

ปริมาณความเข้มข้นและชนิดของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมณฑลสะแกราช
Concentrations and Types of Organic Acids in Urban and
Sakaerat Biosphere Forest

ชัตติยา สุขประเสริฐ* พจนีย์ ชุมมงคล และสุวิมล อัครพิศิษฐ์
สายวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

บทคัดย่อ

กรดอินทรีย์ในบรรยากาศส่วนใหญ่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิกและมีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง การศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศจากพื้นที่ 2 แห่ง ได้แก่ เขตป่าชีวมณฑลสะแกราช ในเขตชุมชน คือ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณและชนิดของกรดอินทรีย์จากสถานที่ที่มีสภาวะแวดล้อมแตกต่างกัน ตัวอย่างอากาศถูกเก็บอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วันต่อเดือนโดยเริ่มตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนธันวาคม 2555 จากการศึกษาพบว่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิติก $23.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ซิเตรต $18.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ฟอร์เมต $11.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ทาร์เทรต $6.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$, มาเลต $4.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และในเขตชุมชนมีค่าดังนี้ อะซิติก $23.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ซิเตรต $20.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ฟอร์เมต $11.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ทาร์เทรต $6.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, มาเลต $4.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนความเข้มข้นของซักซินेटและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช มีค่าเท่ากับ $8.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $27.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และในเขตชุมชนมีค่าเท่ากับ $9.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $33.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ นอกจากนั้นความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเวลากลางวันมีค่าสูงกว่าในเวลากลางคืน การเกิดสารกรดต่างๆ มาจากแหล่งกำเนิดปฐมภูมิ เช่น การจราจรอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการเผาไหม้ชีวมวลแล้วทำปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชันต่อเนื่องในบรรยากาศเกิดการรวมตัวกันเป็นสารประกอบทุติยภูมิ

คำสำคัญ: กรดอินทรีย์ แหล่งกำเนิดปฐมภูมิ และ สารประกอบทุติยภูมิ

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author)
e-mail: dongbanana@hotmail.com

Abstract

The most common organic acids in the atmosphere were associated with their carboxyl group and highly water-soluble. In this study, air samples collected from 2 sites: Sakaerat Biosphere Forest and NakhonRatchasima Provincial Land Transport Office were analyzed for their concentration comparison and to identify types of the organic acids. The samples were collected for 7 day/month from July to December 2012. The concentrations identified as acetate, citrate, formate, tartrate and malate in SakaeratBiospheric Forest have average values of $23.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $18.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $11.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $6.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $4.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. The concentrations of these organic acids in urban have average values of $23.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $20.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $11.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $6.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $4.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. In addition, the concentrations of succinate and lactate in Sakaerat Biospheric Forest averaged for 3 months have the analysis values of $8.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $27.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. The concentrations in the urban averaged to be $9.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and $33.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectively. Furthermore, the concentrations of these organic acids measured in daytime were found higher than nighttime.

These organic acids which derived from different sources of emissions, including the primary emissions from the traffic, industrial fossil fuel combustion and biomass burning occurred through a consecutive photochemical oxidation in the atmosphere to form secondary compounds.

Keywords: Organic acid, Primary Sources, secondary compound

บทนำ

กรดอินทรีย์จัดอยู่ในกลุ่มของสารอินทรีย์คาร์บอน ประกอบด้วยกรดโมโนคาร์บอกซิลิก (monocarboxylic acid (MCA)) น้ำหนักโมเลกุลต่ำและกรดไดคาร์บอกซิลิก (dicarboxylic acid (DCA)) น้ำหนักโมเลกุลต่ำในการศึกษาสารอินทรีย์คาร์บอน พบว่า MCA มีปริมาณมากกว่า DCA (Keene and Galloway 1988 and Yu et al., 1991a,b) กรดอินทรีย์ คือ สารประกอบอินทรีย์ที่มีลักษณะสมบัติเป็นกรด โดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยหมู่คาร์บอกซิลิกมีความสามารถในการละลายน้ำได้สูง ดูดคายความชื้น (hygroscopic) และเป็นอนุภาคแกนกลางการควบแน่น (cloud condensation nuclei activity) (Hara et al., 2002 and Yu, 2000) กล่าวคือ ทำหน้าที่เป็นแกนควบแน่นให้อิอน้ำในอากาศสามารถรวมตัวกลายเป็นหยดน้ำเล็กๆ ซึ่งคุณสมบัตินี้สามารถส่งผลกระทบต่อสภาพภูมิอากาศและการสะท้อนรังสีแสงอาทิตย์ของเมฆ (Charlson, 1987) กรดอินทรีย์มักเกิดจากกระบวนการเผาไหม้ต่างๆ ที่ไม่สมบูรณ์ เช่น การเผาไหม้ฟอสซิลถ่านหินและชีวมวลเกิดจากปฏิกิริยาโฟโตเคมีคัลออกซิเดชันและเกิด

