กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

รายงานผลงานวิจัย

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

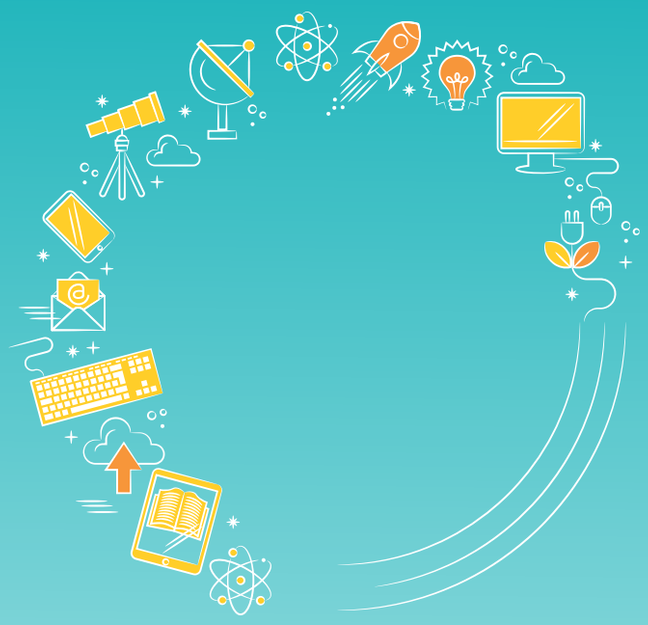
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

สารจาก
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีภารกิจหลัก คือการวิจัย พัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่เหมาะสมในการจัดการสิ่งแวดล้อม เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมให้เป็นรูปธรรม รวมทั้งพัฒนาองค์กรให้เป็นหน่วยงานที่มีความเป็นเลิศด้านการวิจัย ด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งยกระดับห้องปฏิบัติการด้านสิ่งแวดล้อมสู่มาตรฐานสากลเพื่อให้ผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความถูกต้อง ตามหลักวิชาการน่าเชื่อถือสามารถนำไปใช้อ้างอิงได้

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์ครั้งนี้ เป็นการสรุปผลการวิจัยด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ด้านน้ำและขยะ ด้านอากาศ เสียงและความสั่นสะเทือน และด้านสารไดออกซิน ที่ดำเนินการแล้วเสร็จในระหว่างปี 2558-2560 เพื่อเผยแพร่ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม และเผยแพร่ต่อสาธารณะชนและผู้สนใจทั่วไป ได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม และมีส่วนร่วมในการป้องกันและแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมต่อไป



ที่ปรึกษา

นายรัชฎา สุริยกุล ณ อยุธยา
อธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
นายสุรชัย อจลบุญ
รองอธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
นางสาวสาวิตรี ศรีสุข
รองอธิบดีกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

บรรณาธิการบริหาร

นางอนงค์ ชานะมูล
ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

กองบรรณาธิการ

นางสาวหทัยรัตน์ การีเวทย์
นางสาวรุจยา บุณยทุมานนท์
นายปัญจา ใยถาวร
นายเจนวิทย์ วงษ์ศานูน
นายอัศมน ลิ่มสกุล
นางสาวสุปราณี บุญเรืองรุ่งธนา
นายพีรพงษ์ สุนทรเดชะ
นางจินดารัตน์ เรืองโชติวิทย์
นางสาวอารีรัตน์ จากสกุล
นางสาวณัญธิกานต์ ทะเสนฮด
นางสาวพรรณทิพา พุ่มน้ำเย็น
นางสาวอุไร เกษมศรี

สารบัญ

กลุ่มการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

สารบัญ

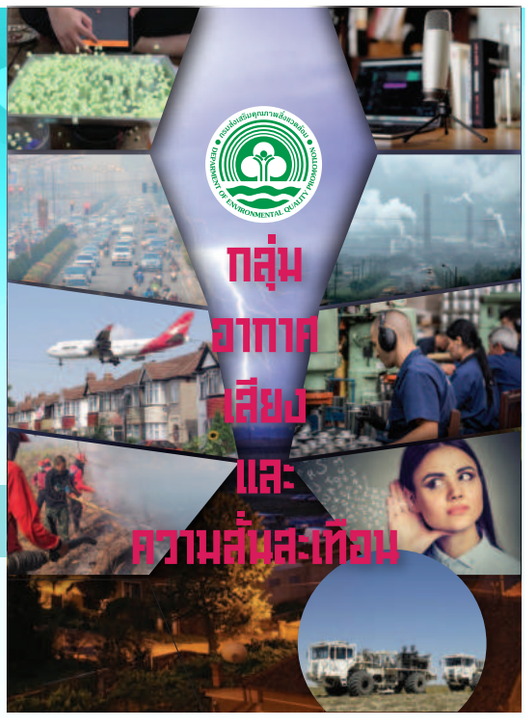
กลุ่มน้ำและขยะ

สารบัญ

กลุ่มน้ำและขยะ (ต่อ)

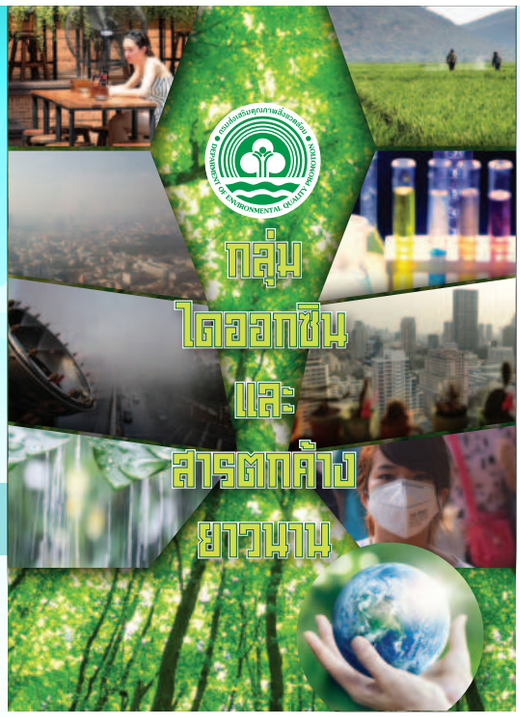
07

สารบัญ



กลุ่มอากาศ เสียง และความสั่นสะเทือน

สารบัญ



กลุ่มไดออกซินและสารตกค้างยาวนาน

11


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION
กลุ่ม
การเปลี่ยนแปลง
ภูมิอากาศ

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

การพัฒนาดัชนีความร้อน และการประยุกต์ใช้ศึกษาคลื่นความร้อนในประเทศไทย

Heat index development and its application
for heat wave study in Thailand

การพัฒนาดัชนีความร้อนและการประยุกต์ใช้ศึกษาคลื่นความร้อนในประเทศไทย

Heat index development and its application for heat wave study in Thailand

อัศมน ลิ่มสกุล* วุฒิชัย แพงแก้ว และ นิดาลักษณ์ อรุณจันทร์

Atsamon Limsakul*, Wutthichai Paengkaew and Nidalak Aroonchan

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

Environmental Research and Training Center,Department of Environmental Quality Promotion

E-mail: Atsamonl@gmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาดัชนีความร้อนที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีความร้อน ผลการศึกษา พบว่า Heat Index (HI) เป็นดัชนีที่คำนวณจากสมการถดถอยบนพื้นฐานของข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ได้ดีกับสภาพอากาศของประเทศไทยที่มีค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 26 องศาเซลเซียส และ 39 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ สำหรับ Heat Index Chart ที่พัฒนาขึ้นแสดงค่า HI ในช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26 - 43 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 40 - 100 เปอร์เซนต์ ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยระยะยาวและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน จากค่า HI ในภาพรวมของประเทศไทย พบว่า ช่วงที่ HI มีค่าสูงกว่าระดับ Extreme caution เกิดขึ้นช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม ในส่วนของการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของ HI ในประเทศไทยตามรายสถานี พบว่า HI รายปี ทั่วทุกภาคของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในอัตรา 0.17 - 0.93 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ โดยที่ HI รายปี มีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ในขณะที่ HI ในภาพรวมของประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ p-value น้อยกว่า 0.01 ในอัตรา 0.34 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ หรือ 1.5 องศาเซลเซียส ในรอบ 44 ปีที่ผ่านมา ทั้งนี้ การสร้างความเข้าใจเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงในอนาคตและความสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านอนามัยสิ่งแวดล้อมจะเป็นประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้และสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายในการเตรียมความพร้อมต่อการรับมืออุบัติการณ์และความเสี่ยงต่อสุขภาพของประชาชนที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต

คำสำคัญ : ดัชนีความร้อน คลื่นความร้อน สภาวะเครียดจากความร้อน แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง

Abstract

This study has developed the heat index (HI) suitable for Thailand as well as analysis of its spatial-temporal changes. The results showed that the HI calculated using regression equation based on observed temperature and relative humidity data could be applied well with Thailand's climate with temperature and relative humidity greater than 26 °C and 39%, respectively. The HI chart developed together with the HI also showed the HI values in the temperature and relative humidity ranges of 26-43 °C and 40-100%. Analysis of long-term means and their standard deviation from the HI data for Thailand as a whole found that the HI values greater than the extreme caution level occurred from the end of February to July. The station-by-station trend analysis revealed that the annual HI values in all parts of Thailand significantly increased in range of 0.17-0.93 °C per decade. Note that the annual HI values remarkably increased during March-April months. When considering Thailand as a whole, the annual HI significantly increased by 0.34 °C per decade or 1.5 °C in the past 44 years. However, additional understanding of future HI changes and their relations with environmental health factors will be helpful for creating knowledge to support policy decision to prepare necessary precautions and measures to future incidence and damage that may occur.

Keywords : heat index, heat wave, thermal stress, trend

1. บทนำ

คลื่นความร้อนจัดเป็นสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศซึ่งมีลักษณะอากาศร้อนผิดปกติและสะสมอยู่พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นระยะเวลานาน โดยอาจจะเกิดขึ้นพร้อมกับอากาศที่ร้อนอบอ้าวและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงคลื่นความร้อนมีนิยามและคำจำกัดความที่หลากหลายและแตกต่างกันค่อนข้างมากในแต่ละภูมิภาคและพื้นที่[1] โดยทั่วไปแล้วคลื่นความร้อนมักถูกตรวจวัดและเปรียบเทียบกับลักษณะสภาพอากาศในพื้นที่นั้นๆ และทำการเปรียบเทียบกับอุณหภูมิปกติ ทั้งนี้ องค์กรอุตุนิยมวิทยาโลก[2] ได้ให้คำจำกัดความของคลื่นความร้อนว่าช่วงระยะเวลาอย่างน้อย 5 วัน ที่มีอุณหภูมิสูงสุดเกิน 25 องศาเซลเซียส (77 องศาฟาเรนไฮต์) โดยมีเวลาอย่างน้อย 3 วัน ในช่วงอุณหภูมิสูงสุดเกิน 30 องศาเซลเซียส (86 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งเป็นนิยามที่นำมาประยุกต์ใช้กันโดยทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรป[3,4] สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้ช่วงระยะเวลา 3 วัน หรือมากกว่า 3 วันติดต่อกัน ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 32 องศาเซลเซียส (90 องศาฟาเรนไฮต์)[5] เป็นช่วงเวลาเกิดคลื่นความร้อน ทั้งนี้ ไม่ใช่เพียงอุณหภูมิตอนกลางวันที่สูงขึ้นเท่านั้น แต่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตอนกลางคืนอาจเพิ่มขึ้นสูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะยาวได้เช่นกัน นอกจากนี้ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ยังเป็นปัจจัยเสริมที่สำคัญต่อแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคลื่นความร้อน ผลการศึกษาที่ผ่านมา ระบุว่า เหตุการณ์คลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากความร้อน (Thermal stress) ในช่วงหลังของศตวรรษที่ 20 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในหลายภูมิภาคของโลกซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นควบคู่กับการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก[6,7,8]

