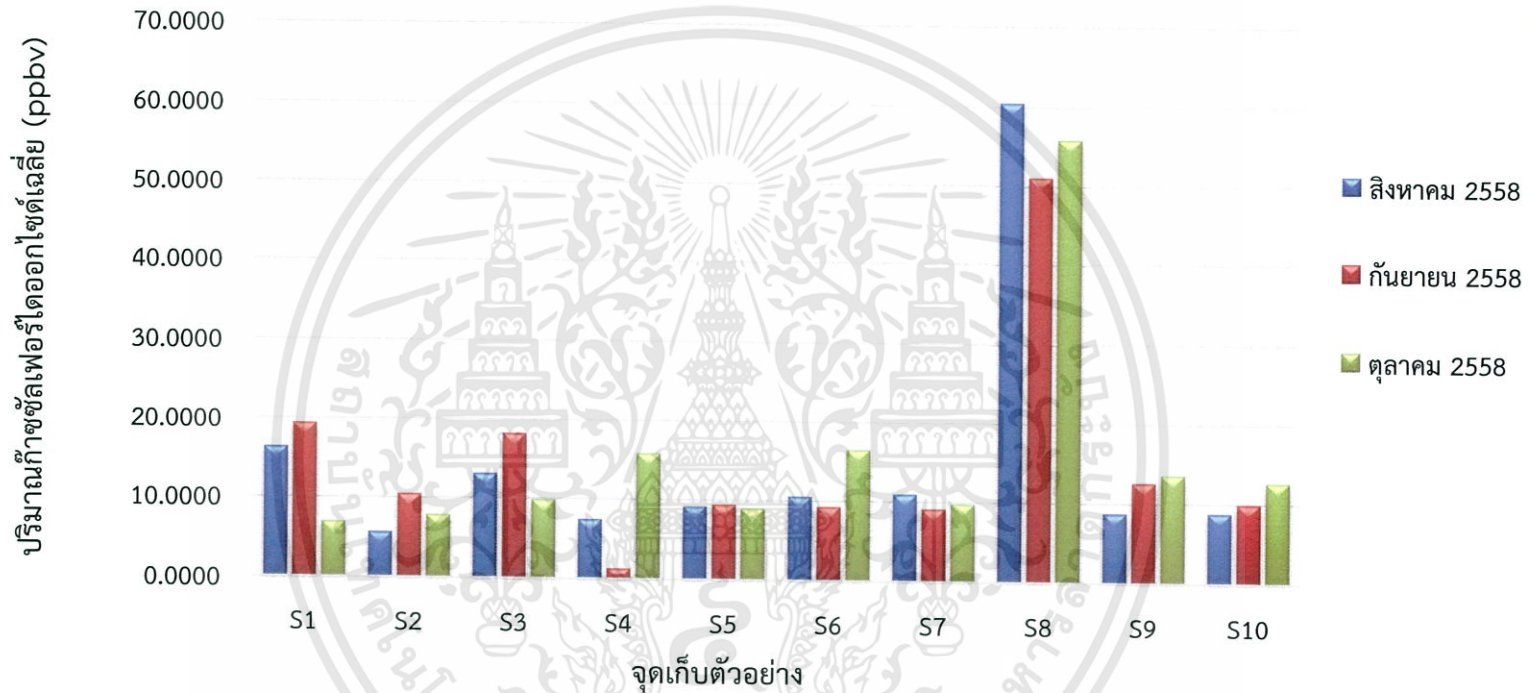
เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 15.87 – 69.15 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 คลังสินค้า (15.87 ± 0.43 ppbv) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน (69.15 ± 2.69 ppbv)

เดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 มีค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 19.66 – 80.29 ส่วนในพันล้านส่วนโดยปริมาตร (ppbv) จุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ต่ำสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 สถานีรถประจำทาง (Bus Terminal) (19.66 ± 3.58 ppbv) และจุดเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน (80.29 ± 7.99 ppbv) ดังรูปที่ 4.9

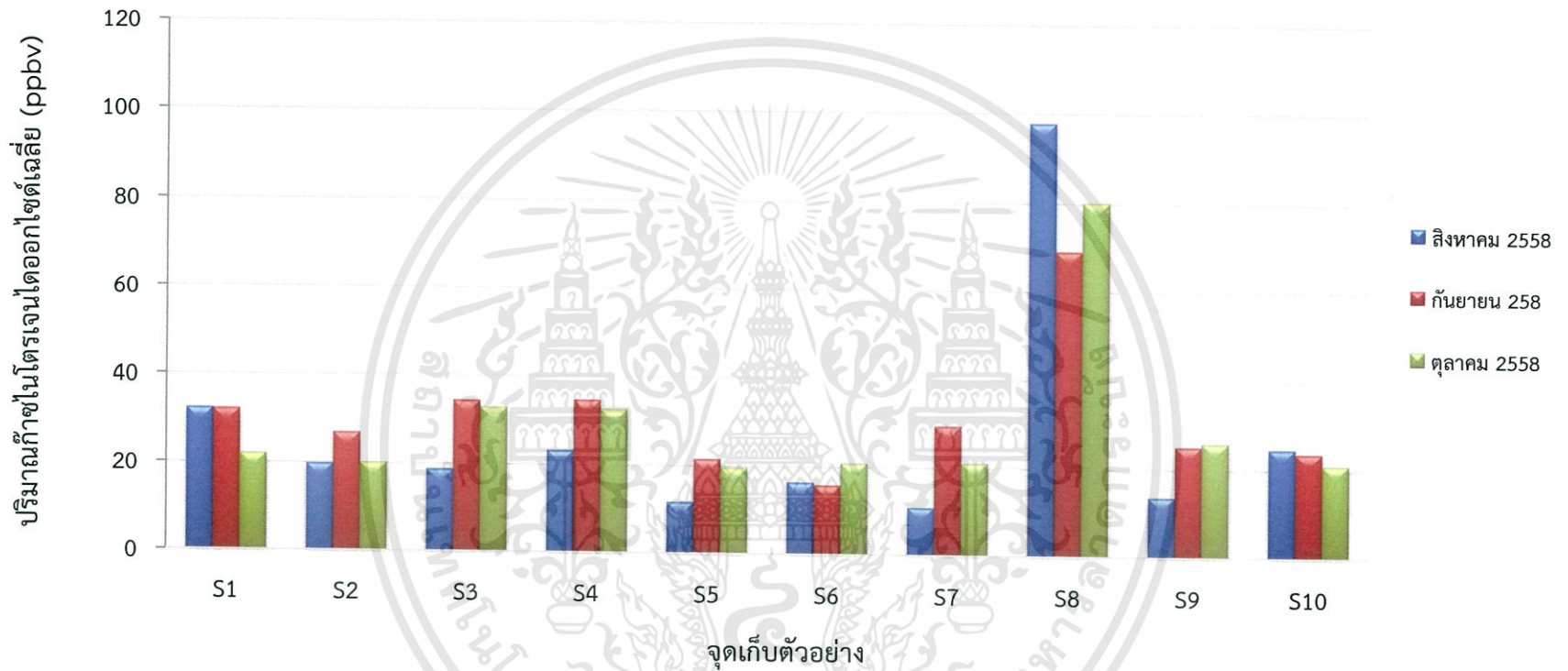
เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณสวนสาธารณะลาดกระบัง ของจังหวัดปทุมธานี จังหวัดนครราชสีมา และคณะ (2555) ซึ่งอยู่พื้นที่ที่ใกล้เคียงกันว่าบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิมีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากกว่า เพราะว่า มีการจราจรที่หนาแน่น มีการคมนาคมขนส่งตลอดเวลา และมีการขนส่งวัตถุดิบอาหารป้อนเข้าเข้าสู่ท่าอากาศยานตลอดทั้งวัน โดยมีถนนสายหลักมี 4 ช่องจราจร ทำให้มีสารมลพิษปล่อยออกมาได้มาก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดในเดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558



รูปที่ 4.9 ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยของจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดในเดือนสิงหาคม เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

4.6 เปรียบเทียบชนิดไลเคนที่พบกับปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

เมื่อทำการนำชนิดและจำนวนไลเคนมาเปรียบเทียบกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เพื่อประเมินคุณภาพอากาศของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิดังตารางที่ 4.2 สามารถบอกได้ว่า

จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครีวการบินพบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มากที่สุดเนื่องจากอยู่ติดกับถนน 4 ช่องจราจร มีการจราจรที่หนาแน่น มีการขนส่งอาหารเข้า-ออกตลอดเวลา พบไลเคนกลุ่มทนทานสูงได้แก่ *Trypethelium eluteriae* และ *Pyxine cocoes* สามารถสรุปได้ว่าสภาพอากาศค่อนข้างแย่มาก จุดเก็บที่ 2 สถานีขนส่งรถโดยสาร (Bus Terminal) พบปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์น้อยสุดเนื่องจากเป็นถนนเส้นหลังมีการจราจรที่ไม่หนาแน่นพบไลเคนในกลุ่มทนทานได้แก่ *Trypethelium eluteriae*, *Dirinaria* sp. และ *Pyxine cocoes* สามารถสรุปได้ว่าสภาพอากาศพอใช้

จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครีวการบินพบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มากที่สุดเนื่องจากอยู่ติดกับถนน 4 ช่องจราจร มีการจราจรที่หนาแน่น มีการขนส่งอาหารเข้า-ออกตลอดเวลา พบไลเคนกลุ่มทนทานสูงได้แก่ *Trypethelium eluteriae* และ *Pyxine cocoes* สามารถสรุปได้ว่าสภาพอากาศค่อนข้างแย่มาก จุดเก็บที่ 5 สำนักงานท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (AOB) พบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์น้อยสุดเนื่องจากอยู่ติดกับถนน 2 ช่องจราจร การจราจรไม่หนาแน่นพบไลเคนในกลุ่มทนทานได้แก่ *Graphis* sp., *Lecanora* sp., *Dirinaria* sp., *Hyperphyscia* sp., *Pyxine cocoes* และ *Pyxine dimidiate* สามารถสรุปได้ว่าสภาพอากาศพอใช้

4.7 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Version 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงค่าดังตารางที่ 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Station	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
2	9	8.0155			
4	9	8.2266			
5	9	9.2109			
7	9	9.9435	9.9435		
10	9	10.4789	10.4789	10.4789	
9	9	11.6684	11.6684	11.6684	
6	9	12.1096	12.1096	12.1096	
3	9		13.7436	13.7436	
1	9			14.2531	
8	9				55.8457
Sig.		.065	.078	.080	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 4.8 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

จุดเก็บตัวอย่าง	SO ₂ (ppbv)
2	8.0155±0.70 ^a
4	8.2266±2.09 ^a
5	9.2109±0.15 ^a
7	9.9435±0.29 ^{ab}
10	10.4789±0.69 ^{abc}
9	11.6684±0.75 ^{abc}
6	12.1096±1.14 ^{abc}
3	13.7436±1.28 ^{bc}
1	14.2531±1.94 ^c
8	55.8457±2.31 ^d

หมายเหตุ a, b ,c และ d แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ชุดของข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (one-way ANOVA, $p < 0.05$)

จากตารางการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10จุดด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถจัดกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 มีค่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 4, 5, 7, 10, 9, และ 6 ($p > 0.05$)

กลุ่ม 2 พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ไม่แตกต่างกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 10, 9, 6 และ 3 ($p > 0.05$)

กลุ่ม 3 พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 10 ไม่แตกต่างกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 9, 6,3 และ 1 ($p > 0.05$)

กลุ่ม 4 ประกอบด้วยจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ซึ่งมีค่าไม่สัมพันธ์กับจุดเก็บอื่นๆ

เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบว่า ในเดือนสิงหาคมพ.ศ. 2558 จุดเก็บที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงที่สุด เพราะสภาพแวดล้อมของจุดเก็บอยู่ติดกับถนนสายหลักมี 4 ช่องจราจรเชื่อมกับถนนกิ่งแก้วและบางนาตราด ซึ่งมีการจราจรที่หนาแน่น มีรถเข้าออกตลอดเวลาส่วนใหญ่จะเป็นรถ 4-6 ล้อและมีการจราจรที่หนาแน่น จึงมีผลต่อปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

4.8 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

ทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) Version 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงค่าดังตารางที่ 4.9 และ 4.10

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

Station	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
5	9	17.6767			
6	9	17.7389			
7	9	20.6025			
9	9	21.7132			
2	9	22.3783	22.3783		
10	9	23.3250	23.3250		
3	9		28.7437	28.7437	
1	9		28.9288	28.9288	
4	9			30.2570	
8	9				82.4712
Sig.		.121	.060	.655	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ตารางที่ 4.10 การวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

จุดเก็บตัวอย่าง	NO ₂ (ppbv)
5	17.6767±1.62 ^a
6	17.7389±0.81 ^a
7	20.6025±2.73 ^a
9	21.7132±2.01 ^a
2	22.3783±1.18 ^{ab}
10	23.3250±0.64 ^{ab}
3	28.7437±2.55 ^{bc}
1	28.9288±1.75 ^{bc}
4	30.2570±1.83 ^c
8	82.4712±4.48 ^d

หมายเหตุ a, b ,c และ d แสดงกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ชุดของข้อมูลที่มีตัวอักษรเดียวกันไม่ได้แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติ (one-way ANOVA, $p < 0.05$)

จากตารางการวิเคราะห์ความแตกต่างของปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สามารถจัดกลุ่มของจุดเก็บตัวอย่างที่มีนัยสำคัญกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่ม 1 พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 มีค่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ไม่แตกต่างกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 6, 7, 9, 2 และ 10 ($p > 0.05$)

กลุ่ม 2 พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ไม่แตกต่างกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 10, 3, และ 1 ($p > 0.05$)

กลุ่ม 3 พบว่าจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ไม่แตกต่างกันกับจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 และ 4 ($p > 0.05$)

กลุ่ม 4 ประกอบด้วยจุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ซึ่งมีค่าไม่สัมพันธ์กับจุดเก็บอื่นๆ

เมื่อพิจารณาจากค่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์พบว่า ในเดือนสิงหาคมพ.ศ. 2558 จุดเก็บที่ 8 ฝ่ายครุวิหารบิน มีปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สูง เพราะสภาพแวดล้อมของจุดเก็บอยู่ติดกับถนนสายหลัก ซึ่งมีการจราจรที่หนาแน่นและมีรถเข้าออกตลอดเวลา จึงมีผลต่อปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิสามารถสรุปผลได้ดังนี้

5.1.1 การศึกษาชนิดปริมาณของไลเคนและปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

พบชนิดของไลเคนบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ 5 วงศ์ (Family) 9 สกุล (Genus) 10 ชนิด (Species) และทั้งที่ไม่ทราบชนิด เนื่องจากเซลล์มีความชื้นมากทำให้เซลล์สีปนน้ำเหลืองออกมา จึงไม่สามารถจำแนกชนิดของไลเคนได้ชนิดของไลเคนที่พบคือ *Chrysothrix xanthine*, *Graphis sp.*, *Lecanora sp.*, *Pyrenula sp.*, *Trypethelium eluteriae*, *Dirinaria sp.*, *Hyperphyscia sp.*, *Pycnidia sp.*, *Pyxine cocoes*, *Pyxine dimidiate*, *Amandinea extunata* ไลเคนชนิดที่พบมากที่สุดคือ *Pyxine cocoes* มีปริมาณทั้งหมด 1,482 Thallus ชนิดของไลเคนที่พบทั้งหมดจัดอยู่ในกลุ่ม Foliose และ Crustose ซึ่งเป็นไลเคนชนิดที่มีความทนทานสูง

จากการศึกษาค่าพีเอชของเปลือกไม้ ความชื้นแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ได้ผลการศึกษาดังนี้ ค่าพีเอชเปลือกไม้อยู่ในช่วง 5.88–7.92 ความชื้นแสงเฉลี่ย 4.09×10^6 – 3.41×10^7 ลักซ์อุณหภูมิเฉลี่ย 28.8–29.8 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 63.7–71.5 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2.3–9 มิลลิเมตร พบว่าเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อชนิด ปริมาณและการเจริญเติบโตของไลเคนที่พบในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

5.1.2 การหาปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ

ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศโดยใช้วิธีการเก็บอากาศแบบพาสสีฟบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ จากจุดเก็บตัวอย่าง 10 จุดเป็นระยะเวลา 3 เดือน คือ เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 เดือนกันยายน พ.ศ. 2558 และเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 สามารถสรุปได้ว่า

จากค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ของกรมควบคุมมลพิษ (2554) กำหนดไว้ เมื่อนำค่าปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ได

ออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ทั้ง 3 เดือนที่ตรวจวัดมาเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์ของค่ามาตรฐานตามที่กำหนดไว้

5.1.3 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุด

จากการศึกษาการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิในจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 10 จุดพบว่าในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2558 จุดเก็บตัวอย่างที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน มีปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์สูงสุด ชนิดของไลเคนที่พบ คือ *Trypethelium eluteriae* และ *Pyxine cocoes* ซึ่งเป็นไลเคนกลุ่มทนทานสูงทั้งสองชนิด แสดงให้เห็นว่าจุดที่ 8 ฝ่ายครุवारบิน มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับแย่ (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2554) จากตารางที่ 2.2 แสดงให้เห็นว่าคุณภาพอากาศโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมินั้น มีคุณภาพอากาศอยู่ในระดับพอใช้ เนื่องจากมีไลเคนกลุ่มทนทานมากกว่ากลุ่มทนทานสูง

การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพสำหรับการติดต่อตรวจสอบคุณภาพอากาศจากการตรวจวัดปริมาณมลพิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถบ่งชี้บริเวณที่ได้รับผลกระทบมลพิษทางอากาศได้ สำหรับการศึกษาสามารถนำข้อมูลใช้เป็นพื้นฐานข้อมูลในการศึกษาไลเคนในบริเวณท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การเก็บตัวอย่างอากาศและไลเคนควรเพิ่มระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ชัดเจนมากขึ้น
2. การเก็บตัวอย่างอากาศและไลเคนควรทำการศึกษาในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ผลของคุณภาพอากาศที่ชัดเจนมากขึ้นว่าคุณภาพอากาศอยู่ในระดับใด
3. ในการวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ควรทำการทดลองด้วยวิธีการแอกทิฟเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีพาสสิฟจะทำให้ข้อมูลในการวิเคราะห์ที่ได้ผลที่ถูกต้องและชัดเจนมากขึ้น
4. ควรทำการศึกษามลพิษตัวอื่นที่คาดว่าจะมีผลต่อการเกิดของไลเคน เช่น โอโซน (O_3)

เอกสารอ้างอิง

กัทธิย์ บุญประกอบ. 2550, **ไลเคนแห่งเกาะแสมสารจากยอดเขาถึงชายทะเล**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 136 หน้า.

