



รายงานการวิจัย

การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณโดยรอบนิคม

อุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

Use of Lichen as an Air Pollution Indicator in Map Ta Phut

Industrial Estate, Rayong Province

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว



รายงานการวิจัย

การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

จังหวัดระยอง

Use of Lichen as an Air Pollution Indicator in Map Ta Phut Industrial

Estate, Rayong Province

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร.หนูเดือน เมืองแสน

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ที่ปรึกษาโครงการวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนารักษ์ ไชพันธ์แก้ว

ผู้ร่วมวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์เทพ สุวรรณวาริ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงกมล แม่นศิริ อ.ดร.พงษ์ฤทธิ์ ครอบปรัชญา

นางสาวอรณย์ภัค พิทักษ์พงษ์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

มิถุนายน 2560

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ
2556

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในการสนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์
และเครื่องมือในการทำ และขอขอบพระคุณหน่วยงาน และบุคลากรที่มีส่วนเกี่ยวข้องให้ความช่วยเหลือ
ในการเก็บตัวอย่าง การจำแนกชนิด และการติดต่อประสานงาน และหวังว่ารายงานวิจัยฉบับนี้จะเป็น
ประโยชน์ไม่มากนักน้อย



คณะผู้วิจัย

มิถุนายน 2560

บทคัดย่อ

ไลเคนซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นร่วมกันซึ่งประกอบไปด้วยราและสาหร่ายนั้นถูกการนำมาใช้เป็นดัชนีชี้วัดสิ่งแวดล้อมหรือดัชนีชีวภาพอย่างแพร่หลาย การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมลพิษทางอากาศต่อความหลากหลายของไลเคนในพื้นที่บริเวณรอบๆ อุตสาหกรรมมาตาพุด จังหวัดระยอง ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2556 ศึกษาชนิดและความถี่ของไลเคน โดยใช้กรอบสำรวจความถี่ (20×50 ตารางเซนติเมตร) บนต้นมะม่วงจำนวน 110 ต้น เก็บปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้วิธีการเก็บอากาศแบบแฟลชซิฟชนิดหลอด และตรวจวัดปริมาณก๊าซโดยเทคนิคไอออนโครมาโตกราฟี จากการศึกษพบไลเคน 11 วงศ์ 20 สกุล 26 ชนิด ประกอบด้วยไลเคนกลุ่มโพลีโอส 6 ชนิด และกลุ่มครัสโตส 20 ชนิด พบไลเคนส่วนใหญ่อยู่ในสกุล *Arthonia*, *Dirinaria*, *Lecanora* และ *Physcia* พบไลเคนชนิด *Physcia poncinsii* Hue. และ *Pyxine cocoes* (Swartz) Nyl. เป็นไลเคนที่มีความถี่สูงและพบในทุกพื้นที่ จากการตรวจปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.28-5.08 ppbv และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.52-7.60 ppbv จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของไลเคนกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าทั้งปริมาณของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีความสัมพันธ์เชิงลบกับดัชนีความหลากหลายของไลเคนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($r = -0.245, p < 0.05$) และ ($r = -0.081, p < 0.05$) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของไลเคน ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ

คำสำคัญ : ไลเคน, ความหลากหลาย, ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์, ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

Abstract

Lichens, mutualistic associations of a fungus and an alga, are widely used as environmental indicators or bio-indicators. This makes lichens natural indicators of air pollution. The objective of this study was to determine the effects of air pollutants on lichen diversity in Map Ta Phut Industrial Estate, Rayong province, during February–May 2013. The study on lichen species and frequency was performed using grid frames (20x50 cm²) on 110 mango trees. Atmospheric nitrogen dioxide (NO₂) and sulfur dioxide (SO₂) were collected in the study sites by using passive sampling technique, while the concentrations were determined by ion chromatography. A total of 11 families, 20 genera and 26 species were recorded; 6 species belonging to the foliose group and 20 species belonging to the crustose group. The most common genera were *Arthonia*, *Dirinaria*, *Lecanora* and *Physcia*. Lichen species with the highest frequency found in all areas were *Physcia poncinsii* Hue. and *Pyxine cocola* (Swartz) Nyl. The concentrations of NO₂ were in the range 0.28-5.08 ppbv and 0.52-7.60 ppbv for SO₂. Pearson's correlation test showed that the lichen diversity index negatively correlated with the NO₂ concentration 95% ($r = -0.245, p < 0.05$) and SO₂ concentration ($r = -0.081, p < 0.05$), indicating that increased NO₂ and SO₂ concentrations had significantly effects on the lichen diversity. Therefore, lichens could possibly be used as an air pollutant indicator of air pollutant effects.

Keywords : lichen, diversity, nitrogen dioxide, sulfur dioxide

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและ ที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	2
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรม	
2.1 ความหมายของไลเคน.....	4
2.2 โครงสร้างภายในของไลเคน	6
2.3 การสืบพันธุ์ของไลเคน	6
2.4 ประโยชน์ของไลเคน	8
2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน	9
2.6 การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในประเทศไทยและต่างประเทศ.....	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 พื้นที่ทำการวิจัย	14
3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี.....	19
3.3 การศึกษาความหลากหลายของไลเคน.....	21
3.4 การวิเคราะห์ pH เปลือกไม้	22
3.5 การสำรวจทิศทางการพบไลเคน.....	22
3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไลเคน	23
3.7 การทำแผนที่แสดงคุณภาพอากาศโดยใช้ความถี่ของไลเคน.....	24

สารบัญ (ต่อ)

3.8 การเก็บตัวอย่างก๊าซด้วยวิธี Passive sampling technique	26
3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของก๊าซ	30
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 ความหลากหลายของไลเคน	31
4.1.1 ชนิดและความถี่ของจำนวนไลเคน.....	31
4.1.2 การศึกษาความหลากหลายของไลเคน	33
4.1.3 pH ของเปลือกไม้ของต้นมะม่วงในพื้นที่ศึกษา	35
4.1.4 ทิศทางบนต้นมะม่วงที่พบไลเคนมากที่สุด	37
4.2 การทำแผนที่แสดงคุณภาพอากาศบริเวณเขตพื้นที่.....	37
นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดโดยใช้ความถี่ของไลเคน	
4.3 การตรวจวัดปริมาณก๊าซโดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ	42
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	
5.1 ความหลากหลายของไลเคน	53
5.2 การเผยแพร่ผลการวิจัย	55
เอกสารอ้างอิง	56

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	พื้นที่ที่ทำการศึกษาความหลากหลายของไลเคน	16
ตารางที่ 3.2	ตาราง t	25
ตารางที่ 3.3	ดัชนีคุณภาพอากาศแต่ละตารางพื้นที่ในแต่ละชั้น	26
ตารางที่ 3.4	สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องไอออนโครมาโทกราฟี สำหรับการวิเคราะห์ไอออนลบ....	29
ตารางที่ 4.1	รายชื่อไลเคนที่พบในพื้นที่.....	32
ตารางที่ 4.2	ความถี่ของจำนวนไลเคนแต่ละชนิดในพื้นที่ที่ทำการศึกษา.....	33
ตารางที่ 4.3	ดัชนีความหลากหลาย ค่าความสม่ำเสมอ และความหลากหลายชนิดของไลเคน ในพื้นที่ศึกษา	34
ตารางที่ 4.4	ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของชนิด (Sorensen's similarity coefficient) ของในพื้นที่ที่ทำการศึกษา	35
ตารางที่ 4.5	ค่า pH เฉลี่ยของเปลือกต้นมะม่วงในแต่ละพื้นที่ศึกษา	36
ตารางที่ 4.6	ค่าความถี่ของไลเคน ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าขอบเขตจำกัดล่าง และขอบเขตจำกัดบน.....	38
ตารางที่ 4.7	ผลรวมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของจำนวนต้นมะม่วงทั้งหมด ที่ทำการสำรวจ ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมดในพื้นที่ที่ทำการสำรวจ และความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศ.....	39
ตารางที่ 4.8	การจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของแต่ละลำดับชั้น	39
ตารางที่ 4.9	ลำดับชั้นคุณภาพอากาศ (AQC) ของแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา.....	40
ตารางที่ 4.10	ขอบเขตของบริเวณที่มีคุณภาพอากาศที่แตกต่างกัน	41
ตารางที่ 4.11	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และค่าความหลากหลาย (diversity index) ในแต่ละพื้นที่ศึกษา	44
ตารางที่ 4.12	การจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์แต่ละลำดับชั้น	45

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 4.13 ลำดับชั้นคุณภาพอากาศของความเข้มข้นเฉลี่ยของ
 ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ 46

ตารางที่ 4.14 การจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แต่ละลำดับชั้น 48

ตารางที่ 4.15 ลำดับชั้นคุณภาพอากาศของความเข้มข้นเฉลี่ยของ
 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ 49



สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1	ไลเคนเจริญเติบโตบนวัตถุเกาะต่าง ๆ	5
ภาพที่ 2.2	รูปแบบการเจริญเติบโตของไลเคน.....	5
ภาพที่ 2.3	โครงสร้างภายในของไลเคน	6
ภาพที่ 2.4	โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ	7
ภาพที่ 2.5	โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ	7
ภาพที่ 3.1	พื้นที่ที่ศึกษากำหนดขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.....	15
ภาพที่ 3.2	แผนที่การใช้พื้นที่ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	15
ภาพที่ 3.3	ลักษณะควันที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเคลื่อนที่ในอากาศ	16
ภาพที่ 3.4	ทิศทางและความเร็วของลมในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	16
ภาพที่ 3.5	แผนที่พื้นที่หมู่บ้านที่ทำการศึกษา	18
ภาพที่ 3.6	ต้นไม้ทั้งหมด 110 ต้น ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างไลเคน	18
ภาพที่ 3.7	จุดทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้วิธีแบบ Passive sampling technique	19
ภาพที่ 3.8	การวางกรอบสำรวจ (grid frame) บนลำต้นของต้นมะม่วง	21
ภาพที่ 3.9	สเกลมาตรฐานของ VDI	26
ภาพที่ 3.10	แผนที่การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ.....	27
ภาพที่ 3.11	การวางหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ.....	28
ภาพที่ 4.1	ค่า pH เฉลี่ยของเปลือกต้นมะม่วงในแต่ละพื้นที่ศึกษา.....	36
ภาพที่ 4.2	แสดง pH ของเปลือกไม้และดัชนีความหลากหลายของไลเคน	37
ภาพที่ 4.3	ทิศทางบนต้นมะม่วงที่พบไลเคนมากที่สุด	37
ภาพที่ 4.4	แผนที่คุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดในเขตบริเวณนิคมอุตสาหกรรม นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง	42
ภาพที่ 4.5	ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในแต่ละพื้นที่	43

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ 4.6	แผนที่คุณภาพอากาศโดยการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์.....	47
	โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ	
ภาพที่ 4.7	แผนที่คุณภาพอากาศโดยการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์.....	50
	โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ	
ภาพที่ 4.8	ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับ	
	ดัชนีความหลากหลายของไลเคน	51
ภาพที่ 4.9	ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับ	
	ดัชนีความหลากหลายของไลเคน	51
ภาพที่ 4.9	ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับค่า pH	
	โดยเฉลี่ยของเปลือกไม้.....	52
ภาพที่ 4.10	ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับค่า pH	
	โดยเฉลี่ยของเปลือกไม้	52

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดนั้นมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น โรงงานปิโตรเคมี โรงงานกลั่นน้ำมัน โรงงานผลิตปุ๋ยและเคมีภัณฑ์ โรงผลิตไฟฟ้าและโรงงานที่มีการผลิตและการใช้โลหะหนัก ได้แก่ โรงงานถลุงเหล็ก นอกจากนี้ โรงงานอุตสาหกรรมนอกเขตนิคมอุตสาหกรรมยังมีการประกอบอุตสาหกรรมหลายประเภท โดยเฉพาะกิจการเกี่ยวกับโลหะหนัก ได้แก่ กิจการทำแบตเตอรี่ และหลอมตะกั่ว ซึ่งโรงงานเหล่านี้มีการใช้และผลิตสารเคมีอันตรายหลายชนิด ที่สำคัญได้แก่ สารอินทรีย์ระเหย ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และสารโลหะหนัก เป็นต้น มีการตรวจพบว่ามีสารอินทรีย์ระเหยง่าย กรด และสารโลหะหนักปนเปื้อนในอากาศ ในดิน และในน้ำ ด้วยสาเหตุดังกล่าว ในพื้นที่มาบตาพุดจึงพบปัญหามลพิษทางอากาศเนื่องจากกลิ่นของสารเคมีและการปนเปื้อนของสารเคมีในอากาศ อุตสาหกรรมและการจราจรและขนส่ง ได้มีการร้องเรียนของประชาชนใน 25 ชุมชนในเขตเทศบาลเมืองมาบตาพุด ดังกล่าวว่ามีปัญหาสุขภาพอนามัย ทั้งด้านโรคระบบทางเดินหายใจ โรคผิวหนังและภูมิแพ้ และโรคมะเร็ง ซึ่งจากการร้องเรียนดังกล่าว หน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ ภาคเอกชนและเครือข่ายภาคประชาชน จึงร่วมกันบูรณาการดำเนินการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยดังกล่าว ภายใต้แผนปฏิบัติการลดและขจัดมลพิษในพื้นที่จังหวัดระยองปี 2550-2554 (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) ความล้มเหลวของการพัฒนาประเทศที่มุ่งเฉพาะการกระตุ้นการเติบโตของระบบเศรษฐกิจโดยไม่ได้ให้ความสำคัญกับการศึกษาผลกระทบของการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อมและชีวอนามัยจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในด้านด้านคุณภาพอากาศปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยของประชาชนในพื้นที่ (ศุภวัฒน์, 2553)

การใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพในพื้นที่มาบตาพุด ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว และสามารถทำนายผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ได้ ไลเคนมีอัตราการเติบโตที่ช้า มีชีวิตยาวนานจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ของมลพิษทางอากาศ หรือสามารถใช้บ่งบอกถึงสถานะของสิ่งแวดล้อมได้ อีกทั้งยังมีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อระดับความเข้มข้นของมลพิษทางอากาศด้วยสำหรับการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมนั้น ควรมีการตรวจสอบทั้งทางเคมี กายภาพ และทางชีวภาพควบคู่กันไป เพื่อให้ได้ข้อมูลทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ จะทำให้ได้ผลจากการติดตามตรวจสอบที่สมบูรณ์ มีความถูกต้องแม่นยำ และน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น (วนารักษ์, 2551) การตรวจสอบมลพิษอากาศของพื้นที่นั้นไม่สามารถใช้ความหลากหลายของไลเคนเพียงอย่างเดียวได้ ต้องอาศัยของมูลการตรวจสอบมลพิษอากาศในพื้นที่ร่วมด้วย (Saipunkaew *et al.*, 2005) ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมีการตรวจสอบทางด้านชีวภาพโดยการใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ และมีการตรวจสอบทางด้านเคมีกายภาพโดยการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ เพื่อบ่งบอกข้อมูลในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณควบคู่กันไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อสำรวจความหลากหลายของไลเคนบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

1.2.3 ตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

1.2.3 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหลากหลายของไลเคนกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ทำการศึกษตั้งแต่ ตุลาคม พ.ศ. 2555 – กันยายน พ.ศ. 2556 ทำการศึกษาความหลากหลายของไลเคน การตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

1.4 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ถูกต้อง และแม่นยำ ซึ่งเราจะนำไปศึกษาที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด อยู่ในจังหวัดระยอง ร่วมกับการศึกษาการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดมีปัญหาทางด้านมลพิษอากาศเป็นสำคัญ และส่งผลถึงสุขภาพของประชาชนทำให้เป็นโรคระบบทางเดินหายใจ ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดทางชีวภาพในบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเพื่อนำไปใช้ในการศึกษาต่อยอดต่อไป นำไปสู่การจัดทำระบบเครือข่ายฐานข้อมูลความหลากหลายและนำข้อมูลไปใช้ในการวางแผนการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากมลพิษอากาศ และสามารถใช้ไลเคนเป็นสัญญาณเตือนล่วงหน้าก่อนที่มลพิษอากาศจะมีผลต่อประชาชนในชุมชน

บทที่ 2

บททวนวรรณกรรม

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ ในเขตพื้นที่ของบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 ความหมายของไลเคน

ไลเคน เป็นสิ่งมีชีวิตที่เกิดขึ้นร่วมกันซึ่งประกอบไปด้วย รา และสาหร่ายที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ หรือสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ในส่วนสาหร่าย จะการสังเคราะห์แสงเพื่อผลิตอาหารสำหรับทั้งไลเคน และ รา ช่วยปกป้องสิ่งแวดล้อมสำหรับสาหร่าย (วนารักษ์ และคณะ, 2550; Nash III, 1996 และ Gilbert, 2004) ในไลเคนพบสาหร่ายสีเขียวและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เกือบ 40 สกุล ประมาณ 100 ชนิด โดยสาหร่ายที่สามารถสังเคราะห์แสงได้พบมากที่สุด ใน 3 สกุล คือ *Trebouxia Trentepohlia* และ *Nostoc* ซึ่งสาหร่ายสีเขียวที่ก่อให้เกิดไลเคน เกิดขึ้นในสาหร่ายของสกุล *Trebouxia* ประมาณ 20% ซึ่งสาหร่ายในสกุล *Trebouxia* แทบจะไม่มีการดำรงชีวิตอย่างอิสระ แตกต่างกับสาหร่ายสีเขียวในสกุลอื่น เช่น *Gleocapsa*, *Nostoc*, *Scytonema* และ *Trentepohlia* ที่สามารถดำรงชีวิตได้ทั้งในไลเคน ส่วนราพบว่า 98% ในรากลุ่ม *Ascomycetes* ก่อให้เกิดไลเคนได้ถึง 13,500 ชนิด และสามารถดำรงชีวิตอย่างอิสระได้ ซึ่งราจะเป็นตัวสำคัญที่ทำให้เกิดชนิดของไลเคน เนื่องจากความจำเพาะของรามากกว่าสาหร่าย (Nash III, 1996; 2008) สำหรับการที่ไลเคนเจริญเติบโตได้ช้าเนื่องจากสาหร่ายที่ก่อให้เกิดไลเคนมีสัดส่วนน้อยกว่ารา คือสาหร่ายผลิตอาหารเมื่อมีน้อยก็จะไม่ค่อยมีการเจริญเติบโต (Ahmadjian, 1993) ปัจจุบันทั่วโลกสามารถจำแนกและอธิบายลักษณะของไลเคนพบประมาณ 18,000 ชนิด (Lyons et al., 2013) ในประเทศไทยพบไลเคนจำนวน 1,700 ชนิด (มูลนิธิโลกสีเขียว, 2552)

ไลเคนสามารถเจริญเติบโตได้ทั้งบนเปลือกต้นไม้ บนดิน ก้อนหิน และอื่น ๆ (ภาพที่ 2.1)พบ ซึ่งสามารถพบในเขตร้อน เขตกึ่งเขตร้อน และเขตหนาว (Nash III, 1996)



ภาพที่ 2.1 ไลเคนเจริญเติบโตบนวัตถุเกาะต่าง ๆ

ไลเคนสามารถแบ่งตามกลุ่มการเจริญเติบโตได้ 3 กลุ่มใหญ่ๆ (Gilbert, 2004) ดังนี้

1. กลุ่มครัสโตส (crustose) เป็นกลุ่มไลเคนพวกฝุ่นผง มีลักษณะเป็นแผ่นแนบติดกับวัตถุที่ไลเคนเกาะอาศัย (ภาพที่ 2.2a)
2. กลุ่มโฟลิโอส (foliose) เป็นไลเคนพวกแผ่นใบที่มีลักษณะคล้ายใบไม้ ซึ่งบางชนิดมีโครงสร้างที่เรียกว่าไรซีน (rhizine) ทำหน้าที่ไว้สำหรับยึดเกาะกับวัตถุเกาะอาศัย (ภาพที่ 2.2b)
3. กลุ่มฟรูติโคส (fruticose) เป็นไลเคนพวกเส้นสาย มีลักษณะคล้ายหนวดเครา มีลักษณะห้อยลงมาจากรวมที่ยึดเกาะ (ภาพที่ 2.2c)



a) กลุ่มครัสโตส



b) กลุ่มโฟลิโอส



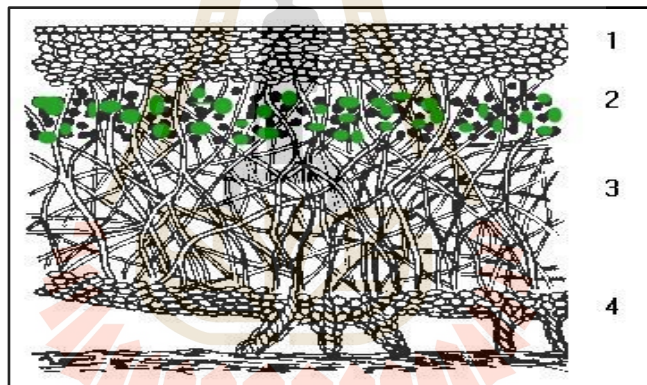
c) กลุ่มฟรูติโคส

ภาพที่ 2.2 รูปแบบการเจริญเติบโตของไลเคน

2.2 โครงสร้างภายในของไลเคน

ไลเคนเมื่อตัดตามขวางสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ลำดับชั้น (Hale, 1983) ดังนี้ (ภาพที่ 2.3)

1. ชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นบน (upper cortex layer) เป็นชั้นที่อยู่ด้านบนสุดของทัลลัส มีหน้าที่ ป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อมภายนอก เช่น แสงแดด และแมลง เป็นต้น
2. ชั้นสาหร่าย (photobiont layer) อยู่ถัดจากชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นบนลงมา มีหน้าที่ สร้างอาหารโดยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง
3. ชั้นเมดัลลา (medulla layer) เป็นชั้นของรา อยู่ถัดจากชั้นสาหร่ายลงมา มีหน้าที่ กักเก็บความชื้น เพื่อให้อยู่รอดในสภาพอากาศที่แห้งแล้ง
4. ชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นล่าง (lower cortex layer) เป็นชั้นที่อยู่ล่างสุดของทัลลัส มีหน้าที่ ยึดเกาะกับที่เกาะอาศัย (substrate) ซึ่งบางครั้งจะพบ rhizine



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างภายในของไลเคน 1) ชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นบน 2) ชั้นสาหร่าย
3) ชั้นเมดัลลาและ 4) ชั้นคอร์เท็กซ์ชั้นล่าง (Lourens, 2013)

