



การติดตามตรวจสอบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศในจังหวัดลำปาง โดยการ เก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ

Monitoring of Ambient Nitrogen Dioxide Concentrations in Lampang City by Passive Sampling

โสภิษฐพร ศิลปภิมย์สุข^{1*} และรุ่งเรือง จันทา²

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง จังหวัดลำปาง 52100

²สาขาวิชาเทคโนโลยีทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์และทรัพยากร

มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช 80161

*Corresponding Author, E-mail: s.sopittaporn@gmail.com

บทคัดย่อ

ไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และยังเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์ฝนกรด งานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์แบบพาสซีฟในเขตอำเภอเมืองลำปาง โดยเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่การจราจร และพื้นที่เขตชุมชนใกล้เคียงกับพื้นที่การจราจร ผลการวิจัยพบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจากรถมีค่าอยู่ในช่วง 25.6-36.2 พีพีบี ส่วนในพื้นที่เขตชุมชนมีค่าอยู่ในช่วง 7.4-9.1 พีพีบี โดยพื้นที่แยกจากรถและพื้นที่ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ส่วนใหญ่จากทั้งสองพื้นที่มีความสัมพันธ์กัน ($r = 0.580-0.860$) อาจกล่าวได้ว่าไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระบายจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากการจราจรบนท้องถนนส่งผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่เขตชุมชนใกล้เคียง นอกจากนี้ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างไนโตรเจนไดออกไซด์ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ($r = 0.733-0.909$) และโอโซน ($r = 0.589-0.734$) ชี้ให้เห็นว่ามลพิษที่กล่าวมาในพื้นที่อำเภอเมืองลำปางน่าจะถูกระบายมาจากแหล่งกำเนิดเดียวกัน อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศจะลดลงเนื่องจากการชะล้างด้วยน้ำฝนที่ตกลงมา ($r = -0.586$ ถึง -0.727)

ABSTRACT

NO₂ is an important air pollutant because of its adverse effects on human health and welfare, especially its contribution to environmental acidification. NO₂ was collected by passive sampling in Lampang city for both road sites and community sites, which located near the road sides. The results revealed that average NO₂ concentrations in road sites were ranged from 25.6-36.2 ppb, while those in community sites were ranged from 7.4-9.1 ppb. Average NO₂ concentrations in road sites and community sites collected during summer were significantly differences ($p < 0.05$) from those during rainy season. However, most of NO₂ concentrations in both areas were significantly correlated ($r = 0.580-0.860$). It can be concluded that NO₂ emitted from motor vehicle exhaust can affect to NO₂ concentrations in community sites. Moreover, the significant correlation between NO₂,

PM10 ($r = 0.733-0.909$) and ozone ($r = 0.589-0.734$) distinguished that those pollutants in Lampang city were emitted from similar source. However, NO_2 concentration in the ambient air was decreased from washing of rainfall ($r = -0.586$ to -0.727).

คำสำคัญ: ไนโตรเจนไดออกไซด์ การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ มลพิษทางอากาศ

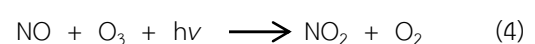
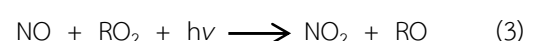
Keywords: Nitrogen Dioxide, Passive Sampling, Air Pollution

บทนำ

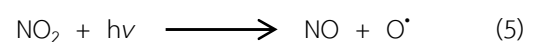
มลพิษทางอากาศ เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เห็นชัดเจนทั้งในเขตชุมชนขนาดใหญ่ และพื้นที่พัฒนาที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของกิจกรรมอุตสาหกรรม การคมนาคม การจราจร และการก่อสร้าง รวมทั้งพื้นที่ที่ตั้งโรงไฟฟ้า สารมลพิษทางอากาศที่เป็นปัญหาหลักและมีแนวโน้มเกินมาตรฐาน ซึ่งจะยังคงเป็นปัญหาในอนาคต ที่สำคัญ ได้แก่ ฝุ่นละออง คาร์บอนมอนอกไซด์ สารตะกั่ว ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) ไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีสีน้ำตาลแดง ละลายน้ำได้ดี และอยู่ในอากาศได้เพียง 3 วัน ก่อนที่จะกลายเป็นสารอื่นต่อไป ไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซประเภทเดียวกับก๊าซที่มีปฏิกิริยาสูงที่เรียกว่า “ออกไซด์ของไนโตรเจน (oxide of nitrogen หรือ NO_x)” ก๊าซเหล่านี้จะเกิดขึ้นเมื่อเชื้อเพลิงถูกเผาไหม้มีอุณหภูมิสูง ซึ่งได้มีการจัดแบ่งชนิดของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนไว้ 7 รูปแบบ ได้แก่ ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ (N_2O_2) ไดไนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) ไดไนโตรเจนเพนทอกไซด์ (N_2O_5) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ซึ่งออกไซด์ของไนโตรเจนทั้ง 7 รูปนี้มีเพียงไนตริกออกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์เท่านั้นที่เป็นสารมลพิษทางอากาศที่สำคัญที่ระดับพื้นผิวโลก (คิวพันส์, 2556)

ไนโตรเจนไดออกไซด์มีสถานะก๊าซที่อุณหภูมิห้องสามารถเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ได้แก่ ฟ้าผ่า ฟ้าแลบ ภูเขาไฟระเบิด และเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น ถูกระบายจากยานพาหนะ การเผาผลาญเชื้อเพลิง การอุตสาหกรรมผลิตเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ การทำกรดไนตริก กรดกำมะถัน การชุบโลหะและการทำวัตถุระเบิด เป็นต้น ไนโตรเจนไดออกไซด์ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์และสัตว์โดยมีผลระยะยาวคือต่อระบบทางเดินหายใจ สามารถเข้าไปในระบบทางเดินหายใจส่วนหลอดลมและถุงลม เกิดอาการคล้ายกับโรคหลอดลมตีบตัน (วนิดา, 2551; Kraft et al., 2005) อีกทั้งยังมีส่วนในการ