นภาพร พานิช. 2550, **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: กรมโรงงานอุตสาหกรรม. ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 721 หน้า.

มูลนิธิโลกสีเขียว. 2552, **คู่มือฉบับทดสอบนักสืบสายลมสำรวจไลเคนกรุงเทพ**. กรุงเทพฯ: มปส, 20 หน้า.

เวชศาสตร์ พลเยี่ยม, รุ่งอรุณ ถนอมจิตร และคณะ. 2552, **ไลเคนในสวนสาธารณะกรุงเทพมหานคร และการชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อม Lichens in the Public Parks in Bangkok and Their Indication of Environmental Quality**. เอกสารการประชุมวิชาการและวิจัย ประจำปี 2552 (RURC 2009), หน้า 51-63.

สมพร จันทระ. 2548, **การหาปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศโดยใช้การเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ**. รายงานฉบับสมบูรณ์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 24 หน้า.

กรมอุตุนิยมวิทยา. **การเกิดฝนกรด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://ozne.tmd.go.th/acid.html> (วันที่ค้นข้อมูล : 13 ส.ค. 2558).

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **มาตรฐานก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_airsnd01.html (วันที่ค้นข้อมูล : 4 ส.ค. 2558).

กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ , กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และ สุวรรณิ จรรยาพูน. 2558, **ปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อมสำหรับดินและอากาศ**. กรุงเทพฯ: โครงการตำรา คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 136 หน้า.

กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. **ผลกระทบของ SO_x**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://hpe4.anamai.moph.go.th/hia/nox.php> (วันที่ค้นข้อมูล : 4 ส.ค. 2558).

กลุ่มพัฒนาการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. **ไนโตรเจนออกไซด์**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก
<http://hpe4.anamai.moph.go.th/hia/nox.php> (วันที่ค้นข้อมูล: 4 ส.ค. 2558).

กองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัย กรุงเทพมหานคร. **ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์**. [ออนไลน์].
 เข้าถึงได้จาก : <http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet6/envi3/monpit-a/sul.html> (วันที่
 ค้นข้อมูล : 4 ส.ค. 2558).

ชมรมอนุรักษ์สภาพแวดล้อม ส่วนกิจการนักศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. **ฝนกรด**. [ออนไลน์]
 เข้าถึงได้จาก : http://student.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10 (วันที่ค้น
 ข้อมูล : 13 ส.ค. 2558).

ชุมพล สานแดง, โชติกา ลอยทวินนท์ และ ปริญญา ตาอินทร์. 2554, **การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัด
 คุณภาพอากาศบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม)**. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
 ลาดกระบัง, 101 หน้า.

ชุติมา ศรีวิบูลย์. **การวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟี**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://e-
 book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=CM437](http://e-book.ram.edu/e-book/inside/html/dlbook.asp?code=CM437) (วันที่ค้นข้อมูล: 7 ส.ค.
 2558).

มหาวิทยาลัยรามคำแหง. **อากาศและมลพิษทางอากาศ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [e-book.ram.edu/
 E-book/c/CM103\(50\)/CM103-15\(50\).pdf](http://e-book.ram.edu/E-book/c/CM103(50)/CM103-15(50).pdf) (วันที่ค้นข้อมูล: 8 ส.ค. 2558).

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. **ฝนกรด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://
 studen.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10](http://studen.sut.ac.th/anurukclub/ledge_detail.php?id=10) (วันที่ค้นข้อมูล: 13 พ.ย. 2558).

มูลนิธิสีเขียว. **บันทึกนักสืบสายลม ฉบับที่ 3**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :
<http://www.greenwold.or.th/environment/movement/570> (วันที่ค้นข้อมูล: 10 ส.ค.
 2558).

สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. **ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : [http://aqnis.pcd.go.th
 /basic/pollution_so2.htm](http://aqnis.pcd.go.th/basic/pollution_so2.htm) (วันที่ค้นข้อมูล : 4 พ.ย. 2558).

หน่วยวิจัยไลเคน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. ไลเคน.[ออนไลน์].

เข้าถึงได้จาก : <http://www.ru.ac.th/lichen/webpage/Lichen/lichen.html>

(วันที่ค้นข้อมูล: 10 ส.ค. 2558).

ไลเคนบ้านเรา . [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : <http://www.thaigoodview.com/library/Contest2553/type1/science03/19/lichen/gallery.htm>

(วันที่ค้นข้อมูล: 13 ส.ค. 2558).

สยามเคมี.คอม แหล่งความรู้สารเคมี และผลิตภัณฑ์เคมี. **ฝนกรด**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก

<http://www.siamchemi.com/ฝนกรด/> (วันที่ค้นข้อมูล: 12 สิงหาคม 2558)

วิทยานุกูล. **ความหลากหลายทางชีวภาพ**. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thaigoodview.com/library/contest2553/type2/science04/13/page/variety.html>

(วันที่ค้นข้อมูล: 13 สิงหาคม 2558)

หนูเดือน เมืองแสนและคณะ. **ความหลากหลายชนิดของไลเคนในป่าชุมชนและโบราณสถานแห่งนครชัยบุรีรินทร์ [ออนไลน์]** .

เข้าถึงได้จาก: <http://203.158.6.11:8080/sutir/bitstream/123456789/4672/2/Fulltext.pdf> (วันที่ค้นข้อมูล: 13 สิงหาคม 2558)

The Accipiter online Magazine of The Hawk Conservancy Trust, UK. **Meadow Muses- February 2006**).

[Online]. Available: <http://accipiter.hawk-conservancy.org/MeadowMuses/200602.shtml> (Accessed date: August 13, 2015).

Mahidol Wittayanusorn School. **Sulfer cycle** [Online]. Available:

<http://student.mwit.ac.th/~s5205694/cycle6.html>

(Accessed date: August 13, 2015)

Boonpragob, K. and Pangpet, K., 2004, Preliminary observations on the growth of Transplanted lichens *Parmotrema tinctorum* in four ecosystems at Khao Yai National Park. 31st Congress on Science and Technology of Thailand at Suranaree University of Technology, 18 – 20 October 2005, 160 p.

(Accessed date: August 14, 2015)

Cruz, L.P.S. et.al. 2005, Laboratory Validation of a Passive Sampler for SO₂ Atmospheric

Monitoring. *Journal of the Brazilian Chemical Society, Brazil*. Vol.16 (Issue 1), 50-57 p. D.V.Vinjamoori and C. Ling, 1981, Personal Monitoring Method for Nitrogen Dioxide and Sulfur Dioxide with Solid Sorbent Sampling and Ion
(Accessed date: August 14, 2015)

Elmar Uherek. **OH and the nitrogen oxide cycle**. [Online]. Available:
<http://www.xplora.org/downloads/Knoppix/ESPERE/ESPEREdez05/ESPEREde.html>
(Accessed date: August 14, 2015)

New Brunswick Museum of Canada. **Mutualism between fungi and algae**.
[Online]. Available: <http://www.nbm-mnb.ca/index.php/g-natural-sciences>
(Accessed date: August 14, 2015)

NIEHS. **ozone production from pollutants**. [Online]. Available:
<http://science.howstuffworks.com/environmental/green-science/ozone-pollution.htm> (Accessed date: September 28, 2015)

Chromatographic Determination. *Anal.Chem.* 53, 1689-1691 p.F.De Santis, Allegrini, M.C. Fazio, D. Pasella and R. Piredda, 1997, **Development of a passive Samepling technique for the determination of nitrogen dioxide and sulfur dioxide in ambient air**. *Analytical Chimica Acta.* 346, 127-134 p.
(Accessed date: August 13, 2015)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องไอออนโครมาโทกราฟี (Ion Chromatograph)