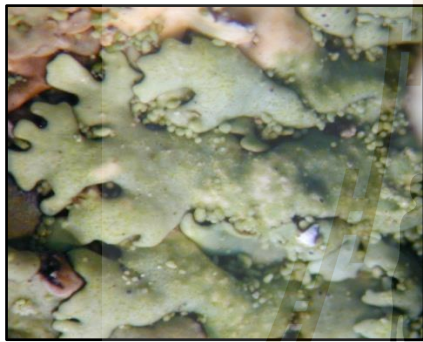
2.3 การสืบพันธุ์ของไลเคน

แบ่งการสืบพันธุ์ได้ 2 แบบ คือ แบบไม่อาศัยเพศ และแบบอาศัยเพศ (Perlmutter, 2009)

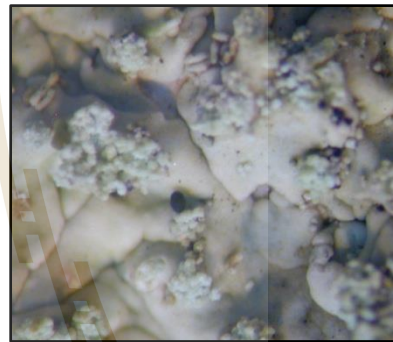
- แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction) คือ การที่มีอวัยวะพิเศษที่ทำการแยกส่วนแล้วมีทั้งส่วนของ mycobiont และ photobiont เช่น isidia และ soredia เป็นต้น ซึ่ง isidia มีลักษณะเป็นแท่งเล็กๆ หรือรูปร่างคล้ายเข็ม เจริญขึ้นอยู่ด้านบนของทัลลัส (ภาพที่ 2.4a) และ soredia

รูปร่างคล้ายตุ่มฝุ่นผงแปงอยู่บนผิวหรือขอบของทัลลัส (ภาพที่ 2.4b) โดยแตกออกจากทัลลัสไปตามลมหรือน้ำ ทำให้ชิ้นส่วนของทัลลัสเจริญเติบโตเป็นทัลลัสใหม่ได้

- แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction) คือ การที่มีราเพียงอย่างเดียว ที่ก่อให้เกิดความหลากหลายของ fruiting bodies หรือ ascomata ในไลเคนแต่ละชนิดจะมีโครงสร้างสืบพันธุ์ ความจำเพาะเจาะจงของแต่ละชนิด ดังนั้นจึงมีความสำคัญต่อการจัดจำแนก ซึ่งโครงสร้างแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายถ้วย (apothecia) และคล้ายคนโท (perithecia) ตามภาพที่ 2.5a และ 2.5b ตามลำดับ เมื่อโครงสร้างพวกนี้แก่สปอร์ก็จะถูกปล่อยออกไป และสปอร์ของราพบกับสาหร่ายที่สามารถก่อให้เกิดไลเคนก็จะสามารถเจริญเติบโตเป็นไลเคนได้



a) isidia



b) soredia

ภาพที่ 2.4 โครงสร้างสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ



a) apothecia



b) perithecia

ภาพที่ 2.5 โครงสร้างสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ

2.4 ประโยชน์ของไลเคน

การใช้ประโยชน์ของไลเคนในด้านต่างๆ (สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย, 2537) ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

การใช้ไลเคนเป็นอาหาร ไลเคนไม่มีแป้งที่แท้จริงหรือแม้แต่เซลลูโลส (cellulose) แต่มีสารพวกไลเคนิน (lichenin) นำมาใช้เป็นอาหารได้ ในซีกโลกทางเหนือมีไลเคน *Cetraria islandica* หรือ iceland moss นำมาผ่านกระบวนการที่กำจัดรสขมของสารไลเคนออกไปแล้วนำมาทำซूपหรือต้มกับนมรับประทานเป็นอาหารและเป็นยาช่วยย่อย นอกจากนี้ป็นเป็นผงผสมแป้งทำขนมปังกรอบ สำหรับนักเดินเรือ เรียกว่า "sea biscuit" ทำให้ขนมปังกรอบอยู่ทนนานไม่ถูกแมลงรบกวน ส่วนในฟินด์แลนด์นำไลเคนนี้กับไลเคน *Cladonia* sp. หรือ reindeer moss ผสมกับแป้งไรน์ (Rye) ใช้ในการทำขนมปัง

การใช้ไลเคนบอกอายุของโบราณวัตถุ ไลเคนเข้ามาเกาะอาศัยและเติบโตบนวัตถุยึดเกาะทำให้ขนาดของไลเคนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตามอายุ ไลเคนที่นิยมใช้ในกรณีนี้ คือ *Rhizocarpon geographicum* ไลเคนมีอายุยืนยาวมาก มีรายงานว่าไลเคนในเขตทุนดราบางชนิด มีอายุยืนยาวถึง 4,000 ปี เมื่อเราทราบอัตราการเติบโตของ ไลเคนก็จะสามารถประเมินอายุของวัตถุนั้นได้ วิธีการนี้เรียกว่า Lichenometry

การใช้ไลเคนเป็นตัวชี้บ่งบอกคุณภาพอากาศ การที่ไลเคนทนต่อมลภาวะทางอากาศไม่ได้เป็นเพราะทลัสของไลเคนดูดซับสารต่างๆ ในบรรยากาศได้ดีเพราะไลเคนไม่มี wax และ cuticle ควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารและอากาศจากทลัส เมื่อบรรยากาศมีสารพิษก็สามารถสะสมอยู่ในทลัส และเป็นอันตรายต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมของไลเคน ทำให้ไลเคนมีการเจริญเติบโตผิดปกติจนถึงตายได้ มีไลเคนบางชนิดที่สามารถเติบโตอยู่ได้ในเมืองที่มีมลภาวะทางอากาศ ในอังกฤษพบว่าไลเคนที่เติบโตอยู่ในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม ได้แก่ *Lecanora dispersa*, *Candelarella aurella*, *Lecanora erysibe* นอกจากนี้ยังมีชนิดอื่นๆ อีกเล็กน้อย โดยทั้งหมดขึ้นอยู่บนแอสเบสทอส (abestos) เช่น กระเบื้องหลังคาหรือพื้นๆ เป็น ปูน (calcarous) โดยมี *Lecanora conizaeoides* สามารถขึ้นอยู่บนหินและเปลือกไม้ที่เป็นกรดได้โดย *Cladonia* sp. ขึ้นอยู่ในที่ๆ ค่อนข้างถูกปกป้องจากมลภาวะ

ไลเคนถูกใช้เป็นสีย้อม ไลเคนถูกใช้เป็นสีย้อมมานานตั้งแต่สมัยอียิปต์โบราณ ไลเคนที่รู้จักกันดีคือ *Rocella tinctoria* และชนิดอื่น ๆ ในสกุลนี้โดยให้สีที่เรียกว่า orchil เป็นโทนสีม่วง สารตั้งต้นคือ erythrin, lecanoric acid (orseillic acid) erythrinic gyrophoric evernic และ ramalic acid ไลเคนที่มีสารเหล่านี้สามารถให้สี orchil ได้ มีไลเคนประมาณ 20 ชนิดที่ให้สี orchil โดยฝรั่งเศส และฮอลแลนด์ เป็นประเทศที่เคยผลิตสีจากไลเคนในเชิงอุตสาหกรรมสีเหล่านี้ ใช้ย้อมเส้นใยจากสัตว์ เช่นขนสัตว์และไหม แต่ย้อมเส้นใยจากพืช เช่น ฝ้าย ไม่ได้

ส่วนกระดาษลิตมัส เตรียมจาก erythrolein , erythrolitmus และ azolitmin ซึ่งเป็นสารที่ได้จากไลเคนเช่นกัน โดยในสภาพที่เป็นกลางให้สีม่วง และให้สีแดงเมื่อเป็นกรด สีน้ำเงินเมื่อเป็นด่าง ผลิตในเนเธอร์แลนด์

นอกจากนี้ยังมีไลเคนอื่น ๆ ที่ให้สีย้อม ได้แก่ *Umbilicaria pustulatu*, *Gyrophora*, *Parmelia* และ *Pertusaria* ที่สำคัญคือ *Lecanora tartarea* ซึ่งให้สีแดง ใช้มากในสวีเดน และสกอตแลนด์ มีการใช้ไลเคน *Parmelia omphalodes* เป็นสีย้อมสีน้ำตาล

ไลเคนมีสรรพคุณทางการแพทย์ นอกจากคุณสมบัติในการเป็นแอสตรินเจนของ *Cetraria islandica* และ *Lobaria pulmonaria* ทำให้ถูกนำมาใช้ในการพอกหนังแล้ว ยังพบว่า *Lobaria pulmonaria* ถูกนำมาแทนที่ฮอป (hop) ในการหมักทำเบียร์ ในไซปรีสมีการเก็บไลเคนที่เติบโตบนต้นสนมาหมักทำเบียร์ซึ่งได้เบียร์ที่มีรสชาติคล้ายกับที่หมักด้วยฮอปมากแต่แรงกว่า ในคริสตวรรษที่ 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

2.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน

ปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไลเคน (วนารักษ์, 2551) ซึ่งได้แก่

1) วัตถุที่ไลเคนยึดเกาะ

- ความทนทานของวัตถุ พื้นผิวของวัตถุที่มีความทนทานจะพบไลเคนมากกว่าพื้นผิวที่หลุดลอกง่าย เนื่องจากไลเคนมีโอกาสเติบโตบนวัตถุที่ทนทานได้นาน
- ลักษณะของพื้นผิววัตถุ พื้นผิวที่ขรุขระหรือมีร่อง มีรอยแตกจะทำให้โครงสร้างในการสืบพันธุ์ของไลเคนมีโอกาที่จะถูกกักไว้บนวัตถุนั้นได้ดีกว่าพื้นผิวที่เรียบ
- ความเป็นกรด-ด่างของวัตถุ ไลเคนบางชนิดสามารถเจริญบนวัตถุที่มีคุณสมบัติความเป็นกรดอ่อนๆ เช่น บนเปลือกต้นสน ซึ่งบางชนิดจะเจริญบนวัตถุที่มีคุณสมบัติเป็นด่าง เช่น ตามกำแพงคอนกรีต ต้นไม้ที่มีความเป็นกรด-ด่างของเปลือกต่างกันอาจพบไลเคนต่างชนิดเจริญอยู่

2) ความชื้น

ไลเคนไม่มีโครงสร้างที่ใช้ในกักเก็บน้ำ น้ำจะแพร่เข้าสู่ทลัสต์อย่างรวดเร็ว ทลัสต์ที่แห้งอาจอมน้ำได้เพียง 1-2 นาที และส่วนมากจะไม่เกิน 10 นาทีที่อุณหภูมิห้อง ความชื้นมีความสำคัญในการเติบโตของไลเคน เมื่อทลัสต์ได้รับน้ำ เมตาบอลิซึมต่างๆ ภายในจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ไลเคนเติบโต และสิ้นสุดลงอย่างรวดเร็วเช่นกันเมื่อน้ำหมด ดังนั้นในฤดูฝนจะเป็นช่วงที่ไลเคนเติบโตได้ดี และเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งความชื้นลดลง อัตราการเติบโตของไลเคนจะลดลงและพักตัว

3) แสง

เป็นปัจจัยที่สำคัญในการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายในไลเคน ไลเคนได้รับแสงที่เหมาะสมจึงทำการสังเคราะห์แสงได้จะสิ้นสุดลงเมื่อน้ำหมดไปจากทลัสต์ หลังจากนั้นไลเคนจะเข้าสู่การพักตัว และจากการศึกษาบริเวณภาคเหนือตอนบน พบว่า จะพบไลเคนมากบนลำต้นไม้ทางทิศตะวันออก ทิศเหนือ แต่พบน้อยในทิศตะวันตกและทิศใต้

4) อุณหภูมิ

ในห้องปฏิบัติการไลเคนที่เปียกน้ำสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 35-46 องศาเซลเซียส บางชนิดทนทานได้มากกว่า 70 องศาเซลเซียสเมื่อทลัสต์แห้ง อุณหภูมิที่สูงมากเกินไปมีผลต่อกระบวนการต่างๆ ภายในไลเคน

2.6 การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในประเทศไทยและต่างประเทศ

Saipunkaew (1994) ทำการใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพเพื่อตรวจสอบมลภาวะทางอากาศในตัวเมืองเชียงใหม่ โดยทำการคำนวณค่าดัชนีคุณภาพอากาศและสร้างแผนที่คุณภาพอากาศ แผนที่บ่งชี้การกระจายตัวของไลเคนแตกต่างกัน พบคุณภาพอากาศแบ่งได้เป็น 4 ชั้น พบบริเวณที่มีความถี่ของไลเคนสูง บ่งชี้ถึงคุณภาพอากาศดี บริเวณที่มีความถี่ของไลเคนต่ำ บ่งชี้ถึงคุณภาพอากาศต่ำ

Pomphueak (2005) ศึกษาไลเคนเพื่อประเมินคุณภาพอากาศในเขตตัวเมืองและรอบเมืองลำปาง พบว่าก๊าซที่มีผลต่อค่าความหลากหลายของไลเคนในพื้นที่ศึกษา คือ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ โดยวิธีการระบุค่าความหลากหลายของไลเคน (lichen diversity values; LDVs) แล้วนำค่าที่ได้ไปจัดกลุ่มลำดับชั้นคุณภาพอากาศ และทำการเก็บตัวอย่างอากาศแบบแพสซีฟ จากการศึกษาสามารถแบ่งลำดับชั้นคุณภาพอากาศได้ 8 ชั้น จากการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าความหลากหลายของไลเคนพบว่าไม่มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญกับความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และพบว่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญกับค่าความหลากหลายของไลเคน

Saipunkaew et al. (2007) ทำการศึกษาไลเคนบนต้นมะม่วงในเขตตัวเมืองและเขตชนบทบริเวณใกล้เคียง ทางพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ซึ่งพบว่าความหลากหลายของไลเคนจะต่ำสุดในบริเวณตัวเมือง ซึ่งพบว่าเป็นบริเวณที่มีประชากรมากสูง

แสงรวี (2551) ทำการศึกษาความหลากหลายของไลเคนโดยใช้ไลเคนเป็นตัวดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศ บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ. ลำปาง ดัชนีความหลากหลายของไลเคนมีค่าต่ำสุดในพื้นที่ที่ตั้งอยู่ใกล้โรงไฟฟ้ามากที่สุด และดัชนีความหลากหลายของไลเคนมีค่าสูงสุดพบในทางเหนือหรือบริเวณที่มีระยะห่างจากโรงไฟฟ้าออกไป บางพื้นที่พบการฟอกขาวของทลัสส์ไลเคนบางชนิดในกลุ่มโพลีออส

สุทธิวรรณ (2549) ทำตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และเขตตัวเมืองเชียงใหม่ พบว่าเขตตัวเมืองมีปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สูงกว่าเขตมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และปริมาณของไลเคนในตัวเมืองมีปริมาณน้อยด้วยเช่นกัน

Pitakpong (2009) ได้ใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศในเขตเทศบาลเมืองนครราชสีมา พบว่าปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผลต่อความหลากหลายของไลเคน และ

ทำการศึกษาความสัมพันธ์กันพบว่า เมื่อปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูง ความหลากหลายของไลเคนมีค่าน้อย

Loppia et al. (2002) การสำรวจดัชนีคุณภาพทางชีวภาพ ในเมืองเซนา (Siena) ที่อยู่บริเวณ ตอนกลางของประเทศอิตาลี ได้จัดทำแผนที่ความหลากหลายของไลเคนเพื่อใช้บ่งชี้คุณภาพอากาศ พบว่า คุณภาพอากาศดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการสำรวจเมื่อปี ค.ศ. 1995 เพราะพบความหลากหลายของไลเคนมากขึ้น และพบความสัมพันธ์เชิงลบระหว่างชนิดของไลเคนกับปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งนำไปใช้คาดการณ์ล่วงหน้าถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมได้ โดยค่าความหลากหลายของไลเคนสูงพบว่าสอดคล้องกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมดี โดยที่ค่าความหลากหลายของไลเคนต่ำบ่งชี้ถึงคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ไม่ดี

Gombert et al. (2004) การประเมินคุณภาพอากาศในพื้นที่กรีนอบิล (Grenoble) ทิศตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศฝรั่งเศสโดยการใช้ดัชนีของบรรยากาศบริสุทธิ์ (IAP) ทำการคำนวณพารามิเตอร์ของสิ่งแวดล้อมทั้งสี่ทิศทางว่ามีอิทธิพลกับไลเคนบนเปลือกไม้ ได้แก่ การขยายตัวของความเป็นเมืองออกไปสู่ต่าง จังหวัด (เมือง ชานเมืองหรือชนบท) การจราจร (ต่ำหรือสูง) การพัฒนาเมือง (ที่ทำเกษตรกรรม พื้นที่สีเขียว ที่ตั้งบ้านหรือที่จอดรถ) การรับแสง (ต้นไม้ตั้งตรง เป็นแถวหรือกลุ่ม) ไลเคน 83 ชนิดที่ได้ทำการบันทึกทำการแทรกเข้าไปในนิเวศวิทยา 3 แบบโดยทำการแบ่งตามชนิดเปลือกไม้และแร่ธาตุที่ต้องการ ได้แก่ ชนิด nitrophytic, neutrophytic และ acidophytic จากการศึกษาพบค่า IAP 5.9-71.7 ทำให้ได้ 5 ชั้นในการทำแผนที่คุณภาพอากาศ และพบว่า IAP มีค่าสูงจะพบในสถานีของสิ่งแวดล้อมธรรมชาติ (natural) ที่ระดับสูง และสถานีสิ่งแวดล้อมเทียม (artificial) ที่ระดับต่ำ

Frati et al. (2006) ทำการศึกษาในถนนทางหลวงของในเมืองเซนา (Siena) ถึงเมืองกรอสเสโต (Grosseto) บริเวณตอนกลางของประเทศอิตาลี เป็นการสำรวจก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซแอมโมเนีย ที่ปล่อยออกมาจากการจราจรสามารถมีอิทธิพลต่อความหลากหลายของไลเคน ความสามารถในการอยู่รอดของไลเคน และการสะสมของไนโตรเจนในทัลลัสของไลเคน โดยวัดความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และก๊าซแอมโมเนียโดยวิธีแพสซีฟ (passive samplers) พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันระหว่างความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และความหลากหลายของไลเคน อาจจะเป็นเพราะปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ที่วัดมีค่าต่ำ แต่พบว่าการสะสมของไนโตรเจนเจือจางลงใน chlorophyll a chlorophyll b และ carotenoids ที่พบในทัลลัสของไลเคนชนิด *Evernia prunastri*

Geiser and Neitlich (2007) การใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดคุณภาพอากาศโดยการใช้แบบจำลองทางสังคมของไลเคนที่มีความสัมพันธ์ต่อคุณภาพอากาศ สภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่แปรเปลี่ยน เป็นการประยุกต์แบบจำลองจากทิศตะวันตกของเมืองโอเรกอน (Oregon) และวอชิงตัน (Washington) จากทางมหาสมุทรแปซิฟิกไปสู่ยอดเทือกเขาแคสเคด (Cascade Range) ทำการกันเขตแดนโดยเส้นเขตของเมือง พบว่าไลเคนมีความสัมพันธ์กับการไม่พบของไลเคนที่อ่อนไหว มีค่าของ nitrophilous lichen เพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของไนโตรเจนและซัลเฟอร์มากกว่า 0.6% และ 0.07% ตามลำดับ และระดับซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เป็นพิษต่อไลเคนที่อ่อนไหวด้วย

Cristofolini et al. (2008) เป็นการสำรวจไลเคนบนเปลือกไม้ต่อมลพิษอากาศในชุมชนของ Prealps ทางตอนเหนือของประเทศอิตาลี ผลกระทบทางบวกต่อไลเคน พบว่าความหลากหลายสูงพบบริเวณแหล่งเกษตรกรรมและปศุสัตว์ ผลกระทบทางลบสาเหตุจากออกไซด์ของไนโตรเจนจากถนน พบว่าไลเคนค่อนข้างลดลงสำหรับความเข้มข้นของออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีค่าเพิ่มสูงขึ้น

Vicol (2011) การใช้ความหลากหลายของชนิดไลเคนเป็นตัวชี้วัดคุณภาพสิ่งแวดล้อมในสองแหล่งธรรมชาติในโรมันเนีย พบว่าทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างทางสถิติแตกต่างกับชนิดดัชนีไลเคน โดยพื้นที่เกษตรกรรมมีจำนวนชนิดของไลเคนสูงกว่าบริเวณพื้นที่แหล่งกิจกรรมของมนุษย์ ระบบนิเวศวิทยาของชนิดไลเคนมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมเฉพาะของพื้นที่ป่าทั้งคู่ที่ทำการสำรวจ

Freitas et al. (2011) การศึกษาความหลากหลายและความอุดมสมบูรณ์ของไลเคนในพื้นที่ที่แตกต่างกันทางตอนเหนือของโปรตุเกสโดยมีความสัมพันธ์กับอัตราของมลพิษทางอากาศ สามโซนที่ได้ทำการเลือกเป็นแปลงศึกษาคือ ในเมือง ชานเมือง และชนบท โดยทำการคำนวณด้วยวิธี LDV และทำการวัดค่าความเข้มข้นของ CO, CO₂, SO₂, NO₂, O₃ และ PM₁₀ พบว่าไลเคนในพื้นที่ไวต่อการกระตุ้นของ LDV ที่มีปริมาณสูงสุด ซึ่งในการศึกษานี้เป็นทางเลือกในการใช้ไลเคนเป็นตัวบ่งชี้ทางมลพิษอากาศ