จากสิ่งมีชีวิต (Kawamura and Ikushima, 1993; Chebbi and Carlier, 1996; Kawamura et al.; 1996a, b; Limbeck and Puxbaum, 1999) โดยกรดอินทรีย์เหล่านี้สามารถพบได้ในบรรยากาศบริเวณเขตชุมชน เขตชนบทและเขตที่ห่างไกลความเจริญ นอกจากนั้นการศึกษากการตกตัวของกรดอินทรีย์ในละอองลอยมีมากมายทั่วโลก (Krivacsy and Molnar, 1998; Souza et al., 1999; Kubátová et al., 2000; Kerminen et al., 2000; Limbeck et al., 2001; Röhl and Lammel, 2001, 2002 and Limon-Sanchez, 2002) อย่างไรก็ตามการศึกษากการตกตัวของกรดอินทรีย์ในประเทศไทยยังถือว่าน้อยมาก ดังนั้น งานวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาปริมาณความเข้มข้นและชนิดของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมนทลสะแกราชทั้งยังวิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างค่าความเข้มข้นของสารกรดอินทรีย์กับสภาวะภูมิอากาศเพื่อเป็นแนวทางในการรักษาสภาพแวดล้อมทางอากาศที่ดีในอนาคตอีกด้วย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาปริมาณและความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในเขตชุมชนและป่าชีวมนทลสะแกราช

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างอากาศเป็นแบบฟิลเตอร์แพค 3 ชั้น โดยชั้นที่ 1, 2 และ 3 เป็นแผ่นกรองเทพลอนไนลอน และเซลลูโลสตามลำดับกระดาศกรองชั้นต่างๆ ประกอบเข้ากับชุดฟิลเตอร์แพคโดยกระดาศกรองเทพลอนอยู่ชั้นบนสุด ตามด้วยกระดาศกรองชั้นไนลอนและชั้นเซลลูโลสตามลำดับ จากนั้นนำชุดฟิลเตอร์แพคประกอบเข้ากับอุปกรณ์เก็บตัวอย่างที่เตรียมไว้แล้ว และอุปกรณ์เก็บตัวอย่างจะถูกนำไปติดตั้งที่สำนักงานขนส่ง จังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 6 เมตร และสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชที่ระดับความสูง 34.2 เมตร เหนือยอดไม้ โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 10 ลิตรต่อนาที ทำการตรวจวัดอย่างต่อเนื่อง 7 วันต่อเดือนเป็นเวลา 6 เดือน เริ่มเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือนกรกฎาคมจนถึงเดือนธันวาคม ปี พ.ศ. 2555 โดยตัวอย่างอากาศที่เก็บได้จะถูกสกัดและนำไปวิเคราะห์หาชนิดของกรดอินทรีย์ด้วยเครื่องอออนโครมาโทกราฟี