ตารางที่ ก-1 สภาวะของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟีที่ใช้

ระบบทางาน	เงื่อนไขในการวิเคราะห์
Eluent	3.2 mM Na ₂ CO ₃ / 1.0 mM NaHCO ₃
Column	METROSEP A SUPP 5-150
Column size	4.0 × 150 mm
Flow rate	0.70 mL/min
Sample volume	20.0 µL
Analysis time	14 minute
Dilution	1.00
Temperature	35.0 °c

การดูแลรักษาคอลัมน์ไอออนโครมาโทกราฟี

- ใช้คอลัมน์ให้มีความดันไม่เกินค่าที่ระบุไว้ได้สูงสุดในคุณลักษณะของคอลัมน์
- การเก็บคอลัมน์เมื่อไม่ได้ใช้งาน ถ้าในช่วงระยะเวลาสั้นๆ ให้เก็บไว้ในสารละลายที่ใช้ชะ (Eluent) พร้อมทั้งปิดจุกสนิท (Plug) แต่ที่เป็นระยะยาวให้คอลัมน์ด้วยสารละลายที่เหมาะสมในการเก็บก่อนอย่างน้อย 10 นาที การเลือกสารละลายต้องดูจากคำแนะนำของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดของคอลัมน์แล้วจึงทำการถอดคอลัมน์ และปิดจุกให้สนิท
- การล้าง ในการทำความสะอาดคอลัมน์ เมื่อโครมาโทแกรมที่ได้มีพีคที่ผิดปกติและไม่สามารถจาแนกชนิดได้ว่าเป็นสารใด แสดงว่ามีสิ่งสกปรกติดค้างในคอลัมน์ แบ่งชนิดของสารตกค้างได้เป็น 3 พวกคือ ชนิดที่ละลายในกรด ละลายในเบส และละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ต้องเลือกสารละลายที่ใช้ทำความสะอาดให้เหมาะสมเช่นกัน เช่น การล้างด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นเป็น 10 เท่าของสารละลายที่ใช้ชะคอลัมน์ ถ้ามีไอออนของโลหะติดอยู่ อาจใช้กรดไฮโดรคลอริก 1-3 โมลาร์ ในการล้าง หรือกรดที่ใช้คีเลต (Chelating agent) เช่น กรดออกซาลิก หรือใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ เช่น อะซีโตนผสมน้ำตามอัตราส่วนที่เหมาะสม สำหรับพวกที่ตกค้างเป็นสารไม่มีขั้ว และไม่ชอบน้ำ (Nonionic and Hydrophobic)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report date: 11/18/2015 1:25:42 PM
 Printed by: Chemistry

Ident: water Anion 18-11-58 Tip Blank QC
 Analysis from: 11/18/2015 12:58:50 PM
 File: zbl181258.chw Last save: 11/18/2015 1:10:50 PM

Method: std Anion NO3 SO4 Use
 Run operator: Chemistry Last save: 11/18/2015
 Analysis number: 5602

SAMPLE: project pmt

Vial number: 1
 Volume: 20.0 µL
 Dilution: 1.00
 Amount: 1.0000

COLUMN: METROSEP A SUPP 5 - 150 (6.1006.520)
 Size: 4.0 x 150 mm
 Number:
 Part.size: 5.0 µm

ELUENT: 3.2 mM Na2CO3
 1.0 mM NaHCO3

Flow: 0.70 mL/min
 Temperature: 35.0°C
 Pressure: 10.4 MPa



Quantitation method: Custom

No	Retention min	Height mV	Area mV*sec	Conc. mg/L	Name
1	1.92	-5.15	-98.023	0.000	waterpeak
2	7.29	0.20	4.511	0.000	
2	12.00	5.35	102.535	0.000	

This report has been created by IC Net
 METROHM LTD

รูปที่ ข-1 โครมาโทแกรม Trip Blank

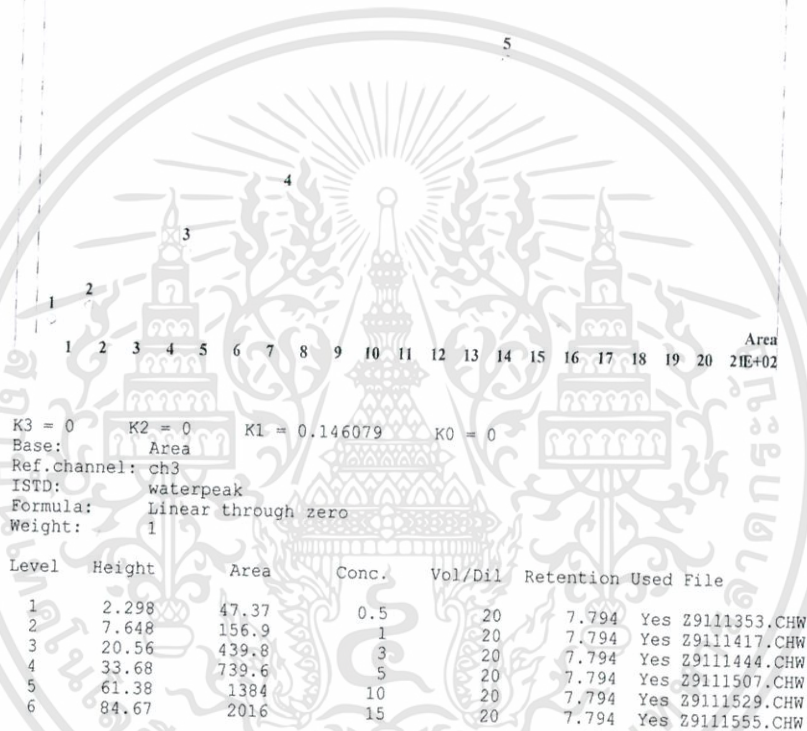
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALIBRATION OF COMPONENT sulphate

Method: std Anion F Cl PO4 SO4 Use Pon 11-09-58.mtw
 Equation: Q = 0.146079·A
 RSD: 4.481 %
 Correlation coefficient: 0.999176

Concentration 18.75

6

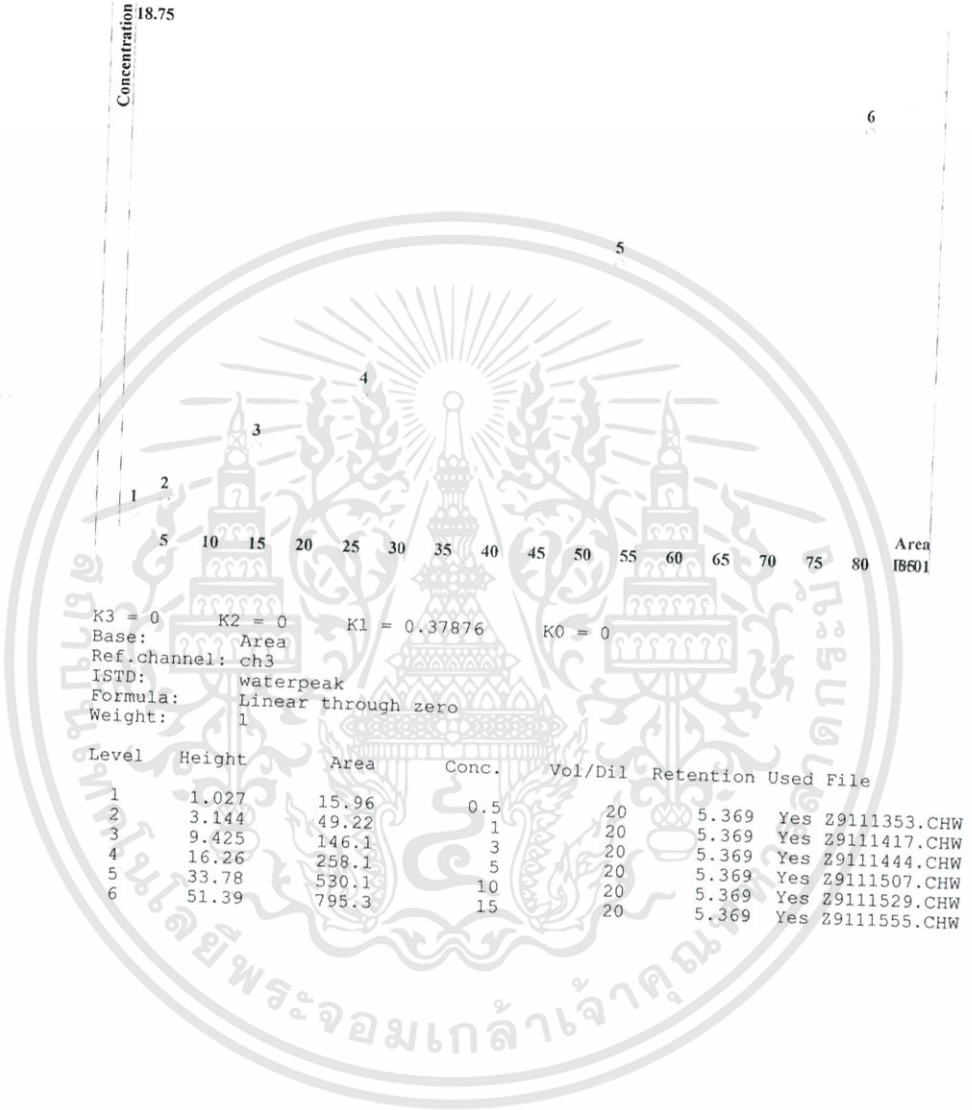


รูปที่ ข-2 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CALIBRATION OF COMPONENT nitrate