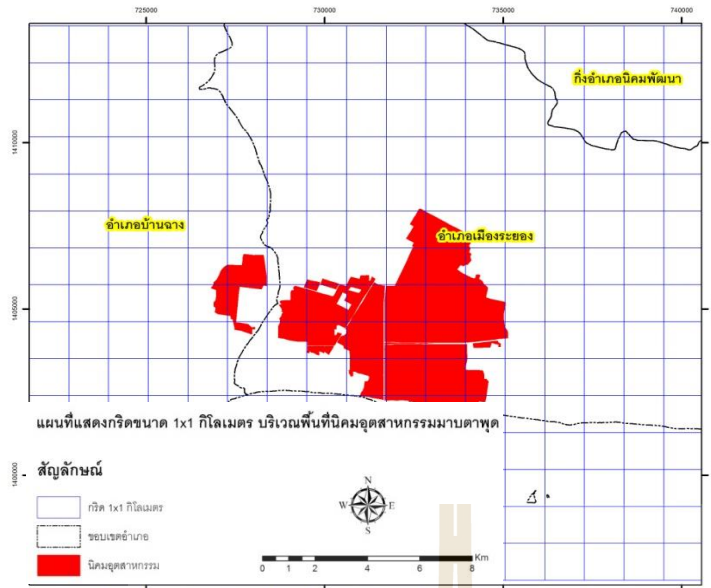
Li et al. (2012) ความหลากหลายและลักษณะเฉพาะของไลเคนที่มีการคาดคะเนต่อความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมในบริเวณตอนใต้ของประเทศจีน พบว่าความหลากหลายของไลเคนพบมากในป่าขึ้นอยู่กับเรือนยอดเปิด อายุของป่า แหล่งอาศัยของไลเคน ขนาดของต้นไม้ โดยชนิดของไลเคนสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดคุณภาพป่าในระยะเวลายาวนานได้ โดยพบว่าชนิดของป่ามีผลต่อกับความหลากหลายของแหล่งที่อยู่ โดยไลเคนในกลุ่มพอลิโอสีใช้เป็นตัวชี้วัดสิ่งแวดล้อมได้ดีที่สุดในป่าทางจีนตอนใต้

บทที่ 3

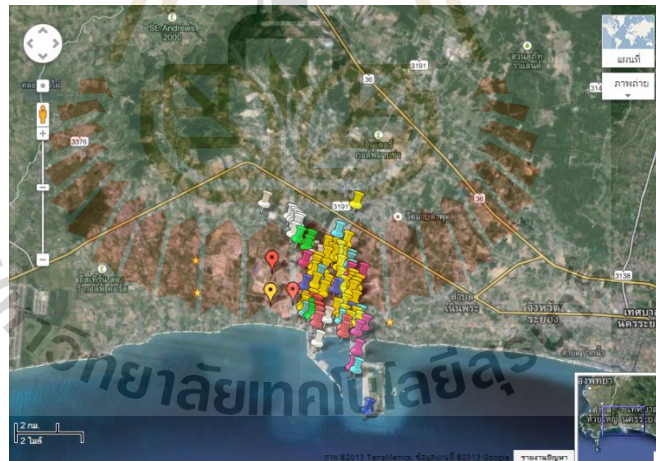
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 พื้นที่ทำการวิจัย

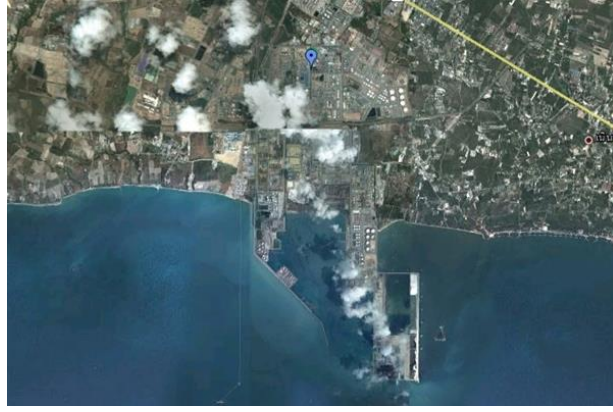
ทำการศึกษาในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงพฤษภาคม พ.ศ. 2556 โดยสำรวจความหลากหลายของไลเคน และในช่วงระหว่างวันที่ 25-29 เมษายน พ.ศ. 2556 ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้วิธีแบบ Passive sampling technique ในบริเวณเขตชุมชนรอบ ๆ เขตอุตสาหกรรมนิคมมาบตาพุด ตำบลมาบตาพุด ตำบลเนินพระ และตำบลพลา อำเภอเมือง จังหวัดระยอง มีพื้นที่โดยรวมทั้งหมดประมาณ 5,300 ไร่ ซึ่งแบ่งเป็นเขตอุตสาหกรรมหนักประมาณ 1,300 ไร่ และเขตอุตสาหกรรมทั่วไปประมาณ 4,000 ไร่ พื้นที่ทำการศึกษาความหลากหลายของไลเคนและการเก็บตัวอย่างอากาศ แสดงในตารางที่ 3.1 ขอบเขตของพื้นที่ที่ศึกษากำหนดขอบเขตเป็นรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสครอบคลุมพื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดและพื้นที่บริเวณใกล้เคียง (ภาพที่ 3.1) แผนที่การใช้พื้นที่ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (ภาพที่ 3.2) ลักษณะควันที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเคลื่อนที่ในอากาศ (ภาพที่ 3.3) ความเร็วและทิศทางลมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจากสถานีตรวจอากาศในเดือนกุมภาพันธ์ มีนาคม เมษายน พฤษภาคม (ภาพที่ 3.4) แผนที่พื้นที่หมู่บ้านทำการศึกษารวม 22 พื้นที่ ได้แก่ บ้านหนองหวายนิคม บ้านตลาดห้วยโป่ง บ้านห้วยโป่งใน บ้านบน บ้านมาบยา บ้านพา บ้านวัดมาบตาพุด บ้านอิสลาม บ้านมาบตาพุด บ้านซากลูกหญ้า บ้านมาบชะลูต บ้านวัดโสภณ บ้านหนองน้ำเย็น บ้านพูน บ้านหนองแพบ บ้านเจริญพัฒนา บ้านร่วมพัฒนา บ้านตาอวน อ่าวประคู้ บ้านคลองน้ำหู ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง และในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก (ตารางที่ 3.1 และภาพที่ 3.5) ต้นไม้ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างไลเคน (ภาพที่ 3.6) จุดทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้วิธีแบบ Passive sampling technique (ภาพที่ 3.7) และตามลำดับ



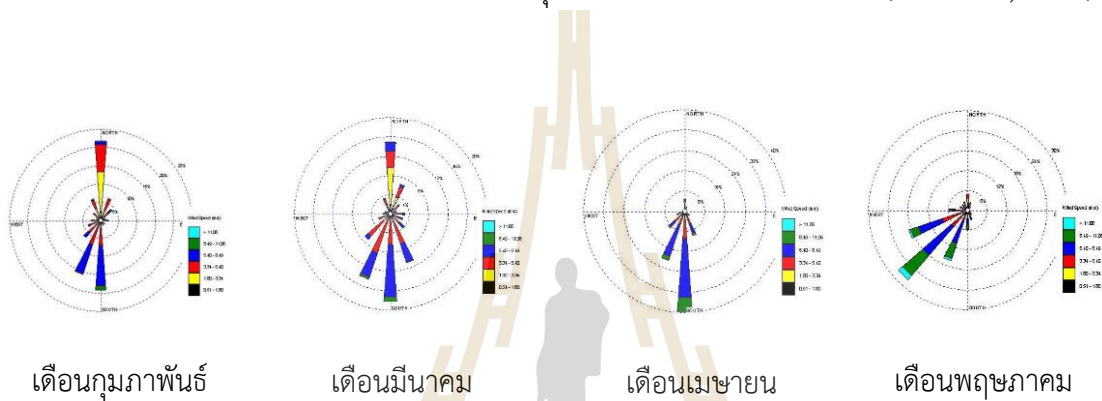
ภาพที่ 3.1 พื้นที่ที่ศึกษา กำหนดขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ของนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด



ภาพที่ 3.2 แผนที่การใช้พื้นที่ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด หมุดแสดงการใช้พื้นที่ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จ.ระยอง แยกตามบริษัท และประเภทอุตสาหกรรมดังนี้: หมุดสีชมพู = โรงกลั่น, เหลือง = เคมีภัณฑ์, ฟ้า = ก๊าซ/ยาง, น้ำเงิน = ผลิตไฟฟ้า, แดง = เหล็ก, เขียว = บำบัดน้ำเสีย/จัดการขยะ, ขาว = อื่นๆ (Greenery, 2015)



ภาพที่ 3.3 ลักษณะควันที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมเคลื่อนที่ในอากาศ (Oknation, 2010)



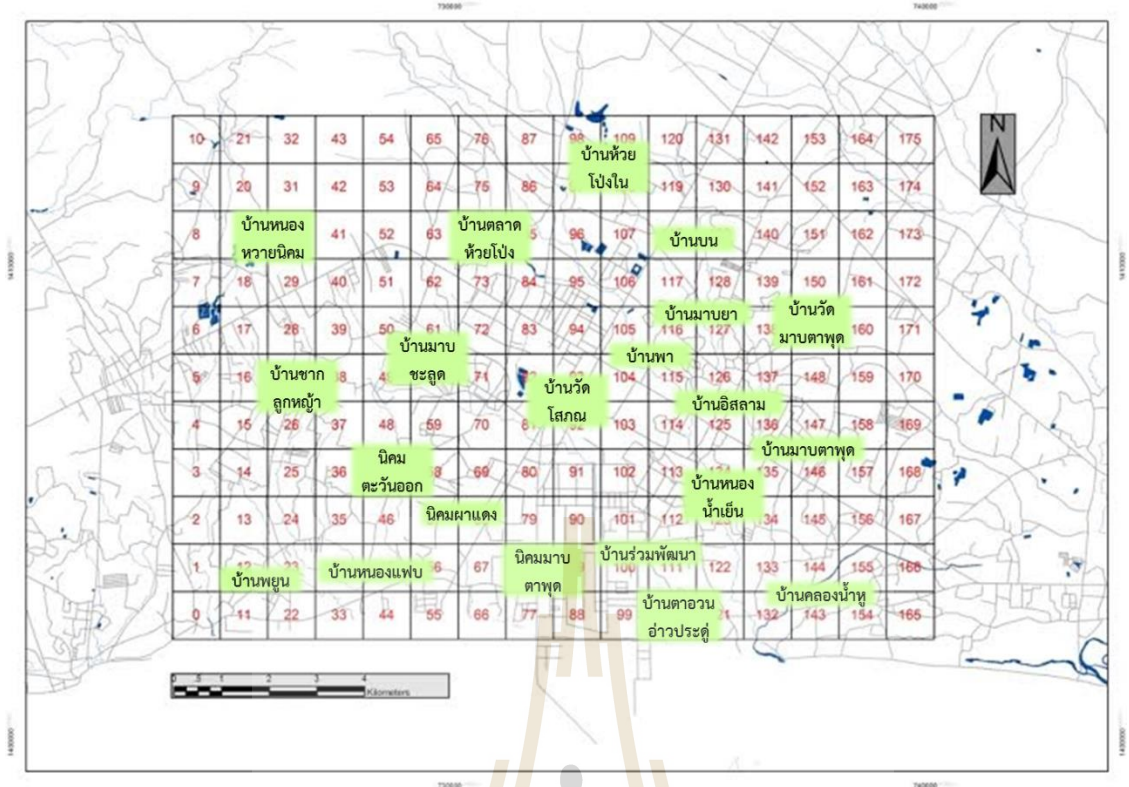
ภาพที่ 3.4 ทิศทางและความเร็วของลมในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (จักรพันธ์, 2547)

ตารางที่ 3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษความหลากหลายของไลเคน

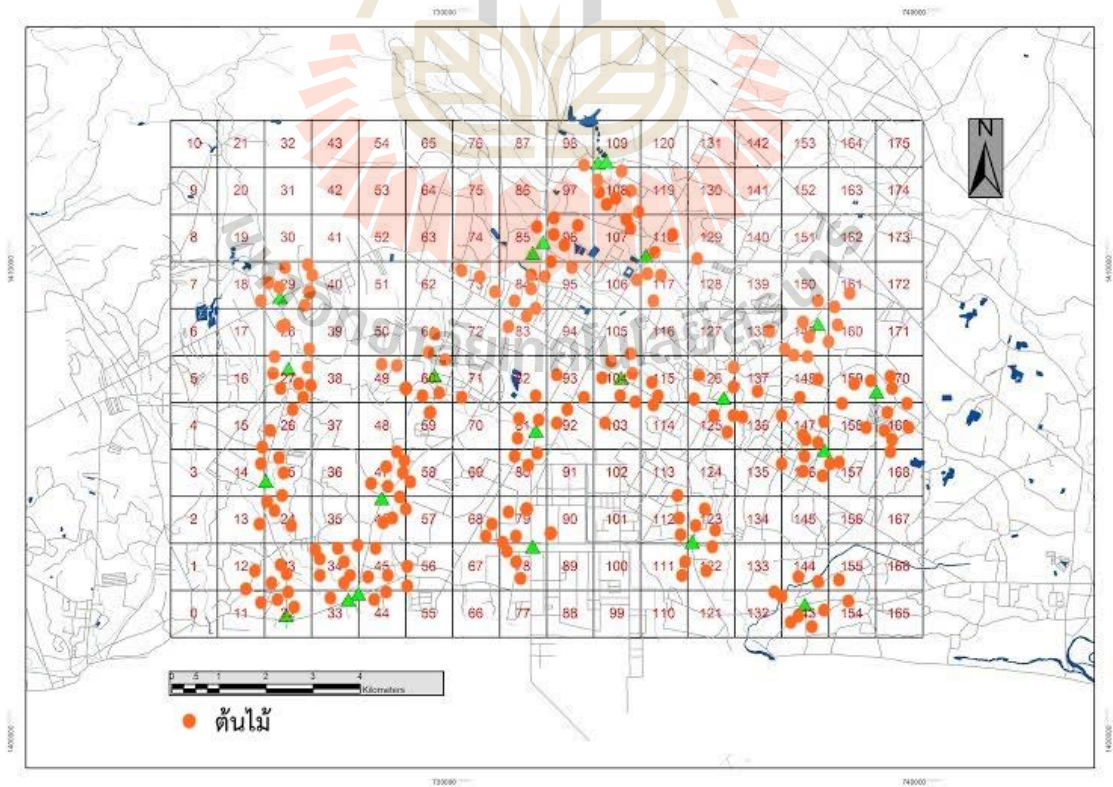
พื้นที่ศึกษา	ทิศทางจากเขต	
	อุตสาหกรรม	ลักษณะของหมู่บ้าน
บ้านหนองแพบ	ตะวันตกเฉียงใต้	หมู่บ้านขนาดกลาง พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย หมู่บ้านขนาดใหญ่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน พื้นที่รอบหมู่บ้านทำการเกษตร
บ้านมาบชลุค	ตะวันตก	หมู่บ้านขนาดใหญ่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านซากลูกหญ้า	ตะวันตก	หมู่บ้านขนาดเล็ก พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย
บ้านตลาดห้วยโป่ง	เหนือ	หมู่บ้านขนาดเล็ก พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านพา	เหนือ	หมู่บ้านขนาดใหญ่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน พื้นที่รอบหมู่บ้านทำการเกษตร
บ้านห้วยโป่งใน	เหนือ	หมู่บ้านขนาดเล็ก พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านเจริญพัฒนา	ตะวันตกเฉียงเหนือ	หมู่บ้านขนาดเล็ก พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน

ตารางที่ 3.1 พื้นที่ที่ทำการศึกษาความหลากหลายของไลเคน (ต่อ)

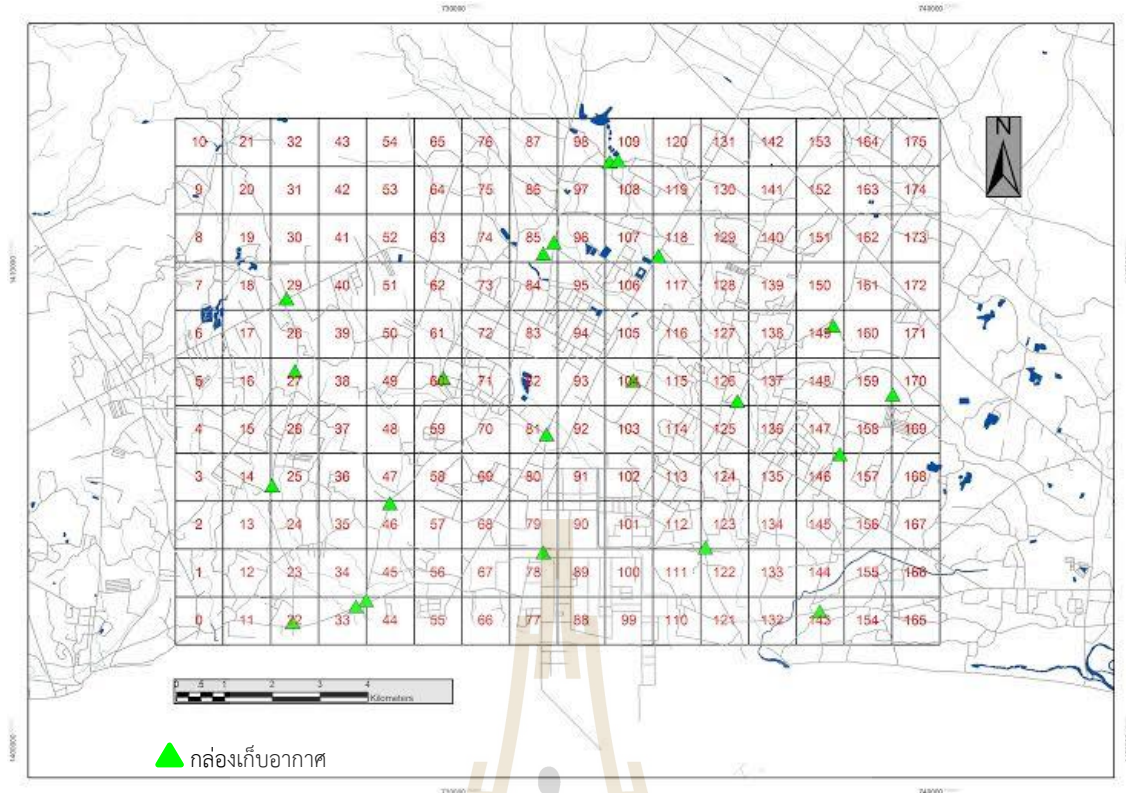
พื้นที่ศึกษา	ทิศทางจากเขต		ลักษณะของหมู่บ้าน
	ทิศ	อุตสาหกรรมการ	
บ้านหนองหวาย นิคม		ตะวันตกเฉียงเหนือ	หมู่บ้านขนาดกลาง พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านพูน		ตะวันตก	หมู่บ้านขนาดใหญ่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน พื้นที่รอบหมู่บ้านทำการเกษตร
บ้านร่วมพัฒนา		ใต้	หมู่บ้านขนาดเล็กพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านหนองน้ำเย็น		ตะวันออก	หมู่บ้านขนาดเล็กพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านมาบตาพุด		ตะวันออก	หมู่บ้านขนาดเล็กพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านวัดมาบตาพุด		เหนือ	หมู่บ้านขนาดเล็กพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านวัดโสภณ		เหนือ	หมู่บ้านขนาดเล็กพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านอิสลาม		ตะวันออกเฉียงเหนือ	หมู่บ้านขนาดเล็กพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านคลองน้ำหู		ตะวันออกเฉียงใต้	หมู่บ้านขนาดกลาง พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านบน		เหนือ	หมู่บ้านขนาดกลางพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านตาอวนอ่าว ประตู		ใต้	หมู่บ้านขนาดกลางพื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
บ้านมาบยา		ตะวันออก	หมู่บ้านขนาดใหญ่ พื้นที่ส่วนใหญ่ใช้ในการสร้างที่อยู่อาศัย มีการปลูกผลไม้ในบริเวณบ้าน
ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด			
ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง			
ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก			



ภาพที่ 3.5 แผนที่พื้นที่หมู่บ้านที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 3.6 ต้นไม้ทั้งหมด 110 ต้น ที่ได้ทำการเก็บตัวอย่างไลเคน



ภาพที่ 3.7 จุดทำการเก็บตัวอย่างอากาศโดยใช้วิธีแบบ Passive sampling technique

3.2 เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมี

- เครื่องมือ

- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงเชิงซ้อน (compound microscope)
- กล้องจุลทรรศน์ใช้แสงแบบสเตอริโอ (stereo microscope)
- เครื่องชั่งสามตำแหน่ง (weighing machine)
- ตู้อบ (oven)
- เครื่องวัด pH (pH meter)
- เครื่องวัดพิกัดและตำแหน่ง (Global Positioning System; GPS)
- เครื่องไอออนโครมาโตกราฟ (Ion Chromatograph)
- เครื่องอัลตราโซนิคเเตอร์ (Ultrasonicator)
- เครื่องดูดความชื้น (Desiccators)

- อุปกรณ์

- กรอบสำรวจความถี่ (grid frame) ขนาด 20 x 50 ตารางเซนติเมตร
- แว่นขยาย (hand lens) กำลังขยาย 20X
- ตลับเมตร ความยาว 100 เซนติเมตร
- เข็มทิศ
- มีด
- ซองเก็บตัวอย่าง
- แบบฟอร์มการสำรวจไลเคน
- สมุดบันทึก ปากกา ดินสอ
- แผนที่เขตอุตสาหกรรมนิคมมาบตาพุด
- กล้องถ่ายรูป
- หลอดโพลีเอธิลีน
- กระดาษกรอง Whatman (GF/A)
- กล่องพลาสติก (Shelter box)

- สารเคมี

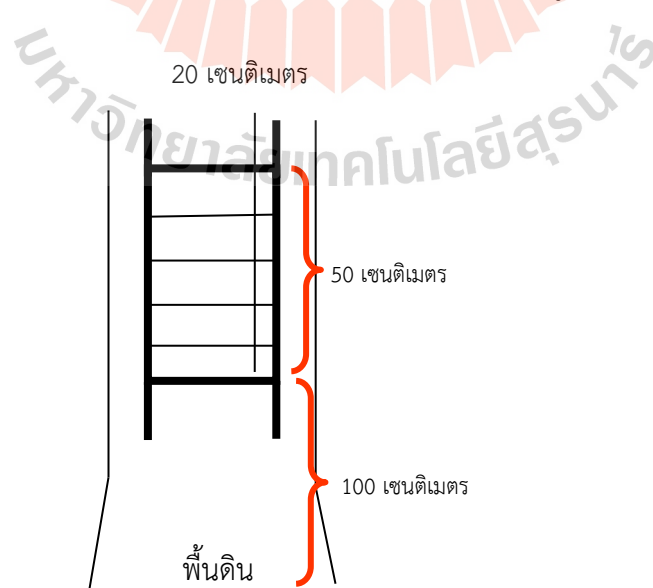
- น้ำปราศจากไอออน (Deionized water ; DI)
- โซเดียมไฮโปคลอไรต์ (Sodium hypochlorite ; C)
- โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide ; K) 10%
- สารละลายลูกอลไอโอดีน (Lugol's iodine)
- สารละลายไนเตรตมาตรฐาน (Nitrate standard solution ; NO_3^-)
- สารละลายซัลเฟตมาตรฐาน (Sulfate standard solution ; SO_4^{2-})
- โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate ; Na_2CO_3)
- โซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต (Sodium hydrogen carbonate ; NaHCO_3)