สภาวะสุดขั้วของความร้อนหรือคลื่นความร้อน นับเป็นภัยคุกคามทางภูมิอากาศที่ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อมนุษย์ โดยส่วนใหญ่ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์[9] ซึ่งนำไปสู่การเจ็บป่วยและเสียชีวิต[10,11] โดยเฉพาะตัวในพื้นที่เขตเมืองที่ประชาชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งกลุ่มเสี่ยงที่มีความเสี่ยงสูง ได้แก่ ผู้สูงอายุหรือกลุ่มผู้ที่มีโรคประจำตัวมักได้รับผลกระทบโดยตรงที่ค่อนข้างรุนแรงกว่ากลุ่มอื่น ๆ ผลการศึกษาจำนวนมากในช่วงที่ผ่านมา นักวิทยาศาสตร์ต่างเห็นพ้องต้องกันว่า คลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากอากาศร้อน จัดเป็นภัยคุกคามที่สำคัญจากสภาวะโลกร้อนที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาวะและการดำรงชีวิตของมนุษย์ และเป็นประเด็นปัญหาที่ท้าทายในการกำหนดมาตรการตั้งรับและปรับตัว

สำหรับประเทศไทยยังไม่มีหลักฐานการศึกษาที่บ่งชี้ถึงความรุนแรงและความถี่ของการเกิดคลื่นความร้อนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาวะเครียดจากอากาศร้อนจัด แต่มีข้อมูลผลการศึกษา[12]และรายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1 แสดงให้เห็นถึงโอกาสและความเป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นตัวแปรหลักที่กำหนดการเกิดคลื่นความร้อนและสภาวะเครียดจากความร้อนนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิเฉลี่ยระยะยาวของประเทศไทยนับว่ามีอัตราที่สูงกว่าค่าเฉลี่ยของโลก[13]

ด้วยเหตุผลดังกล่าว ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นความสำคัญของปรากฏการณ์คลื่นความร้อนและสภาวะความเครียดจากอากาศร้อนจัด ซึ่งอาจกลายเป็นปัญหาสุขภาพของคนไทยและนักท่องเที่ยวชาวต่างชาติ ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ดำเนินโครงการพัฒนาดัชนีความร้อนเพื่อประยุกต์ใช้ศึกษาความแปรปรวนของคลื่นความร้อนและสภาวะความเครียดจากอากาศร้อนจัดในประเทศไทย ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2557- พ.ศ. 2558 โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) พัฒนาดัชนีความร้อนที่เหมาะสมสำหรับติดตามตรวจสอบปรากฏการณ์คลื่นความร้อนและสภาวะความเครียดจากอากาศร้อนจัดในประเทศไทย (2) วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีความร้อนในประเทศไทย ทั้งนี้ผลการศึกษาจะเป็นการสร้างองค์ความรู้ ความเข้าใจในประเด็นสำคัญดังกล่าวให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบสำหรับสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบาย การสร้างความตระหนักรู้แก่ประชาชน และการศึกษาต่อยอดในบริบทของผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อสุขภาพของประชาชนได้

2. วิธีการวิจัย

2.1 ดัชนีความร้อนหลายๆ ดัชนีได้ถูกเสนอแนะให้ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศต่างๆ เช่น Apparent temperature ของ Steadman และ Heat Index ของ National Weather Service และดัชนีอื่นๆ ได้ถูกนำมาทบทวนและคัดเลือกเพื่อประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาดัชนีความร้อนสำหรับประเทศไทย โดยดัชนีความร้อนสามารถคำนวณได้จากข้อมูลตัวแปรทางภูมิอากาศต่าง คือ อุณหภูมิเฉลี่ย และความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ข้อมูลจากสถานีตรวจวัดอากาศผิวพื้นที่ได้เก็บรวบรวมข้อมูลอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1970-2013 ผ่านการตรวจสอบคุณภาพของอนุกรมข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานที่ยอมรับกันโดยทั่วไป[14,15] ทั้งนี้ ดัชนีความร้อนที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำมาวิเคราะห์และจัดทำ Heat Index Chart สำหรับประมาณการณ์ระดับความรุนแรงเพื่อใช้เป็นเกณฑ์บ่งชี้ระดับความเสี่ยงและอันตรายจากคลื่นความร้อนและสภาวะความเครียดจากอากาศร้อนจัดสำหรับประเทศไทย

2.2 การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนีความร้อนในประเทศไทย เป็นค่าดัชนีความร้อนที่คำนวณจากฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันในประเทศไทย เพื่ออธิบายแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในเชิงเส้นตรง (Linear trend) ของดัชนีความร้อนในแต่ละสถานี ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1970-2013 ทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Non - parametric Kendall's tau based slope estimator และ Kendall's test[16] เพื่อใช้ประเมินนัยสำคัญทางสถิติของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ เทคนิคฟังก์ชั่นตั้งฉากเชิงประจักษ์ซึ่งเป็นสถิติพหุเชิงพรรณนาที่สามารถจัดการกับฐานข้อมูลขนาดใหญ่ที่มีหลายตัวแปรและหลายมิติได้ดี[17,18] ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งาน

3. ผลการวิจัย

Thermal Index (TI) ซึ่งโดยส่วนใหญ่คำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้อธิบายเงื่อนไขและความเชื่อมโยงที่ซับซ้อนระหว่างการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างร่างกายมนุษย์และสิ่งแวดล้อมโดยรอบ[19,4] Steadman's apparent temperature เป็นหนึ่งในบรรดา TI ที่นิยมมากที่สุดสำหรับการวิจัยด้านอนามัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งสามารถคำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์ โดยแปลงสภาพอากาศปัจจุบันให้เป็นอุณหภูมิที่ทุกคนรู้สึกได้เหมือนกันในกรณีที่อุณหภูมิจุดน้ำค้าง มีค่าเท่ากับ 14 องศาเซลเซียส[20,21] การพัฒนาดัชนีความร้อนสำหรับประเทศไทยนั้น Heat Index (HI) ได้ถูกคัดเลือกเพื่อนำมาใช้งาน เนื่องจากเป็นดัชนีที่อาศัยเฉพาะข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ ซึ่งเป็นตัวแปรภูมิอากาศพื้นฐานที่สถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาผิวพื้นทำการตรวจวัดเป็นประจำ อีกทั้ง เป็นดัชนีที่สามารถใช้ติดตามแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคลื่นความร้อนในระยะยาวได้บนพื้นฐานของฐานข้อมูลภูมิอากาศรายวันที่ได้ตรวจวัดและเก็บรวบรวมอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตถึงปัจจุบัน HI เป็นดัชนีที่ถูกพัฒนาบนพื้นฐานของ Apparent temperature (Ta) ซึ่งได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ทั้งการศึกษาวิจัยและการติดตามตรวจสอบอย่างแพร่หลายในหน่วยงานต่างๆ ตัวอย่างเช่น National Weather Service ของประเทศสหรัฐอเมริกา HI ทั้งนี้ สามารถคำนวณได้ตามสมการด้านล่างนี้

$$HI\,(^{\circ}F) = -42.379 + 2.04901523*T + 10.14333127*RH - 0.22475541*T*RH - 6.83783 \times 10\text{-}3*T^2 - 5.481717 \times 10^{-2}*RH^2 + 1.22874 \times 10\text{-}3*T^2*RH + 8.5282 \times 10^{-4}*T*RH^2 - 1.99 \times 10^{-6}*T^2*RH^2 \quad (1)$$

$$C = 5/9 * (^{\circ}F - 32) \quad (2)$$

HI: heat index (°F), T: air temperature (°F), RH: relative humidity (%)

F: Fahrenheit, C: Celsius

สมการข้างต้น เป็นอัลกอริทึมถดถอยพหุคูณ ประกอบด้วย 9 - term multiple regression model สามารถประยุกต์ใช้คำนวณดัชนีความร้อนได้ดีเมื่ออุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า 26 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 39 เปอร์เซ็นต์ มีข้อแนะนำให้ปรับความถูกต้องของค่า HI = T ในกรณีที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่าค่าดังกล่าว[22,23,24,25] สำหรับข้อมูลอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันของสถานีตรวจวัดอุตุนิยมวิทยาทั่วประเทศไทยในห้วงเวลาปี ค.ศ. 1970-2013 ประมาณร้อยละ 24.3 มีค่าต่ำกว่า 26 องศาเซลเซียส ส่วนข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์รายวัน พบเพียงร้อยละ 0.13 ที่มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 39 จึงจำเป็นต้องปรับความถูกต้องเมื่อคำนวณค่า HI จากสมการ ความผิดพลาดของการคำนวณ HI มีค่า ±1.3 องศาฟาเรนไฮต์[23,25] เนื่องจาก HI เป็นการคำนวณจากข้อมูลในตาราง Steadman ด้วยสมการถดถอยพหุคูณ ดังนั้น HI ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ศึกษาในพื้นที่ใกล้เคียงกับประเทศไทย เช่น ประเทศปากีสถาน ประเทศบังคลาเทศ และประเทศเกาหลีใต้ทั้งนี้ เพื่อให้ HI สามารถนำไปใช้งานให้ง่ายขึ้น ได้มีการพัฒนา Heat Index Chart ที่แสดงค่าของ HI ในช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26-43 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ตั้งแต่ร้อยละ 40-100 เพิ่มเติม ดังแสดงในรูปที่ 1 โดยระดับผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ของค่า HI ในช่วงต่าง ๆ[26] ดังสรุปในตารางที่ 1 ซึ่งผลกระทบดังกล่าวยังได้แสดงใน Heat Index Chart ของ HI ด้วยระดับความเข้มของสีที่แตกต่างกัน

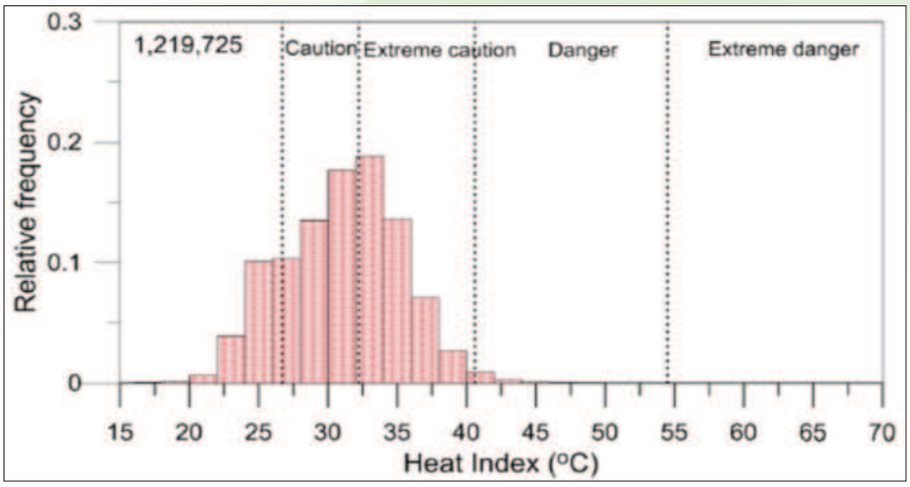
Temp (°C)	Relative Humidity (%) 40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
43	56.6												
42	53.7	57.5											
41	50.9	54.3	58.1										
40	48.3	51.3	54.8	58.5									
39	45.8	48.5	51.6	55.0	58.7								
38	43.4	45.9	48.6	51.6	55.0	58.6							
37	41.2	43.4	45.8	48.5	51.4	54.7	58.2						
36	39.1	41.0	43.1	45.5	48.1	51.0	54.2	57.5					
35	37.2	38.8	40.7	42.7	45.1	47.6	50.3	53.3	56.5				
34	35.4	36.8	38.4	40.2	42.2	44.4	46.8	49.4	52.2	55.2	58.4		
33	33.8	34.9	36.3	37.8	39.5	41.4	43.5	45.7	48.1	50.8	53.5	56.5	
32	32.3	33.2	34.4	35.6	37.1	38.7	40.4	42.3	44.4	46.6	49.0	51.5	54.2
31	30.9	31.7	32.6	33.7	34.8	36.2	37.6	39.2	40.9	42.7	44.7	46.8	49.0
30	29.7	30.3	31.0	31.9	32.8	33.9	35.0	36.3	37.7	39.1	40.7	42.4	44.2
29	28.6	29.1	29.7	30.3	31.0	31.8	32.7	33.7	34.7	35.9	37.1	38.4	39.7
28	27.7	28.0	28.4	28.9	29.5	30.0	30.7	31.4	32.1	32.9	33.7	34.7	35.6
27	26.9	27.1	27.4	27.7	28.1	28.5	28.9	29.3	29.7	30.2	30.7	31.3	31.8
26	26.2	26.4	26.6	26.7	26.9	27.1	27.3	27.5	27.7	27.9	28.0	28.2	28.4