ก่อให้เกิดหมอกควันสีน้ำตาลที่มีผลต่อทัศนวิสัยในการมองเห็น นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการตกสะสมของกรดในระบบนิเวศ โดยไนโตรเจนไดออกไซด์เกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนรูปเป็นกรดไนตริก ซึ่งมีฤทธิ์กัดกร่อนโลหะ สิ่งก่อสร้างอาคารต่างๆ ทำให้วัสดุที่เป็นยางเสื่อมคุณภาพ ทำให้ต้นไม้และพืชตาย เกิดความสูญเสียต่างๆ มากมาย (Verma et al., 2008) โดยจากการศึกษาปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x : $\text{NO} + \text{NO}_2$) พบว่า ร้อยละ 75 ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ซึ่งเกิดจากการระบายจากยานพาหนะและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ในขณะที่ร้อยละ 30-40 มาจากสารประกอบไนโตรเจน ในกระบวนการเกษตร (สุทัสสา, 2553) ไนโตรเจนไดออกไซด์จึงถูกพิจารณาให้เป็นมลพิษที่เกิดจากการจราจรและใช้เป็นตัวบ่งชี้มลพิษที่เกิดการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ (Stranger et al., 2008) ซึ่งกระบวนการเกิดสารมลพิษต่างๆ จากการเผาไหม้เครื่องยนต์แสดงดังรูปที่ 1 และรูปแบบการเกิดไนโตรเจนไดออกไซด์แสดงดังสมการที่ (1) – (4) (สุนทรี, 2555)



สารในกลุ่มออกไซด์ของไนโตรเจนจะสลายตัวเป็นไนตริกออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ และอนุมูลอิสระของออกซิเจน ซึ่งมีความว่องไวในการทำปฏิกิริยามาก โดยไนโตรเจนไดออกไซด์สามารถเกิดปฏิกิริยาต่อได้เมื่อมีแสงมากระตุ้นดังสมการที่ (5)

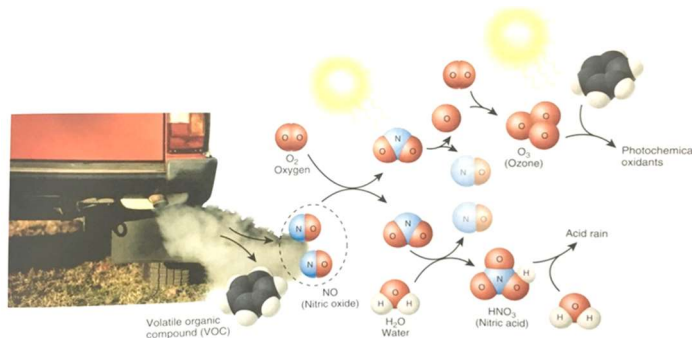


ออกซิเจนอะตอมที่ได้จากสมการที่ (5) จะทำปฏิกิริยากับออกซิเจน เกิดเป็นโอโซน ดังสมการที่ (6) ซึ่งโอโซนนี้ถือเป็นตัวการสำคัญในการเกิดปรากฏการณ์โฟโตเคมีคอลสมอก (photochemical smog)



ในการตรวจวัดหาความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศนั้นสามารถใช้วิธีการตรวจวัดตามวิธีการมาตรฐานและวิธีการเทียบเท่าขององค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อมของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดวิธีการวัดไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยระบบเคมีลูมิเนสเซนส์ (chemiluminescence) เป็นวิธีการมาตรฐานและวิธีการทางเคมี วิธีโซเดียมอาร์ซีไนต์ (sodium arsenite) และวิธีทีจีเอส-เอเอ็นเอสเอ (TGS-ANSA) เป็นวิธีการเทียบเท่า หรือเป็นการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ (active sampling) ที่ต้องใช้ปั๊มในการดูดอากาศ อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้มี

ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาค่อนข้างสูง ในทางกลับกันการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟ (passive sampling) ที่อาศัยการไหลอย่างอิสระของอากาศที่มีข้อดีในการเคลื่อนย้ายไปได้ทุกที่ จึงถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย นอกจากนี้ยังมีข้อดี คือ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ง่าย ไม่ต้องใช้ปั๊มในการดูดอากาศ ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า ไม่มีเสียงรบกวน มีน้ำหนักเบา และมีราคาถูก การเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟอาศัยหลักการแพร่ของก๊าซผ่านเมมเบรน โดยเมมเบรนจะเคลือบด้วยสารเคมีเพื่อดูดซับหรือเกิดปฏิกิริยากับก๊าซ การซึมผ่านของก๊าซเป็นการแพร่ของโมเลกุลของก๊าซอย่างอิสระที่เกิดจากความเข้มข้นที่ต่างกันของก๊าซในอากาศกับก๊าซบนเมมเบรน พลิกซ์ของมวลสารสามารถใช้กฎการแพร่ข้อที่หนึ่งของฟิค (Fick's First Law of Diffusion) ซึ่งอธิบายได้ว่าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารมลพิษ (Bootdee et al., 2012; Rosario et al., 2016)



รูปที่ 1 กระบวนการเกิดสารมลพิษต่างๆ จากการเผาไหม้เครื่องยนต์ (Cunningham and Cunningham, 2015)

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมสารละลาย (Chalermrom, 2008)

1.1 สารละลายไตรเอทานอลามีนความเข้มข้น 20% (สารละลาย TEA) ปิเปตสารละลายไตรเอทานอลามีน 20 มิลลิลิตร ลงในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน

1.2 สารละลายซัลฟานิลไมด์ ชั่งสารซัลฟานิลไมด์ 10.75 กรัม นำมาละลายด้วยกรดฟอสฟอริก 28 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออนในขวดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร

1.3 สารละลายเอ็น-วัน-แนพซิลเอทิลีนไดเอมีน ไตไฮโดรคลอไรด์ (สารละลาย NEDA) ชั่งสารเอ็น-วัน-แนพซิลเอทิลีนไดเอมีน ไตไฮโดรคลอไรด์ 0.152 กรัม นำมาละลายด้วย

น้ำปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

1.4 สารละลายซอลท์ซมันน์ นำสารละลายซัลฟานิลไมด์ผสมกับสารละลาย NEDA ในอัตราส่วน 10:1 แล้วเก็บไว้ในที่เย็นและทึบแสง

1.5 สารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์ เตรียมสารละลายมาตรฐานโซเดียมไนไตรต์ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยชั่งสารโซเดียมไนไตรต์ 0.15 กรัม ละลายด้วยน้ำปราศจากไอออน แล้วปรับปริมาตรในขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายโซเดียมไนไตรต์ความเข้มข้น 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเจือจางให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 0.02-4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.6 การวัดความเข้มข้นสารละลายไนไตรต์ ปิเปตสารละลายโซเดียมไนไตรต์ที่มีความเข้มข้นต่างๆ 1 มิลลิลิตร

จากนั้นเติมสารละลายซอลท์ซมันน์ ซึ่งเป็นสารที่ทำให้เกิดสี ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าและตั้งทิ้งไว้ 10 นาที แล้วนำไปวัดค่า การดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอูวี- วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ และสร้างกราฟมาตรฐานระหว่าง ความเข้มข้นสารละลายไนโตรเจนและการดูดกลืนแสง เพื่อนำมา คำนวณหาค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนต่อไป

2. การเตรียมหลอดเก็บตัวอย่าง (Chalermrom, 2008; Bootdee, 2009; Khamkaew, 2010)

2.1 เตรียมอุปกรณ์เก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ แบบพลาสติกชนิดหลอด โดยตัดแปลงมาจากหลอดชนิดยาพอลิ- โพรพิลีน ขนาด 10 มิลลิลิตร ยาว 7.7 เซนติเมตร เส้นผ่าน ศูนย์กลาง 1.6 เซนติเมตร นำมาทำความสะอาดโดยการแช่ในน้ำ ปราศจากไอออน และล้างด้วยคลื่นเสียงของเครื่องอัลตราโซนิ- เคเตอร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.2 ทำการตัดกระดาษกรองแบบใยแก้ว (GF/A) (Whatman) ให้มีขนาดพอดีกับพื้นที่หน้าตัดของหลอดชนิดยา จากนั้นทำความสะอาดด้วยการล้างด้วยคลื่นเสียง เป็นเวลา 30 นาที แล้วกลั้วด้วยน้ำปราศจากไอออน ก่อนนำไปอบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.3 บรรจุกระดาษกรองแบบใยแก้วที่ตัดให้มีขนาดพอดี กับพื้นที่หน้าตัดของหลอดเก็บตัวอย่างลงในหลอดเก็บตัวอย่าง แล้วเปิดสารละลาย TEA ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ลงบน กระดาษกรอง จากนั้นปิดฝาและพันด้วยพาราฟิล์ม

2.4 นำหลอดเก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้ไปยึดติดกับกล่อง วางตัวอย่าง (Shelter) เพื่อลดผลกระทบจากสภาวะ อุณหภูมิวิทยา เช่น ลม แสงแดด และฝน โดยใน 1 กล่องวางตัว อย่างประกอบด้วยหลอดเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ จำนวน 5 หลอด และหลอดเปรียบเทียบจำนวน 3 หลอด จากนั้นนำกล่องวางตัวอย่าง ไปแขวนที่จุดเก็บตัวอย่างให้สูงจาก พื้นดินประมาณ 1.5-2.0 เมตร แล้วทำการเปิดฝาหลอดที่ใช้เก็บ ตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์จำนวน 5 หลอด ส่วนหลอด เปรียบเทียบ จำนวน 3 หลอด ยังคงปิดฝาหลอดไว้

2.5 เมื่อครบกำหนดการเก็บตัวอย่าง ทำการเก็บหลอด เก็บตัวอย่าง ปิดฝาและพันพาราฟิล์ม นำไปแช่เย็นจนกว่าจะทำ การวิเคราะห์

3. การสกัดและวิธีการวิเคราะห์หาความเข้มข้นไนโตรเจนได ออกไซด์ (Bootdee et al., 2012)

หลังจากเก็บตัวอย่างแล้ว ทำการสกัดตัวอย่างในแต่ละ หลอดด้วยน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้า กันด้วยเครื่องเขย่า (Vortex) และตั้งทิ้งไว้ 15 นาที กรอง สารละลายผ่านกระดาษกรองเซลลูโลสอะซิเตท ขนาด 0.45 ไมครอน (Syringe filter) จากนั้นนำสารละลายที่สกัดและผ่าน การกรองแล้วปริมาตร 1 มิลลิลิตร มาตรวจวัดความเข้มข้นของ โซเดียมไนโตรเจน ตามหัวข้อที่ 1.6 เพื่อนำมาใช้คำนวณหาความ เข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ ดังสมการ

$$C = [(Q \times L)/(A \times t \times D)] \times [24.45/46]$$

C คือ ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศ (พีพีบี)

Q คือ ปริมาณของไนโตรเจน (ไมโครกรัม)

L คือ ความยาวของหลอดเก็บตัวอย่าง (เมตร)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของหลอดเก็บตัวอย่าง (ตารางเมตร)

t คือ เวลาในการเก็บตัวอย่าง (วินาที)