- กรดซัลฟูริก (Sulfuric acid ; H_2SO_4)
- ไตรเอทานอลามีน (Triethanolamine ; TEA) ($C_6H_{15}NO_3$, 149.19)
- กลีเซอริน (Glycerin) ($C_3H_8O_2$, 92.09)

3.3 การศึกษาความหลากหลายของไลเคน

ทำการศึกษาไลเคนบนต้นมะม่วง (*Mangifera indica* L.) เนื่องจาก ต้นมะม่วงเป็นพืชที่พบทั่วไปในพื้นที่ศึกษา เปลือกของต้นมะม่วงมีค่าความความเป็นกรดต่างที่ไม่ต่ำหรือสูงเกินไป เหมาะสมต่อศึกษาเติบโต เลือกต้นมะม่วงที่มีเส้นรอบวงมากกว่า 50 เซนติเมตร มีลำต้นตรง เอียงไม่ควรเกิน 5 องศา อยู่ในที่โล่งไม่มีสิ่งก่อสร้างบังแสงซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของไลเคนในพื้นที่ทำการศึกษาและเลือกต้นมะม่วงที่ไม่ถูกรบกวนจากมนุษย์ หรือถูกทำลายจากสัตว์กินหญ้า (VDI, 1995)

ทำการสำรวจชนิดและความถี่ของจำนวนไลเคนบนลำต้นของต้นมะม่วง เป็นวิธีที่ประยุกต์มาจาก Lichen Diversity (Verein Deutscher Ingenieure (VDI) method) ซึ่งปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาในประเทศไทย โดย Saipankaew et al. (2005) ใช้กรอบสำรวจ ขนาด 20 × 50 ตารางเซนติเมตร ซึ่งแบ่งเป็น 10 ตารางย่อย ขนาด 10 × 10 ตารางเซนติเมตร วางทับบนลำต้นของต้นมะม่วง โดยให้ขอบล่างของกรอบสำรวจสูงจากพื้นดิน 100 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.8) เลือกวางกรอบสำรวจบนต้นมะม่วงด้านที่พบไลเคนมากที่สุด ควรหลีกเลี่ยงด้านที่มีรอยบาดแผล บุ่ม บ่ม และตะปู



ภาพที่ 3.8 การวางกรอบสำรวจ (grid frame) บนลำต้นของต้นมะม่วง

ทำการบันทึกชนิดและนับความถี่ของจำนวนไลเคนแต่ละชนิดที่พบในกรอบสำรวจ ในการนับความถี่ หากพบไลเคนชนิดเดียวกันอยู่ในตารางย่อยเดียวกันมากกว่า 1 ทัลลัส นับความถี่เท่ากับ 1 และไลเคน ทัลลัสเดียวกันอยู่คาบเกี่ยวมากกว่า 1 ตารางย่อย จะนับความถี่ตามจำนวนตารางย่อยที่คาบเกี่ยว ทำการ เก็บตัวอย่างไลเคนที่ไม่สามารถจัดจำแนกชนิดในภาคสนามได้ในช่องเก็บตัวอย่าง เพื่อนำมาตรวจสอบในห้องปฏิบัติการภายหลัง พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างเปลือกไม้เพื่อนำมาวัดค่า pH เปลือกไม้ บันทึกลักษณะทาง กายภาพของต้นไม้ที่สำรวจไลเคน เช่น เส้นรอบวงลำต้น ลักษณะของเปลือกไม้ และทิศการวางกรอบ สำรวจ เป็นต้น

จำแนกชนิดไลเคนที่เก็บตัวอย่างมา โดยใช้โครงสร้างภายนอก เช่น ประเภททัลลัส สีทัลลัส และ โครงสร้างการสืบพันธุ์ เป็นต้น ทำการผ่าตัดโครงสร้างภายในเพื่อศึกษาสปอร์ รวมทั้งการใช้สารเคมีในการ หยดทดสอบ เช่น สารโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) สารละลายไอโอดีนของลูกอล (Lugol's iodine) แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (calcium hypochlorite) เป็นต้น และทำการทดสอบสารเคมี ในไลเคนด้วยวิธี Thin Layer Chromatography (TLC) ตามวิธีของ White and James (1985) and Elix (1996) เพื่อจัดจำแนกชนิดของไลเคน

3.4 การวิเคราะห์ pH เปลือกไม้

เก็บตัวอย่างเปลือกไม้จากลำต้นของต้นมะม่วงที่ทำการสำรวจเก็บรอบลำต้น ที่ระดับความสูง 1 เมตร เก็บเปลือกไม้หนา 2-3 มิลลิเมตร เก็บไว้ในช่องเก็บเปลือกไม้ จากนั้นนำเปลือกไม้ไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด ชั่งน้ำหนักให้ได้ 2 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำ กลั่น 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาวัด pH ด้วย pH meter (Staxäng, 1969)

3.5 การสำรวจทิศทางการพบไลเคน

ทำการวางกรอบสำรวจวางทาบบนลำต้นของต้นมะม่วง ซึ่งเลือกวางบนเปลือกต้นไม้ที่มีไลเคนขึ้นมาก หรือหลากหลายที่สุด หลังจากนั้นทำการบันทึกข้อมูล

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของไลเคน

นำข้อมูลจำนวนชนิดและความถี่ของไลเคนในแต่ละพื้นที่ศึกษา ไปคำนวณตามสูตรดังนี้

- **ดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Wiener's Diversity Index: H')**

เป็นดัชนีที่ใช้บ่งชี้ระดับความหลากหลาย หรือความแตกต่างกันของวงศ์ไลเคนที่พบในพื้นที่สำรวจ โดยใช้วิธีการคำนวณตามสูตรของ Shannon-Weiner diversity index, (Shannon and Weaver, 1949) มีสูตรการคำนวณดังนี้

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

- เมื่อ H' = ดัชนีความหลากหลายทางชนิด
 S = จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด
 P_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนตัวอย่างของสิ่งมีชีวิต ($i = 1, 2, 3, \dots$)

- **ค่าความสม่ำเสมอหรือดัชนีการกระจายตัวของ Shannon-Wiener (Shannon-Wiener's Evenness Index, E), (Sorensen, 1948)**

$$E_H = \frac{H}{H_{\max}} = \frac{H}{\ln S}$$

- เมื่อ S = จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิต
 E_H มีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1

- **ค่าความหลากหลายชนิด (species richness) = จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษา**
- **ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของชนิด (Sorensen's similarity coefficient or Sorensen index) ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบโอกาสที่พบสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันในพื้นที่ต่างๆ (Krebs, 1999) โดย Sorensen index เป็นดัชนีคุณภาพ (Qualitative index)**

$$S_s = \frac{2a}{(2a + b + c)}$$

- เมื่อ S_s = สัมประสิทธิ์ความเหมือน
- a = จำนวนชนิดที่พบทั้ง 2 พื้นที่
- b = จำนวนชนิดที่พบเฉพาะในพื้นที่ b
- c = จำนวนชนิดที่พบเฉพาะในพื้นที่ a

- การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์

ระหว่างดัชนีความหลากหลายของไลเคนกับค่า pH เฉลี่ยของเปลือกไม้ในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation coefficient / Pearson Correlation: r) ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for social Science) for window Version 14.0

3.7 การทำแผนที่แสดงคุณภาพอากาศโดยใช้ความถี่ของไลเคน

- การคำนวณดัชนีคุณภาพอากาศ (Determination of the Air Quality Index, AQI)

เป็นการคำนวณค่าเฉลี่ยของผลรวมทั้งหมดของความถี่ที่พบบนต้นไม้ในหนึ่งตารางตามสูตร ดังนี้

$$AQI = \frac{F_{ij}}{n_j}$$

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตาราง

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum (F_{ij} - AQI_j)^2}{n_j - 1}}$$

การจัดลำดับชั้น ค่าต่ำสุดและสูงสุด

$$L_{1j}, L_{2j} = AQI_j \pm t_j \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}$$

- เมื่อ i = ต้นมะม่วงแต่ละตาราง
- j = จำนวนตารางของการสำรวจ

- F_{ij} = ผลรวมทั้งหมดของความถี่ไลเคนบนต้นไม้ของการสำรวจ
 n_j = จำนวนของต้นมะม่วงของการสำรวจในแต่ละตาราง
 S_j = ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของ
 L_{1j}, L_{2j} = ขั้นต่ำสุดและสูงสุดของดัชนีคุณภาพอากาศ โดยมีค่าระหว่าง L_2-L_1 .
 t_j = ปริมาณจากตาราง t โดยการศึกษการกระจาย (ตารางที่ 3.2)

ตารางที่ 3.2 ตาราง t

n-1	t	n-1	t
3	3.182	9	2.262
4	2.776	10	2.228
5	2.571	11	2.201
6	2.447	12	2.179
7	2.365	13	2.160
8	2.306	14	2.145

- การคำนวณความกว้างของชั้นของแต่ละตาราง

ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานของการสำรวจ

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_j \sum_i (F_{ij} - AQI_j)^2}{m(n_p - 1)}}$$

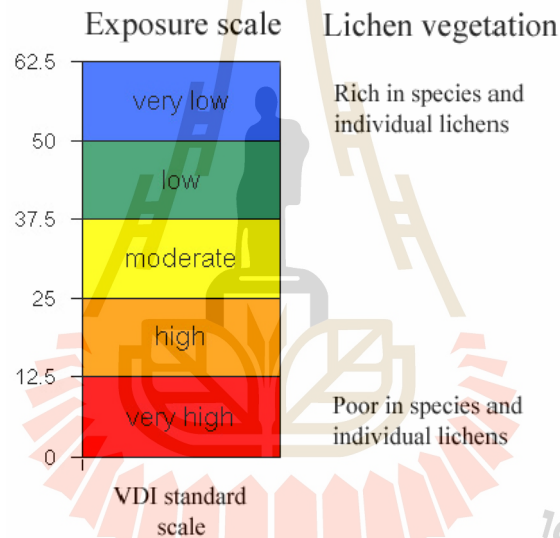
ความกว้างของคุณภาพอากาศแต่ละชั้น = $t_p \cdot \frac{S_p}{\sqrt{n_p}}$ ลงในตารางที่ 3.3

- เมื่อ
- S_p = ค่าเฉลี่ยเบี่ยงเบนมาตรฐานของการสำรวจ
 n_p = จำนวนต้นไม้ในแต่ละพื้นที่ทั้งหมดในพื้นที่สำรวจ
 m = จำนวนพื้นที่สำรวจทั้งหมด
 t_p = ปริมาณจากตาราง t โดยการศึกษการกระจาย

ตารางที่ 3.3 ดัชนีคุณภาพอากาศแต่ละตารางพื้นที่ในแต่ละชั้น

0	$<AQI \leq$	ชั้นที่ 1
ชั้นที่ 1	$<AQI \leq$	ชั้นที่ 2
	ต่อไปเรื่อยๆ	

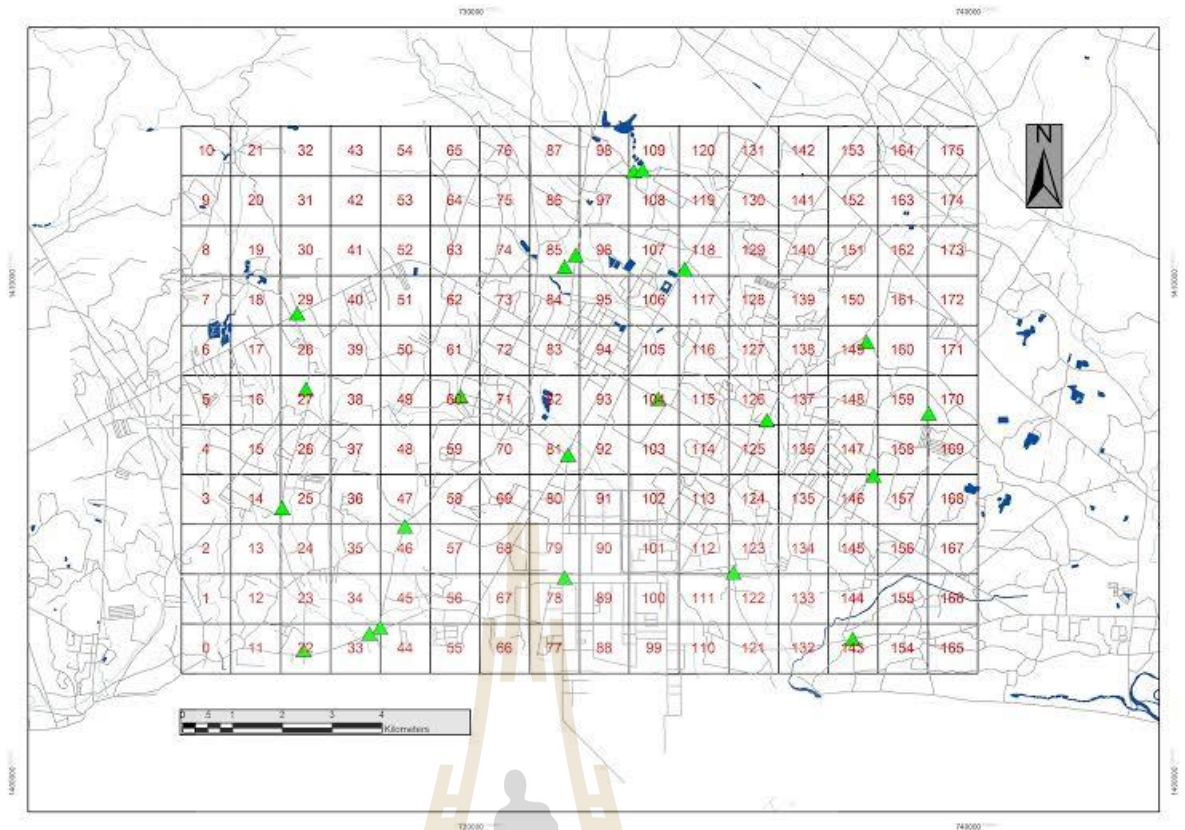
จากการแบ่งชั้นมาตรฐานของปริมาณมลพิษอากาศของ VDI (1995) ดังนี้ 0-12.5, 12.5-25.0, 25.0-37.5 และ 37.5-50.0 ดังภาพที่ 3.9 เพื่อใช้สำหรับการพล็อตทำแผนที่คุณภาพอากาศ



ภาพที่ 3.9 สเกลมาตรฐานของ VDI (1995)

3.8 การเก็บตัวอย่างก๊าซด้วยวิธี Passive sampling technique

ทำการเก็บตัวอย่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของอากาศ ในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลา 5 วัน ในช่วงวันที่ 25-29 เมษายน พ.ศ. 2556 ดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 แผนที่การติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ (▲ สถานที่ตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ)

- **หลอดเก็บตัวอย่างอากาศ**

ใช้หลอดเก็บตัวอย่างอากาศชนิดโพลีเอทิลีน (Polyethylene; PE) ที่มีความยาว 5.4 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.4 เซนติเมตร โดยล้างทำความสะอาดหลอดด้วยน้ำปราศจากไอออน (DI) ด้วยเครื่อง ultrasonicator เป็นเวลา 30 นาที 2 - 3 ครั้ง นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ใช้กระดาษกรอง Whatman (GF/A) โดยตัดกระดาษกรองให้มีขนาดพอดีกับเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของหลอดเก็บตัวอย่าง นำกระดาษกรองที่ตัดแล้ว ไปทำความสะอาดด้วยน้ำ DI โดยเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonicator เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำ DI อีก 2 - 3 ครั้ง อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 °C เก็บกระดาษกรองที่เตรียมแล้วในอุปกรณ์ควบคุมความชื้น จนกว่าจะนำไปใช้ ใส่กระดาษกรองลงในหลอดเก็บตัวอย่าง โดยให้กระดาษกรองอยู่ล่างสุดของหลอดเก็บตัวอย่าง สารดูดซับที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือไตรเอทานอลามีน 12% ที่มีส่วนผสมกลีเซอริน 4% ซึ่งเตรียมได้จาก ปิเปตสาร TEA มาปริมาตร 12 มิลลิลิตร และกลีเซอริน 4 มิลลิลิตร เติมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI จนครบ 100 มิลลิลิตร (Khadee, 2006)

- การวางหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ

ในการวางเก็บตัวอย่างอากาศของแต่ละพื้นที่ศึกษา จะใช้หลอดเก็บตัวอย่างอากาศจำนวน 4 หลอดต่อพื้นที่ศึกษา สำหรับเป็นหลอดเก็บตัวอย่างอากาศจำนวน 3 หลอด และเป็น blank จำนวน 1 หลอด ซึ่งหลอดเก็บตัวอย่างอากาศเตรียมได้จาก นำสารดูดซับ ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ฉีดลงในกระดาษกรอง Whatman (GF/A) ที่บรรจุอยู่ในหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ปิดฝาหลอดและพันด้วยพาราฟิล์ม แล้วนำหลอดเก็บตัวอย่างที่เตรียมเสร็จแล้ว บรรจุลงในกล่องป้องกัน (shelter) เพื่อช่วยป้องกันหรือลดผลกระทบจากสภาพสิ่งแวดล้อม ไม่ให้เข้าไปรบกวนภายในหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ นำกล่องป้องกันไปแขวนที่โล่งแจ้ง ไม่มีสิ่งกีดขวาง ที่ระดับความสูงเหนือพื้นดิน 2 เมตร โดยผูกติดกับสิ่งยึดเกาะให้แน่นเพื่อป้องกันไม่ให้กล่องป้องกันเคลื่อนที่ได้ (ภาพที่ 3.11) เปิดฝาหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ส่วนหลอดเก็บตัวอย่างที่เป็น blank จะปิดฝาหลอดไว้ บันทึกเวลาที่เริ่มแขวนทดสอบ ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 วัน เมื่อครบกำหนดเวลา บันทึกเวลาเก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ และเก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศโดยปิดฝาหลอดให้สนิทและพันด้วยพาราฟิล์ม เก็บไว้ในถุงซิปล็อกในกล่องโฟมที่รักษาอุณหภูมิต่ำ เพื่อนำกลับมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เก็บหลอดเก็บตัวอย่างอากาศไว้ในตู้เย็นจนกว่าจะนำมาวิเคราะห์ (Khaoodee, 2006)



ภาพที่ 3.11 การวางหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ

- การสกัดตัวอย่าง

ทำการสกัดตัวอย่างด้วยการเติมน้ำ DI ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงในหลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ปิดฝานำไปเขย่าด้วยเครื่อง ultrasonicator เป็นเวลา 15 นาที เพื่อสกัดสารละลายไนโตรไดออกไซด์ (NO_2^-)

และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ดูดสารละลายที่ได้ด้วยกระบอกฉีดยา (syringe) ขนาด 3 มิลลิลิตร แล้วกรองด้วย glass syringe filter (cellulose acetate ขนาดรูพรุน 0.45 ไมโครเมตร) จะได้สารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไอออนโครมาโตกราฟีต่อไป (Khaodee, 2006)

- การวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรไอออน (NO_2^-) และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-})

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศหาได้จากการวิเคราะห์หาปริมาณของไนโตรไอออน (NO_2^-) และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ด้วยเครื่องไอออนโครมาโตกราฟี โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมของเครื่อง ดังตารางที่ 3.4 (Shakya, 2004; Pomphueak, 2005; Wiriya, 2008)

ตารางที่ 3.4 สภาวะที่เหมาะสมของเครื่องไอออนโครมาโตกราฟี สำหรับการวิเคราะห์ไอออนลบ

Analysis item	Anion
Flow rate	0.70 mL/min
Volume	20 μl
Analysis column	Metrosep A supp 5 – 250 (4.0 x 250 mm)
Particle size	5.0 μm
Suppressor	Anion self-generating suppressor with DI water / 100 mM H_2SO_4
Temperature	20.0 $^{\circ}\text{C}$
Pressure	12.0 MPa

เริ่มด้วยการจัดสภาวะที่เหมาะสมให้กับเครื่องไอออนโครมาโตกราฟี ตามด้วยการ run base line จนนิ่ง ตามด้วยการฉีดสารละลายมาตรฐาน แล้วจึงตามด้วยการฉีดสารตัวอย่าง ซึ่งจะได้ความเข้มข้นของไนโตรไอออน (NO_2^-) และซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) ในหน่วย ppm นำมาหาค่าความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ในหน่วย ppbv

3.9 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของก๊าซ

วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของไลเคนกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation coefficient / Pearson Correlation: r) ด้วยโปรแกรม SPSS (Statistical Package for social Science) for window Version 14.0



บทที่ 4

ผลการวิจัย

การศึกษาความหลากหลายของไลเคนในเขตพื้นที่บริเวณรอบ ๆ เขตนิคมมาตาพุด จังหวัดระยอง ได้ทำการสำรวจ รวบรวมเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ทั้งหมด 22 พื้นที่ ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ได้ผลการศึกษาดังนี้

4.1 ความหลากหลายของไลเคน

4.1.1 ชนิดและความถี่ของจำนวนไลเคน

จากการสำรวจชนิดของไลเคนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 22 พื้นที่ ของหมู่บ้านในบริเวณรอบเขตนิคมมาตาพุด ตั้งแต่กุมภาพันธ์ ถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งได้สำรวจจากต้นมะม่วงจำนวน 110 ต้น พบไลเคนทั้งหมด 11 วงศ์ (family) 20 สกุล (genus) 26 ชนิด (species) ประกอบด้วย ไลเคนกลุ่มโพลิโอสจำนวน 4 สกุล 6 ชนิด และเป็นไลเคนกลุ่มครีสต์โตสจำนวน 16 สกุล 20 ชนิด โดยไลเคนส่วนใหญ่ที่พบอยู่ในสกุล *Arthonia*, *Dirinaria*, *Lecanora* และ *Physcia* ส่วนน้อยที่พบเป็นไลเคนที่อยู่ในสกุล *Buellia*, *Pyrenula* และ *Rinodina* ดังตารางที่ 4.1 นอกจากนี้ไลเคน *Physcia poncinsii* Hue. และ *Pyxine cocoes* (Swartz) Nyl. เป็นไลเคนที่พบในความถี่สูงและพบในทุกพื้นที่ศึกษา ไลเคนที่พบบ่อยและมีความถี่สูงได้แก่ ไลเคนชนิด *Chrysothrix xanthina* (L.) Laundon, *Arthonia tumidula* (Ach.) Ach. และ *Hyperphyscia adglutinata* (Florke) H. Mayrh. & Poel ซึ่งพบได้ในพื้นที่ศึกษา 15 แห่ง จากพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 22 พื้นที่ ดังตารางที่ 4.2 ไลเคนที่พบน้อยที่สุด ซึ่งพบในพื้นที่ศึกษาเพียงแห่งเดียวและมีความถี่ต่ำ ได้แก่ ไลเคนชนิด *Anisomeridium* sp. พบที่บ้านหนองหวายโสม และ *Caloplaca* sp. พบที่บ้านตลาดมาตาพุด ซึ่งในการจำแนกชนิดของไลเคนนั้นได้ทำการใช้หนังสือจัดจำแนกชนิดของไลเคน เช่น The annotated checklist of lichens, lichenicolous and allied fungi of channel islands national park (Knudsen and Kocourkova, 2012), Australasian lichenology (Australian

Government, 2013) และ Bibliotheca Lichenologica: A key to the microlichens of India, Nabal and Sri Lanka (Awasthi, 1991) เป็นต้น

ตารางที่ 4.1 รายชื่อไลเคนบนหินที่พบในพื้นที่เขตมมาตาทพุด

กลุ่ม	วงศ์	สกุล	ชนิด
Crustose	Arthoniaceae	<i>Arthonia</i>	<i>Arthonia antillarum</i> (Fée) Nyl. <i>Arthonia tumidula</i> (Ach.) Ach. <i>Arthonia</i> sp.2
		<i>Cryptothecia</i>	<i>Cryptothecia</i> sp.
		Chrysothricaceae	<i>Chrysothrix</i>
	Graphidaceae	<i>Graphina</i>	<i>Graphina lapidicola</i> Mull. Arg
		<i>Graphis</i>	<i>Graphis</i> sp.
		<i>Opegrapha</i>	<i>Opegrapha rufescens</i> Pers.
	Lecanoraceae	<i>Lecanora</i>	<i>Lecanora leprosa</i> Fee <i>Lecanora</i> sp.
		Monoblastiaceae	<i>Anisomeridium</i>
	Physciaceae	<i>Buellia</i>	<i>Buellia</i> sp.
		<i>Rinodina</i>	<i>Rinodina</i> sp.
	Pyrenulaceae	<i>Pyrenula</i>	<i>Pyrenula</i> sp.
	Ramalinaceae	<i>Bacidia</i>	<i>Bacidia</i> sp.
	Roccellaceae	<i>Lecanographa</i>	<i>Lecanographa</i> sp.
	Teloschistaceae	<i>Caloplaca</i>	<i>Caloplaca</i> sp.
	Trypetheliaceae	<i>Laurera</i>	<i>Laurera subbenguelensis</i> Upreti & Ajay Singh.
<i>Trypethelium</i>		<i>Trypethelium tropicum</i> (Ach.) Müll. Arg. <i>Trypethelium eluteriae</i> Spreng.	
Foliose		Physciaceae	<i>Dirinaria</i>
	<i>Hyperphyscia</i>		<i>Hyperphyscia adglutinata</i> (Florke) H. Mayrh. & Poel
	<i>Physcia</i>		<i>Physcia dimidiata</i> (Arnold) Nyl. <i>Physcia poncinsii</i> Hue.
	<i>Pyxine</i>		<i>Pyxine cocoes</i> (Swartz) Nyl.