รูปที่ 1 แสดง Heat Index Chart สำหรับช่วงของอุณหภูมิตั้งแต่ 26-43 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ ตั้งแต่ 40-100 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 1 แสดงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ของค่า HI ในช่วงต่าง ๆ

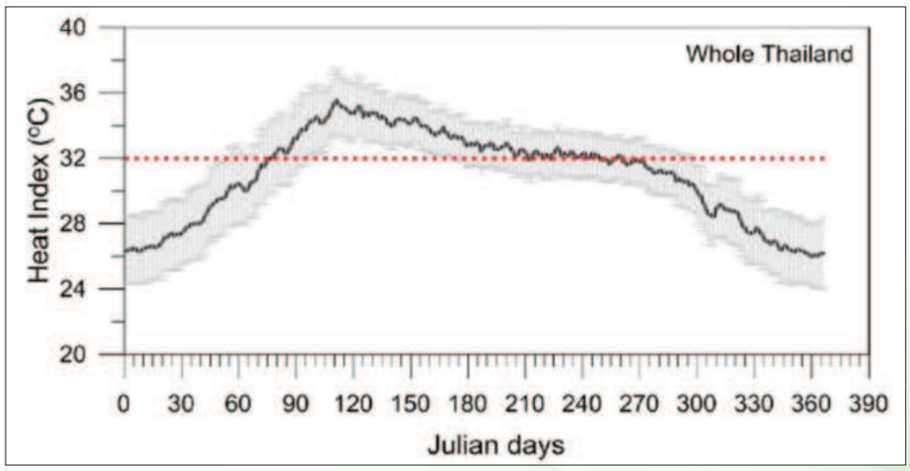
Category	Heat Index (˚C)	Possible symptom
Caution	26.7 - 32.2	Fatigue with prolonged exposure and physical activity
Extreme caution	32.2 - 40.6	Sunstroke, Heat cramps and heat exhaustion with prolonged exposure and phyaical activity under these conditions
Danger	40.6 - 54.5	Sunstroke, heat cramps or heat exhaustion are likely. Heatstroke with prolonged exposure and physical activity
Extreme danger	Over 54.5	Heatstroke or sunstroke are imminent

ผลการคำนวณข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์รายวันของสถานีตรวจวัดผิวพื้นกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 69 สถานี ในห้วงเวลาตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1970-2013 พบว่า HI ในประเทศไทย มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 13.1- 64.2 องศาเซลเซียส โดยที่ค่า HI ส่วนใหญ่ตกอยู่ในช่วง 27-35 องศาเซลเซียส (รูปที่ 2) ทั้งนี้ HI ที่คำนวณสำหรับประเทศไทยในอดีตถึงปัจจุบัน มีค่าอยู่ในช่วงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นต่อร่างกายมนุษย์ตั้งแต่ Caution ถึง Extreme danger โดยร้อยละ 25.5 ของข้อมูลทั้งหมดมีค่า HI สูงกว่า 32.2 องศาเซลเซียส หรือระดับ Extreme caution (ตารางที่ 1 และ รูปที่ 2)

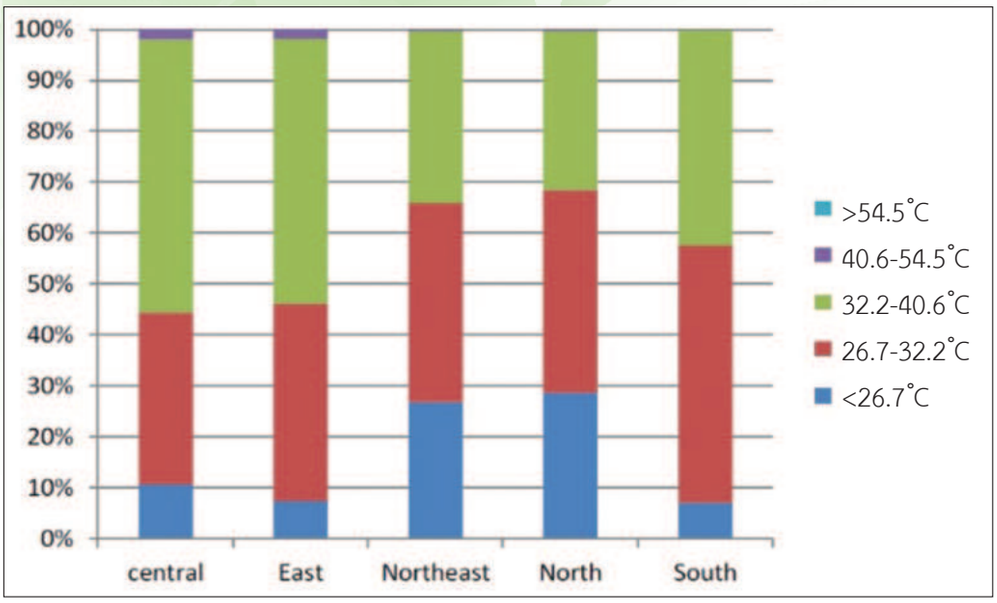


รูปที่ 2 แสดง Relative frequency histogram ของค่า HI ที่คำนวณจากข้อมูลอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตรวจวัดรายวันของสถานีผิวพื้นของกรมอุตุนิยมวิทยา จำนวน 69 สถานี ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1970 - 2013

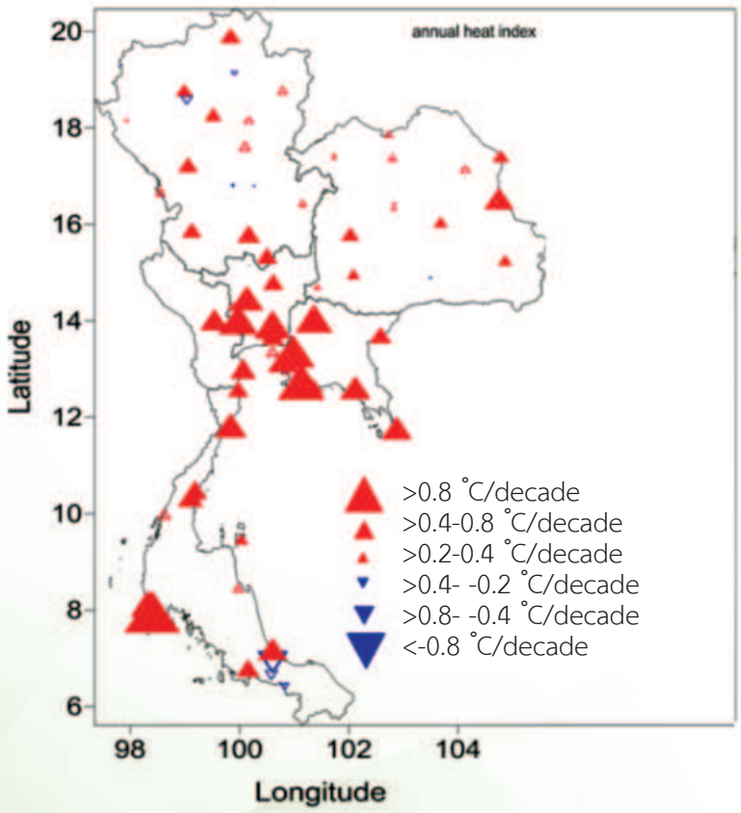
ค่าเฉลี่ยระยะยาวและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานรายวันในรอบปีของ HI ภาพรวมของประเทศไทย ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่ง HI มีค่าสูงกว่าระดับ Extreme caution เกิดขึ้นในช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม (รูปที่ 3) โดยภาคกลางและภาคตะวันออก มีช่วง HI ที่มีค่าสูงกว่าระดับ Extreme caution กว้างกว่าภาคอื่น ๆ พร้อมทั้งมีค่าสูงสุดสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับภาคอื่น ๆ ทั้งนี้ ค่า HI ในระดับ Extreme caution (> 32.2 องศาเซลเซียส) ในภาคกลางและภาคตะวันออกมีสัดส่วนที่สูงกว่าภาคอื่น ๆ เช่นกัน (รูปที่ 4)



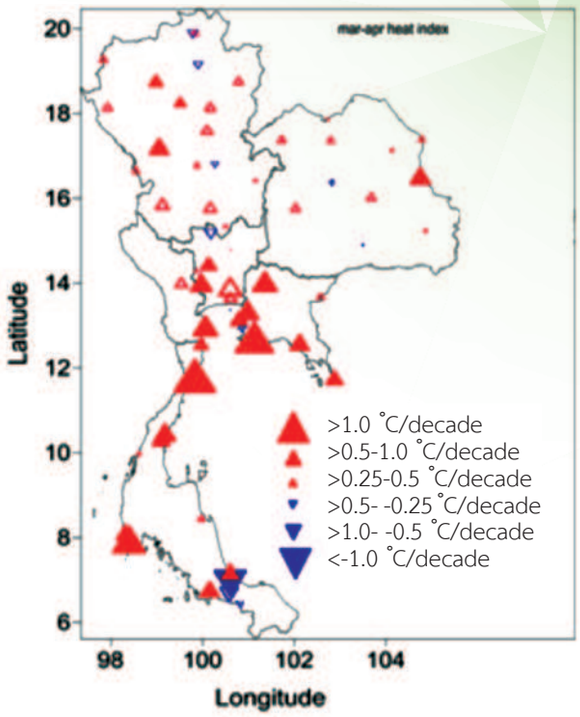
รูปที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานระยะยาว (ค.ศ. 1970-2013) รายวันในรอบปีของ HI ที่คำนวณจาก 65 สถานี ในช่วงตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1970-2013 เส้นปะสีแดง แสดงระดับ Extreme caution