Method: std Anion F Cl PO4 SO4 Use Pon 11-09-58.mtw
 Equation: Q = 0.37876·A
 RSD: 2.683 %
 Correlation coefficient: 0.999931



รูปที่ ข-3 กราฟมาตรฐานของสารละลายมาตรฐานไนเตรต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report date: 10/5/2015 7:14:04 PM
 Printed by: Chemistry

Ident: sample.Anion 05-10-58 cattering S1T3
 Analysis from: 10/5/2015 7:00:48 PM
 File: za051900.chw
 Modified! Last save: 10/5/2015 7:12:49 PM
 Method: std Anion NO3 SO4 Use
 Run operator: Chemistry Last save: 10/5/2015 6
 Analysis number: 5359

SAMPLE: project pmt
 Vial number: 1
 Volume: 20.0 µL
 Dilution: 1.00
 Amount: 1.0000

COLUMN: METROSEP A SUPP 5 - 150 (6.1006.520)
 Size: 4.0 x 150 mm
 Number:
 Part.size: 5.0 µm

ELUENT: 3.2 mM Na₂CO₃
 1.0 mM NaHCO₃

Flow: 0.70 mL/min
 Temperature: 35.0°C
 Pressure: 10.7 MPa



Quantitation method: Custom

No	Retention min	Height mV	Area mV*sec	Conc. mg/L	Name
1	2.44	-3.78	-66.426	0.000	
2	2.93	11.48	139.904	0.000	
3	3.20	18.77	277.043	0.000	
4	3.77	46.45	603.530	0.000	
5	4.28	72.70	1079.392	0.000	
6	5.53	16.02	271.789	5.147	nitrate
7	8.11	26.16	574.488	4.196	sulphate
8	8.98	0.31	6.277	0.000	
8	12.00	195.66	3018.850	9.343	

รูปที่ ข-4 ตัวอย่างโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานแอนไอออน 2 ชนิดที่วิเคราะห์โดยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค
การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์
ในอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ
 ตารางที่ ค-1 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในอากาศ

No.	[SO ₄ ²⁻] ion chromatograph			[SO ₂]	[SO ₂]	Average (ppbv)
	X (ppm)	Q (µg)	L (m)	C (µg/m ³)	ppbv	
s1/1	1.5995	4.2653	0.035	43.3280	16.5594	
s1/2	1.4305	3.8147	0.035	38.7506	14.8099	
s1/3	1.7150	4.5330	0.035	46.4569	17.7552	16.3748

โดยกำหนดค่า

$$L = 3.5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\pi r^2 = 3.14 \times (0.01 \times 0.01) = 0.000314 \text{ m}^2$$

เมื่อ r คือ รัศมีของหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ (m)

$$t = 864000 \text{ s (10วัน)}$$

$$D = 0.0000127 \text{ m}^2/\text{s}$$

เมื่อ D คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ SO₂ ในอากาศโดยรอบ

$$\text{Molecular volume (MO)} = 24.46 \text{ L}$$

$$\text{มวลโมเลกุลของ SO}_2 \text{ (MW SO}_2\text{)} = 64 \text{ g/mol}$$

$$\text{มวลโมเลกุลของ SO}_4^{2-} \text{ (MW SO}_4^{2-}\text{)} = 96 \text{ g/ion}$$

$$\frac{MW \text{ SO}_2}{MW \text{ SO}_4^{2-}} = 0.666666667$$

การคำนวณหาปริมาณของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากซัลเฟต (SO₄²⁻) (อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์, 2552)

$$[\text{SO}_2]X = 1.5995 \text{ ppm} = 1.5995 \text{ mg/L} = 1.5995 \text{ µg/mL}$$

$$Q (\text{µg}) = X (\text{ppm}) \times \text{ปริมาตรสารที่ใช้สกัด (mL)} \times \frac{MW \text{ SO}_2}{MW \text{ SO}_4^{2-}}$$

$$= 1.5995 \text{ µ} \frac{\text{g}}{\text{mL}} \times 4 \text{ mL} \times \frac{64}{96}$$

$$= 4.2653 \text{ µg ของ SO}_2$$

การคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในหน่วย µg/m³

$$\begin{aligned}
 C \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} &= \frac{[Q \times L]}{[(\pi r^2) \times t \times D]} \\
 &= \frac{4.2653 \times 0.035}{0.000314 \times 864000 \times 0.0000127} \\
 &= 43.328 \mu\text{g/m}^3
 \end{aligned}$$

ทำการเปลี่ยนหน่วยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จาก $\mu\text{g/m}^3$ เป็น ppb หรือ ppbvหาได้จากสมการ

$$\text{ppbv} = \frac{\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \times \text{molecular volume (L)}}{\text{molecular weight}}$$

เมื่อ

$$\text{molecular volume} = \frac{22.41 \times (273 + 25)}{273} \times \frac{101.3}{101.3} = 24.46 \text{ L/mol}$$

เมื่อ

$$P = \text{ความดันบรรยากาศ } 1 \text{ atm} = 101.3 \text{ kPa}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) (ppbv)

$$\begin{aligned}
 \text{SO}_2 \text{ (ppbv)} &= \frac{43.328 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \times 24.46 \text{ L/mol}}{64 \text{ g/mol}} \\
 &= 16.5594 \text{ ppb} \#
 \end{aligned}$$

การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ
 ตารางที่ ค-2 การคำนวณหาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ในอากาศ

No.	[NO ₃ ⁻] _{ion} chromatograph			[NO ₂]	[NO ₂]	Average (ppbv)
	X (ppm)	Q (µg)	L (m)	C (µg/m ³)	ppbv	
s1/1	2.4635	7.3110	0.035	61.2464	32.5671	
s1/2	2.6215	7.7799	0.035	65.1745	34.6558	
s1/3	2.2695	6.7353	0.035	56.4236	30.0026	32.4085

โดยกำหนดค่า

$$L = 3.5 \times 10^2 \text{ m}$$

$$\pi r^2 = 3.14 \times (0.01 \times 0.01) = 0.000314 \text{ m}^2$$

เมื่อ r คือ รัศมีของหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ (m)

$$t = 864000 \text{ s (10วัน)}$$

$$D = 0.0000154 \text{ m}^2/\text{s}$$

เมื่อ D คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ NO₂ ในอากาศโดยรอบ

$$\text{Molecular volume (MO)} = 24.46 \text{ L}$$

$$\text{มวลโมเลกุลของ NO}_2 \text{ (MW NO}_2\text{)} = 46 \text{ g/mol}$$

$$\text{มวลโมเลกุลของ NO}_3^- \text{ (MW NO}_3^-) = 62 \text{ g/ion}$$

$$\frac{MW \text{ NO}_2}{MW \text{ NO}_3^-} = 0.74193548$$

การคำนวณหาปริมาณของซัลเฟตไดออกไซด์จากซัลเฟต (SO₄²⁻) (อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์, 2552)

$$[\text{NO}_2]X = 2.4635 \text{ ppm} = 2.4635 \text{ mg/L} = 2.4635 \text{ µg/mL}$$

$$Q (\text{µg}) = X (\text{ppm}) \times \text{ปริมาตรสารที่ใช้สกัด (mL)} \times \frac{MW \text{ NO}_2}{MW \text{ NO}_3^-}$$

$$= 2.4635 \text{ µg/mL} \times 4 \text{ mL} \times \frac{46}{62}$$

$$= 7.311 \text{ µg ของ NO}_2$$

การคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในหน่วย µg/m³

$$\begin{aligned}
 C \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} &= \frac{[Q \times L]}{[(\pi r^2) \times t \times D]} \\
 &= \frac{7.311 \times 0.035}{0.000314 \times 864000 \times 0.0000154} \\
 &= 61.2464 \quad \mu\text{g/m}^3
 \end{aligned}$$

ทำการเปลี่ยนหน่วยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์จาก µg/m³ เป็น ppb หรือ ppbv ได้จากสมการ

$$\text{ppbv} = \frac{\frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \times \text{molecular volume (L)}}{\text{molecular weight}}$$

เมื่อ molecular volume = $\frac{22.41 \times (273 + 25)}{273} \times \frac{101.3}{101.3} = 24.46 \text{ L/mol}$