ตารางที่ 4.2 ความถี่ของจำนวนไลเคนแต่ละชนิดในพื้นที่ทำการศึกษ

ชนิด	ความถี่ของไลเคนในแต่ละพื้นที่																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
<i>A. antillarum</i>		10	21																				
<i>A. tumidula</i>	10	21		7	10	9	6	5	2	1		13	1	12		19	6	1	12	1			
<i>Anisomeridium</i> sp.														3									
<i>Arthonia</i> sp.2			3					3				7				11					5		
<i>Bacidia</i> sp.	10			14				11							8		3			5		4	
<i>Buellia</i> sp.			12		34		4	10	11		16		11	23									
<i>C. xanthina</i>	8	46	25	11	25			20	41	10	18	5	10	21			15	8		25	25	6	
<i>Caloplaca</i> sp.																	6						
<i>Cryptothecia</i> sp.					7						16					32			23		18		
<i>D. applanata</i>	22		26	3										23			15	11	9	15			
<i>D. picta</i>			24	12	3		9	2	16	14	21	12	12	3		9	2	11				9	
<i>G. lapidicola</i>								51					25			16							
<i>G. librata</i>					6	7	2								5				25				
<i>H. adglutinata</i>	46	20		5		9		12	16	9	26	7		12	17	12		15		20	16	31	
<i>L. leprosa</i>		5		3	7	16	20		14	26	14	10	7	20	37	15				21			
<i>L. subbenguelensis</i>	10			16				14					26	35	8		15			22	31		
<i>Lecanographa</i> sp.		3	3		3								12										
<i>Lecanora</i> sp.	5	2	3		4			21		6	8	22					17	21	14	3			
<i>O. rufescens</i>	1			3					15				4								6		
<i>P. cocoes</i>	55	2	35	19	12	24	4	24	19	6	1	12	6	6	1	3	1	17	13	6	21	24	
<i>P. dimidiata</i>					3	1	17		3				11			16	3						
<i>P. poncinsii</i>	43	17	63	32	8	20	6	16	7	27	16	35	13	17	18	17	12	45	43	22	18	47	
<i>Pyrenula</i> sp.		3					5				14			13									
<i>Rinodina</i> sp.	21	14		28	19				13	11	15					18		6					
<i>T. eluteriae</i>	14				15						17									24	16	13	28
<i>T. tropicum</i>	8	6		7				20		13								15	28			22	

4.1.2 การศึกษาความหลากหลายของไลเคน

จากข้อมูลชนิดและความถี่ของไลเคนที่พบในแต่ละพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 22 พื้นที่ เมื่อนำมาคำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Wiener's Diversity Index: H') ค่าความสม่ำเสมอ (Evenness: E) ค่าความหลากหลายชนิด (Species richness) และค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของชนิด (Sorensen's similarity coefficient) พบว่าพื้นที่ศึกษาที่ 5 บ้านมาบยามีค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนสูงที่สุด คือ 2.36 และมีความหลากหลายชนิดของไลเคนสูงที่สุด คือ 9 ชนิด รองลงมาคือ plot 12 (บ้านวัดโสภณ) plot 16 (บ้านเจริญพัฒนา) plot 4 (บ้านบน) และ plot 10 (บ้านชากลูกหญ้า) ส่วนพื้นที่ศึกษาที่ plot 15 บ้านหนองแพรมีค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนต่ำที่สุด คือ 1.64 และมีความหลากหลายชนิด

ของไลเคนน้อยด้วยพบเพียง 3 ชนิด สำหรับค่าความสม่ำเสมอของไลเคนในแต่ละพื้นที่ที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.72 (ตารางที่ 4.3) และค่าความคล้ายคลึงของไลเคนมีค่าอยู่ในช่วง 0.43-0.76 (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.3 ดัชนีความหลากหลาย ค่าความสม่ำเสมอ และความหลากหลายชนิดของไลเคนในพื้นที่ศึกษา

พื้นที่	ดัชนีความหลากหลาย	ค่าความสม่ำเสมอ	ความหลากหลายชนิด
Plot 1	2.22	0.68	7
Plot 2	2.08	0.64	8
Plot 3	1.97	0.61	6
Plot 4	2.31	0.71	8
Plot 5	2.36	0.72	9
Plot 6	1.74	0.53	5
Plot 7	1.98	0.61	5
Plot 8	2.22	0.68	7
Plot 9	2.28	0.70	8
Plot 10	2.31	0.71	9
Plot 11	2.06	0.63	6
Plot 12	2.33	0.71	7
Plot 13	2.16	0.66	7
Plot 14	2.23	0.68	8
Plot 15	1.64	0.50	3
Plot 16	2.33	0.72	8
Plot 17	2.02	0.62	6
Plot 18	2.27	0.70	8
Plot 19	1.81	0.55	4
Plot 20	2.29	0.70	8
Plot 21	1.95	0.60	5
Plot 22	1.86	0.57	5

หมายเหตุ (1) บ้านหนองหวายนิกม (2) บ้านตลาดห้วยโป่ง (3) บ้านห้วยโป่งใน (4) บ้านบน (5) บ้านมาบยา (6) บ้านพา (7) บ้านวัดมาบตาพุด (8) บ้านอิสลาม (9) บ้านมาบตาพุด (10) บ้านชากลูกหญ้า (11) บ้านมาบชะลูด (12) บ้านวัดโสภณ (13) บ้านหนองน้ำเย็น (14) บ้านพูน (15) บ้านหนองแพบ (16) บ้านเจริญพัฒนา (17) บ้านร่วมพัฒนา (18) บ้านตาอวนอ่าวประตู (19) บ้านคลองน้ำหู (20) ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (21) ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง และ(22) ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก

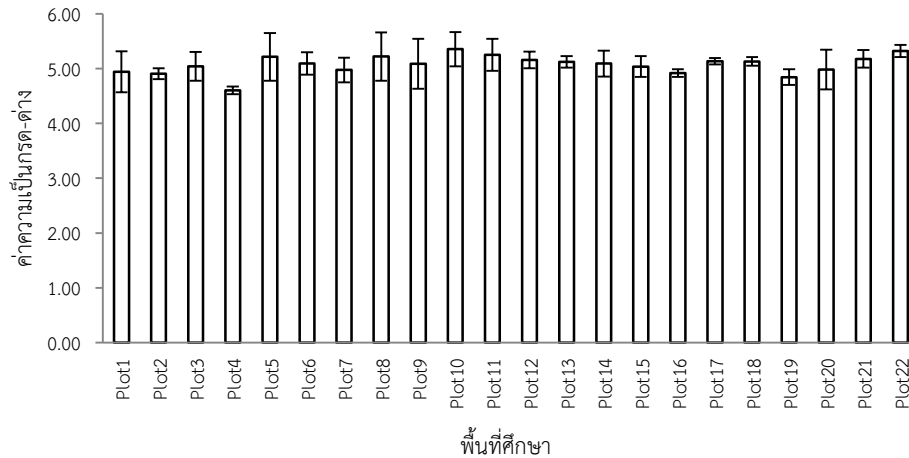
ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของชนิด (Sorensen's similarity coefficient) ของในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

	Plot1	Plot2	Plot3	Plot4	Plot5	Plot6	Plot7	Plot8	Plot9	Plot10	Plot11	Plot12	Plot13	Plot14	Plot15	Plot16	Plot17	Plot18	Plot19	Plot20	Plot21	Plot22
Plot1	1	0.64	0.43	0.85	0.52	0.40	0.33	0.67	0.64	0.64	0.55	0.56	0.50	0.58	0.40	0.50	0.61	0.72	0.70	0.80	0.67	0.67
Plot2	0.64	1	0.55	0.64	0.62	0.53	0.52	0.52	0.67	0.75	0.67	0.67	0.52	0.52	0.42	0.52	0.45	0.67	0.53	0.58	0.40	0.50
Plot3	0.43	0.55	1	0.43	0.58	0.24	0.38	0.67	0.45	0.45	0.63	0.64	0.48	0.57	0.24	0.38	0.60	0.55	0.47	0.45	0.44	0.44
Plot4	0.85	0.64	0.43	1	0.52	0.50	0.50	0.67	0.80	0.64	0.64	0.64	0.67	0.75	0.50	0.67	0.61	0.72	0.50	0.72	0.57	0.67
Plot5	0.52	0.62	0.58	0.52	1	0.57	0.64	0.56	0.69	0.77	0.70	0.62	0.64	0.56	0.48	0.56	0.58	0.69	0.48	0.62	0.36	0.45
Plot6	0.40	0.53	0.24	0.5	0.57	1	0.67	0.44	0.63	0.53	0.50	0.53	0.56	0.56	0.71	0.67	0.47	0.53	0.43	0.53	0.40	0.40
Plot7	0.33	0.52	0.38	0.5	0.64	0.67	1	0.45	0.70	0.52	0.50	0.52	0.73	0.55	0.44	0.64	0.48	0.52	0.44	0.35	0.21	0.42
Plot8	0.67	0.52	0.67	0.67	0.56	0.44	0.45	1	0.61	0.61	0.70	0.78	0.64	0.73	0.44	0.64	0.67	0.61	0.44	0.70	0.63	0.63
Plot9	0.64	0.67	0.45	0.80	0.69	0.63	0.70	0.61	1	0.67	0.76	0.58	0.78	0.70	0.42	0.70	0.55	0.67	0.42	0.50	0.50	0.60
Plot10	0.64	0.75	0.45	0.64	0.77	0.53	0.52	0.61	0.67	1	0.76	0.67	0.61	0.61	0.53	0.61	0.55	0.75	0.53	0.75	0.50	0.60
Plot11	0.55	0.67	0.63	0.64	0.70	0.50	0.50	0.70	0.76	0.76	1	0.67	0.60	0.70	0.50	0.60	0.53	0.67	0.38	0.57	0.47	0.59
Plot12	0.56	0.67	0.64	0.64	0.62	0.53	0.52	0.78	0.58	0.67	0.67	1	0.61	0.70	0.42	0.78	0.55	0.58	0.42	0.67	0.60	0.50
Plot13	0.50	0.52	0.48	0.67	0.64	0.56	0.73	0.64	0.78	0.61	0.60	0.61	1	0.73	0.33	0.64	0.57	0.43	0.33	0.52	0.53	0.42
Plot14	0.58	0.52	0.57	0.75	0.56	0.56	0.55	0.73	0.70	0.61	0.70	0.70	0.73	1	0.44	0.64	0.57	0.61	0.44	0.70	0.53	0.53
Plot15	0.40	0.42	0.24	0.50	0.48	0.71	0.44	0.44	0.42	0.53	0.50	0.42	0.33	0.44	1	0.44	0.35	0.53	0.29	0.63	0.40	0.53
Plot16	0.50	0.52	0.38	0.67	0.56	0.67	0.64	0.64	0.70	0.61	0.60	0.78	0.64	0.64	0.44	1	0.48	0.52	0.33	0.52	0.53	0.42
Plot17	0.61	0.45	0.60	0.61	0.58	0.47	0.48	0.67	0.55	0.55	0.53	0.55	0.57	0.57	0.35	0.48	1	0.64	0.59	0.64	0.33	0.56
Plot18	0.72	0.67	0.55	0.72	0.69	0.53	0.52	0.61	0.67	0.75	0.67	0.58	0.43	0.61	0.53	0.52	0.64	1	0.63	0.67	0.40	0.60
Plot19	0.70	0.53	0.47	0.50	0.48	0.43	0.44	0.44	0.42	0.53	0.38	0.42	0.33	0.44	0.29	0.33	0.59	0.63	1	0.63	0.40	0.53
Plot20	0.80	0.58	0.45	0.72	0.62	0.53	0.35	0.70	0.50	0.75	0.57	0.67	0.52	0.70	0.63	0.52	0.64	0.67	0.63	1	0.6	0.60
Plot21	0.67	0.40	0.44	0.57	0.36	0.40	0.21	0.63	0.50	0.50	0.47	0.60	0.53	0.53	0.40	0.53	0.33	0.40	0.4	0.6	1	0.63
Plot22	0.67	0.50	0.44	0.67	0.45	0.40	0.42	0.63	0.60	0.60	0.59	0.50	0.42	0.53	0.53	0.42	0.56	0.60	0.53	0.6	0.63	1

4.1.3 pH ของเปลือกไม้ของต้นมะม่วงในพื้นที่ศึกษา

จากการวัดค่า pH ของเปลือกไม้บนต้นมะม่วงที่ทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 220 ต้น ใน 22 พื้นที่ศึกษา พบว่าค่า pH เปลือกไม้ของต้นมะม่วงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.55-5.65 ซึ่งค่า pH เปลือกไม้ของทุกพื้นที่ศึกษามีค่าค่อนข้างเป็นกรด โดยพื้นที่ศึกษาที่เปลือกไม้มีค่า pH เฉลี่ยน้อยที่สุดคือพื้นที่ศึกษาที่ 4 บ้านบน (4.55) ส่วนพื้นที่ศึกษาที่เปลือกไม้มีค่า pH เฉลี่ยมากที่สุดคือพื้นที่ศึกษาที่ 11 บ้านมาบชะลูต (5.65) ดังภาพที่ 4.1 และตารางที่ 4.5

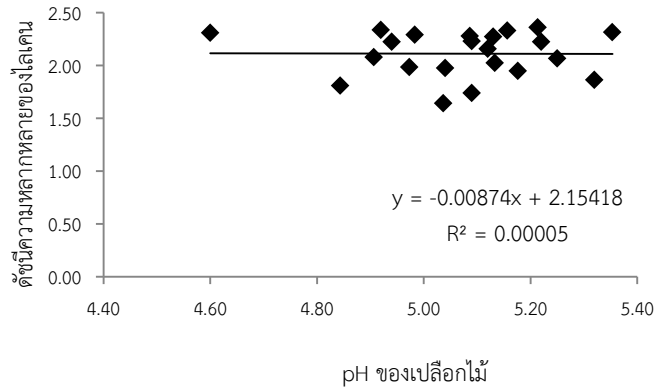
จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH เปลือกไม้ของแต่ละพื้นที่ศึกษากับดัชนีความหลากหลายของโลเคนในแต่ละพื้นที่ โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าค่า pH เปลือกไม้มีความสัมพันธ์กับดัชนีความหลากหลายของโลเคนในแต่ละพื้นที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($r = 0.00005$, $p < 0.05$) (ภาพที่ 4.2)



ภาพที่ 4.1 ค่า pH เฉลี่ยของเปลือกต้นมะม่วงในแต่ละพื้นที่ศึกษา

ตารางที่ 4.5 ค่า pH เฉลี่ยของเปลือกต้นมะม่วงในแต่ละพื้นที่ศึกษา

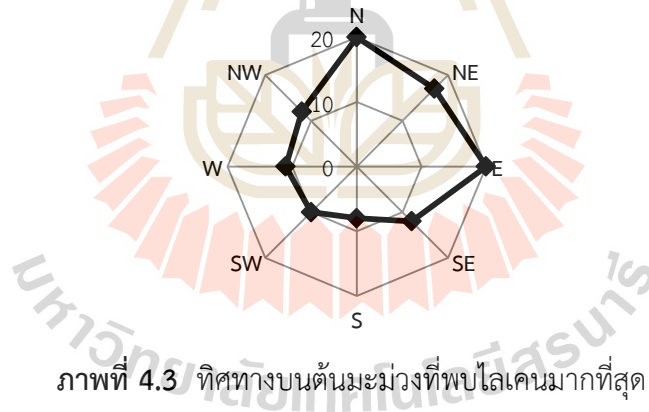
พื้นที่	ค่า pH เฉลี่ยของเปลือกไม้ \pm SD	Diversity index
Plot1	4.94 \pm 0.38	2.22
Plot2	4.91 \pm 0.10	2.08
Plot3	5.04 \pm 0.26	1.97
Plot4	4.60 \pm 0.07	2.31
Plot5	5.21 \pm 0.44	2.36
Plot6	5.09 \pm 0.20	1.74
Plot7	4.97 \pm 0.23	1.98
Plot8	5.22 \pm 0.44	2.22
Plot9	5.09 \pm 0.46	2.28
Plot10	5.35 \pm 0.31	2.31
Plot11	5.25 \pm 0.29	2.06
Plot12	5.16 \pm 0.15	2.33
Plot13	5.12 \pm 0.11	2.16
Plot14	5.09 \pm 0.24	2.23
Plot15	5.04 \pm 0.19	1.64
Plot16	4.92 \pm 0.07	2.33
Plot17	5.13 \pm 0.06	2.02
Plot18	5.13 \pm 0.08	2.27
Plot19	4.84 \pm 0.14	1.81
Plot20	4.98 \pm 0.36	2.29
Plot21	5.18 \pm 0.16	1.95
Plot22	5.32 \pm 0.11	1.86



ภาพที่ 4.2 แสดง pH ของเปลือกไม้และดัชนีความหลากหลายของไลเคน

4.1.4 ทิศทางบนต้นมะม่วงที่พบไลเคนมากที่สุด

จากการบันทึกทิศทางการวางกรอบสำรวจที่วางทาบบนลำต้นของต้นมะม่วง ซึ่งเลือกวางบนกริดบนที่มีไลเคนขึ้นมากหรือหลากหลายที่สุด พบว่าทิศทางที่พบไลเคนมากที่สุดคือ ทิศเหนือและทิศตะวันออกเฉียงเหนือ รองลงมาเป็น ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ ตามลำดับ (รูปที่ 4.3)



ภาพที่ 4.3 ทิศทางบนต้นมะม่วงที่พบไลเคนมากที่สุด

4.2 การทำแผนที่แสดงคุณภาพอากาศบริเวณเขตพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดโดยใช้ความถี่ของไลเคน

ทำการเก็บตัวอย่างไลเคนและจำนวนความถี่ของไลเคนบนต้นมะม่วง หลังจากหาความถี่ของไลเคนที่พบบนต้นมะม่วงแต่ละต้นในแต่ละตาราง นำไปคำนวณหาผลรวมของความถี่ของไลเคนในแต่ละตาราง ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ (AQI) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S) ค่าขอบเขตจำกัดล่าง (L_1) และขอบเขตจำกัดบน (L_2) แสดงในตารางที่ 4.6 โดย plot1 (บ้านหนองห้วยนิคม) plot2 (บ้านตลาดห้วยโป่ง) plot3 (บ้านห้วยโป่งใน) plot4 (บ้านบน) plot5 (บ้านมาบยา) plot6 (บ้านพา) plot7 (บ้านวัดมาบตาพุด) plot8 (บ้านอิสลาม)

plot9 (บ้านมาบตาพุด) plot10 (บ้านชากลูหญ้า) plot11 (บ้านมาบชะลูด) plot12 (บ้านวัดโสภณ)
 plot13 (บ้านหนองน้ำเย็น) plot14 (บ้านพูน) plot15 (บ้านหนองแพบ) plot16 (บ้านเจริญพัฒนา)
 plot17 (บ้านร่วมพัฒนา) plot18 (บ้านตาอวนอ่าวประดู่) plot19 (บ้านคลองน้ำหู่) plot20 (ในบริเวณ
 นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) plot21 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง) และ plot22 (ในบริเวณนิคม
 อุตสาหกรรมตะวันออก)

ตารางที่ 4.6 ค่าความถี่ของไอคอน ค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าขอบเขตจำกัดล่าง และ
 ขอบเขตจำกัดบน