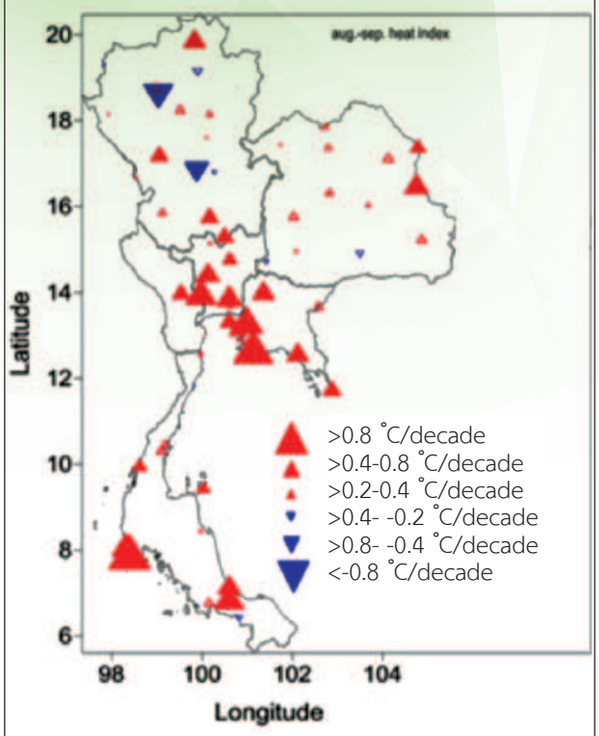
รูปที่ 4 แสดงสัดส่วนของค่า HI เฉลี่ยรายภาคในกลุ่มต่าง ๆ ตามตารางที่ 1



รูปที่ 5 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนี HI รายปี ตามรายสถานีในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1970-2013 สามเหลี่ยมสีแดงและสีน้ำเงิน แสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

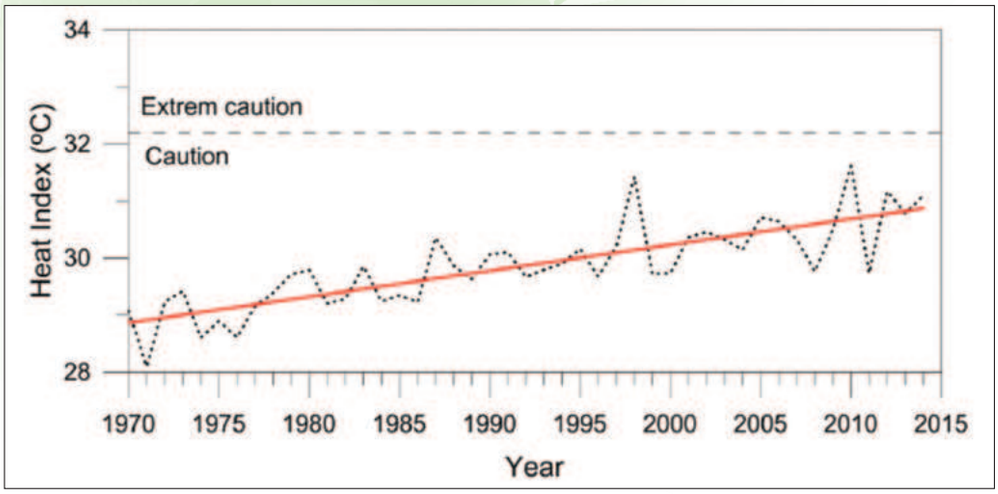


รูปที่ 6 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนี HI ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ตามรายสถานีในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1970-2013 สามเหลี่ยมสีแดงและสีน้ำเงินแสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มขึ้นและลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



รูปที่ 7 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนี HI ช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ตามรายสถานีในช่วงระหว่างปี ค.ศ. 1970-2013 สามเหลี่ยมสีแดงและสีน้ำเงินแสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนี HI ในประเทศไทย โดยการคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง (linear trend) ตามรายสถานีสำหรับดัชนี HI รายปี (รูปที่ 5) ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน (รูปที่ 6) และในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน (รูปที่ 7) พบว่า HI โดยส่วนใหญ่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในอัตรา 0.17-0.93 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ทั้งนี้ ภาคกลางและภาคตะวันออก มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าภูมิภาคอื่น ๆ (รูปที่ 5-7) นอกจากนี้ HI รายปี มีอัตราเพิ่มขึ้นเด่นชัดและสูงกว่าดัชนี HI ในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนและในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน (รูปที่ 5-7) เมื่อพิจารณาในภาพรวมประเทศไทยแล้ว พบว่า HI เฉลี่ยทุกสถานี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ p - value น้อยกว่า 0.01 ในอัตรา 0.34 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ หรือ 1.5 องศาเซลเซียส ในรอบ 44 ปีที่ผ่านมา (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 แสดงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรงของดัชนี HI รายปีในภาพรวมของประเทศไทย

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษานี้ สามารถบ่งชี้ในเบื้องต้นได้ว่า Heat Index (HI) ในภาพรวมของประเทศไทย ในช่วงที่ HI มีค่าสูงกว่าระดับ Extreme caution จะปรากฏในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนกรกฎาคม ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่และเวลาของดัชนี HI ในประเทศไทยตามรายสถานี พบว่า HI โดยส่วนใหญ่ทั่วทุกภาคของประเทศไทย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในอัตรา 0.17-0.93 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ โดยที่ภาคกลางและภาคตะวันออก มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นที่สูงกว่าภูมิภาคอื่น ๆ นอกจากนี้ HI มีอัตราเพิ่มขึ้นเด่นชัดและมีค่าสูงกว่าในช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายนและในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ในขณะที่ดัชนี HI เฉลี่ยทุกสถานี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ p - value น้อยกว่า 0.01 ในอัตรา 0.34 องศาเซลเซียส ต่อทศวรรษ หรือ 1.5 องศาเซลเซียส ในรอบ 44 ปีที่ผ่านมา ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาอื่นๆ พบว่า มีอัตราการเพิ่มน้อยกว่าประเทศบังคลาเทศ ในช่วงปี ค.ศ. 1961-2007 (3.5 องศาเซลเซียส ในรอบ 47 ปี) และประเทศอินเดียในช่วงฤดูร้อนที่ 0.56 องศาเซลเซียส[27] ทั้งนี้ ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบเตือนภัยความร้อนและมลพิษทางอากาศล่วงหน้าได้

กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัย ฯ ขอขอบคุณกรมอุตุนิยมวิทยาสำหรับข้อมูลตัวแปรภูมิอากาศตรวจวัดจากสถานีตรวจวัดอากาศต่างๆ ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต วิทยาลัยเกษตรวังเจ้า สำหรับความอนุเคราะห์สถานที่ที่ติดตั้งสถานีตรวจวัดอากาศ นอกจากนี้ ขอขอบคุณคณะผู้บริหารกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่เล็งเห็นความสำคัญรวมถึงให้ข้อคิดเห็นและสนับสนุนการดำเนินงานตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

1. Meehl, G.A. and Tebaldi, C. More intense, more frequent and longer lasting heat waves in the 21st century. Science. 2004; 305:994-997.
2. Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank, A.M.G. and Perterson, T.. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. Climate Research. 2002; 19:193-212.
3. World Meteorological Organization (WMO) and World Health Organization (WHO). Heat wave and health: Guidance on warming system development. World Meteorological Organization and World Health Organization; 2010. pp. 88.
4. World Meteorological Organization (WMO) and World Health Organization (WHO). Heatwaves and health: Guidance on warning-system development. Geneva: World Meteorological Organization (WMO); 2015. pp.96.
5. Lau, N.-C and Nath, M.J. A model study of heat waves over North America: Meteorological aspects and projections for the twenty-first century. Journal of Climate. 2012; 25:4761-4784.
6. Field, C.B., et al. (Eds.). Intergovernmental Panel on Climate Change: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. Cambridge University Press: Cambridge; 2012. pp. 1075.
7. IPCC. Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds: Stocker TF, Qin D, Plattner G-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V and Midgley PM). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2013.
8. IPCC.Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds: Field CB, Barros VR, Dokken DJ, Mach KJ, Mastrandrea MD, Bilir, TE, Chatterjee M, Ebi KL, Estrada YO, Genova RC, Girma B, Kissel ES, Levy AN, MacCracken, S, Mastrandrea PR, and White LL). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA; 2014.
9. Kovats, R.S. and Hajat, S. Heat stress and public health: A critical review. Annual Review of Public Health. 2008; 29:41-55.
10. Kovats, R.S. and Ebi, K.L. Heatwaves and public health in Europe. European Journal of Public Health. 2006; 16: 592-599.
11. Basu, R. High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. Environmental Health [internet]. 8:40 [Cited 2009] Available from DOI: 10.1186/1476-069X-8-40.
12. แสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล อัศมน ลิ่มสกุล และทวีวงศ์ ศรีบุรี. การประเมินสภาวะความรุนแรงสภาพภูมิอากาศของประเทศไทย: การวิเคราะห์ความเสี่ยงและความล่อแหลมของพื้นที่วิกฤติ. รายงานฉบับสมบูรณ์. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2553.

13. อัศมน ลิ่มสกุล อำนาจ ชิดไธสง และกัณฑรีย์ บุญประกอบ. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2554.
14. Wang XL, Wen QH, Wu Y. Penalized maximal t test for detecting undocumented mean change in climate data series. Journal of Applied Meteorological Climatology [internet]. 46 [Cited 2007]; 916-931. Available from DOI:10.1175/JAM2504.1.
15. Wang XL. Accounting for autocorrelation in detecting mean shifts in climate data series using the penalized maximal t or F test. Journal of Applied Meteorology and Climatology [internet]. 47 [Cited 2008]; 2423-2444. Available from DOI: 10.1175/2008JAMC1741.1.
16. Kendall, M. G., and Gibbons, J. D. Rank Correlation Methods. 5th ed. London: Edward Arnold; 1990.
17. Preisendorfer, R.W. Principal Component Analysis in Meteorology and Oceanography.Elsevier: Amsterdam; 1988.
18. Hannachi, A., Jolliffe, I.T. and Stephenson, D.B. Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review. International Journal of Climatology. 2007; 27:1119-1152.
19. Anderson, G.B., Bell, M.L., Peng, R.D. Methods to calculate the heat index as an exposure metric in environmental health research. Environmental Health Perspectives. 2013; 121:1111-1119.
20. Steadman, R.G. The assessment of sultriness. Part I: A temperature-humidity index based on human physiology and clothing science. Journal of Applied Meteorology. 1979a; 18:861-873.
21. Rothfusz, L.P. The Heat Index “Equation” (or, More Than You Ever Wanted to Know About Heat Index). SR 90-23. Fort Worth, TX:National Oceanic and Atmospheric Administration, NationalWeather Service, Office of Meteorology. 1990.
22. Patricola, C.M., Cook, K.H. Northern African climate at the end of the twenty-first century: an integrated application of regional and global climate models. Climate Dynamices. 2010; 35: 193-212.
23. Zahid, M. and Rasul, G. Rise in summer heat index over Pakistan. Pakistan Journal ofMeteorology. 2010; 6 (12):85-96.
24. Oka, M. The influence of urban street characteristics on pedestrian heat comfort levels in Philadelphia. Trans GIS. 2011; 15(1):109-123.
25. Rajib, M.A., Mortuza, M.R., Selmi, S., et al. Increase of heat index over Bangladesh: Impact of climate change. World Academy of Science, Engineering and Technology. 2011; 58:402-405.
26. Choi, G., Choi, J. and Kwon, H.-J. The impact of high apparent temperature on the increase of summertime disease-related mortality in Seoul: 1991-2000. Journal of Preventive Medicine and Public Health. 2005; 38(3):283-290.
27. Jaswal, A.K., Padmakumari, B., Kumar Naresh., Kore, P.A. Increasing Trend in Temperature and Moisture Induced Heat Index and Its Effect on Human Health in Climate Change Scenario over the Indian Sub-continent. Journal of Climate Change, vol. 3, no. 1, pp. 11-25, 2017