เมื่อ P = ความดันบรรยากาศ 1 atm = 101.3 kPa

ดังนั้น ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) (ppbv)

$$\begin{aligned}
 \text{NO}_2 \text{ (ppbv)} &= \frac{61.2464 \frac{\mu\text{g}}{\text{m}^3} \times 24.46 \text{ L/mol}}{46 \text{ g/mol}} \\
 &= 32.5671 \text{ ppb \#}
 \end{aligned}$$

การประกันและควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

ทำการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน คือ 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จำนวน 3 ครั้งและวิเคราะห์หาปริมาณซัลเฟตที่เตรียมไว้ ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ได้ผลการทดลองดังตาราง

ตารางที่ ค-3 ค่าเวลาการคงไว้ (Retention time) พื้นที่พีค (Area) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต

ครั้งที่	สารละลายมาตรฐานซัลเฟต		
	ค่าเวลาการคงไว้ (นาที)	พื้นที่พีค(mV*sec)	ความเข้มข้น (mg/L)
1	8.03	114.355	0.899
2	8.01	115.356	0.901
3	8.05	115.321	0.905
Avg.	8.03	115.011	0.902
SD	0.02	0.568	0.003
%RSD	0.25	0.494	0.339

ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน 1 พีพีเอ็ม และใช้สภาวะเช่นเดิมทุกครั้งที่ทำกรทดสอบ โดยสามารถตรวจสอบความแม่นยำ (Precision) ของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ได้จาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์(% Relative Standard Deviation;%RSD)ของค่าเวลาการคงไว้ (Retention time) พื้นที่พีค(Area) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟต ซึ่งต้องมีค่า % RSD ไม่ต่างกันเกิน 10 % พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ที่คำนวณได้จากตารางมีค่าไม่เกิน 10 % แสดงว่าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟีมีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง

นอกจากนี้ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงความถูกต้อง (Accuracy) จากการทดลอง คือ ค่าที่ได้จากการทดลอง (ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่วิเคราะห์ได้) กับค่าที่แท้จริง (ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน คือ 1 พีพีเอ็ม) มีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะใช้ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative error; RE) เป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของข้อมูล

$$\begin{aligned}
 RE &= \frac{\text{ค่าทางทฤษฎี} - \text{ค่าที่ได้จากการทดลอง}}{\text{ค่าทางทฤษฎี}} \times 100 \\
 &= \frac{1 - 0.902}{1} \times 100 \\
 &= 9.8 \%
 \end{aligned}$$

ดังนั้น แสดงว่าผลที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้อง 90.2 %

การประกันและควบคุมคุณภาพในการวิเคราะห์ของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี

ทำการประกันคุณภาพและควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ โดยการเตรียมสารละลายมาตรฐานไนเตรตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน คือ 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) จำนวน 3 ครั้งและวิเคราะห์หาปริมาณไนเตรตที่เตรียมไว้ ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ได้ผลการทดลองดังตาราง

ตารางที่ ค-4 ค่าเวลาการคงไว้ (Retention time) พื้นที่พีค (Area) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรต

ครั้งที่	สารละลายมาตรฐานไนเตรต		
	ค่าเวลาการคงไว้ (นาที)	พื้นที่พีค(mV*sec)	ความเข้มข้น (mg/L)
1	5.81	52.256	0.991
2	5.84	52.235	0.992
3	5.82	52.565	0.995
Avg.	5.82	52.352	0.993
SD	0.02	0.185	0.002
%RSD	0.26	0.353	0.210

ผลการทดลองที่ได้จากการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง โดยใช้ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในเตรตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน 1 พีพีเอ็ม และใช้สภาวะเช่นเดิมทุกครั้งที่ทำกรทดสอบ โดยสามารถตรวจสอบความแม่นยำ (Precision) ของการวิเคราะห์ด้วยเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี ได้จาก ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (% Relative Standard Deviation; %RSD) ของค่าเวลาการคงไว้ (Retention time) พื้นที่พีค (Area) และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในเตรต ซึ่งต้องมีค่า % RSD ไม่ต่างกันเกิน 10 % พบว่า ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (%RSD) ที่คำนวณได้จากตารางมีค่าไม่เกิน 10 % แสดงว่าเครื่องไอออนโครมาโทกราฟีมีความแม่นยำในการวิเคราะห์สูง

นอกจากนี้ยังสามารถแสดงให้เห็นถึงความถูกต้อง (Accuracy) จากการทดลอง คือ ค่าที่ได้จากการทดลอง (ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในเตรตที่วิเคราะห์ได้) กับค่าที่แท้จริง (ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานในเตรตที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน คือ 1 พีพีเอ็ม) มีค่าใกล้เคียงกัน โดยจะใช้ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative error; RE) เป็นตัวบ่งชี้ความถูกต้องของข้อมูล

$$\begin{aligned} RE &= \frac{\text{ค่าทางทฤษฎี} - \text{ค่าที่ได้จากการทดลอง}}{\text{ค่าทางทฤษฎี}} \times 100 \\ &= \frac{1 - 0.993}{1} \times 100 \\ &= 0.7\% \end{aligned}$$

ดังนั้น แสดงว่าผลที่ได้จากการทดลองมีความถูกต้อง 99.3 %



ภาคผนวก ง
ผลการวิเคราะห์หาความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ได
ออกไซด์ในอากาศด้วยวิธีพาสสีฟ

ตารางที่ ง-1 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนสิงหาคม 2558

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	X(ppm)	Q(μg)	C($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ppbv	avg.	SD
1	S1/1	1.5995	4.2653	43.328	16.5594		
	S1/2	1.4305	3.81467	38.7506	14.8099		
	S1/3	1.7150	4.5330	46.4569	17.7552	16.3748	1.4813
2	S2/1	0.5325	1.4200	14.4248	5.5129		
	S2/2	0.5650	1.5067	15.3055	5.8496		
	S2/3	0.5330	1.4747	14.9804	5.7253	5.6959	0.1703
3	S3/1	1.2315	3.2840	33.3598	12.7497		
	S3/2	1.2805	3.4147	34.6875	13.2571		
	S3/3	1.2905	3.4413	34.9577	13.3604	13.1224	0.3269
4	S4/1	0.7115	1.8973	19.2733	7.3660		
	S4/2	0.7175	1.9133	19.4359	7.4281		
	S4/3	0.7300	1.9467	19.7751	7.5578	7.4506	0.0979
5	S5/1	0.8615	2.2973	23.3366	8.9189		
	S5/2	0.9340	2.4907	25.3013	9.6698		
	S5/3	0.8755	2.3347	23.7166	9.0642	9.2176	0.3983
6	S6/1	1.0050	2.6800	27.2242	10.4047		
	S6/2	0.8885	2.6360	26.7772	10.2339		
	S6/3	1.0605	2.8280	28.7277	10.9794	10.5393	0.3906
7	S7/1	1.0145	2.7053	27.4812	10.5029		
	S7/2	1.0750	2.8667	29.1208	11.1296		
	S7/3	1.0795	2.8787	29.2427	11.1762	10.9362	0.3760
8	S8/1	5.1620	13.7653	139.832	53.4420		
	S8/2	5.7950	15.4533	156.9792	59.9955		
	S8/3	6.5755	17.5347	178.1227	68.0763	60.5046	7.3304
9	S9/1	0.8120	2.1653	21.9957	8.4065		
	S9/2	0.9275	2.4733	25.1245	9.6023		
	S9/3	0.8035	2.1427	21.7662	8.3188	8.7759	0.7171
10	S10/1	0.6710	1.7893	18.1762	6.9467		
	S10/2	0.8335	2.2227	22.5788	8.6293		
	S10/3	1.0520	2.8053	28.497	10.8912	8.8224	1.9793
11	Blank1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-2 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนสิงหาคม 2558