พื้นที่	ผลรวมความถี่ของไอคอนบนต้นมะม่วง										AQI	S	L ₁	L ₂
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10				
Plot1	17	14	12	11	27	20	7	5	11	13	13.7	6.4	9.1	18.3
Plot2	27	20	22	15	18	5	19	21	17	11	17.5	6.1	13.1	21.9
Plot3	18	20	24	34	19	20	15	20	13	14	19.7	6.0	15.4	24.0
Plot4	10	16	15	14	37	36	2	12	18	10	17	11.2	9.0	25.0
Plot5	14	16	16	24	5	4	7	10	2	22	12	7.6	6.6	17.4
Plot6	19	9	11	12	9	19	8	3	0	5	9.5	6.2	5.1	13.9
Plot7	14	5	1	28	21	13	3	17	9	13	12.4	8.3	6.4	18.4
Plot8	8	14	16	11	9	11	14	19	20	11	13.3	4.1	10.4	16.2
Plot9	11	13	8	9	4	14	16	6	11	6	9.8	3.9	7.0	12.6
Plot10	5	8	30	18	19	26	10	5	6	2	12.9	9.7	5.9	19.9
Plot11	17	19	15	5	12	18	0	1	0	32	11.9	10.4	4.4	19.4
Plot12	26	11	12	8	16	13	5	10	16	5	12.2	6.2	7.8	16.6
Plot13	9	8	26	10	19	4	15	5	3	18	11.7	7.5	6.3	17.1
Plot14	24	10	10	25	7	15	7	20	12	14	14.4	6.6	9.7	19.1
Plot15	7	29	41	7	23	5	10	12	19	17	17	11.4	8.8	25.2
Plot16	11	0	0	3	5	18	14	10	6	0	6.7	6.3	2.2	11.2
Plot17	8	12	13	3	14	4	15	17	9	26	12.1	6.7	7.3	16.9
Plot18	3	8	13	7	3	3	17	24	14	11	10.3	6.9	5.4	15.2
Plot19	0	5	15	17	17	3	3	7	18	26	11.1	8.6	5.0	17.2
Plot20	19	8	27	36	5	5	5	0	0	0	10.5	12.6	1.5	19.5
Plot21	4	10	3	2	3	12	2	0	3	0	3.9	4.0	1.0	6.8
Plot22	0	8	7	1	3	28	23	14	28	21	13.3	11.0	5.4	21.2

นำผลการคำนวณจากตารางที่ 4.6 มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศ แสดงไว้ในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลรวมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของจำนวนต้นมะม่วงทั้งหมดที่ทำการสำรวจ ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมดในพื้นที่ทำการสำรวจ และความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศ

การหาค่ามาตรฐาน	ผลการคำนวณ
ผลรวมของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมด	167.8
ค่าเฉลี่ยของจำนวนต้นมะม่วงทั้งหมดที่ทำการสำรวจ	10
ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งหมดในพื้นที่ทำการสำรวจ	7.6
ความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศ	5.4

ทำการคำนวณหาค่าความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศของบริเวณที่ทำการศึกษ ซึ่งแบ่งพื้นที่เป็นตาราง โดยมีค่าความกว้างเท่ากับ 5.4 ซึ่งสามารถใช้เป็นช่วงความกว้างในการจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของแต่ละลำดับชั้น โดยจัดช่วงลำดับชั้นคุณภาพอากาศได้เป็น 4 ชั้น และกำหนดสีที่กำหนดไว้จากมาตราวิฤตในแต่ละลำดับชั้นลงบนแผนที่ ดังตารางที่ 4.8 และนำไปทำลำดับชั้นคุณภาพอากาศ (AQC) ของแต่ละตารางที่ทำการศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 การจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของแต่ละลำดับชั้น

ลำดับที่	AQI	ภาวะมลพิษ	สีในแผนที่
1	$0.0 < AQI \leq 5.4$	สูงมาก	แดง
2	$5.4 < AQI \leq 10.8$	สูงถึงสูงมาก	ส้ม
3	$10.8 < AQI \leq 16.2$	สูง	เหลือง
4	$16.2 < AQI \leq 21.6$	ปานกลาง	เขียว

การจัดช่วงลำดับชั้นคุณภาพอากาศบริเวณที่ทำการศึกษา โดยสามารถจัดชั้นคุณภาพอากาศได้ 4 ชั้น และแทนด้วยสีที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของคุณภาพอากาศได้ง่าย ดังภาพที่ 4.6 ซึ่งจะ

เห็นได้ว่าบริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงมากแทนด้วยสีแดง พบในบริเวณทางด้านฝั่งตะวันตกของเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบเพียง 1 พื้นที่ plot21 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง) ส่วน plot16 (บ้านเจริญพัฒนา) plot6 (บ้านพา) plot9 (บ้านมาบตาพุด) plot18 (บ้านตาอวนอ่าวประดู่) และ plot20 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) เป็นบริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงถึงสูงมากแทนด้วยสีส้ม บริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงแทนด้วยสีเหลือง พบ 12 พื้นที่ ได้แก่ plot1 (บ้านหนองหวายนิคม) plot5 (บ้านมาบยา) plot7 (บ้านวัดมาบตาพุด) plot8 (บ้านอิสลาม) plot10 (บ้านชากลูกหญ้า) plot11 (บ้านมาบชะลูด) plot12 (บ้านวัดโสภณ) plot13 (บ้านหนองน้ำเย็น) plot14 (บ้านพูน) plot17 (บ้านร่วมพัฒนา) plot19 (บ้านคลองน้ำหุ) และ plot22 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก) และบริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศปานกลางแทนด้วยสีเขียว plot4 (บ้านบน) plot15 (บ้านหนองแพบ) plot2 (บ้านตลาดห้วยโป่ง) และ plot3 (บ้านห้วยโป่งใน)

ตารางที่ 4.9 ลำดับชั้นคุณภาพอากาศ (AQC) ของแต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา

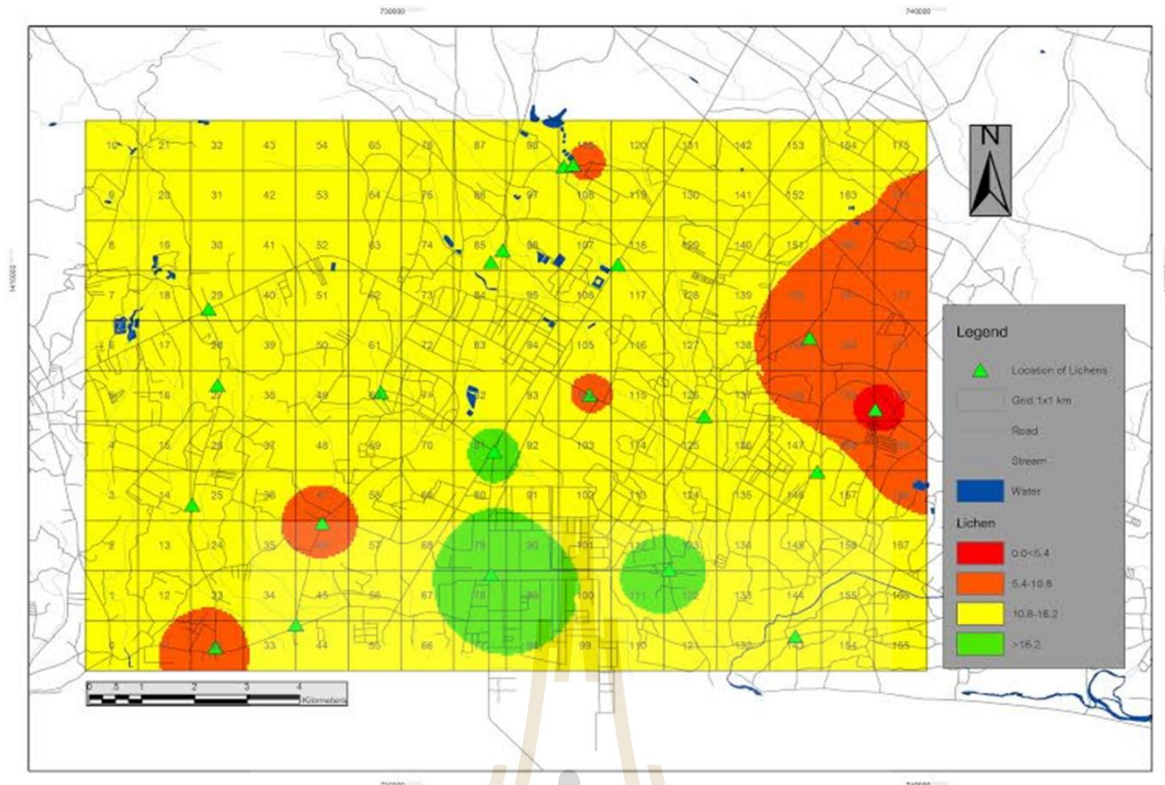
พื้นที่	AQI	Limit of AQC	Impact scale	Impact	AQC	Pollution
21	3.9	$0.0 < AQI \leq 5.4$	$0.0 < AQI \leq 12.5$	สูงมาก	1	สูงมาก
16	6.7					
6	9.5					
9	9.8	$5.4 < AQI \leq 10.8$	$12.5 < AQI \leq 25.0$	สูงถึงสูงมาก	2	สูงถึงสูงมาก
18	10.3					
20	10.5					
19	11.1					
13	11.7					
11	11.9					
5	12					
17	12.1					
12	12.2	$10.8 < AQI \leq 16.2$	$12.5 < AQI \leq 25.0$	สูง	3	สูง
7	12.4					
10	12.9					
8	13.3					
22	13.3					
1	13.7					
14	14.4					
4	17					
15	17	$16.2 < AQI \leq 21.6$	$12.5 < AQI \leq 25.0$	ปานกลาง	4	ปานกลาง
2	17.5					
3	19.7					

ในการสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษาศาสามารถแบ่งขอบเขตของบริเวณที่มีคุณภาพอากาศแตกต่างกัน โดยการลากเส้น isoline ที่แสดงค่าดัชนีคุณภาพอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ขอบเขตของบริเวณที่มีคุณภาพอากาศที่แตกต่างกัน

ลำดับที่	AQI	ภาวะมลพิษ
1	5.4	สูงมาก
2	10.8	สูง
3	16.2	ปานกลาง

เส้น isoline เป็นการคิดคำนวณจากค่าดัชนีคุณภาพอากาศที่มีค่าขอบเขตของเส้น isoline ในบริเวณที่ทำการศึกษา ซึ่งแบ่งได้ 3 บริเวณ คือ 5.4, 10.8 และ 16.2 โดยบริเวณที่มีขอบเขตของเส้น isoline เท่ากับ 5.4 ซึ่งคาดว่าจะมีภาวะมลพิษทางอากาศสูงมาก และแทนด้วยสีแดงเป็นบริเวณที่อยู่ภายในบริเวณกลางของเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ส่วนบริเวณที่มีขอบเขตของเส้น isoline เท่ากับ 10.8 เป็นบริเวณที่คาดว่าจะมีภาวะพิษสูงถึงสูงมาก และขอบเขตของเส้น isoline เท่ากับ 16.2 เป็นบริเวณที่คาดว่าจะมีภาวะมลพิษทางอากาศสูง และแทนด้วยสีเหลือง เป็นบริเวณที่พบส่วนใหญ่บริเวณเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ดังภาพที่ 4.4



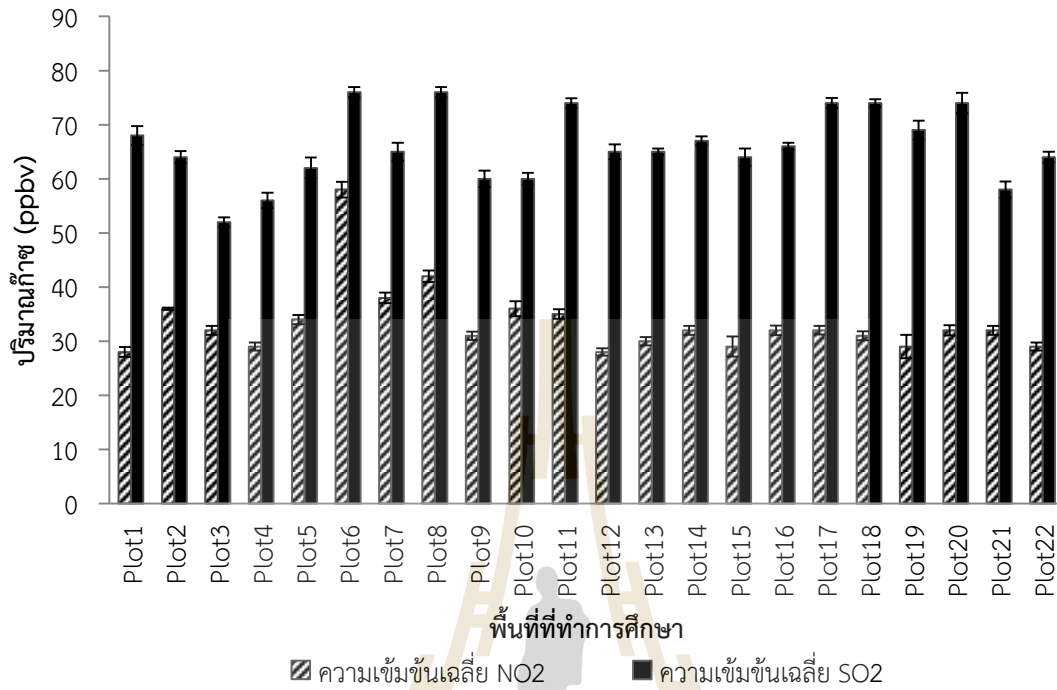
ภาพที่ 4.4 แผนที่คุณภาพอากาศโดยใช้ไลเคนเป็นตัวชี้วัดในเขตบริเวณนิคมอุตสาหกรรมนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง

4.3 การตรวจวัดปริมาณก๊าซโดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแฟลชซีฟ

ตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 22 พื้นที่ ซึ่งได้เก็บตัวอย่างอากาศของฤดูแล้ง ในช่วงวันที่ 25 -29 เมษายน พ.ศ. 2556 โดยในแต่ละพื้นที่ศึกษาได้ทำการวางหลอดเก็บตัวอย่างอากาศที่บรรจุในกล่องป้องกัน จำนวน 4 หลอด/พื้นที่ โดยทำการแขวนหลอดเก็บตัวอย่างอากาศในพื้นที่เป็นเวลา 5 วัน

หลังจากแขวนไว้ 5 วัน หลอดเก็บตัวอย่างอากาศ ถูกนำกลับมาเพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไอออนโครมาโตกราฟี ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม ในรูปของไนเตรต (NO_3^-) และซัลเฟตไอออน (SO_4^-) นำไปคำนวณหาความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศในแต่ละพื้นที่ศึกษา ในหน่วย ppbv โดยพบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ศึกษา มีค่าอยู่ระหว่าง 28-58 ppbv โดยค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้พบที่พื้นที่ที่ 1 (บ้านหนองหวายนิคม) และค่าสูงสุดพบที่พื้นที่ที่ 12 (บ้านวัดโสภณ) ในขณะที่ปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 52-

76 ppbv โดยค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้พบที่พื้นที่ที่ 3 (บ้านห้วยโป่งโน) และค่าสูงสุด พบที่พื้นที่ที่ 6 (บ้านบน) และพื้นที่ที่ 8 (บ้านอิสลาม) แสดงดังภาพที่ 4.5 และตารางที่ 4.11 ตามลำดับ



ภาพที่ 4.5 ความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่



ตารางที่ 4.11 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และค่าความหลากหลาย (diversity index) ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

พื้นที่	ความเข้มข้นเฉลี่ย NO ₂ (ppbv)±SD			ความเข้มข้นเฉลี่ย SO ₂ (ppbv)±SD			Diversity index
Plot1	28	±	0.19	68	±	1.00	2.22
Plot2	36	±	0.02	64	±	1.32	2.08
Plot3	32	±	1.11	52	±	2.11	1.97
Plot4	29	±	0.80	56	±	1.03	2.31
Plot5	34	±	0.36	62	±	0.62	2.36
Plot6	58	±	0.99	76	±	1.61	1.74
Plot7	38	±	0.43	65	±	1.15	1.98
Plot8	42	±	0.23	76	±	0.98	2.22
Plot9	31	±	1.15	60	±	1.42	2.28
Plot10	36	±	0.65	60	±	0.77	2.31
Plot11	35	±	0.38	74	±	1.05	2.06
Plot12	28	±	1.40	65	±	1.28	2.33
Plot13	30	±	0.68	65	±	0.91	2.16
Plot14	32	±	1.11	67	±	1.36	2.23
Plot15	29	±	0.79	64	±	1.33	1.64
Plot16	32	±	0.38	66	±	1.18	2.33
Plot17	32	±	0.39	74	±	1.19	2.02
Plot18	31	±	1.02	74	±	1.10	2.27
Plot19	29	±	1.16	69	±	1.14	1.81
Plot20	32	±	1.33	74	±	0.66	2.29
Plot21	32	±	1.02	58	±	1.44	1.95
Plot22	29	±	1.09	64	±	1.85	1.86

ทำการคำนวณหาค่าความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบริเวณที่ทำการศึกษา โดยจัดช่วงลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้เป็น 4 ชั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.11 เพื่อให้เท่ากับลำดับชั้นคุณภาพอากาศที่ได้ทำการสำรวจโดยใช้ไลเคน โดยภาวะมลพิษน้อยได้แก่ plot1 (บ้านหนองหวายนิคม) plot4 (บ้านบน) plot12 (บ้านวัดโสภณ) plot13 (บ้านหนองน้ำเย็น) plot15 (บ้านหนองแพบ) plot19 (บ้านคลองน้ำหู) plot22 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก) ภาวะมลพิษปานกลางได้แก่ plot3 (บ้านห้วยโป่งใน) plot9 (บ้านมาตาพุด) plot14 (บ้านพูน) plot16

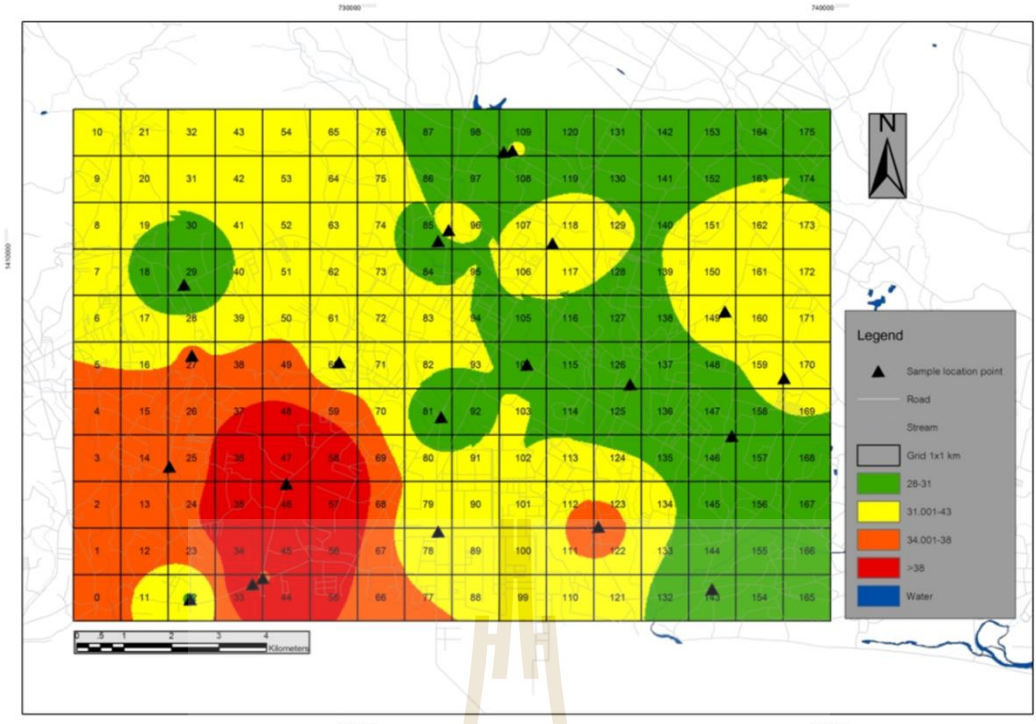
(บ้านเจริญพัฒนา) plot17 (บ้านร่วมพัฒนา) plot18 (บ้านตาอวนอ่าวประดู่) plot20 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) plot21 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง) ภาวะมลพิษสูงได้แก่ plot2 (บ้านตลาดห้วยโป่ง) plot5 (บ้านมาบยา) plot10 (บ้านชากลูกหญ้า) plot11 (บ้านมาบชะลูต) และภาวะมลพิษสูงมากได้แก่ plot6 (บ้านพา) plot7 (บ้านวัดมาบตาพุด) plot8 (บ้านอิสลาม) และนำไปทำลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ แต่ละพื้นที่ที่ทำการศึกษา แสดงไว้ในตารางที่ 4.12 และแผนภาพที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.12 การจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์แต่ละลำดับชั้น

ลำดับที่	ลำดับชั้นของก๊าซ NO ₂	ภาวะมลพิษ	สีในแผนที่
1	> 37	สูงมาก	แดง
2	34-36	สูง	เขียว
3	31-33	ปานกลาง	ส้ม
4	28-30	น้อย	ชมพู

ตารางที่ 4.13 ลำดับชั้นคุณภาพอากาศของความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่

พื้นที่	ปริมาณก๊าซ NO ₂	ลำดับชั้นของก๊าซ NO ₂	มลพิษอากาศ
1	28	28-30	น้อย
12	28		
4	29		
15	29		
19	29		
22	29		
13	30		
9	31	31-33	ปานกลาง
18	31		
3	32		
14	32		
16	32		
17	32		
20	32		
21	32		
5	34	34-36	สูง
11	35		
2	36		
10	36		
7	38	>37	สูงมาก
8	42		
6	58		

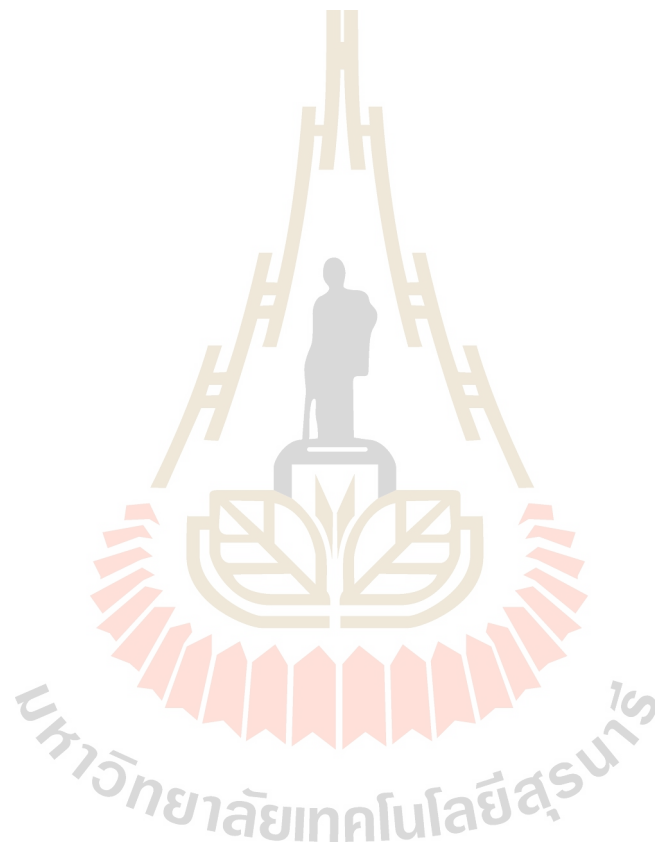


ภาพที่ 4.6 แผนที่คุณภาพอากาศโดยการตรวจวัดปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแฟลชซีฟ

และทำการคำนวณหาค่าความกว้างของลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณที่ทำการศึกษ โดยจัดช่วงลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้เป็น 4 ชั้น แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 เพื่อให้เท่ากับลำดับชั้นคุณภาพอากาศที่ได้ทำการสำรวจโดยใช้ไลเคน โดยภาวะมลพิษน้อยได้แก่ plot3 (บ้านห้วยโป่งใน) plot4 (บ้านบน) ภาวะมลพิษปานกลางได้แก่ plot21 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง) plot9 (บ้านมาบตาพุด) plot10 (บ้านชากรุกหญ้า) plot2 (บ้านตลาดห้วยโป่ง) plot5 (บ้านมาบยา) plot15 (บ้านหนองแพบ) plot22 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก) ภาวะมลพิษสูงได้แก่ plot7 (บ้านวัดมาบตาพุด) plot12 (บ้านวัดโสภณ) plot13 (บ้านหนองน้ำเย็น) plot14 (บ้านพูน) plot16 (บ้านเจริญพัฒนา) plot1 (บ้านหนองหวายนิคม) plot19 (บ้านคลองน้ำหู) และภาวะมลพิษสูงมากได้แก่ plot6 (บ้านพา) plot8 (บ้านอิสลาม) plot11 (บ้านมาบชะลูด) plot17 (บ้านร่วมพัฒนา) plot18 (บ้านดาวอนอ่าวประจักษ์) plot20 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) แสดงไว้ในตารางที่ 4.14 และแผนภาพที่ 4.7 ลำดับ

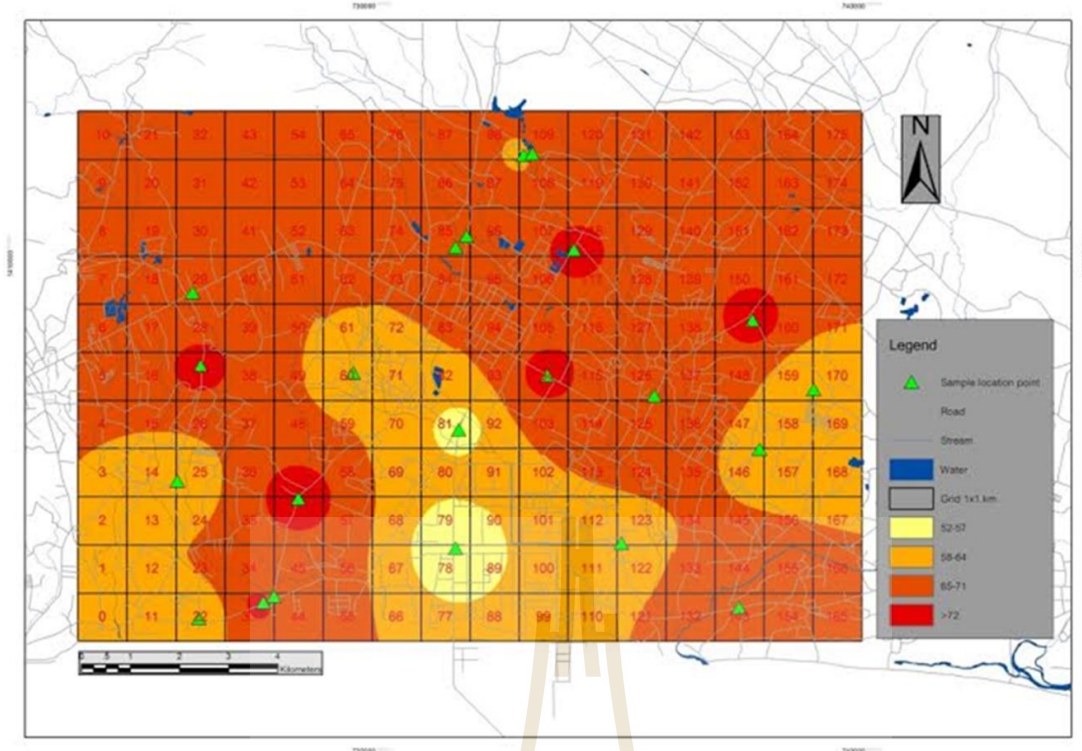
ตารางที่ 4.14 การจัดลำดับชั้นคุณภาพอากาศของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์แต่ละลำดับชั้น

ลำดับที่	ลำดับชั้นของก๊าซ NO ₂	ภาวะมลพิษ	สีในแผนที่
1	> 72	สูงมาก	แดง
2	65-71	สูง	ส้ม
3	58-64	ปานกลาง	ส้มเหลือง
4	52-57	น้อย	ส้มอ่อน



ตารางที่ 4.15 ลำดับชั้นคุณภาพอากาศของความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่

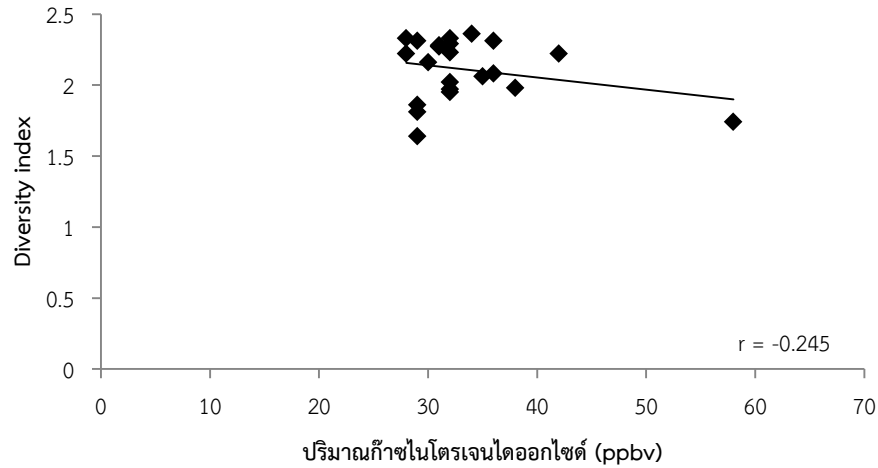
พื้นที่	ปริมาณก๊าซ SO ₂	ลำดับชั้นของก๊าซ SO ₂	ภาวะมลพิษ
3	52	52-57	น้อย
4	56		
21	58	58-64	ปานกลาง
9	60		
10	60		
5	62		
2	64		
15	64		
22	64		
7	65	65-71	
12	65		
13	65		
16	66		
14	67		
1	68		
19	69		
11	74	>72	สูงมาก
17	74		
18	74		
20	74		
6	76		
8	76		



ภาพที่ 4.7 แผนที่คุณภาพอากาศโดยการตรวจวัดปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยใช้เทคนิคการเก็บตัวอย่างแบบแพลตชีฟ

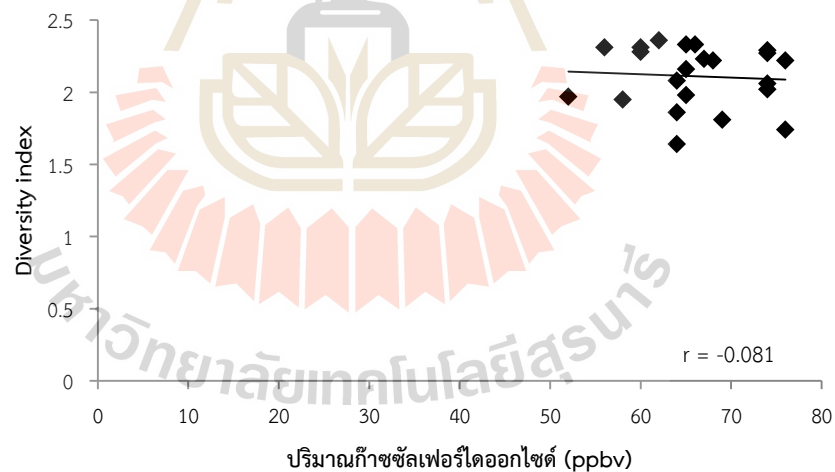
จากการเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศในแต่ละพื้นที่ศึกษาด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA) พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F^* = 2.818, p < 0.05$) ในทำนองเดียวกันค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F^* = 12.032, p < 0.05$) และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลจากการตรวจวัดค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไปทำการทดสอบแบบความแปรปรวนร่วม (ANCOVA) พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($F = 1.824, p < 0.05$)

เมื่อนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับดัชนีความหลากหลายของโลเคนในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับดัชนีความหลากหลายของโลเคนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($r = -0.245, p < 0.05$) ดังภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับดัชนีความหลากหลายของไลเคน

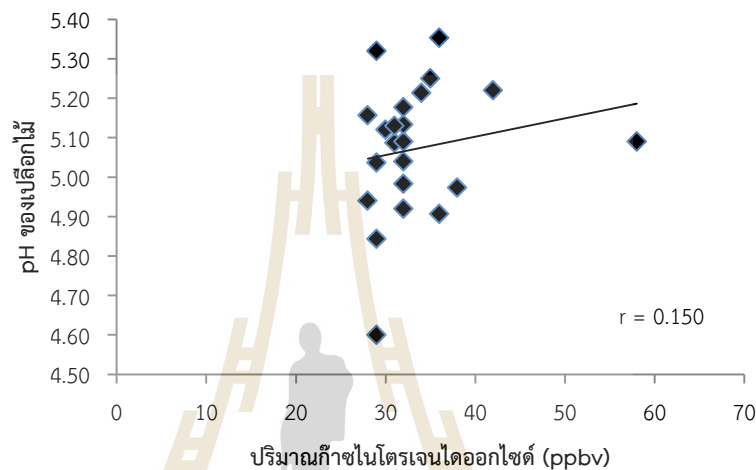
เมื่อนำค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มาทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับดัชนีความหลากหลายของไลเคนในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสัมพันธ์เชิงลบกับดัชนีความหลากหลายของไลเคนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($r = -0.081$, $p < 0.05$) ดังภาพที่ 4.9



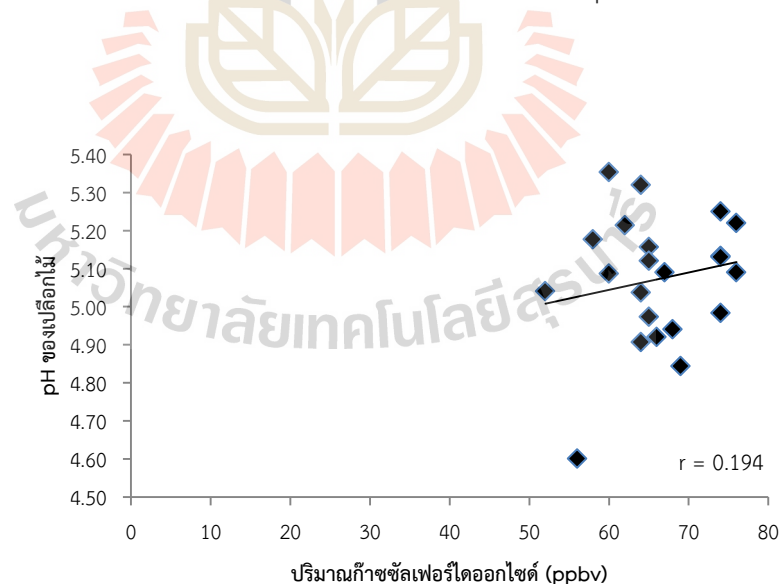
ภาพที่ 4.9 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับดัชนีความหลากหลายของไลเคน

จากภาพที่ 4.8 และภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นถึงแม้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนในพื้นที่ทำการศึกษา ซึ่งพบว่าทั้งก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนในพื้นที่จะมีแนวโน้มที่จะลดลง

จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ กับค่า pH โดยเฉลี่ยของเปลือกไม้ของแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าค่า pH เปลือกไม้ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ ($r = 0.150$, $p < 0.05$) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ($r = 0.194$, $p < 0.05$) ในแต่ละพื้นที่ศึกษาอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังภาพที่ 4.10 และ 4.11 ดังภาพ



ภาพที่ 4.10 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์กับค่า pH โดยเฉลี่ยของเปลือกไม้



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ค่าเฉลี่ยของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับค่า pH โดยเฉลี่ยของเปลือกไม้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 ความหลากหลายของไลเคน

จากการศึกษาความหลากหลายชนิดของไลเคนในเขตพื้นที่บริเวณรอบ ๆ เขตนิคมมาบตาพุด จังหวัดระยอง โดยสำรวจชนิดและเก็บตัวอย่างไลเคนบนเปลือกไม้ของต้นมะม่วง สามารถจำแนกชนิดได้ทั้งหมด 11 วงศ์ 20 สกุล 26 ชนิด ซึ่งไลเคนส่วนใหญ่ที่พบอยู่ใน วงศ์ Physciaceae, Arthoniaceae, Trypetheliaceae และ Graphidaceae สอดคล้องกับการศึกษาของ Saiphunkaew et al. (2005) ที่พบไลเคนในวงศ์ Physciaceae ว่าเป็นวงศ์ที่พบได้อย่างทั่วไปในป่าที่ดอนหรือบริเวณที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย

เมื่อทำการจัดจำแนกถึงระดับชนิดได้ 26 ชนิด แบ่งไลเคนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มครัสโตส และกลุ่มโฟลิโอส พบว่าไลเคนอยู่ในกลุ่มครัสโตสถึง 20 ชนิด ได้แก่ *Arthonia antillarum* (Fée) Nyl., *Arthonia tumidula* (Ach.) Ach., *Arthonia* sp.2, *Cryptothecia* sp., *Chrysothrix xanthina* (L.) Laundon, *Graphina* sp., *Graphis* sp., *Opegrapha rufescens* Pers., *Lecanora leprosa* Fee, *Lecanora* sp., *Anisomeridium* sp., *Buellia* sp., *Rinodina* sp., *Pyrenula* sp., *Bacidia* sp., *Lecanographa* sp., *Caloplaca* sp., *Laurera subbenguelensis* Upreti & Ajay Singh., *Trypethelium tropicum* (Ach.) Müll. Arg. และ *Trypethelium eluteriae* Spreng. ส่วนไลเคนในกลุ่มโฟลิโอส เพียง 6 ชนิด ได้แก่ *Dirinaria applanata* (Fee) D.D. Awasthi, *Hyperphyscia adglutinata* (Florke) H. Mayrh. & Poel, *Physcia dimidiata* (Arnold) Nyl., *Physcia poncinsii* Hue. และ *Pyxine cocoes* (Swartz) Nyl.

จากการสำรวจใน 22 พื้นที่ ไลเคนที่พบมาก คือ *Pyxine cocoes* (Swartz) Nyl และ *Physcia poncinsii* Hue. พบได้ถึง 7 พื้นที่ รองลงมา *Chrysothrix xanthina* (L.) Laundon, *Dirinaria picta* (Sw.) Schaer. ex Clem., *Arthonia tumidula* (Ach.) Ach. และ *Physcia poncinsii* Hue. พบว่าพื้นที่ศึกษาของ plot5 (บ้านมาบยา) มีค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนสูงสุด คือ 2.36 และมีความหลากหลายของไลเคนสูงสุด คือ 9 ชนิด รองลงมาคือ plot12 (บ้านวัดโสมณ) plot16 (บ้านเจริญพัฒนา) plot4 (บ้านบน) และ plot10 (บ้านชากรุกหญ้า) ส่วนพื้นที่ศึกษาที่ plot15 (บ้านหนองแพบ) มีค่าดัชนีความหลากหลาย

ของไลเคนต่ำที่สุด คือ 1.64 และมีความหลากหลายชนิดของไลเคนน้อยพบเพียง 3 ชนิด สำหรับค่าความสม่ำเสมอของไลเคน ในแต่ละพื้นที่มีค่าอยู่ในช่วง 0.55-0.72 และค่าความคล้ายคลึงของ ไลเคนมีค่าอยู่ในช่วง 0.43-0.76

จากการวัดค่าความเป็นกรดต่างของเปลือกไม้บนต้นมะม่วงที่ทำการศึกษาทั้งหมดจำนวน 220 ต้น ใน 22 พื้นที่ศึกษา พบว่าค่า pH เปลือกไม้ของต้นมะม่วงมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.55-5.65 ซึ่งค่า pH เปลือกไม้ของทุกพื้นที่ศึกษามีค่าค่อนข้างเป็นกรด โดยพื้นที่ศึกษาที่เปลือกไม้มีค่า pH เฉลี่ยน้อยที่สุดคือพื้นที่ศึกษาที่ 4 บ้านบน (4.55) ส่วนพื้นที่ศึกษาที่เปลือกไม้มีค่า pH เฉลี่ยมากที่สุดคือพื้นที่ศึกษาที่ 11 บ้านมาบชะลูต (5.65)

ทิศทางบนต้นมะม่วงที่พบไลเคนมากคือ ทิศเหนือและทิศตะวันออก รองลงมาเป็นทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศตะวันตก ทิศตะวันตกเฉียงใต้ และทิศใต้ ตามลำดับ

การจัดช่วงลำดับชั้นคุณภาพอากาศบริเวณที่ทำการศึกษา โดยสามารถจัดชั้นคุณภาพอากาศได้ 4 ชั้น และแทนด้วยสีที่แตกต่างกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของคุณภาพอากาศได้ง่าย ดังภาพที่ 4.6 ซึ่งจะเห็นได้ว่าบริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงมากแทนด้วยสีแดง พบในบริเวณทางด้านฝั่งตะวันตกของเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด พบเพียง 1 พื้นที่ plot21 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมผาแดง) ส่วน plot16 (บ้านเจริญพัฒนา) plot6 (บ้านพา) plot9 (บ้านมาบตาพุด) plot18 (บ้านตาอวนอ่าวประดู่) และ plot20 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด) เป็นบริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงถึงสูงมากแทนด้วยสีส้ม บริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศสูงแทนด้วยสีเหลือง พบ 12 พื้นที่ได้แก่ plot1 (บ้านหนองหวายนิคม) plot5 (บ้านมาบยา) plot7 (บ้านวัดมาบตาพุด) plot8 (บ้านอิสลาม) plot10 (บ้านชากลูกหญ้า) plot11 (บ้านมาบชะลูต) plot12 (บ้านวัดโสภณ) plot13 (บ้านหนองน้ำเย็น) plot14 (บ้านพยุคน) plot17 (บ้านร่วมพัฒนา) plot19 (บ้านคลองน้ำหู) และ plot22 (ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมตะวันออก) และบริเวณที่มีภาวะมลพิษทางอากาศปานกลางแทนด้วยสีเขียว plot4 (บ้านบน) plot15 (บ้านหนองแพบ) plot2 (บ้านตลาดห้วยโป่ง) และ plot3 (บ้านห้วยโป่งใน)

พบค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละพื้นที่ศึกษา มีค่าอยู่ระหว่าง 28-58 ppbv โดยค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้พบที่พื้นที่ที่ 1 (บ้านหนองหวายนิคม) และ ค่าสูงสุดพบพื้นที่ที่ 12 (บ้านวัดโสภณ) ในขณะที่ปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 52-76 ppbv โดยค่าต่ำสุดที่ตรวจวัดได้พบที่พื้นที่ที่ 3 (บ้านห้วยโป่งใน) และค่าสูงสุดพบพื้นที่ที่ 6 (บ้านบน) และพื้นที่ที่ 8 (บ้านอิสลาม)

จากการสำรวจความหลากหลายของไลเคน พบว่าบ้านมาบยามีดัชนีความหลากหลายของไลเคนและจำนวนชนิดของไลเคนมากที่สุดซึ่งอยู่ทางด้านตะวันออกของเขตอุตสาหกรรมมาบตาพุด ในขณะที่บ้านหนองแพรมีค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนและมีจำนวนชนิดของไลเคนน้อยที่สุด ซึ่งตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเขตอุตสาหกรรมมาบตาพุด และจากการสำรวจทิศทางลมในช่วงขณะที่ตรวจวัดความหลากหลายของไลเคนพบว่าลมพัดไปในทิศทางตะวันตกออกจากเขตอุตสาหกรรมมาบตาพุด จากการติดตามตรวจสอบปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศ พบว่าทั้งปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในช่วงเวลาที่ตรวจวัดพบปริมาณก๊าซทางทิศเหนือจากเขตอุตสาหกรรมมาบตาพุดมากที่สุด และพบในทิศตะวันตกเฉียงเหนือ น้อยที่สุด เมื่อนำข้อมูลวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีความหลากหลายของไลเคนกับปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบกับดัชนีความหลากหลายของไลเคนอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($r = -0.245, p < 0.05$) และ ($r = -0.081, p < 0.05$) ตามลำดับ สรุปได้ว่า ปริมาณก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และปริมาณก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ มีผลต่อความหลากหลายของไลเคนและ pH เปลือกไม้ในพื้นที่ศึกษา ทั้งก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่มีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้ค่าดัชนีความหลากหลายของไลเคนในพื้นที่จะมีแนวโน้มที่จะลดลง

5.2 การเผยแพร่ผลการวิจัย

อมรรัตน์ พิทักษ์พงษ์ พงศ์เทพ สุวรรณวารี และ หนูเดือน เมืองแสน. 2557. การใช้ไลเคนเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพอากาศบริเวณโดยรอบนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด จังหวัดระยอง. นำเสนอแบบปากเปล่า. การประชุมวิชาการพฤกษศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 (2-4 เมษายน 2557) ณ อาคาร ๔๐ ปี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

เอกสารอ้างอิง

- จักรพันธ์ จักรบุตร. (2547). การศึกษาการกระจายของมลพิษอากาศ ในบรรยากาศและการพัฒนาโปรแกรม ISCT3 บนระบบปฏิบัติการวินโดว (กรณีศึกษานิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด). [online]. Available: http://dric.nrct.go.th/bookdetail.php?book_id=145396
- มูลนิธิโลกสีเขียว. (2552). คู่มือนักสืบสายลม. กรุงเทพมหานคร. [online]. Available: <http://www.greenworld.or.th>
- วนารักษ์ ไซพันธ์แก้ว กฤติกา ป้อมเผือก แพททรีเซีย วูลเซลลี และสุทธาธร สุวรรณรัตน์. (2550). คู่มือนักสำรวจไลเคน. บริติช เคานซิล. เชียงใหม่.
- วนารักษ์ ไซพันธ์แก้ว. (2551). ไลเคนและการตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการ. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- สุทธิวรรณ เมืองสุวรรณ. (2549). การศึกษาอัตราการเติบโตของไลเคนชนิด *Pyxine cocoes* Swartz ในมหาวิทยาลัยเชียงใหม่และเขตตัวเมือง จังหวัดเชียงใหม่. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- แสงรวี รุณวุฒิ. (2551). การสำรวจความหลากหลายของไลเคนบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง. ปัญหาพิเศษปริญญาตรีสาขาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.
- สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย. (2537). ความหลากหลายทางชีวภาพของไลเคน. Online: <http://www.sesa10.go.th/e-learning/biology/contents/1lichen/1.10.html>
- หน่วยวิจัยไลเคน มหาวิทยาลัยรามคำแหง. (2552). ไลเคน. [online]. Available: <http://www.ru.ac.th/lichen/th.html>
- Ahmadjian, V. and Hale, M. E. (1973). **The lichens**. New York, Academic Press.