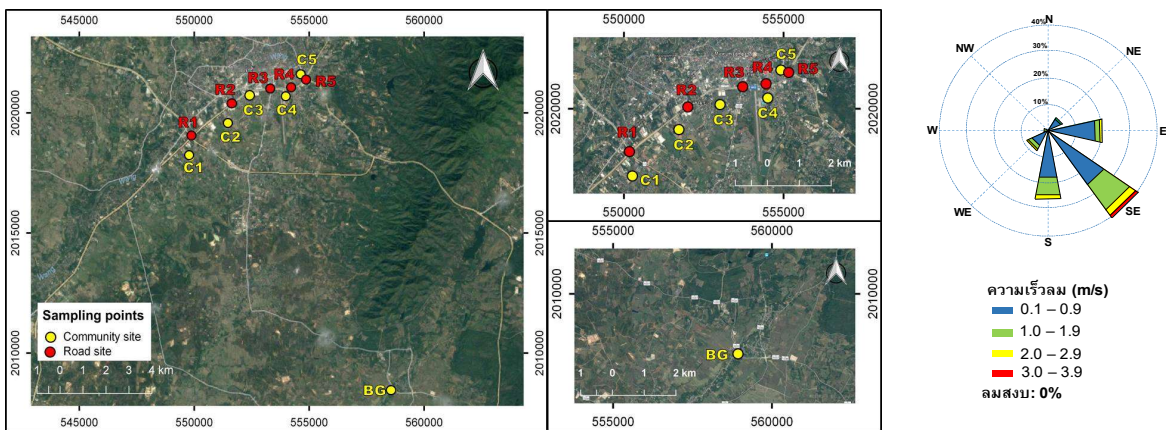
D คือ ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของไนโตรเจนไดออกไซด์ (ตารางเมตรต่อวินาที)

4. การเก็บตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศ ในช่วง 3 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูร้อน (เมษายน – พฤษภาคม 2558) ฤดูฝน (กรกฎาคม – สิงหาคม 2558) และฤดูหนาว (พฤศจิกายน – ธันวาคม 2558) โดยเก็บตัวอย่างฤดูกาลละ 4 ครั้งๆ ละ 1 สัปดาห์ ในเขตเมืองและนอกเขตเมืองของจังหวัดลำปาง โดยทำ การเก็บตัวอย่างในเขตเมืองลำปางจากพื้นที่แยกจรรยา (Road site) จำนวน 5 จุด และพื้นที่ในเขตชุมชน (Community site) ซึ่งอยู่ห่างจากถนนอย่างน้อย 10 เมตร และอยู่ห่างจากพื้นที่แยก จรรยาไม่เกิน 500 เมตร จำนวน 5 จุด นอกจากนี้ทำการเก็บ ตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์จากนอกเขตเมืองลำปาง เพื่อใช้เป็น ตัวแทนค่าพื้นฐาน (Background) จำนวน 1 จุด รายละเอียดจุด เก็บตัวอย่างแสดงดังตารางที่ 1 และรูปที่ 2 โดยจากรูปแสดง ข้อมูลทิศทางลม อาจกล่าวได้ว่าไนโตรเจนไดออกไซด์จากพื้นที่ใน เขตเมืองไม่มีผลต่อความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่นอก เขตเมือง

ตารางที่ 1 สถานที่เก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ

จุดเก็บตัวอย่าง	พื้นที่แยกจราจร (Road site)		พื้นที่ในเขตชุมชน (Community site)	
	สถานที่เก็บตัวอย่าง	รหัส	สถานที่เก็บตัวอย่าง	รหัส
1	สี่แยกภาคเหนือ	R1	ตำบลปงแสนทอง	C1
2	สามแยกสถานีขนส่ง	R2	ตำบลชมพู	C2
3	สี่แยกศรีชุม	R3	ตำบลพระบาท1	C3
4	สี่แยกสนามบิน	R4	ตำบลพระบาท2	C4
5	สี่แยกคอยพระบาท	R5	ตำบลหัวเวียง	C5
จุดศึกษานอกเขตเมือง	-		ตำบลแม่ทะ อำเภอมะทะ	BG



รูปที่ 2 แผนที่จุดเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์บริเวณพื้นที่แยกจราจร และพื้นที่ในเขตชุมชน

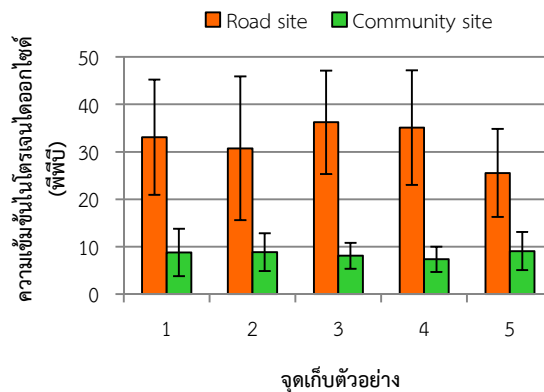
ผลการตรวจวัดความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศเฉลี่ยบริเวณพื้นที่แยกจราจรและพื้นที่ในเขตชุมชน พื้นที่ละ 5 จุดเก็บตัวอย่าง แสดงดังรูปที่ 3

จากรูปพบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจราจรมีค่าอยู่ในช่วง 25.6-36.2 พีพีบี ส่วนในพื้นที่เขตชุมชนมีค่าอยู่ในช่วง 7.4-9.1 พีพีบี ซึ่งบริเวณพื้นที่แยกจราจรมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์มากกว่าพื้นที่ในเขตชุมชนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตามพื้นที่แยกจราจรและพื้นที่ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยมากกว่าพื้นที่นอกเขตเมืองลำปาง (6.4 พีพีบี) ซึ่งเป็นตัวแทนค่าพื้นฐาน (Background) หากเปรียบเทียบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่แยกจราจรและพื้นที่เขตชุมชนพบว่าพื้นที่แยกจราจรมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยมากกว่าพื้นที่ในเขตชุมชนประมาณ 3-5 เท่า เนื่องมาจากมีความหนาแน่นของ