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	X(ppm)	Q(μ g)	C(μ g/m ³)	ppbv	avg.	SD
1	S1/1	2.4635	7.3110	61.2464	32.5671		
	S1/2	2.6215	7.7799	65.1745	34.6558		
	S1/3	2.2695	6.7353	56.4236	30.0026	32.4085	2.3307
2	S2/1	1.4570	4.3240	36.2234	19.2614		
	S2/2	1.4830	4.4012	36.8702	19.6053		
	S2/3	1.5715	4.6638	39.0700	20.7750	19.8806	0.7935
3	S3/1	1.4040	4.1667	34.9057	18.5607		
	S3/2	1.4230	4.2231	35.3781	18.8119		
	S3/3	1.4375	4.2661	35.7383	19.0035	18.7920	0.2221
4	S4/1	1.6865	5.0051	41.9292	22.2954		
	S4/2	1.7865	5.3019	44.4156	23.6175		
	S4/3	1.8125	5.3790	45.0651	23.9609	23.2913	0.8794
5	S5/1	0.8615	2.5567	21.4182	11.3889		
	S5/2	0.9155	2.7169	22.7603	12.1025		
	S5/3	0.8900	2.6413	22.1270	11.7658	11.7524	0.3570
6	S6/1	1.2650	3.7542	31.4500	16.7232		
	S6/2	1.2645	3.7527	31.4375	16.7165		
	S6/3	1.1950	3.5465	29.7101	15.7980	16.4126	0.5322
7	S7/1	0.8415	2.4974	20.9214	11.1247		
	S7/2	0.7970	2.3653	19.8148	10.5363		
	S7/3	0.8450	2.5077	21.0077	11.1706	10.9439	0.3537
8	S8/1	7.3080	21.6883	181.6893	96.6113		
	S8/2	7.1420	21.1956	177.5618	94.4166		
	S8/3	7.7830	23.0979	193.4979	102.8904	97.9728	4.3979
9	S9/1	0.9925	2.9455	24.6753	13.1208		
	S9/2	1.0840	3.2170	26.9498	14.3303		
	S9/3	1.0350	3.0716	25.7371	13.6826	13.7112	0.6053
10	S10/1	1.7635	5.2336	43.8434	23.3133		
	S10/2	1.9245	5.7114	47.8461	25.4416		
	S10/3	1.9560	5.8049	48.6294	25.8582	24.8710	1.3650
11	Blank1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-3 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนกันยายน 2558

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	X(ppm)	Q(μg)	C($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ppbv	avg.	SD
1	S1/1	1.609	4.2907	43.5862	16.6581		
	S1/2	1.9745	5.2653	53.4864	20.4418		
	S1/3	2.052	5.472	55.5862	21.2444	19.4481	2.4493
2	S2/1	0.998	2.6613	27.0343	10.3322		
	S2/2	0.9835	2.6227	26.6422	10.1823		
	S2/3	1.052	2.8053	28.4971	10.8912	10.4686	0.3736
3	S3/1	1.783	4.7547	48.2997	18.4595		
	S3/2	1.5505	4.1347	42.0015	16.0524		
	S3/3	1.9605	5.228	53.1076	20.2971	18.2697	2.1287
4	S4/1	1.446	3.856	39.1703	1.446		
	S4/2	1.3065	3.484	35.3915	1.3065		
	S4/3	1.4145	3.772	38.3171	1.4145	1.3890	0.0732
5	S5/1	0.9287	2.4765	25.157	9.6147		
	S5/2	0.8473	2.2595	22.9527	8.7722		
	S5/3	0.9647	2.5725	26.1322	9.9874	9.4581	0.6226
6	S6/1	0.8065	2.1507	21.8474	8.3498		
	S6/2	0.9355	2.4947	25.3419	9.6853		
	S6/3	0.9505	2.5347	25.7482	9.8406	9.2919	0.8196
7	S7/1	0.842	2.2453	22.8084	8.7171		
	S7/2	0.8755	2.3347	23.7166	9.0642		
	S7/3	0.9305	2.4813	25.2058	9.6333	9.1382	0.4626
8	S8/1	4.4285	11.8093	119.9624	45.8481		
	S8/2	5.0055	13.348	135.5929	51.8219		
	S8/3	5.379	14.344	145.7106	55.6888	51.1196	4.9578
9	S9/1	1.192	3.1787	32.2902	12.3409		
	S9/2	1.184	3.1573	32.0728	12.2578		
	S9/3	1.2785	3.4093	34.6327	13.2362	12.61163	0.5425
10	S10/1	0.846	2.256	22.9171	8.7586		
	S10/2	1.0435	2.7827	28.2675	10.8035		
	S10/3	0.995	2.6533	26.953	10.3011	9.9544	1.0656
11	Blank1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-4 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนกันยายน 2558

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	X(ppm)	Q(μg)	C($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ppbv	avg.	SD
1	S1/1	2.3765	7.0528	59.0834	31.4169		
	S1/2	2.4990	7.4164	62.1294	33.0366		
	S1/3	2.4390	7.2383	60.6374	32.2433	32.2323	0.8099
2	S2/1	2.0370	6.0453	50.6433	26.9290		
	S2/2	2.0145	5.9785	50.0837	26.6315		
	S2/3	2.0880	6.1966	51.9108	27.6030	27.0545	0.4978
3	S3/1	2.5340	7.5203	62.9998	33.4995		
	S3/2	2.4470	7.2621	60.8367	32.3493		
	S3/3	2.8525	8.4655	70.9180	37.6035	34.4841	2.7620
4	S4/1	2.6995	8.0114	67.1357	35.6987		
	S4/2	2.3960	7.1197	59.5684	31.6785		
	S4/3	2.7880	8.2741	69.3146	36.8573	34.7448	2.7180
5	S5/1	1.6035	4.7588	39.8659	21.1983		
	S5/2	1.5945	4.7321	39.6422	21.7930		
	S5/3	1.6540	4.9086	41.1208	21.8655	21.6189	0.3661
6	S6/1	1.1780	3.4960	29.2870	15.5730		
	S6/2	1.1860	3.5197	29.4856	15.6786		
	S6/3	1.2380	3.6741	30.7790	16.3664	15.8727	0.4308
7	S7/1	2.0575	6.1061	51.1526	27.1998		
	S7/2	2.3140	6.8674	57.5302	30.5911		
	S7/3	2.3525	6.9816	59.4869	31.0998	29.6302	2.1201
8	S8/1	5.1450	15.269	127.9129	68.0163		
	S8/2	5.0845	15.0895	126.4092	67.2167		
	S8/3	6.4740	16.2132	135.8228	72.2222	69.1517	2.6890
9	S9/1	1.9460	5.7752	48.3806	25.7259		
	S9/2	1.8695	5.5482	46.4789	24.7160		
	S9/3	1.9320	5.7377	48.0329	25.5410	25.3276	0.5377
10	S10/1	1.9005	5.6402	47.2496	25.1245		
	S10/2	1.6750	4.9709	41.6427	22.1431		
	S10/3	1.8415	5.4651	45.7828	24.3445	23.8707	1.5461
11	Blank1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เดือนกันยายน 2558

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	X(ppm)	Q(μ g)	C(μ g/m ³)	ppbv	avg.	SD
1	S1/1	0.6280	1.6747	17.0121	6.5018		
	S1/2	0.6900	1.8400	18.6913	7.1436		
	S1/3	0.692	1.8453	18.7451	7.1641	6.9365	0.3766
2	S2/1	0.6895	1.8387	18.6781	7.1385		
	S2/2	0.7675	2.0467	20.7910	7.9460		
	S2/3	0.8270	2.2053	22.4021	8.5618	7.8821	0.7138
3	S3/1	0.9710	2.5893	26.3029	10.0526		
	S3/2	0.9350	2.4933	25.3277	9.6799		
	S3/3	0.9450	2.5200	25.5989	9.7836	9.8387	0.1924
4	S4/1	1.5325	4.0867	41.5139	15.8661		
	S4/2	1.5590	4.1573	42.2311	16.1402		
	S4/3	1.4985	3.9960	40.5925	15.5139	15.8401	0.3140
5	S5/1	0.8450	2.2533	22.8897	8.7482		
	S5/2	0.8640	2.3040	23.4047	8.9449		
	S5/3	0.8865	2.3640	24.0142	9.1779	8.9570	0.2151
6	S6/1	1.6820	4.4853	45.5630	17.4136		
	S6/2	1.6495	4.3987	44.6833	17.0774		
	S6/3	1.4490	3.8640	39.2317	15.0015	16.4975	1.3064
7	S7/1	0.8955	2.3880	24.2580	9.2711		
	S7/2	0.9510	2.5360	25.7614	9.8457		
	S7/3	0.9805	2.6147	26.5609	10.1512	9.7560	0.4469
8	S8/1	4.7850	12.7600	129.6199	49.5391		
	S8/2	5.3070	14.1520	143.7602	54.9433		
	S8/3	6.1100	16.2933	165.5122	63.2567	55.9130	6.9100
9	S9/1	1.3250	3.5333	35.8923	13.7176		
	S9/2	1.2940	3.4507	35.0532	13.3969		
	S9/3	1.3270	3.5387	35.9472	13.7386	13.6177	0.1915
10	S10/1	1.1655	3.1080	31.5719	12.0664		
	S10/2	1.2520	3.3387	33.9155	12.9621		
	S10/3	1.2510	3.3360	33.8881	12.9516	12.6600	0.5141
11	Blank1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.00000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ง-6 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เดือนตุลาคม 2558