- Australian Government. (2013). [online]. Available: https://www.anbg.gov.au/abrs/lichenlist/Australasian_Lichenology.html
- Awasthi, D. D. 1991. A Key to Microlichens of India, Nepal and Sri Lanka. J. Cramer. Berlin Stuttgart.
- Cristofolini, F., Giordani, P., Gottardini, E. and Modenesi, P. (2008). The response of epiphytic lichens to air pollution and subsets of ecological predictors: A case study from the Italian Prealps. *Environmental Pollution*. 151: 308-317.
- Elix, J. A. 1996. Biochemistry and secondary metabolites. In *Lichen Biology*, ed. T.H. Nash III, 154-180. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fрати, L., Caprasecca, E., Santoni, S., Gaggi, C., Guttova, A., Gaudino, S., Pati, A., Rosamilia, S., Pirintsos, S.A. and Loppi, S. (2006). *Environmental Pollution*. Effects of NO₂ and NH₃ from road traffic on epiphytic lichens. 142: 58-64.
- Freitas, M., Costa, N., Rodrigues, M., Marques, J. and Vieira, M. S. (2011). Lichens as bio indicators of atmospheric pollution in Porto, Portugal. *Biodiversity and Ecological Sciences*. No.1, Vol.1, Issue1.
- Geiser, L.H. and Neitlich, P.N. (2007). Air pollution and climate gradients in western Oregon and Washington indicated by epiphytic macrolichens. *Environmental Pollution*. 145: 203-218.
- Gilbert, O. (2004). **Lichens naturally Scottish**. Scottish Natural Heritage, Perth.
- Gombert, S., Asta, J. and Seaward, M. R. D. (2004) Assessment of lichen diversity by index of atmospheric purity (IAP), index of human impact (IHI) and other environmental factors in an urban area (Grenoble, southeast France). *Science of The Total Environment* 25: 183-199.

- Greenergy. (2015) [online]. Available: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=z5REzhK6V7I0.kotnGSr9oqgY>
- Hale, M. E. (1983) *The Biology of Lichens*. Edward Arnold, London
- Knudsen, K. and Kocourkova, J. (2012). The Annotated Checklist of Lichens, Lichenicolous and Allied Fungi of Channel Islands National Park. *Opuscula Philolichemum* 11: 145-302.
- Li, S., Liua, W.Y., Li, D.W. (2012). Bole epiphytic lichens as potential indicators of environmental change in subtropical forest ecosystems in southwest China. *Ecological Indicators*. (29). 93–104 pp.
- Lourens, L. (2013). Lichens. [online]. Available: <http://www.buffelskloof.info/Lichens.htm>
- Loppia, S., Ivanovb, D. and Boccardi, R. (2002). Biodiversity of epiphytic lichens and air pollution in the town of Siena (Central Italy). *Environmental Pollution*. 116: 123-128.
- Lyons, D.J., Dunworth, P.M., Tilbury, D.W. and Johnston, L. (2013). Lichens. [online]. Available: <http://www.countrysideinfo.co.uk/fungi/lichens.htm>
- Greenergy. (2015). แผนที่การใช้พื้นที่ในบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. [online]. Available: <http://thaipublica.org/infographics/maptaphut-map/>
- Gombert, S., Asta, J and Seaward, M.R.D. (2004). Assessment of lichen diversity by index of atmospheric purity (IAP), index of human impact (IHI) and other environmental factors in an urban area (Grenoble, southeast France). *Science of the Total Environment*. 324: 183-199.
- Nash III, T.H. (1996). Introduction. In: Nash III, T.H (ed). *Lichen Biology*. Cambridge University Press.
- Oknation. 2010. โครงการ ปตท. [online]. Available: <http://www.oknation.net/blog/print.php?id=532628>

- Perlmutter, G.B. (2009). Basic Lichenology 2: Reproduction. Bulletin of the California lichen society. 16(1): 7-11.
- Pitakpong, A. (2009). The use of lichen as an indicator for environmental monitoring in Nakhon Ratchasima municipality and Sakaerat Environmental Research Station. M.S. Thesis, Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima.
- Pomphueak, K. (2005). Use of Lichens as Bioindicators for Air Quality Monitoring in Amphoe Mueang Lampang. M.S. Thesis, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Saipunkaew, W. (1994). Lichens as Bioindicators for Air Pollution Monitoring in Doi Suthep Mountain and Chiang Mai City. M.S. Thesis, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Saipunkaew, W., Wolseley, P.A. and Chimonides, P.J. (2005). Epiphytic lichens as indicators of environmental health in the vicinity of Chiang Mai city, Thailand.
- Saipunkaew, W., Wolseley, P.A., Chimonides, P.J. and Boonpragob, K. 2007. Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand. Environmental Pollution 146: 366 – 374.
- Shakya, K. 2004. Passive sampling of nitrogen dioxide and sulfur dioxide in ambient air. M.S. Thesis, Environmental Science, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Shannon, G. E., and Weaver, Warren. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana: The University of Illinois Press.
- Sipman, H. (2003). Key to the Lichen Genera of Bogor, Cibodas and Singapore. [online]. Available: <http://www.bgbm.org/Sipman/keys/Javagenera.htm>
- Sørensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske Skrifter/Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 5:1-34.
- Staxäng, B. (1969). Acidification of bark of some deciduous tree. Oikos 20: 224 – 230.

- VDI. (1995). VDI 3799 Part 1, Measurement of Immission Effects. Measurement and Evaluation of Phytotoxic Effect of Ambient Air Pollution (Immission) with Lichen: Mapping of Lichen for Assessment of the Air Quality. Verein Deutscher Ingenieure, Dusseldorf.
- VDI. 1995. VDI 3799 Part 1, Measurement of Immission Effects. Measurement and Evaluation of Phytotoxic Effect of Ambient Air Pollution (Immission) with Lichen : Mapping of Lichen for Assessment of the Air Quality. Verein Deutscher Ingenieure, Dusseldorf.
- Vicol, I. (2011) Preliminary study using lichen species diversity as an indicator of local environmental quality within two nature reserves from Romania. *Analele Universitatii din Oradea, Fascicula Biologie* 18: 53-58.
- White, F. J., and P. W. James. 1985. A new guide to microchemical technique for the identification of lichen substances. *British Lichen Society Bulletin* 57: 1-41.
- Wiriya, W. 2008. Monitoring and analysis of atmospheric acid deposition in Chiang Mai, Thailand, year 2006 – 2007. M.S. Thesis, Environmental Science, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Wolseley, P. A. and Aquire – Hudson, B. (1997). Lichen of tropical forest in Thailand: A Field key to characteristic epiphytic species in northern Thailand. Botany Department, The Natural History Museum. London.

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) รศ. ดร.หนูเดือน เมืองแสน
(ภาษาอังกฤษ) Assoc. Prof. Dr. Nooduan Muangsan
2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์โทรสารและ E-mail
สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
111 ถนนมหาวิทยาลัย ตำบลสุรนารี อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
โทรศัพท์ 044-224249, โทรสาร 044 – 224633, E-mail : nooduan@sut.ac.th
4. ประวัติการศึกษา
2546 Ph.D. (Plant Molecular Biology), North Carolina State University, USA
2539วท.บ. (ชีววิทยา เกียรตินิยม อันดับ 1) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. ผลงานวิชาการ
 1. Peele, C., Jordan, C. V., **Muangsan, N.**, Turnage, M., Egelkrou, E., Eagle, P., HanleyBowdoin, L., and Robertson, D. 2001. Silencing of a meristematic gene using geminivirus-derived vectors. Plant J. 27: 357-66.
 2. Turnage, M. A., **Muangsan, N.**, Peele, C. G., and Robertson, D. 2002. Geminivirus-based vectors for gene silencing in Arabidopsis. Plant J. 30: 107-14.
 3. **Muangsan N**, Beclin C, Vaucheret H, and Robertson D. 2004. Geminivirus VIGS of endogenous genes requires SGS2/SDE1 and SGS3 and defines a new branch in the genetic pathway for silencing in plants. Plant J. 38(6): 1004-14.

4. **Muangsan, N.**, and Robertson, D. 2004. Geminivirus vectors for transient gene silencing in plants. RNA Interference, Editing, and Modification. Jonatha M. Gott Series: Methods and Protocols, Humana Press, 265: 101-115.
5. Bernacki, S., Richard, J., **Muangsan, N.** and Robertson, D. 2008. Extending functional genomics: VIGS for model and crop plants. p227 - 250. The Handbook of Plant Functional Genomics: Concepts and Protocols. Edited by Guenter Kahl and Khalid Meksem. WILEY-VCH, Weinheim.
6. Khampila, J., Theerakulpisut, P., Lertrat, K., Saksirirat, W., Sanitchon, J. and **Muangsan, N.** 2008. Identification of RAPD Markers for Northern Corn Leaf Blight Resistance in Waxy Corn (*Zea mays* var. *ceratina*). Asian Journal of Plant Sciences 7 (1): 18-21.
7. Khampila, J., Lertrat, K., Saksirirat, W., Sanitchon, J., **Muangsan, N.** and Theerakulpisut, P. 2008. Identification of RAPD and SCAR markers linked to northern leaf blight resistance in waxy corn (*Zea mays* var. *ceratina*). Euphytica. 164: 615-625.
8. Kijwijan, B., Nokmai, J., and **Muangsan, N.** 2008. Effects of tyrosine and plant growth regulators on growth and development of *Gloriosa superba* Linn.in vitro. Khon Kaen AGR. J., 36: 144-152. [In Thai]
9. Prajuabmon, A., Theerakulpisut, P., Kijwijan, B. and **Muangsan, N.** 2009. In Vitro investigation on salt Tolerant characteristics of rice seedlings (*Oryza sativa* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 28: 423-427
10. Pimchun, O. and **Muangsan, N.** 2011. In Vitro regeneration of purple glutinous rice (*Oryza sativa* L.). KCU Sci J. 39(4): 621-630 [In Thai]

11. Krudnak, A., Muangsan, N. and Machikowa, T. 2013. High frequency callus induction through anther culture in high oil sunflower (*Helianthus annuus* L.). *KKU Res J.* 18(1): 64-72 [In Thai]
12. Saensee K., Machikowa T. and Muangsan N. 2012. Comparative performance of sunflower synthetic varieties under drought stress. *International Journal of Agriculture and Biology.* 14: 929-934.
13. Jantasee A., Thumanu K., Muangsan N., Leeanansaksiri W. et al. 2014. Fourier transform infrared spectroscopy for antioxidant capacity determination in colored glutinous rice. *Food Analytical Methods.* 7: 389-399.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นายพงศ์เทพ สุวรรณวารีย์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Pongthep Suwanwaree

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงาน

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000

โทรศัพท์ 044 - 224633, โทรสาร 044 - 224633

E-mail: pongthep@sut.ac.th, ptsuwan@hotmail.com

4. ประวัติการศึกษา

2546 Ph.D. (Crop and Soil Science), Michigan State University, U.S.A.

2537 วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2534 วิทยาศาสตรบัณฑิต (พฤกษศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. ผลงานทางวิชาการ

1. Dorji, K. and P. Suwanwaree. 2011. CO₂ emission from natural forest, forest plantation and agricultural areas in the Northeast of Thailand. RNR Journal.7(1).Ministry of Agriculture and Forests. Bhutan.
2. Phiapalath, P., C. Borries and P. Suwanwaree. 2011. Seasonality of group size, feeding, and breeding in wild red-shanked douc langurs (Lao PDR). American Journal of Primatology. 73:1-11.
3. Phiapalath, P. and P. Suwanwaree. 2010. Time budget and activity of Red-shanked douc langur (*Pygathrix nemaeus*) in HinNamno National Protected Area, Lao PDR. p.171-178In T. Nader, B.M. Rawson and V.N. Thinh (eds.). Conservation of Primates in Indochina.Frankfurt Zoological Society and Conservation International, Hanoi, Vietnam.
4. Somniam, P. and P. Suwanwaree. 2009. The diversity and distribution of terrestrial earthworms in Sakaerat Environmental Research Station and adjacent areas, NakhonRatchasima, Thailand. World Applied Science Journal. 6 (2): 221-226.
5. Smith, R. G., C.P. McSwiney, A.S. Grandy, Suwanwaree, P. R.M. Snider, and G. P. Robertson. 2008. Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. Soil & Tillage Research. 100: 83-88.
6. Suwanwaree, P. and P. Phiapalath. 2008. The local livelihood and natural resource management survey and its implication on the integrated conservation and development projects: a case study in Attapeu, Lao PDR. KCU Science Journal. 36 (Supplement): 199-211.
7. Suwanwaree, P. and P. Phiapalath. 2006. Environmental policy of Lao PDR: a review. Environment and NaturalResources Journal. 4: 1-16.

2. Seeprasert, T., Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P. and Thong-a-ram, D. 2004. Pollen morphology and RAPD analysis of some closely related taxa of *Polygonum*. In: **The 30th Congress on Science and Technology of Thailand**. Bangkok, Thailand. B0129.
3. Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P., Thong-a-ram, D., Khampila, J., Triboun, P. and Mahakham, W. 2004. Interspecific relationship in *Zingiber*(Zingiberaceae) from northeast Thailand based on nuclear ribosomal DNA ITS sequences. In: **The 30th Congress on Science and Technology of Thailand**. Bangkok, Thailand. B0150.
4. Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P., Thong-a-ram, D., Khampila, J., Triboun, P. and Mahakham, W. 2005. Genetic variation of the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) in Thailand detected by RAPD markers. In: **The 31st Congress on Science and Technology of Thailand**. Nakhonratchasima, Thailand. B0042.
5. Theerakulpisut, P., Chantaranothai, P., Triboun, P., Thong-a-ram, D., Khampila, J. and Mahakham, W. 2006. Classification of the genus *Zingiber* (Zingiberaceae) based on ribosomal DNA sequences and RAPD markers. **4th International Symposium on the Family Zingiberaceae**, 3rd – 6th July 2006, Singapore Botanic Garden, Singapore.
6. Kanawapee, N., Theerakulpisut, P., Bunnag, S., Maensiri, D. and P. Chantaranothai. 2006. DNA fingerprint and molecular diversity of four species of *Phyllanthus* assessed through RAPD analysis. In: **The 31st Congress on Science and Technology of Thailand**. Bangkok, Thailand. B4_B0087.
7. Theerakulpisut, P., Kanawapee, N., Maensiri, D, Bunnag, S. and Chantaranothai, P. 2006. Development of sequence characterized amplified region (SCAR) markers for identification of *Phyllanthusamarus*, *P. debilis* and *P. urinaria*(Phyllanthaceae). In: **The 1st Sino-Thai conference on traditional medicine and natural health**

- products proceeding**. 13-19 November 2006. Nanning, Guangxi, People Republic of China. pp. 118-122.
8. Thong-a-ram, D., Namdee, K. and Mahakam, W. 2005. Classification of the genus *Caulokaempferia* K. Larsen (Zingiberaceae) based on the molecular phylogenetic analysis. **KKU Research Journal** 10(1):5-12. (In Thai)
 9. Kultonlaksami, T. Maensiri, D. and Saensook, S. 2007. Variation of the internal transcribed spacer of ribosomal DNA among some *Alpinia* Roxb. (Zingiberaceae) species and its application for species identification. In: **The 9th symposium on graduate research, 19th January 2007**, KhonKaen University, Thailand. BMP-6. (In Thai)
 10. Topon, O., Maensiri, D., Monthatong, M. and Amornkitbumrung, V. 2007. Diamond-like carbon film chip for biological molecule detection. In: **German-Thai symposium on nanoscience and nanotechnology** 27-28 September 2007, The Tide Resort, Chonburi. pp 183-187. German-Thai Symposium on Nanoscience and Nanotechnology.
 11. Theerakulpisut, P., Kanawapee, N., Maensiri D., Bunnag, S. and Chantaranothai, P. 2008. Development of species-specific SCAR markers for identification of three medicinal species of *Phyllanthus*. **Journal of Systematics and Evolution** 46(4): 614-621.
 12. Chongka, M., Maensiri, D. and Saensook, S. 2009. *matK* and *trnH-psbA* intergenic spacer to be used as DNA barcodes: preliminary evaluation by the assessment of intraspecific sequence variation in *Alpinia galanga* (L.) Wild. **KKU Science Journal** 37(2): 173-182. (In Thai)

13. Phannorit, S., Maensiri, D. and Montatong, M. 2009. Screening of EST-SSRs to develop genetic markers related to salt tolerance of rice. **KKU Research Journal (Graduate Studies) 9(2): 22-29.** (In Thai)
14. Jantasee A., Thumanu K., Muangsan N., Leraanaksiri W. et al. 2014. Fourier transform infrared spectroscopy for antioxidant capacity determination in colored glutinous rice. *Food Analytical Methods*. 7: 389-399.

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นาย พงษ์ฤทธิ์ ครบปรัชญา
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Pongrit Krubphachaya
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร
สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
โทรศัพท์: 044-224295 โทรสาร: 044-224633
e-mail : pongrit@sut.ac.th
4. ประวัติการศึกษา
2551 วิทยาศาสตร์ดุขฎิบัณฑิต (อณูพันธุศาสตร์- พันธุวิศวกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล
2544 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (อณูพันธุศาสตร์- พันธุวิศวกรรมศาสตร์) มหาวิทยาลัยมหิดล
2532 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
5. ผลงานทางวิชาการ
1. การหมักแอลกอฮอล์โดยตรงจากแป้งมันสำปะหลังด้วยยีสต์ที่ผ่านการดัดแปลงพันธุกรรม/
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ 50 %

ผู้ร่วมวิจัย

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาวอรุณย์ภัค พิทักษ์พงษ์
(ภาษาอังกฤษ) Miss Arunpak Pitakpong

2. ตำแหน่งปัจจุบัน นักศึกษา

3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

สาขาวิชาชีววิทยา สำนักวิชาวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โทรศัพท์: 044-224295 โทรสาร: 044-224633

e-mail : pongrit@sut.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

2553 กำลังศึกษาวิทยาศาสตร์ดุขภูิบัณฑิต (ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2552 วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ชีววิทยาสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2549 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ที่ปรึกษาโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วณารักษ์ ไชพันธ์แก้ว
(ภาษาอังกฤษ) Asst. Prof. Dr. Wanaruk Saipunkaew

2. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

3. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมโทรศัพท์และโทรสาร

อาจารย์ประจำสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

หมายเลขโทรศัพท์ 053-222180 โทรสาร 053-222268

E-mail: wanaruk@chiangmai.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

- 2001 Postdoctoral at Cryptogamic Section, Botany Department, The Natural History Museum, London, UK
- 1997- 2000 University: Ph.D. student at Biogeography section, Institute of Environmental Science (Institut für Natur-, Landschafts-und Umweltschutz), University of Basel, Switzerland
- 1992-1994 University: M.Sc. (Environmental Risk Assessment for Tropical ecosystems), Chiang Mai University, Thailand
- 1987-1991 University: B.Sc. (Biology), Khon Kaen University, Thailand
- 1981-1987 Secondary school: Satirachinutid Udonthai, Thailand
- 1973-1981 Primary school: Anubal Udonthani, Thailand

5. ผลงานทางวิชาการ

1. **Saipunkaew, W., Wolseley, P.A., Chimonides, P.J. & Boonpragob, K. (2007).** Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand. *Environmental Pollution*.146 (2): 366-374.
2. **Saipunkaew, W., Pomphueak, K., Wolseley, P. & Suwannaratana, S. (2007)** Lichen Investigator Handbook. British Council, Chiang Mai. (in Thai).
3. **Saipunkaew, W. (2006)** Greenhouse effect and global warming. In: D. Apawatcharutt (ed.) *Handout for Atmospheric Study in Chiang Mai-Lampoon Area*. Social Research Institute. Chiang Mai University. (in Thai).
4. **Saipunkaew, W. (2006)** Lichen as Bioindicator. In: D. Apawatcharutt (ed.) *Handout for Atmospheric Study in Chiang Mai-Lampoon Area*. Social Research Institute. Chiang Mai University. (in Thai).

5. Sparrius, L.B., **Saipunkaew, W.**, Wolseley, P.A. & Aptroot (2006) New species of Bactrospora, Enterographa, Graphidastra and Lecanographa from northern Thailand and Vietnam. *The Lichenologist* 38 (1):27-36.
6. Sparrius, L.B. & **Saipunkaew, W.** (2005) *Cryptothecia punctasorediata*, a new species from Northern Thailand. *The Lichenologist* 37 (6): 507-509.
7. **Saipunkaew, W.** Wolseley, P & Chimonides, P.J. (2005) Epiphytic lichens as indicators of environmental health in the vicinity of Chiang Mai city, Thailand. *The Lichenologist*. 37 (4): 345-356.
8. Subsri, P. & **Saipunkaew, W.** (2002) *Mango Tree Bark as Bioindicator for Air Pollution Monitoring in Chiang Mai City*. *Chiang Mai Journal of Science*. 29 (3).
9. Graft, T. & **Saipunkaew, W.** (1999) Luftgütebestimmung in der Agglomeration Basel mittels Flechten biomonitoring. *Regio Basiliensis* 40 (2): 89-98.
10. Nagel, P., **Saipunkaew, W.** & Smrekar, G. (1998) Umweltüberwachung und ökologische Raumbewertung. *Uni Nova* 82: 39-42.