การจราจรมากกว่าและเป็นถนนสายหลักที่เชื่อมต่อกับจังหวัดใกล้เคียง โดยพื้นที่แยกจราจรที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยมากที่สุดคือจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (สี่แยกศรีชุม) ซึ่งเป็นแยกจราจรที่เป็นเส้นทางสัญจรไปยังโรงเรียนประจำจังหวัดลำปาง คือ โรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัยและโรงเรียนลำปางกัลยาณี อีกทั้งยังเป็นเส้นทางสัญจรไปยังอำเภอมะทะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นอำเภอที่มีจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือนมากเป็นลำดับต้น รองจากอำเภอมือง จังหวัดลำปาง โดยจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือนของอำเภอมือง มีค่าเท่ากับ 227,137 คน และ 85,598 ครัวเรือน ตามลำดับ สำหรับจำนวนประชากรและจำนวนครัวเรือนของอำเภอมะทะ มีค่าเท่ากับ 59,997 คน และ 17,649 ครัวเรือน ตามลำดับ (สำนักงานสถิติจังหวัดลำปาง, 2553) เมื่อนำค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจราจรของงานวิจัยนี้มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Stranger et al. (2008) ซึ่งทำการติดตามตรวจสอบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศบริเวณถนนโดยการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ และได้รายงานค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่ที่มีมลพิษน้อย มลพิษ

ปานกลาง และมลพิษสูง พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 13.3-19.7, 26.0-35.1 และ 29.8-39.3 พีพีบี ตามลำดับ โดยความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่ที่มีมลพิษปานกลาง (26.0-35.1 พีพีบี) มีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจรรยาของงานวิจัยนี้ (25.6-36.2 พีพีบี) อย่างไรก็ตามยังพบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยใน

พื้นที่แยกจรรยาของงานวิจัยนี้มีค่าน้อยกว่าพื้นที่จราจรในอำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์แบบแพสซีฟเช่นกัน แต่ใช้ระยะเวลาเก็บตัวอย่างเพียง 3 วัน โดยรายงานค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 28.1-45.1 พีพีบี (Bootdee et al., 2012)



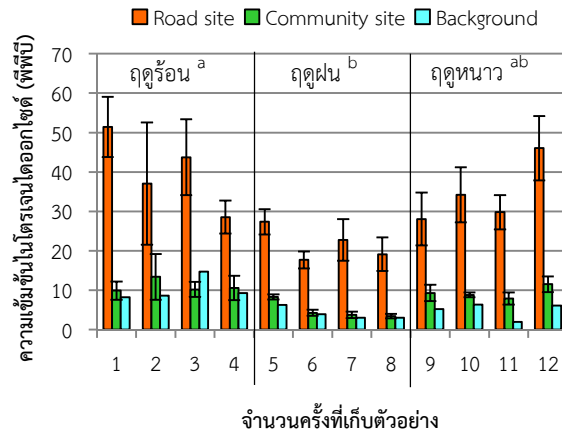
รูปที่ 3 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย บริเวณพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ในเขตชุมชน

2. ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศเฉลี่ยบริเวณพื้นที่แยกจรรยา พื้นที่ในเขตชุมชน และพื้นที่ตัวแทนค่าพื้นฐาน ในช่วง 3 ฤดูกาล โดยเก็บตัวอย่างฤดูกาลละ 4 ครั้ง แสดงดังรูปที่ 4

จากรูปพบว่าพื้นที่แยกจรรยามีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว อยู่ในช่วง 28.5-51.4, 17.7-27.4 และ 28.1-46.0 พีพีบี ตามลำดับ สำหรับพื้นที่เขตชุมชนมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วง 9.9-13.4, 3.4-8.3 และ 7.9-11.5 พีพีบี ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ตัวแทนค่าพื้นฐานมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่ในช่วง 8.2-14.7, 3.0-6.2 และ 2.0-6.4 พีพีบี ตามลำดับ จะเห็นว่าพื้นที่

ในเขตชุมชนและพื้นที่ตัวแทนค่าพื้นฐานมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากในทั้ง 3 ฤดูกาล โดยการเก็บตัวอย่างในพื้นที่เขตชุมชนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยมากกว่าพื้นที่ตัวแทนค่าพื้นฐาน อย่างไรก็ตามพื้นที่ในเขตชุมชนและพื้นที่ตัวแทนค่าพื้นฐานยังคงมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยน้อยกว่าพื้นที่แยกจรรยาในทั้ง 3 ฤดูกาล หากพิจารณาความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในแต่ละพื้นที่แยกตามช่วงฤดูกาลพบว่าพื้นที่แยกจรรยามีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เช่นเดียวกับพื้นที่ในเขตชุมชนที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)



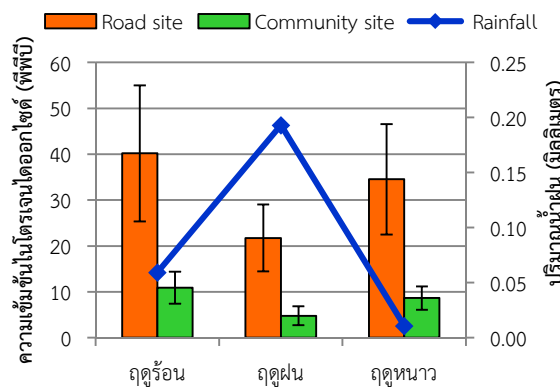
รูปที่ 4 ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาวบริเวณพื้นที่แยกจราจร พื้นที่ในเขตชุมชน และพื้นที่ตัวแทนค่าพื้นฐาน

3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศกับปริมาณน้ำฝน

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศเฉลี่ยในช่วง 3 ฤดูกาล กับปริมาณน้ำฝน บริเวณพื้นที่แยกจราจรและพื้นที่ในเขตชุมชน แสดงดังรูปที่ 5