การศึกษาประสิทธิภาพและต้นทุนของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีศึกษา การปลูกอ้อย

Study on the efficiency and cost of nitrification
inhibitors in reducing greenhouse gas emissions: A case study of sugarcane

การศึกษาประสิทธิภาพและต้นทุนของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก กรณีศึกษา การปลูกอ้อย

Study on the efficiency and cost of nitrification inhibitors in reducing greenhouse gas emissions: A case study of sugarcane

อัศมน ลิ่มสกุล[1]* บุญลือ คะเชนทร์ชาติ[2] วุฒิชัย แพงแก้ว[1] นิดาลักษณ์ อรุณจันทร์[1]

Atsamon Limsakul[1]*, Boonlue Kachenchart[2], Wutthichai Paengkaew[1] Nidalak Aroonchan[1]

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม[1]
คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล[2]
Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion[1]
Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University[2]
E-mail: Atsamonl@gmail.com*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น [สาร 3, 4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) สาร *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) และเถ้าลอยเบา (Fly ash)] ในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการปลูกอ้อย พร้อมทั้งวิเคราะห์ต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผลการศึกษา พบว่า เถ้าลอยเบา มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้สูงสุดร้อยละ 32.56 รองลงมา คือ สาร 51F2 ร้อยละ 21.08 และ DMPP ร้อยละ 16.98 เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูปของ Benefit/Cost ratio พบว่า รายได้จากการขายอ้อยสดต่อต้นทุนการปลูกอ้อยในกรณีที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (1.16-1.25) มีค่าสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว (1.11) จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ทั้งสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและช่วยเพิ่มผลผลิตและผลคุ้มทุนของการปลูกอ้อยได้ในลักษณะแบบผลประโยชน์ร่วม (Co-benefit) ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรและควรขยายผลให้เกษตรกร รวมทั้งเครือข่ายที่เกี่ยวข้องใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เพิ่มเติมในพื้นที่เพื่อส่งเสริมการมีส่วนร่วมของเกษตรต่อปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ภายใต้กลไกผลประโยชน์ร่วมและแนวทาง win-win

คำสำคัญ : อ้อย สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น ก๊าซเรือนกระจก

Abstract

This study aimed at testing the efficiency of nitrification inhibitors [(3, 4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP), *trans*-methyl cinnamate (51F2) and fly ash)] in reducing greenhouse gas emissions from sugarcane cultivation as well as conducting cost-benefit analysis. The results showed that the efficiency of greenhouse gas reduction by using fly ash, 51F2 and DMPP compared with using only fertilizers were 32.56%, 21.08%, and 16.98% respectively. When comparing the cost-benefit in the form of Benefit/Cost (B/C) ratio, it was found that the income from the sale of fresh sugarcane to the cost of sugarcane cultivation using nitrification inhibitors was in range of 1.16-1.25 which was higher than using only fertilizer (1.11). The results also showed that nitrification inhibitors can reduce greenhouse gas emissions and help increase productivity as well as cost-benefit of sugarcane cultivation. Nitrification inhibitors are therefore considered as one of the potential options for reducing greenhouse gas emissions in agricultural sector. This approach should be extended to farmers including the related networks to increasingly use nitrification inhibitors in order to promote participation from farmers to mitigate climate change in the context of co-benefit mechanism and a win-win solution.

Keywords : sugarcane, nitrification inhibitor, greenhouse gas

1. บทนำ

ก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากภาคเกษตร ป่าไม้ และการใช้ที่ดิน เป็นก๊าซเรือนกระจก (Greenhouse Gas; GHG) ที่ไม่ใช่คาร์บอนไดออกไซด์ ประกอบด้วย มีเทน (Methane; CH_4) และไนตรัสออกไซด์ (Nitrous Oxide; N_2O) ซึ่งมีศักยภาพทำให้เกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming Potential; GWP) มากกว่าคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ถึง 21 เท่า และ 310 เท่า[1] ตามลำดับ โดยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรของประเทศไทย ในปี พ.ศ. 2554 มีค่ามากเป็นลำดับที่ 2 รองจากภาคพลังงานคิดเป็นจำนวน 52.92 ล้านตัน คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หรือร้อยละ 17.32 ของปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งประเทศ[2]

วิธีการหนึ่งในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร คือ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น (Nitrification Inhibitors; NIs) จำพวกสารเคมีเชิงการค้า เช่น Nitrapyrin DCD (Dicyandiamide) และ DMPP (3, 4-Dimethylpyrazole phosphate) สารสกัดชีวภาพจากส่วนรากของพืชและวัสดุการเกษตร ทั้งนี้ การใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น นับเป็นแนวทางเชิงผลประโยชน์ร่วมในด้านอื่น ๆ (Co-benefits) ที่ช่วยให้การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนเกิดประสิทธิภาพและเพิ่มผลผลิต ในขณะเดียวกันก็ช่วยลดการปล่อย N_2O และ CH_4 โดยผลการวิจัยของบุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ (2556)[3] พบว่า สารอินทรีย์ยับยั้งไนตริฟิเคชั่นอนุพันธ์ของสารกลุ่ม Cinnamate ที่ได้จากการสังเคราะห์เลียนแบบสาร Methyl 3-(4-hydroxyphenyl) propionate (MHPP) ที่พบในน้ำเลี้ยงรากของข้าวฟ่าง สามารถยับยั้งการเปลี่ยนรูปแอมโมเนียมในดินนาและเนื้อดินเหนียวปนทรายได้สูงร้อยละ 75.80 ซึ่งประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ใกล้เคียงกับสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเชิงการค้า DMPP นอกจากนี้ วัสดุการเกษตร เช่น ถ่านชีวภาพ (Biochar) และเถ้าลอยเบา (Fly ash) ยังมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงโครงสร้างดินและลดการปล่อยไนตรัสออกไซด์ได้ ส่งผลให้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นเป็นที่ยอมรับและเริ่มมีการใช้อย่างแพร่หลายในการผลิตพืชในเขตอบอุ่น (Temperate region) สำหรับประเทศไทย สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นได้ถูกเสนอแนะเป็นทางเลือกในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรในอนาคต โดยคาดว่าการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นสามารถลดการปล่อยก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ได้ร้อยละ 38-65 ซึ่งมีต้นทุนที่ต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดการด้วยวิธีอื่น ๆ[4]

ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญต่อประเด็นดังกล่าว จึงได้ดำเนินการศึกษาวิจัย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ในการปลูกอ้อยระดับแปลงทดลองของเกษตรกร รวมทั้ง วิเคราะห์ต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ (Benefit/Cost ratio) เพื่อพัฒนาองค์ความรู้และข้อมูลทางวิชาการใช้ในการสนับสนุนทางนโยบายและการดำเนินงาน รวมทั้ง จัดทำกลไกและแนวทาง สำหรับเตรียมความพร้อมและทางเลือกให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการลดและบรรเทาการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร

2. วิธีการวิจัย

2.1 การทดลองประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

2.1.1 พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงปลูกอ้อยของกองวิชาการ โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ชูก้าร์ คอร์ปอเรชั่น ตำบลหัวดง อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์

2.1.2 พันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดลอง คือ พันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ และเป็นพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก เพื่อส่งโรงงานผลิตน้ำตาล

2.1.3 กำหนดชนิดสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ 1) สาร 3, 4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) 2) สาร *trans*-methyl cinnamate (รหัสสาร 51F2) และ 3) เถ้าลอยเบา (Fly ash) ที่ได้จากการเผากากชานอ้อยในโรงงานไฟฟ้าชีวมวล

2.1.4 กำหนดกรรมวิธีการทดลอง (Treatment; T) จำนวน 5 ชุด แต่ละกรรมวิธีการทดลองทำซ้ำ (Replication; R) จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีการทดลองที่ 1 (T1 หรือ Control; C) ปลูกอ้อย ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน

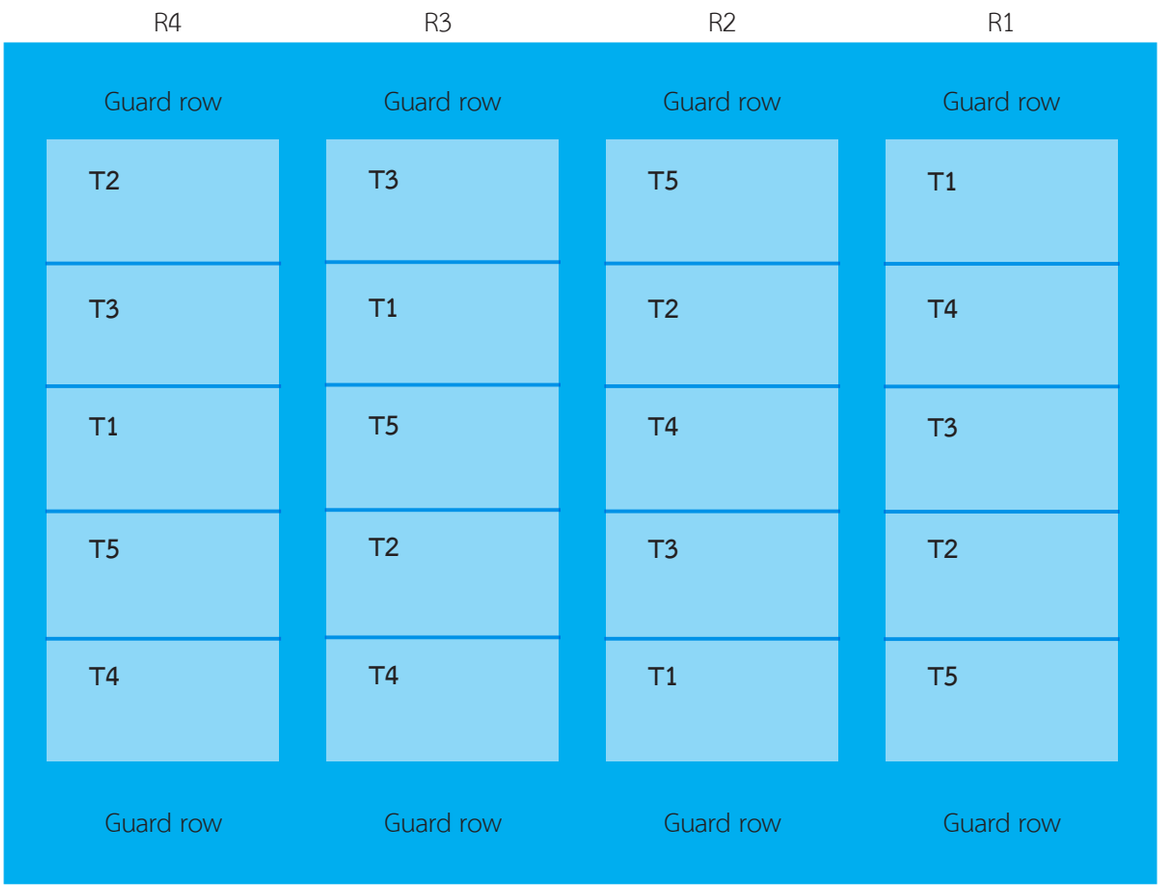
กรรมวิธีการทดลองที่ 2 (T2 หรือ Fertilizer; F) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์

กรรมวิธีการทดลองที่ 3 (T3 หรือ F+DMPP) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ และใส่สาร DMPP อัตรา 1.5 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ (0.24 กิโลกรัมต่อไร่) โดยกำหนดปริมาณ DMPP จากอัตราคงที่ที่ระบุในการศึกษาของ Zerulla และคณะ (2001)[5]