จุดเก็บที่	ตัวอย่าง	X(ppm)	Q(μ g)	C(μ g/m ³)	ppbv	avg.	SD
1	S1/1	1.6960	5.0333	42.1655	22.4210		
	S1/2	1.6650	4.9413	41.3947	22.0112		
	S1/3	1.6645	4.9398	41.3822	22.0045	22.1456	0.2386
2	S2/1	1.5215	4.5154	37.8268	20.1139		
	S2/2	1.5720	4.6653	39.0826	20.7817		
	S2/3	1.4905	4.4234	37.0561	19.7042	20.1999	0.5439
3	S3/1	2.4515	7.1671	60.0409	31.9261		
	S3/2	2.5000	7.4193	62.1537	33.0496		
	S3/3	2.5635	7.6078	63.7328	33.8892	32.9550	0.9850
4	S4/1	2.5450	7.5529	63.2729	33.6447		
	S4/2	2.4550	7.2858	61.0353	32.4549		
	S4/3	2.4285	7.2072	60.3769	32.1048	32.7348	0.8072
5	S5/1	1.7470	3.4862	29.2049	15.5294		
	S5/2	1.6380	4.8612	40.7237	21.6544		
	S5/3	1.6485	4.8923	40.9843	21.7929	19.6589	3.5769
6	S6/1	1.5675	4.6519	38.9703	20.7220		
	S6/2	1.5965	4.7380	39.6916	21.1056		
	S6/3	1.5860	4.7068	39.4302	20.9666	20.9314	0.1942
7	S7/1	1.5890	4.7157	39.5048	21.0062		
	S7/2	1.6245	4.8211	40.3878	21.4758		
	S7/3	1.6050	4.7632	39.9027	21.2178	21.2333	0.2352
8	S8/1	5.3780	15.9605	133.7059	71.0967		
	S8/2	6.3680	18.8986	158.3192	84.1845		
	S8/3	6.4740	19.2132	160.9547	85.5859	80.2890	7.9916
9	S9/1	1.9850	5.8909	49.3498	26.2420		
	S9/2	1.9870	5.8969	49.4001	26.2679		
	S9/3	1.9510	5.7901	48.5054	25.7922	26.1007	0.2675
10	S10/1	2.5515	7.5722	63.4346	21.0062		
	S10/2	2.3995	7.5173	59.6556	21.4758		
	S10/3	2.5330	7.5173	62.9747	21.2178	21.2333	0.2352
11	Blank1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank2	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		
	Blank3	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ตารางที่ จ-1 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนสิงหาคม 2558 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (น็อต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสคาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
25 ส.ค. 58	34	28.5	31.3	61	-	12	1006.66
26 ส.ค. 58	32.4	28.4	30.4	59	-	13	1008.2
27 ส.ค. 58	32.7	26.5	29.6	67	2.4	8	1009.68
28 ส.ค. 58	32.8	23.4	28.1	71	1	10	1008.9
29 ส.ค. 58	35.2	26.9	31.1	60	T	13	1008.19
30 ส.ค. 58	34.9	27.2	31.1	59	T	10	1008.92
31 ส.ค. 58	33.4	27.8	30.6	59	T	9	1008.89

ตารางที่ จ-2 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนกันยายน 2558 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (น็อต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสคาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
1 ก.ย. 58	33.6	25.3	29.5	71	3	9	1008.48
2 ก.ย. 58	34.6	26	30.3	71	0.2	10	1008.68
3 ก.ย. 58	34.9	25.8	30.4	70	19	13	1010.29
4 ก.ย. 58	33	23.6	28.3	75	0.8	8	1010.66
5 ก.ย. 58	33.2	26.7	30.0	67	-	7	1011.17
6 ก.ย. 58	33.7	26.4	30.1	66	0.2	9	1010.71
7 ก.ย. 58	35.3	27.4	31.4	58	-	12	1009.67
8 ก.ย. 58	34.8	27.1	31	55	-	16	1008.34
9 ก.ย. 58	35.3	27.4	31.4	58	-	9	1007.97
10 ก.ย. 58	31	24.5	27.8	81	28.3	7	1009.33

ตารางที่ จ-2 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนกันยายน 2558 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (น็อต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสคาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
11 ก.ย. 58	30.1	23.8	27	81	7.7	9	1009.77
12 ก.ย. 58	34.2	25.9	30.1	70	4.7	12	1008.92
13 ก.ย. 58	35	25.7	30.4	67	0.6	17	1009.66
14 ก.ย. 58	32.5	24.3	28.4	73	12.2	9	1009.1
15 ก.ย. 58	30.2	25.6	27.9	74	6.9	8	1006.27
16 ก.ย. 58	30.3	23.8	27.1	81	19.3	16	1003.28
17 ก.ย. 58	28.9	24.6	26.8	85	16.1	10	1003.81
18 ก.ย. 58	31.8	26.2	29	74	2.7	17	1010.92
19 ก.ย. 58	33.3	23.5	28.4	72	6	5	1012.03
20 ก.ย. 58	35.1	24.6	29.9	68	-	5	1009.76

ตารางที่ จ-2 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนกันยายน 2558 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (น็อต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
21 ก.ย. 58	36.3	27.7	32	66	-	14	1007.55
22 ก.ย. 58	34	24.3	29.2	69	3.9	14	1007.81
23 ก.ย. 58	31	23.6	27.3	78	4.8	13	1008.79
24 ก.ย. 58	32.5	24.4	28.5	71	T	11	1007.78
25 ก.ย. 58	33.4	26.1	29.8	66	T	10	1006.93
26 ก.ย. 58	33.8	25.9	29.9	65	-	8	1006.93
27 ก.ย. 58	35	26.7	30.9	70	T	6	1007.09
28 ก.ย. 58	34.3	27.5	30.9	74	7.9	11	1007.5
29 ก.ย. 58	34.2	24.6	29.4	76	23	9	1008.32
30 ก.ย. 58	34.3	24.8	29.6	74	12.7	8	1009.86

ตารางที่ จ-3 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนตุลาคม 2558 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (นอต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสคาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
1 ต.ค. 58	33.2	24.7	29	74	0.1	10	1010.78
2 ต.ค. 58	31.6	26	28.8	80	1	6	1010.67
3 ต.ค. 58	28.5	26.6	27.6	82	8.3	6	1010.01
4 ต.ค. 58	30.2	24.2	27.2	83	18.3	10	1010.78
5 ต.ค. 58	31.1	24.2	27.7	76	0.2	9	1011.16
6 ต.ค. 58	30.5	22.8	26.7	82	11.5	6	1011.55
7 ต.ค. 58	33	25	29	74	14.6	8	1011.32
8 ต.ค. 58	34.9	24.5	29.7	69	0.3	9	1010.73
9 ต.ค. 58	29.8	26.4	28.1	80	8.7	7	1010.23
10 ต.ค. 58	32.6	24.3	28.5	77	16.7	10	1010.86

ตารางที่ จ-3 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนตุลาคม 2558 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (น็อต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
11 ต.ค. 58	31.4	24.3	27.9	79	0.8	8	1011.8
12 ต.ค. 58	31.4	23.6	27.5	74	18.2	11	1013.21
13 ต.ค. 58	31.6	24.2	27.9	71	-	9	1013.68
14 ต.ค. 58	32.7	24.7	28.7	70	-	7	1012.79
15 ต.ค. 58	32.7	24.9	28.8	65	-	10	1011.88
16 ต.ค. 58	33.6	25.4	29.5	65	-	8	1011.49
17 ต.ค. 58	33.5	26.3	29.9	65	-	8	1010.54
18 ต.ค. 58	34	24.2	29.1	68	0.1	8	1011.12
19 ต.ค. 58	32.9	26.7	29.8	76	8.1	6	1010.44
20 ต.ค. 58	33.7	27.3	30.5	72	0.1	7	1008.87

ตารางที่ จ-3 พารามิเตอร์ของช่วงระยะเวลาที่ทำการทดลอง เดือนตุลาคม 2558 (กรมอุตุฯ 2558)

วันที่ทดลอง	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้นสัมพัทธ์ เฉลี่ย (%)	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)	ความเร็วลมสูงสุด (น็อต)	ความกดอากาศ (เฮกโตปาสกาล)
	สูงสุด	ต่ำสุด	เฉลี่ย				
21 ต.ค. 58	34.2	26.9	30.6	70	1.4	10	1008.96
22 ต.ค. 58	33.3	25.1	29.2	77	3.7	17	1009.33
23 ต.ค. 58	34.4	26.2	30.3	67	-	4	1009.51
24 ต.ค. 58	34	27.3	30.7	64	-	10	1010.63

ตารางที่ จ-4 ค่าความเข้มแสง (Light intensity) พีเอชเปลือกไม้ (Bark pH) และเส้นรอบวงต้นไม้ของจุดเก็บตัวอย่าง

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าความเข้มแสงเฉลี่ย (ลักซ์)	พีเอชเปลือกไม้	เส้นรอบวงต้นไม้ (เซนติเมตร)
S1	7.03×10^6	6.56	44.2
S2	4.84×10^6	6.67	71.1
S3	3.18×10^7	5.88	70.5
S4	3.25×10^7	6.89	65.7
S5	5.33×10^6	6.63	76.8
S6	5.15×10^6	6.33	69.6
S7	9.68×10^6	6.62	59.8
S8	4.09×10^6	7.92	74.9
S9	9.42×10^6	6.36	93.2
S10	3.41×10^7	6.45	49.5