จากรูปพบว่าพื้นที่แยกจราจร และพื้นที่ในเขตชุมชน ตรวจพบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยมากที่สุดในช่วงฤดูร้อน รองลงมาคือฤดูหนาวและฤดูฝน ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเดียวกันในทั้งสองพื้นที่ โดยความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจราจรในช่วงฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน มีค่าเท่ากับ 40.2 ± 14.8 , 34.5 ± 12.0 และ 21.7 ± 7.3 พีพีบี ตามลำดับ สำหรับพื้นที่ในเขตชุมชนมีค่าเท่ากับ 10.9 ± 3.5 , 8.6 ± 2.5 และ

4.8 ± 2.0 พีพีบี ตามลำดับ โดยพื้นที่แยกจราจรและพื้นที่ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในช่วงฤดูร้อนมากกว่าฤดูหนาวและฤดูฝน ประมาณ 1-2 เท่า หากนำผลความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศเปรียบเทียบกับค่าปริมาณน้ำฝนที่ตกในช่วงการเก็บตัวอย่างในทั้ง 3 ฤดูกาล พบว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมีค่ามากที่สุดในช่วงฤดูฝน คือ 0.19 มิลลิเมตร รองลงมาคือในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว มีค่าเท่ากับ 0.06 และ 0.01 มิลลิเมตร ตามลำดับ (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) จะเห็นว่าในช่วงฤดูฝนมีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด จึงมีการชะล้างก๊าซต่างๆ รวมถึงฝุ่นละอองที่แขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้มาก ทำให้ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์มีค่าน้อยลง



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศเฉลี่ยกับปริมาณน้ำฝนในพื้นที่แยกจราจรและพื้นที่เขตชุมชน

4. การวิเคราะห์ทางสถิติระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์กับพารามิเตอร์ต่างๆ

ผลการเปรียบเทียบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยจากทั้งสามฤดูกาลในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชน พื้นที่ละ 5 จุดเก็บตัวอย่าง และการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ซึ่งเป็นการศึกษาระดับหรือขนาดของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างตัวแปรสองตัวแปรว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยเครื่องมือที่ใช้วัดเรียกว่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient; r) แสดงผลดังตารางที่ 2

เมื่อนำค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนมาเปรียบเทียบกันเพื่อวิเคราะห์

ตารางที่ 2 ผลเปรียบเทียบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชน และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์จากทั้งสองพื้นที่

จุดเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ย (พีพีบี)		สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
	พื้นที่แยกจรรยา	พื้นที่เขตชุมชน	
1	33.1±12.1 ^a	8.8±5.0 ^b	0.646*
2	30.8±15.1 ^a	8.9±4.0 ^b	0.364
3	36.2±10.9 ^a	8.1±2.7 ^b	0.804**
4	35.1±12.1 ^a	7.4±2.6 ^b	0.580*
5	25.6±9.3 ^a	9.1±4.0 ^b	0.860**

^{a, b} = Significant difference ($p < 0.05$)

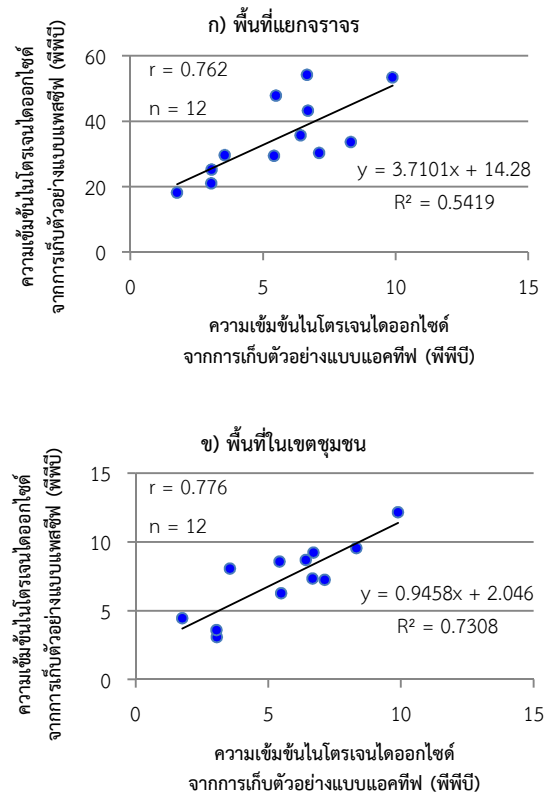
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

หากนำผลความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจพบในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนของงานวิจัยนี้ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์แบบพาสซีฟ มาเปรียบเทียบกับความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในอากาศที่ทำการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ ด้วยเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติของกรมควบคุมมลพิษ ซึ่งติดตั้งอยู่ในสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยปางด่าบล พระบาท อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง พบว่า จุดเก็บตัวอย่างส่วนใหญ่ในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์สัมพันธ์เชิงเส้นตรงในทิศทางเดียวกันกับไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดจากการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ ($r = 0.629-0.776$) โดยในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่

หาความแตกต่างทางสถิติพบว่าในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่เขตชุมชนมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และยังพบว่าโดยส่วนใหญ่ความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่แยกจรรยามีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่ชุมชนจะเห็นได้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์จากทั้งสองพื้นที่ มีค่าอยู่ในช่วง 0.580-0.860 ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระบายจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากการจราจรบนท้องถนนส่งผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่เขตชุมชนใกล้เคียง

ชุมชนที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์สัมพันธ์กับไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดจากการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟมากที่สุดคือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.762 และ 0.776 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชน ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 เป็นจุดเก็บตัวอย่างที่อยู่ใกล้กับเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศแบบอัตโนมัติของกรมควบคุมมลพิษที่ตั้งอยู่ในสถานีอุตุนิยมหาวิทยาลัยปางด่าบลมากที่สุด โดยอยู่ห่างกันประมาณ 500-550 เมตร จึงอาจส่งผลให้ค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ของการเก็บตัวอย่างแบบพาสซีฟและแบบแอคทีฟมีความสัมพันธ์กันมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ และการเก็บตัวอย่างแบบแอคทีฟ ในพื้นที่ ก) แยกจรรยา และ ข) เขตชุมชน ของจุดเก็บตัวอย่างที่ 4