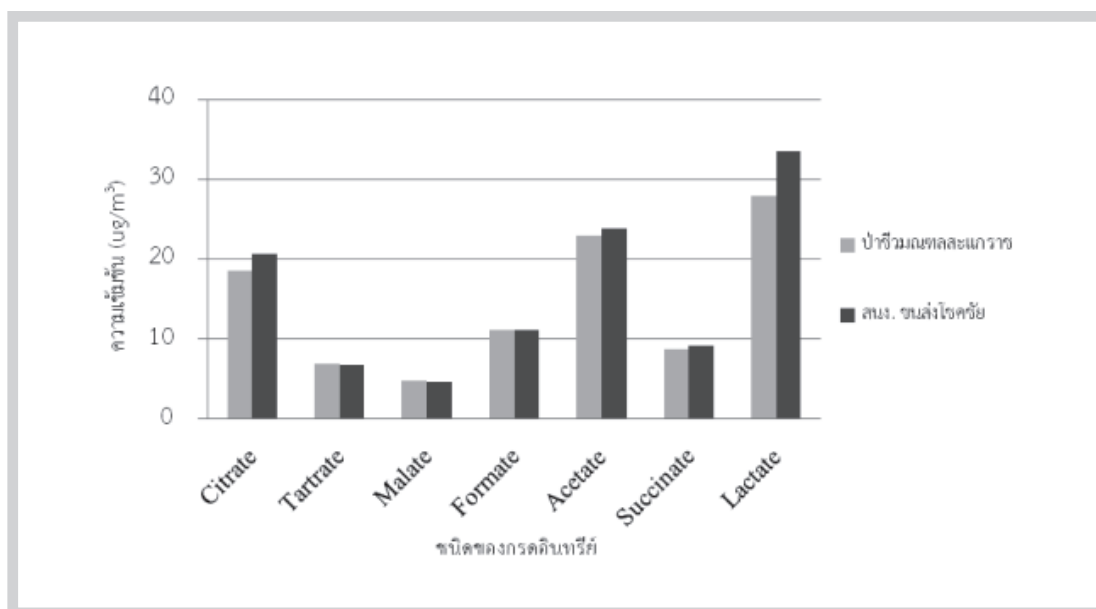


ภาพที่ 1 จุดเก็บตัวอย่างอากาศ ณ สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (ซ้าย) และสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย (ขวา)

ผลการศึกษาและวิเคราะห์

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตชุมชน คือ สถานีขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย มีค่าตรวจวัดเฉลี่ย 6 เดือน ดังนี้ อะซิเตท $23.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซิเตรต $20.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ฟอ์เมต $11.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทาร์เทรต $6.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และมาเลต $4.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท $23.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซิเตรต $18.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ฟอ์เมต $11.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทาร์เทรต $6.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มาเลต $4.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าความเข้มข้นของซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ $9.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ

33.49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช มีค่าเท่ากับ 8.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ และ 27.92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ตามลำดับ ผลการเปรียบเทียบแสดงในภาพที่ 2



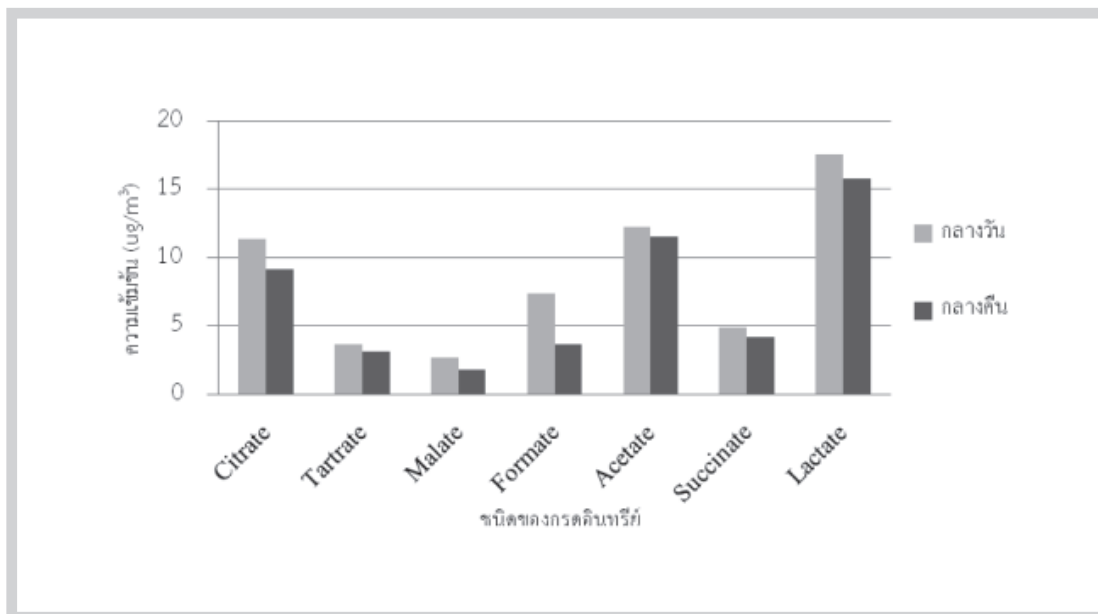
ภาพที่ 2 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเฉลี่ย 6 เดือน (ยกเว้นซักซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน) ระหว่างเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชและสำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัย

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณกรดอินทรีย์แต่ละชนิดที่ตรวจวัดได้ในเขตชุมชน คือ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอโชคชัยและป่าชีวมณฑลสะแกราชพบว่า มีค่าความเข้มข้นแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ยกเว้นกรดซักซิเนตและแลคเตตที่ตรวจวัดได้ในเขตชุมชนมีค่าความเข้มข้นในบรรยากาศสูงกว่าในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่าความเข้มข้นของกรดซักซิเนตและกรดแลคเตตสูงเป็น 1 และ 1.2 เท่าของค่าที่ตรวจวัดได้ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช ตามลำดับ

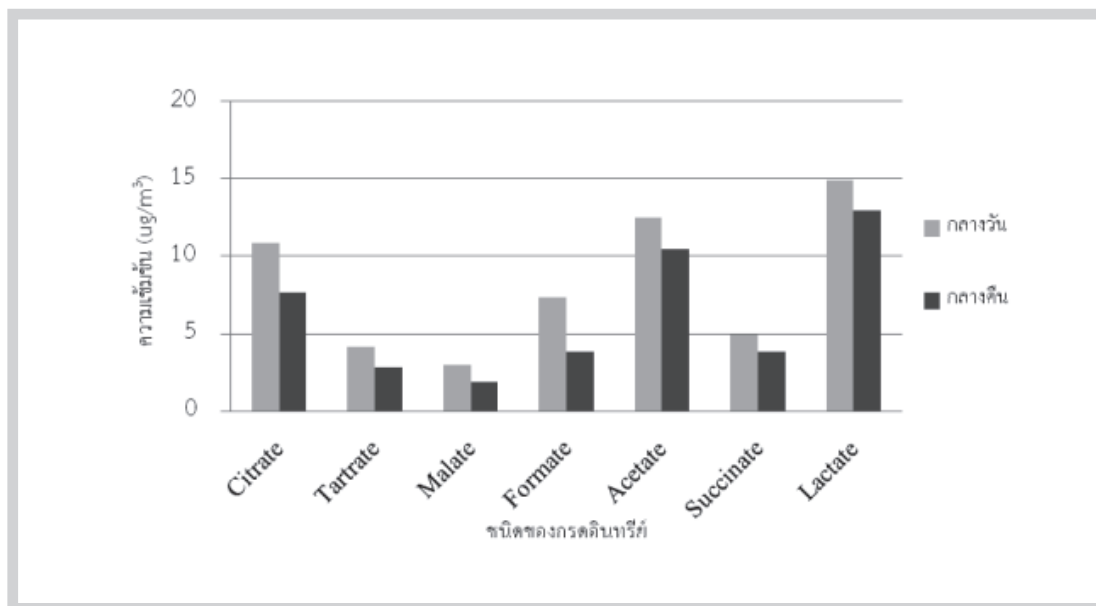
เมื่อพิจารณาถึงสาเหตุที่เขตป่าชีวมณฑลมีค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในปริมาณเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับแหล่งชุมชนซึ่งเป็นแหล่งปล่อยโดยตรงเนื่องจากอิทธิพลของลมที่มีความสามารถพัดพาสารกรดเหล่านี้ไปยังพื้นที่ห่างไกลออกไป โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการตรวจวัดความเร็วและทิศทางของลมด้วยการปลดปล่อยสารอินทรีย์ชนิดต่างๆ ส่วนใหญ่เกิดจากการเปลี่ยนรูปของก๊าซปฏิกิริยาที่มีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในอุตสาหกรรม การผลิตหรือจากการจราจรหนาแน่นในเขตเมือง โดยสารที่ปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดปฏิกิริยาซึ่ง ได้แก่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน

ออกไซด์ และกลุ่มไฮโดรคาร์บอนจะทำปฏิกิริยาโฟโตเคมีคล่ออกซิเดชันต่อไปในบรรยากาศและเปลี่ยนไปเป็นสารทุติยภูมิซึ่งส่วนหนึ่งได้กรดอินทรีย์ประกอบกับทิศทางลมส่วนใหญ่มีลักษณะการพัดพาจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้ และทิศตะวันออกเฉียงเหนือสู่ทิศตะวันตกเฉียงใต้เป็นผลให้สารกรดอินทรีย์ต่างๆ จากบริเวณเขตโซคชัยพัดพาลงมาสู่เขตป่าชีวมณฑลสะแกราช

เมื่อศึกษาถึงสภาพบรรยากาศภายใต้อิทธิพลของพลังงานจากแสงอาทิตย์ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชันพบว่า ในช่วงเวลากลางวันความเข้มข้นของกรดอินทรีย์มีค่าสูงกว่าในเวลากลางคืนดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 โดยสาเหตุการเกิดสารกรดอินทรีย์เหล่านี้มาจากกิจกรรมต่างๆ ที่มักเกิดขึ้นในช่วงเวลากลางวัน เช่น การจราจรที่หนาแน่นอุตสาหกรรมที่ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการเผาไหม้ชีวมวลต่างๆ



ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเฉลี่ย 6 เดือน (ยกเว้นซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน) ระหว่างช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน ณ สำนักงานขนส่งจังหวัดนครราชสีมา สาขาอำเภอสหัสชัย



ภาพที่ 4 การเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดเฉลี่ย 6 เดือน (ยกเว้นซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน) ระหว่างช่วงเวลากลางวันและช่วงเวลากลางคืน ณ เขตป่าชีวมณฑลสะแกราช

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดขึ้นกับปัจจัยด้านแหล่งกำเนิดของมลพิษปฐภูมิและสภาพภูมิอากาศเป็นหลักโดยพบว่า กรดอินทรีย์ที่มีแหล่งกำเนิดจากเขตชุมชนอาจถูกกระแสลมพัดพาไปตกยังเขตป่าชีวมณฑล ซึ่งสามารถส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศวิทยาในระยะยาวได้นอกจากนี้ปริมาณความเข้มข้นของกรดอินทรีย์ในช่วงกลางวันสูงกว่าช่วงกลางคืน ซึ่งแสดงถึงอิทธิพลของสภาวะอุตุนิยมวิทยาต่อการเกิดกรดอินทรีย์ความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราชเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท $23.00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซิเตรต $18.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ฟอ์เมต $11.21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทาร์เทรต $6.94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มาเลต $4.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และค่าความเข้มข้นของกรดอินทรีย์แต่ละชนิดในเขตชุมชนเฉลี่ย 6 เดือน มีค่าดังนี้ อะซิเตท $23.90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ซิเตรต $20.62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ฟอ์เมต $11.11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ทาร์เทรต $6.83 \mu\text{g}/\text{m}^3$ มาเลต $4.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ส่วนความเข้มข้นของซัคซิเนตและแลคเตตเฉลี่ย 3 เดือน ในเขตป่าชีวมณฑลสะแกราช มีค่าเท่ากับ $8.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $27.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ในเขตชุมชนมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ $9.14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ และ $33.49 \mu\text{g}/\text{m}^3$