กรรมวิธีการทดลองที่ 4 (T4 หรือ F+51F2) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ และใส่สาร 51F2 อัตรา 2 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ (0.32 กิโลกรัมต่อไร่) โดยกำหนดปริมาณ 51F2 จากร้อยละคงเหลือของความเข้มข้นแอมโมเนียมเฉลี่ยในดินที่มีความสามารถอุ้มน้ำร้อยละ 60[6]

กรรมวิธีการทดลองที่ 5 (T5 หรือ F+ Fly ash) ปลูกอ้อย ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 75 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ และใส่เถ้าลอยเบา อัตรา 10 ตันต่อเฮกแตร์ (1.6 ตันต่อไร่) โดยกำหนดปริมาณเถ้าลอยเบาตามอัตราของ Quirk และคณะ (2012)[7]

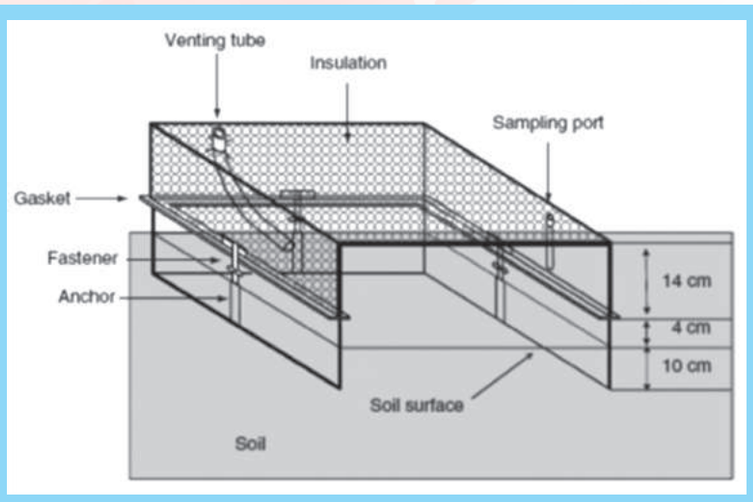
2.1.5 ออกแบบผังแปลงทดลองที่มีแผนแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) โดยกำหนดแปลงทดลองขนาดกว้าง 9 เมตร ยาว 10 เมตร หรือพื้นที่ 90 ตารางเมตร เว้นระยะห่างระหว่างซ้ำ 2 เมตร โดยแปลงทดลองวางตัวแนวตะวันออกถึงตะวันตก ในแต่ละแปลงมีแถวปลูกอ้อย 6 แถว ด้านทิศเหนือและใต้ของแปลงทดลองปลูกอ้อย เป็นแนวป้องกัน (Guard row) จำนวน 3 แถว แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงผังการจัดรูปแบบแปลงทดลอง

2.1.6 ระยะเวลาของการทดลอง เริ่มปลูกอ้อยในช่วงเดือนมกราคมถึงสิงหาคม พ.ศ. 2558 รวม 218 วัน

2.1.7 เก็บข้อมูลในแปลงทดลองและวิเคราะห์ความเข้มข้นของ GHG โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่ความดันบรรยากาศ 1 บาร์ ด้วยวิธี Non-flow through non-steady-state (NFT-NSS) ใช้กล่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบปิด (Closed chamber)[8] (รูปที่ 2) ทำจากแผ่นอะคริลิคใส ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ส่วนฐาน ขนาดกว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร ฝังดินลึก 15 เซนติเมตร ส่วนบนฐานมีรางน้ำอะลูมิเนียมรูปตัวยูกว้าง 1.5 เซนติเมตร ลึก 2 เซนติเมตร สำหรับเติมน้ำ เพื่อซีลอากาศ และ 2) ส่วนกล่องเก็บอากาศ กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร เจาะรูสำหรับใส่ Septum เพื่อเก็บตัวอย่างอากาศสัปดาห์ละครั้ง ในช่วงเวลา 10.00 - 12.00 นาฬิกา ด้วย Syringe และเก็บตัวอย่างไว้ใน Glass Vial โดย N_2O และ CH_4 ในตัวอย่างอากาศ จะถูกแยกวิเคราะห์เชิงปริมาณด้วยเครื่อง Gas Chromatography (GC)



รูปที่ 2 แสดงกล่องเก็บตัวอย่างอากาศแบบ Closed chamber

2.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

2.2.1 วิเคราะห์ประสิทธิภาพการลดการปล่อย GHG (ร้อยละ) แสดงสมการดังนี้

(GHG ของปุ๋ย - GHG ของสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น) / GHG ของปุ๋ย x 100

2.2.2 วิเคราะห์ค่า GWP ของ N_2O CH_4 และ GWP รวมทั้งหมด แสดงสมการดังนี้

GWP_{N_2O} (kg CO_2 eq) = N_2O (kg N_2O ha^{-1}) x 310

GWP_{CH_4} (kg CO_2 eq) = CH_4 (kg CH_4 ha^{-1}) x 21

$GWP_{รวม}$ (kg CO_2 eq) = GWP_{N_2O} + GWP_{CH_4}

2.3 การวิเคราะห์ B/C ratio

วิเคราะห์ต้นทุนและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูป B/C ratio ของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น โดยเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้และไม่ใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น แสดงสมการดังนี้

B/C = ผลตอบแทน (บาทต่อไร่) / ต้นทุน (บาทต่อไร่)

3. ผลการวิจัย

3.1 ประสิทธิภาพของการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่นในการลดการปล่อย GHG

3.1.1 ปริมาณและประสิทธิภาพการลดการปล่อย N_2O

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการปล่อย N_2O ตลอดระยะเวลา 218 วัน ของกรรมวิธีทดลอง F+Fly ash มีปริมาณการปล่อย N_2O น้อยที่สุด กล่าวคือ 2.38 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ ส่วนกรรมวิธีทดลอง F+51F2 F+DMPP และ F มีปริมาณการปล่อย N_2O คือ 2.80 2.94 และ 3.52 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้ กรรมวิธีทดลอง C มีปริมาณการปล่อย N_2O คือ 2.05 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ เมื่อพิจารณาทั้งช่วงการศึกษาตลอด 218 วัน พบว่า กรรมวิธีทดลอง F+Fly ash มีประสิทธิภาพการลดการปล่อย N_2O ได้สูงที่สุด ร้อยละ 32.39 รองลงมาคือ F+51F2 ร้อยละ 20.45 และ F+DMPP ร้อยละ 16.48 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลอง F ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 3

3.1.2 ปริมาณและประสิทธิภาพการลดการปล่อย CH_4

ผลการทดลอง พบว่า ปริมาณการปล่อย CH_4 ตลอดระยะเวลา 218 วัน ของกรรมวิธีทดลอง F+Fly ash มีปริมาณการปล่อย CH_4 น้อยที่สุด กล่าวคือ 3.26 กิโลกรัมมีเทนต่อเฮกแตร์ ส่วนกรรมวิธีทดลอง F+51F2 F+DMPP และ F มีปริมาณการปล่อย CH_4 คือ 3.47 3.77 และ 5.04 กิโลกรัมมีเทนต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ทั้งนี้ กรรมวิธีทดลอง C มีปริมาณการปล่อย CH_4 คือ 2.10 กิโลกรัมมีเทนต่อเฮกแตร์ เมื่อพิจารณาทั้งช่วงการศึกษาตลอด 218 วัน พบว่า กรรมวิธีทดลอง F+Fly ash มีประสิทธิภาพการลดการปล่อย CH_4 ได้สูงที่สุด ร้อยละ 35.32 รองลงมา คือ F+51F2 ร้อยละ 31.15 และ F+DMPP ร้อยละ 25.20 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลอง F ดังแสดงในตารางที่ 1 และรูปที่ 4

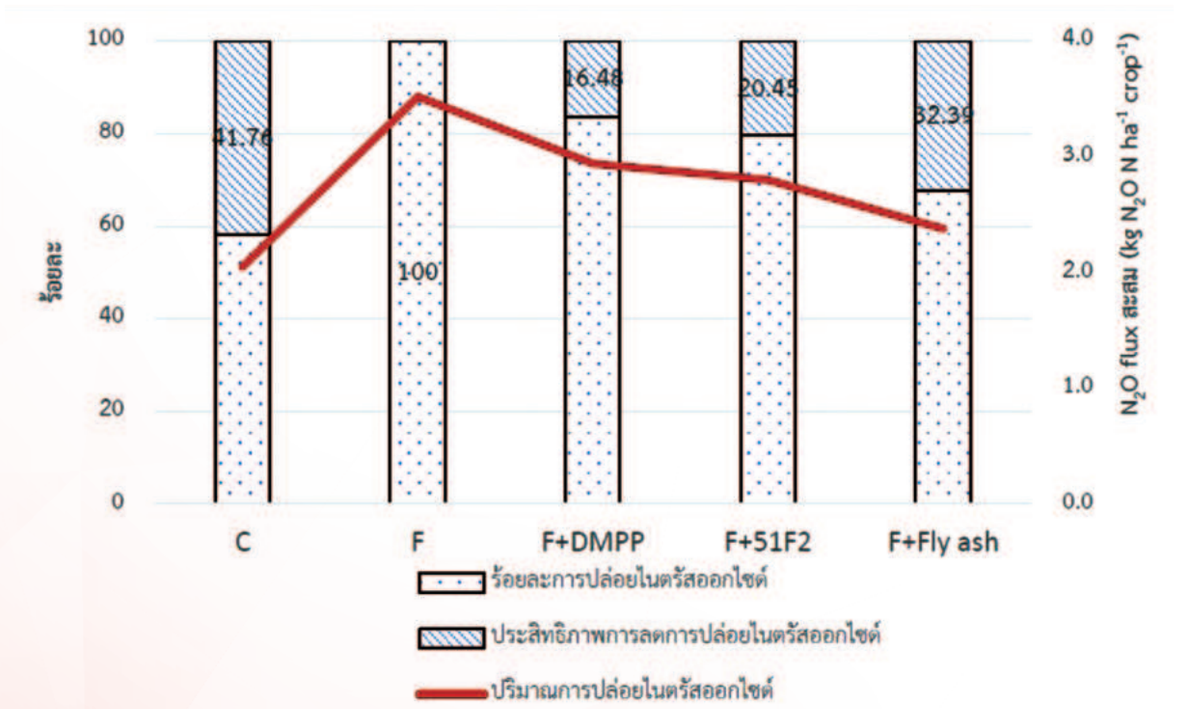
3.1.3 ประสิทธิภาพการลด GWP

ผลการวิเคราะห์ค่า GWP ของ N_2O พบว่า กรรมวิธีทดลอง F มีค่า GWP สูงที่สุด กล่าวคือ 1,713.18 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์ ส่วนกรรมวิธีทดลอง F+DMPP F+51F2 F+Fly ash และ C มีค่า GWP ของ N_2O คือ 1,430.90 1,362.76 1,158.35 และ 997.74 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนค่า GWP ของ CH_4 พบว่า กรรมวิธีทดลอง F มีค่า GWP สูงที่สุด กล่าวคือ 105.84 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์ ส่วนกรรมวิธีทดลอง F+DMPP F+51F2 F+Fly ash และ C มีค่า GWP ของ CH_4 คือ 79.17 72.87 68.46 และ 44.10 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