เมื่อนำค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนมาหาความสัมพันธ์ทางสถิติกับพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ อนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ปริมาณน้ำฝน และความเข้มข้นของโอโซน ผลแสดงดังตารางที่ 3 หากเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ทั้งในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนกับปริมาณน้ำฝนพบว่าส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงข้ามกันเนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าติดลบ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง -0.586 ถึง -0.727 กล่าวคือในพื้นที่ที่มีฝนตก มีปริมาณน้ำฝนมาก จะสามารถชะฝุ่นละอองรวมถึงก๊าซต่างๆ ในบรรยากาศลงสู่พื้นดินหรือพื้นน้ำด้านล่างได้มาก จึงทำให้พื้นที่ที่ทำการศึกษามีค่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์น้อยลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moodley et al. (2011) ที่ทำการติดตามตรวจสอบความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟ ณ เมืองเดอร์บัน ประเทศแอฟริกาใต้ โดยรายงานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์กับปริมาณ

น้ำฝนมีค่าเท่ากับ -0.91 หมายความว่าทั้งสองพารามิเตอร์มีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางตรงข้ามกัน

สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์กับปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน พบว่ามีความสัมพันธ์กันมากในทิศทางเดียวกัน ($r = 0.733-0.909$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กล่าวคือในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนที่มีจำนวนยานพาหนะอย่างหนาแน่น จะมีการระบายไนโตรเจนไดออกไซด์ปริมาณมากจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง และยังก่อให้เกิดฝุ่นละอองจำนวนมากขึ้นด้วยจากการสัญจรของยานพาหนะ นอกจากนั้นออกไซด์ของไนโตรเจนยังสามารถรวมตัวกันแล้วทำให้เกิดเป็นฝุ่นละอองในบรรยากาศได้อีกด้วย (Tong et al., 2015) โดยในพื้นที่แยกจรรยาและพื้นที่ชุมชนที่มีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์สัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมากที่สุด คือ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ซึ่งมีค่า r เท่ากับ 0.853 และ 0.909 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Riley et al. (2016) ที่มีการรายงานค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์กับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กขนาดต่างๆ ได้แก่ 0.025-0.4,

0.05-1, 0.25-1 และ 1-3 ไมครอน พบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์กับปริมาณฝุ่นขนาดเล็กมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยมีค่า

สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.43 ถึง 0.79 ซึ่งส่วนใหญ่มีค่าน้อยกว่างานวิจัยนี้ ($r = 0.733-0.909$)

ตารางที่ 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่แยกจากรถและพื้นที่ชุมชนกับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

	NO ₂ -R1	NO ₂ -R2	NO ₂ -R3	NO ₂ -R4	NO ₂ -R5	NO ₂ -C1	NO ₂ -C2	NO ₂ -C3	NO ₂ -C4	NO ₂ -C5	PM10	Rainfall	O ₃
NO ₂ -R1	1												
NO ₂ -R2	0.671*	1											
NO ₂ -R3	0.853**		1										
NO ₂ -R4	0.881**	0.636*	0.937**	1									
NO ₂ -R5	0.860**		0.888**	0.881**	1								
NO ₂ -C1	0.646*		0.881**	0.775**	0.719**	1							
NO ₂ -C2	0.734**		0.608*		0.622*	0.646*	1						
NO ₂ -C3	0.776**		0.804**	0.741**	0.804**	0.723**		1					
NO ₂ -C4	0.720**	0.734**		0.580*			0.720**		1				
NO ₂ -C5	0.811**		0.783**	0.678*	0.860**	0.744**	0.811**	0.797**		1			
PM10	0.839**		0.825**	0.797**	0.853**	0.733**	0.797**	0.825**		0.909**	1		
Rainfall	-0.610*		-0.635*	-0.727**		-0.720**	-0.667*		-0.586*		-0.614*	1	
O ₃	0.734**		0.734**	0.622*	0.657*	0.589*			0.706*	0.706*	0.755**		1

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์กับความเข้มข้นของโอโซนในบรรยากาศพบว่าส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.589 ถึง 0.734 นั้นหมายความว่าความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์แปรผันตรงกับความเข้มข้นของโอโซน กล่าวคือการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จากยานพาหนะประเภทต่างๆ ก่อให้เกิดสารมลพิษทางอากาศมากมาย ซึ่งรวมถึงออกไซด์ของไนโตรเจนและสารมลพิษอื่นๆ ที่เป็นสารตั้งต้นของโอโซน เช่น ไนตริกออกไซด์และสารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds; VOCs) โดยการที่ไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจากเดิมอาจเกิดจากการทำปฏิกิริยากันระหว่างไนตริกออกไซด์กับโอโซนเกิดเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์กับออกซิเจน (Dahal and Hastings, 2016) ในขณะเดียวกันโอโซนในบรรยากาศก็สามารถมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นได้เช่นกันจากการทำปฏิกิริยาระหว่างออกไซด์ของไนโตรเจนกับสารอินทรีย์ระเหยง่าย ซึ่งสารอินทรีย์ระเหยง่ายก็เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์เช่นกัน (Xu et al., 2017)