เอกสารอ้างอิง

- Charlson, R.J., Lovelock, J.E., Andrea, M.O., & Warren, S.G. (1987). Oceanic phytoplankton, atmospheric sulfur, cloud albedo and climate. *Nature*, 326, 655-661.
- Chebby, A., & Carlier, P. (1996). Carboxylic acids in the troposphere, occurrence, sources, and sinks: a review. *Atmospheric Environment*, 30 (24), 4233-4249.
- Hara, K., Osada, K., Matsunaga, K., Sakai, T., Iwasaka, Y., & Furuya, K. (2002). Concentration trends and mixing states of particulate oxalate in Arctic boundary layer in winter/spring. *Journal of Geophysical Research [Atmospheres]*, 107 (D19), AAC 12/1-AAC 12/14.
- Kawamura, K., & Ikushima, K. (1993). Seasonal changes in the distribution of dicarboxylic acids in the urban atmosphere. *Environmental Science and Technology*, 27, 2227-2235.
- Kawamura, K., Kasukabe, H., & Barrie, L.A. (1996a). Source and reaction pathways of dicarboxylic acids, ketoacids and dicarbonyls in Arctic aerosols: one year of observations. *Atmospheric Environment*, 30 (10/11), 1709-1722.
- Kawamura, K., Seméré, R., Imai, Y., Fujii, Y., & Hayashi, M. (1996b). Water soluble dicarboxylic acids and related compounds in Antarctic aerosols. *Journal of Geophysical Research*, 101, 18721-18728.
- Keene, W.C., & Galloway, J.N. (1988). The biogeochemical cycling of formic and acetic acids through the troposphere: an overview of current understanding. *Tellus*, 40B, 322-334.
- Kerminen, V.M., Ojanen, C., Pakkanen, T., Hillamo, R., Aurela, M., & Meriläinen, J. (2000). Low-molecular-weight dicarboxylic acids in an urban and rural atmosphere. *Journal of Aerosol Science*, 31 (3), 349-362.
- Krivacsy, Z., & Molnar, A. (1998). Size distribution of ions in atmospheric aerosols. *Atmospheric Research*, 46, 279-291.

- Kubátová, A., Vermeylen, R., Claeys, M., Cafmeyer, J., Maenhaut, W., Roberts, G., & Artaxo, P. (2000). Carbonaceous aerosol characterization in the Amazon basin, Brazil: novel dicarboxylic acids and related compounds. *Atmospheric Environment*, 34, 5037-5051.
- Limbeck, A., & Puxbaum, H. (1999). Organic acids in continental background aerosols. *Atmospheric Environment*, 33, 1847-1852.
- Limbeck, A., Puxbaum, H., Otter, L., & Scholes, M.C. (2001). Semivolatile behavior of dicarboxylic acids and other polar organic species at a rural background site (Nylsvley, RSA). *Atmospheric Environment*, 35, 1853-1862.
- Limon-Sanchez, M.T., Arriaga-Colina, J.L., Escalona-Segura, S., & Ruíz-Suárez, L.G. (2002). Observations of formic and acetic acids at three sites of Mexico City. *Science of the Total Environment*, 287, 203-212.
- Röhl, A., & Lammel, G. (2001). Low-molecular dicarboxylic acids and glyoxylic acid: seasonal and air mass characteristics. *Environmental Science and Technology*, 35, 95-101.
- Röhl, A., & Lammel, G. (2002). Determination of malic acid and other C₄dicarboxylic acids in atmospheric aerosol samples. *Chemosphere*, 46, 1195-1199.
- Souza, S.R., Vasconcellos, P.C., & Carvalho, L.R.F. (1999). Low molecular weight carboxylic acids in an urban atmosphere: winter measurements in São Paulo City, Brazil. *Atmospheric Environment*, 33, 2563-2574.
- Yu, S., Bi, M., Lin, X., Yao, R., & Tang, X. (1991a). Determination of organic acids by IC with p-toluene sulfonic acid as enffluent. *Analytical Chemistry*, 191, 73-76.
- Yu, S., Bi, M., Lin, X., Yao, R., & Tang, X. (1991b). Organic acids in precipitation from Baiyun Mountain, Guanzhou and in cloudwater from Miaoer Mountain, Guangxi. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 111, 25-30.
- Yu, S.C. (2000). Role of organic acids formic, acetic, pyruvic and oxalic in the formation of cloud condensation nuclei (CCN): a review. *Atmospheric research*, 53, 185-217.

คณะผู้เขียน**นางสาวชัตติยา สุขประเสริฐ**

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
126 ถนนประชาธิปไตย แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
e-mail: dongbanana@hotmail.com

รศ.ดร.พจน์ย์ ชุมมงคล

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
e-mail: pojanie.khu@kmutt.ac.th

รศ.ดร.สุวิมล อัสวาศิชู

อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
e-mail: suwimol.asa@kmutt.ac.th