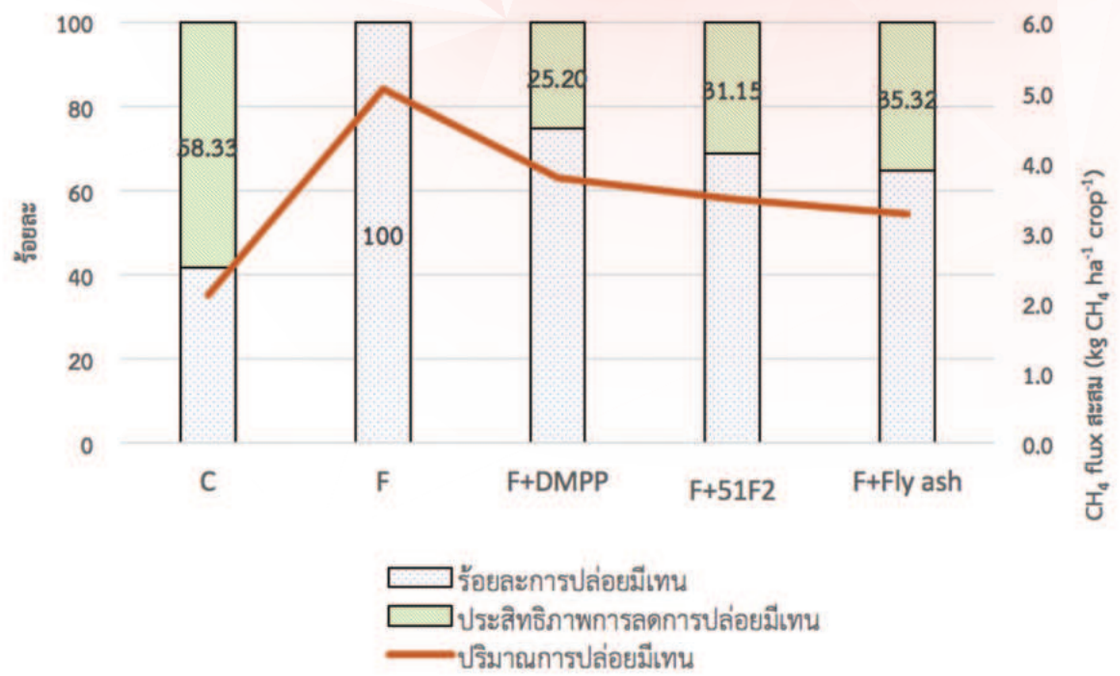
ดังนั้น ผลการวิเคราะห์ค่า GWP รวมทั้งหมด พบว่า กรรมวิธีทดลอง F มีค่า GWP สูงที่สุด กล่าวคือ 1,819.02 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์ รองลงมา คือ ส่วนกรรมวิธีทดลอง F+DMPP F+51F2 และ F+Fly ash มีค่า GWP คือ 1,510.07 1,435.63 และ 1,226.81 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีทดลอง F+Fly ash มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อย GHG ได้สูงที่สุด ร้อยละ 35.56 รองลงมา คือ กรรมวิธีทดลอง F+51F2 ร้อยละ 21.08 และ F+DMPP ร้อยละ 16.98 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลอง F

ตารางที่ 1 แสดงเปรียบเทียบประสิทธิภาพลดการปล่อย N_2O CH_4 และ GWP

ตัวแปร	หน่วย	กรรมวิธีทดลอง				
		C	F	F+DMPP	F+51F2	F+Fly ash
การปล่อย N_2O	กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์	2.05	3.52	2.94	2.80	2.38
ประสิทธิภาพการลดการปล่อย N_2O	ร้อยละ	-	-	16.48	20.45	32.39
GWP N_2O	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์	997.74	1,713.18	1,430.90	1,362.76	1,158.35
ประสิทธิภาพการลด GWP N_2O	ร้อยละ	-	-	16.48	20.45	32.39
การปล่อย CH_4	กิโลกรัมมีเทนต่อเฮกแตร์	2.10	5.04	3.77	3.47	3.26
ประสิทธิภาพการลดการปล่อย CH_4	ร้อยละ	-	-	25.20	31.15	35.32
GWP CH_4	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์	44.10	105.84	79.17	72.87	68.46
ประสิทธิภาพการลด GWP CH_4	ร้อยละ	-	-	25.20	31.15	35.32
GWP รวมทั้งหมด	กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกแตร์	1,041.84	1,819.02	1,510.07	1,435.63	1,226.81
ประสิทธิภาพการลด GWP รวมทั้งหมด	ร้อยละ	-	-	16.98	21.08	32.56



รูปที่ 3 แสดงปริมาณและประสิทธิภาพการลดการปล่อย N_2O เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลอง F



รูปที่ 4 แสดงปริมาณและประสิทธิภาพการลดการปล่อย CH_4 เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลอง F

3.2 ต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ผลกำไรจากการปลูกอ้อยต่อผลผลิตของกรรมวิธีทดลอง F+51F2 ทำกำไรมากที่สุด 195 บาทต่อตัน รองลงมาคือ F+DMPP F+Fly ash และ F ทำกำไร 141 125 และ 86 บาทต่อตัน ตามลำดับ กำไรจากการปลูกอ้อยต่อพื้นที่ พบว่า กรรมวิธีทดลอง F+51F2 ทำกำไรได้มากที่สุด 2,511 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ กรรมวิธีทดลอง F+DMPP F+Fly ash และ F ทำกำไร 1,729 1,491 และ 965 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบ B/C ratio พบว่า กรรมวิธีทดลอง F+51F2 มีค่ามากที่สุด 1.25 รองลงมาคือ F+DMPP F+Fly ash และ F เท่ากับ 1.18 1.16 และ 1.11 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีทดลอง F พบว่า F+51F2 ทำกำไร (บาทต่อตัน) ได้มากกว่าร้อยละ 12 รองลงมาคือ F+DMPP ร้อยละ 6 และ F+Fly ash ร้อยละ 4 แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลตอบแทน ต้นทุนรวม กำไรต่อผลผลิต ผลผลิตต่อพื้นที่ และ B/C ratio

กรรมวิธีทดลอง	ผลตอบแทน (บาทต่อตัน)	ต้นทุนรวม (บาทต่อตัน)	กำไร ต่อผลผลิต (บาทต่อตัน)	ผลผลิต ต่อพื้นที่ (บาทต่อไร่)	กำไร (บาทต่อไร่)	B/C ratio
F	1,093	1,007	86	11.23	965	1.11
F+DMPP	1,093	951	141	12.24	1,729	1.18
F+51F2	1,093	898	195	12.91	2,511	1.25
F+Fly ash	1,093	967	125	11.90	1,491	1.16

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยร่วมกับ Fly ash 51F2 และ DMPP มีประสิทธิภาพในการลดการปล่อย GHG ได้สูงที่สุด คิดเป็นร้อยละ 32.56 21.08 และ 16.98 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของบุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ (2556)[3] ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของสาร (E)-ethyl 3-(3-hydroxy-4-methoxyphenyl) acrylate (16F1) และ DMPP โดยใช้อัตรา 1.8 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ใส่ร่วมกับปุ๋ยยูเรีย อัตรา 150 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ ในแปลงปลูกผักบุ้งจีน ตลอดระยะเวลาการปลูกถึงเก็บเกี่ยวจำนวน 26 วัน พบว่า สาร 16F1 และ DMPP สามารถลดการปล่อย N_2O ได้ร้อยละ 27.49 และ 23.14 ตามลำดับ ในขณะที่ปริมาณการปล่อย N_2O จะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดิน[9, 10] ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cole และคณะ (2005)[11] ได้ทำการศึกษาการปลูกอ้อยที่แบ่งการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง และไม่แบ่งการใส่ปุ๋ย พบว่า ปลดปล่อย N_2O สะสมตลอดฤดูการเพาะปลูกกล่าวคือ 3.86 และ 3.93 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 100 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ และ 5.81 และ 9.56 3.93 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 200 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ และผลการศึกษาของ Moir และคณะ (1012)[12] ซึ่งได้ทำการศึกษาการปลดปล่อย GHG จากการปลูกอ้อยในประเทศบราซิล พบว่า มีค่าผันแปรตามอัตราการใส่ปุ๋ยและชนิดปุ๋ย กล่าวคือ อัตราการใส่ปุ๋ย 60 90 และ 120 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ ตลอดการเพาะปลูกอ้อย ปลดปล่อย N_2O คือ 0.68-1.41 1.78-8.38 และ 2.14-24.22 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ สำหรับการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรท และ 0.60-2.64 0.70-8.94 และ 0.50-8.69 กิโลกรัมไนตรัสออกไซด์ไนโตรเจนต่อเฮกแตร์ สำหรับปุ๋ยยูเรีย

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนและผลคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในรูปของ Benefit/Cost ratio พบว่า รายได้จากการขายอ้อยสดต่อต้นทุนการปลูกอ้อยในกรณีที่ใส่สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น มีค่าอยู่ระหว่าง 1.16-1.25 ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงอย่างเดียว มีค่าเท่ากับ 1.11 จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าสารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวมทั้งช่วยเพิ่มผลผลิตและผลคุ้มทุนของการปลูกอ้อยได้ในลักษณะแบบผลประโยชน์ร่วม (Co-benefit) ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีศักยภาพในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร ในขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและผลผลิตไปพร้อมกัน[13]

ข้อเสนอแนะ

1) ควรส่งเสริม สนับสนุน และขยายผลให้เกษตรกรและเครือข่ายเกษตรกรของกรมวิชาการเกษตรใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น เพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร

2) พัฒนาแนวทางการสร้างแรงจูงใจ ผ่านกลไกทางการเงินของอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (United Nations Framework on Climate Change Convention; UNFCCC) เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการใช้สารยับยั้งไนตริฟิเคชั่น

3) นำผลการศึกษาไปจัดทำมาตรการลดก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตร เพื่อเตรียมความพร้อมที่ต้องดำเนินงานตามความตกลงปารีสและเป้าหมายการมีส่วนร่วมที่ประเทศไทยกำหนด (Thailand’s Nationally Determined Contribution; Thailand’s NDC) ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะนักวิจัย ขอขอบพระคุณ โรงงานน้ำตาลเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ซูก้าร์ คอร์ปอเรชั่น ที่ให้การสนับสนุนพื้นที่เป็นแปลงทดลองปลูกอ้อย

เอกสารอ้างอิง

1. Smith, P., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Roble do Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F. & Tubiello, F. (2014). Chapter 11-Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5. Cambridge University Press.
2. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. (2015). Thailand's First Biennial Update Report under the United Nations Framework Convention on Climate Change. p. 78, Bangkok.
3. บุญลือ คะเชนทร์ชาติ และคณะ (2556) การพัฒนาและประยุกต์สารชีวภาพยับยั้งไนตริฟิเคชั่นจากแหล่งพันธุกรรมข้าวและหญ้า เพื่อปรับปรุงพันธุ์ข้าว อนุรักษ์สารอาหารไนโตรเจน และบรรเทาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก. สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (สวก.) กรุงเทพฯ.
4. องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2555) เอกสารประกอบการประชุมรับฟังความคิดเห็น โครงการคาดการณ์การปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกภายใต้ภาพฉายในอนาคตโดยใช้แบบจำาลองภาคเกษตร (ed by, p. 31. วันที่ 25 มิถุนายน 2555 โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ.
5. Zerulla, W., Barth, T., Dressel, J., Erhardt, K., Horchler von Locquenghien, K., Pasda, G., Rädle, M. & Wissemeier, A. (2001). 3,4-Dimethylpyrazole phosphate (DMPP) - a new nitrification inhibitor for agriculture and horticulture. Biology and Fertility of Soils, 34, 79-84.
6. Miranda, K.M., Espey, M.G. & Wink, D.A. (2001) A rapid, simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. Nitric Oxide, 5, 62-71.
7. Quirk, R.G., Van Zwieten, L., Kimber, S., Downie, A., Morris, S. & Rust, J. (2012). Utilization of Biochar in Sugarcane and Sugar-Industry Management. Sugar Tech, 14, 321-326.