สรุปผลการวิจัย

ลำปางเป็นจังหวัดทางผ่านจังหวัดหนึ่งจากจังหวัดขนาดใหญ่ทางภาคเหนือตอนบน เช่น เชียงราย และเชียงใหม่ ซึ่งต่างก็เป็นจังหวัดที่มีนักท่องเที่ยวจำนวนมากในแต่ละปี โดยลำปางเป็นเส้นทางผ่านลงสู่จังหวัดต่างๆ ทางภาคเหนือตอนล่างและภาคอื่นๆ ของประเทศไทย ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้เลยกับการที่ต้องเผชิญหน้ากับสารมลพิษต่างๆ ที่เพิ่มมากขึ้นตามจำนวนยานพาหนะที่สัญจรผ่านบนท้องถนน โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือไนโตรเจนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารมลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ และก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ งานวิจัยนี้จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศแบบแพสซีฟทั้งในพื้นที่แยกจากรถและพื้นที่เขตชุมชนใกล้เคียง และได้นำผลมาเปรียบเทียบกับไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศที่เก็บแบบแอคทีฟ พบว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าในพื้นที่แยกจากรถมีความเข้มข้นไนโตรเจนไดออกไซด์เฉลี่ยมากกว่าพื้นที่ในเขตชุมชน มากถึง 3-5 เท่า โดยไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ระบายจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์จากการจราจร

บนท้องถนนส่งผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในพื้นที่เขตชุมชนใกล้เคียงอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าส่วนใหญ่ไนโตรเจนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณอนุภาคฝุ่นที่มีขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน ปริมาณน้ำฝนและความเข้มข้นของโอโซนในบรรยากาศอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปางที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือวิเคราะห์ที่ใช้ในการวิจัย จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. (2559). นโยบายป้องกันและจัดมลพิษภายใต้นโยบายและแผนการส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2540-2559. แหล่งข้อมูล: <http://www.pcd.go.th> ค้นเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2560.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. (2560). ข้อมูลปริมาณน้ำฝนและความชื้นสัมพัทธ์รายวัน. แหล่งข้อมูล: <https://www.tmd.go.th> ค้นเมื่อวันที่ 12 สิงหาคม 2560.
- วนิดา จินตศาสตร์. (2551). มลพิษอากาศและการจัดการคุณภาพอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 109-110.
- ศิวพันธ์ ชูอินทร์. (2556). มลพิษทางอากาศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. หน้า 48.
- สุทัสสา วงศ์ราช. (2553). การพัฒนาชุดเก็บตัวอย่างแบบแพสซีฟในการตรวจวัดไนโตรเจนไดออกไซด์เพื่อใช้ในชุมชน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ: 117 หน้า.
- สุนทรี ศิริรัตน์ประภา. (2555). การพัฒนาแพสซีฟแชนเนลสำหรับตรวจวัดก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร. กรุงเทพฯ: 126 หน้า.
- สำนักงานสถิติ จังหวัดลำปาง. (2553). ข้อมูลสถิติจากการสำมะโน/สำรวจ. แหล่งข้อมูล: <http://lampang.nso.go.th> ค้นเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2560.
- Bootdee, S. (2009). Application of air passive sampler test kit for monitoring of nitrogen dioxide levels in Chiang Mai Province. Master of Science Thesis, Faculty of Science, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Bootdee, S., Chalemrom, P. and Chantara, S. (2012). Validation and field application of tailor-made nitrogen dioxide

- passive samplers. *International Journal of Environmental Science and Technology* 9: 515-526.
- Chalemrom, P. (2008). Development of test kit for determination of nitrogen dioxide in ambient air using passive sampling technique. Master of Science Thesis, Faculty of Science, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Cunningham, W.P. and Cunningham, M.A. (2015). *Environmental Science. A Global Concern. Thirteenth Edition.* pp. 353.
- Dahal, B. and Hastings, M.G. (2016). Technical considerations for the use of passive samplers to quantify the isotopic composition of NO_x and NO₂ using the denitrifier method. *Atmospheric Environment* 143: 60-66.
- Khamkaew, C. (2010). Seasonal variation of nitrogen dioxide, PM₁₀ and its major ion composition in Chiang Mai Province. Master of Science Thesis, Faculty of Science, Chiang Mai University. Chiang Mai.
- Kraft, M., Eikmann, T., Kappos, A. Kunzli, N., Rapp, R., Schneider, K., Seitz, H., Voss, J.U. and Wichmann, H.E. (2005). The German view: Effects of nitrogen dioxide on human health – derivation of health – related short-term and long-term values. *Environmental Health* 208: 305-318.
- Moodley, K.G., Singh, S. and Govender, S. (2011). Passive monitoring of nitrogen dioxide in urban air: A case study of Durban metropolis, South Africa. *Journal of Environmental Management* 92: 2145-2150.
- Riley, E.A., Schaal, L., Sasakura, M., Crampton, R., Gould, T.R., Hartin, K., Sheppard, L., Larson, T., Simpson, C.D. and Yost, M.G. (2016). Correlations between short-term mobile monitoring and long-term passive sampler measurements of traffic-related air pollution. *Atmospheric Environment* 132: 229-239.
- Rosario, L., Pietro, M. and Francesco, S.P. (2016). Comparative analyses of urban air quality monitoring systems: passive sampling and continuous monitoring stations. *Energy Procedia* 101: 321-328.
- Stranger, M., Krata, A., Deutsch, K.V., Bencs, L., Deutsch, F., Worobiec, A., Naveau, I., Roekens, E. and Grieken, V.R. (2008). Monitoring of NO₂ in the ambient air with passive samplers before and after a road reconstruction event. *Microchemical Journal* 90: 93-98.

Tong, D.Q., Lamsal, L., Pan, L., Ding, C., Kim, H., Lee, P., Chai, T., Pickering, K.E. and Stajner, I. (2015). Long-term NO_x trends over large cities in the United States during the great recession: Comparison of satellite retrievals, ground observations, and emission inventories. *Atmospheric Environment* 107: 70-84.

Verma, S.K., Deb, M.K. and Verma, D. (2008). Determination of nitrogen dioxide in ambient air employing diffuse

reflectance Fourier transform infrared spectroscopy. *Atmospheric Research* 90: 33-40.

Xu, Z., Huang, X., Nie, W., Chi, X., Xu, Z., Zheng, L., Sun, P. and Ding, A. (2017). Influence of synoptic condition and holiday effects on VOCs and ozone production in the Yangtze River Delta region, China. *Atmospheric Environment* 168: 112-124.