8. Rochette, P. & Eriksen-Hamel, N.S. (2008). Chamber measurements of soil nitrous oxide flux: Are absolute values reliable?. Soil Science Society of America Journal, 72, 331-342.
9. Bouwman, A.F. (1996) Direct emission of nitrous oxide from agricultural soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 46, 53-70.
10. Ma, B.L., Wu, T.Y., Tremblay, N., Deen, W., Morrison, M.J., McLaughlin, N.B., Gregorich, E.G. & Stewart, G. (2010) Nitrous oxide fluxes from corn fields: on-farm assessment of the amount and timing of nitrogen fertilizer. Global Change Biology, 16, 156-170.
11. Cole, J.R., Chai, B., Farris, R.J., Wang, Q., Kulam, S., Mc Garrell, D.M., Garrity, G.M. & Tiedje, J.M. (2005) The Ribosomal Database Project (RDP-II): sequences and tools for high-throughput rRNA analysis. Nucleic acids research, 33, D294-D296.
12. Moir, J., Malcolm, B., Cameron, K. & Di, H. (2012) The effect of dicyandiamide on pasture nitrate concentration, yield and N offtake under high N loading in winter and spring. Grass and Forage Science, 67, 391-402.
13. David, B.-R., Kenne, R.-F., Lina, F.-C., Hermann, R.-D. & Lilliana, H.-C. (2011) The effect of nitrification inhibitor 3,4-dimethylpyrazole phosphate (DMPP) on nitrifying organism populations under & amp;lt;i>in vitro</i> conditions. Agricultural Sciences, 02, 198-200.

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อยางพารา ในประเทศไทย กรณีศึกษาในจังหวัดหนองคาย

The impact of climate change on rubber
in Thailand A case study of Nong Khai Province

ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อยางพารา ในประเทศไทย กรณีศึกษาในจังหวัดหนองคาย

The impact of climate change on rubber in Thailand A case study of Nong Khai Province

อัศมน ลิ่มสกุล[1]* ฤทธิรงค์ จังโกฏิ[2] วุฒิชัย แพงแก้ว[1] นิดาลักษณ์ อรุณจันทร์[1] และ จิราภรณ์ นันทะจันทร์[1]

Atsamon Limsakul[1]*, Rittirong Junggoth[2], Wutthichai Paengkaew[1], Nidalak Aroonchan[1] and Jiraporn Nantachan[1]

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม[1]
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น[2]
Environmental Research and Training Center Department of Environmental Quality Promotion[1]
Faculty of Public Health, Khon Kaen University[2]
E-mail: Atsamonl@gmail.com*

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลตรวจวัดภูมิอากาศในอดีต-ปัจจุบัน และคาดการณ์ในอนาคต รวมทั้ง ประเมินผลกระทบและความล่อแหลมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเกษตรกรสวนยางพารา ในจังหวัดหนองคาย ผลการศึกษา พบว่า อุณหภูมิเฉลี่ยรายปีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นประมาณ 0.7 องศาเซลเซียส ในรอบ 46 ปี ที่ผ่านมา พ.ศ. 2513-พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 1970-2015) และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส ในอนาคต ทั้งนี้ ดัชนีสภาวะความรุนแรงของฝนในรูปของปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน และปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขั้วของฝน และลมฟ้าอากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อผลผลิตตลอดจนสรีรวิทยาของยางพารา ผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศดังกล่าว ค่อนข้างสอดคล้องกับผลการสำรวจข้อมูลและสอบถามเกษตรกรสวนยางพาราในพื้นที่ซึ่งพบว่าในรอบ 5-10 ปี ที่ผ่านมาปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยฝนตกน้อยลงแต่บ่อยครั้งขึ้น รวมทั้ง อุณหภูมิที่ร้อนขึ้นส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตของยางพาราในแง่ปริมาณน้ำยางที่กรีดได้น้อยลง ทั้งนี้ พายุและฝนตกหนักเป็นภัยพิบัติที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุด เกษตรกรสวนยางพารามีความตระหนักถึงผลกระทบของสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตยางพารา และดำเนินการการปรับตัวเพื่อลดผลกระทบด้วยวิธีการต่าง ๆ อาทิเช่น บำรุงต้นยางลดการใช้ปุ๋ยเคมี ทำเกษตรผสมผสานและหาอาชีพเสริม อย่างไรก็ตาม เกษตรกรสวนยางพาราให้ความสำคัญกับราคายางพาราตกต่ำซึ่งเกิดจากกลไกทางการตลาดที่ไม่เป็นธรรม ทั้งนี้ การปรับตัวของเกษตรกรด้านอื่น ๆ ควรดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับตัวของเกษตรต่อผลกระทบด้านลบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคต

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดัชนีสภาวะความรุนแรง การปรับตัว ยางพารา

Abstract

This research aimed at analyzing the observed and projected climate data from the past to the future in order to assess climate change vulnerability and impacts on the rubber- plantation farmers in Nong Khai Province. The analysis revealed that annual mean temperature in Nong Khai Province has significantly increased by 0.7 ˚C during the period of 46 years (1970-2015), and it is projected to increase about 2.1 ˚C in the future. The indices measuring the 5-day maximum rainfall amount and rainfall amount from heavy rainfall events also showed increasing trends, indicating changes in extreme weather and rainfall events. Changes in climate conditions and associated extreme weather events lead to affect production and physiology of rubbers. The results from climate data analysis were quite consistent with those based on the questionnaires and field surveys from rubber-plantation farmers in the study area. That is, rainfall amount in Nong Khai Province has been observed to significantly change over the past 5 to 10 years; the rainfall amount has been less but rainfall events became more frequent. These changes together with a warmer condition appeared to have a direct effect on rubber production especially the reduced amount of latex tapped. Storm and heavy rainfall event were the climate-related disasters causing the most damage to rubber plantation, and rubber-plantation farmers were aware of these impacts to rubber production. Rubber-plantation farmers have done several measures to adapt to climate change impacts by adding nourishment to the rubber trees, reducing the use of chemicals and fertilizers and using integrated farming system including searching for alternative occupations. However, rubber-plantation farmers usually pay much more attention on rubber price slump caused by unfair marketing mechanisms. Nevertheless, adaptation of rubber-plantation farmers should be additionally undertaken in order to increase their adaptive capacity and resilience against the negative impacts of both climate and non-climate factors in the future.

Keywords : climate change, extreme climate indices, adaptation, rubber

1. บทนำ

ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญของประเทศไทย โดยยางพาราก่อให้เกิดอุตสาหกรรมเกี่ยวเนื่องตั้งแต่ ต้นน้ำถึงปลายน้ำ[1] อุตสาหกรรมยางพารา มีบทบาทสำคัญต่อภาคเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ โดยเกษตรกรที่เกี่ยวข้องกับการเพาะปลูกยางพาราในประเทศไทยมีประมาณ 6 ล้านคน[2] ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกประมาณ 19,273 ล้านไร่เนื้อที่เก็บเกี่ยว 13,807 ล้านไร่ สร้างผลผลิตยางพารา 3,625 ล้านตัน สร้างมูลค่าได้ 315,944 ล้านบาท[3] ยางพารานับเป็นพืชที่ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก รวมทั้ง ผลผลิตขึ้นอยู่กับสภาพของลมฟ้าอากาศ ดังนั้น ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ รวมทั้ง สภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศในรูปแบบต่าง ๆ ทั้งในปัจจุบันและอนาคต ย่อมส่งผลกระทบต่อสรีรวิทยาและผลผลิตของยางพารา ผลการศึกษาความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อผลผลิตของยางพาราในพื้นที่ฝั่งอันดามันและอ่าวไทย[4] พบว่า สภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อผลผลิตของยางพาราในภาคใต้ โดยผลผลิตในรอบปีมีความสัมพันธ์เชิงซ้อนที่เกิดจากปฏิสัมพันธ์ร่วมกันของอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และฝน ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางสถิติเชิงพหุ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างสภาพภูมิอากาศและยางพารามีลักษณะ non-linear โดยความแปรปรวนระหว่างฤดูกาลและระหว่างปีของผลผลิตยางพารามีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญกับปรากฏการณ์เอ็นโซ่ (El Niño-Southern Oscillation; ENSO) และสภาวะความรุนแรง

ของลมฟ้าอากาศ ทั้งนี้ ยางพารามีผลผลิตที่สูงกว่าปกติในปีที่จำนวนวันฝนตกน้อยกว่าปกติหรือปีที่มีความแรงของฝนน้อยกว่าปกติ แต่กลับลดลงในปีที่มีวันฝนตกมากกว่าปกติหรือปีที่มีความแรงของฝนเพิ่มขึ้น

เพื่อขยายผลการศึกษาผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อยางพาราในประเทศไทยเพิ่มเติม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกยางพาราแหล่งใหม่ที่สำคัญของประเทศ ได้คัดเลือกจังหวัดหนองคายเป็นจังหวัดนำร่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศตรวจวัดในอดีต-ปัจจุบันและคาดการณ์ในอนาคต รวมทั้งประเมินผลกระทบและความล่อแหลมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศต่อเกษตรกรสวนยางพาราด้วยการเก็บข้อมูลในพื้นที่จังหวัดหนองคาย

2. วิธีการวิจัย

2.1 รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับยางพาราในพื้นที่จังหวัดหนองคาย เช่น พื้นที่ปลูก ลักษณะพื้นที่ปลูก วิธีการปลูก รูปแบบการกรีด รวมทั้ง ข้อมูลอื่น ๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนจำนวนเกษตรกรและเครือข่ายอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทสม.) ในจังหวัดหนองคาย

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลสภาพภูมิอากาศรายวัน ตั้งแต่อดีต-ปัจจุบัน พ.ศ. 2513-พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 1970-2015) จากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลคาดการณ์สภาพภูมิอากาศในอนาคตความละเอียดสูงแบบกริดรายวันภายใต้ภาพฉาย (scenario) A1B ที่จำลองด้วยแบบจำลองภูมิอากาศ ECHAM5 และ HadCM3 พ.ศ. 2523-พ.ศ. 2612 (ค.ศ. 1980-2069) ในพื้นที่บริเวณจังหวัดหนองคาย โดยทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของปริมาณฝน จำนวนวันฝนตก/ไม่ตก อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ รวมทั้ง ดัชนีสภาวะความรุนแรงของสภาพภูมิอากาศที่เสนอแนะโดย Joint World Meteorological Organization (WMO) Commission for Climatology (CCI)/World Climate Research Program (WCRP) Climate Variability and Predictability (CLIVAR) Project's Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDMI)[5] เทคนิคฟังก์ชันตั้งฉากเชิงประจักษ์ (Empirical Orthogonal Function; EOF) ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติพหุเชิงพรรณนาที่แยกความแปรปรวนในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ให้อยู่ในรูปฟังก์ชันพื้นฐานของ Orthogonal (Eigenvalue/Eigenvector) ด้วยการแปลงเชิงเส้นตรงเพื่อลดมิติของจำนวนตัวแปรให้เหลือจำนวนน้อยลง แต่สามารถอธิบายความแปรปรวนส่วนใหญ่ในฐานข้อมูลเดิมได้[6,7] ถูกนำมาประยุกต์ใช้ส่วนการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเชิงพื้นที่และเวลา โดยขั้นตอนหลักของเทคนิค EOF ประกอบด้วย 1) คำนวณค่าสะสม/เฉลี่ยและค่าดัชนีรายปีในแต่ละกริด 2) คำนวณค่าเฉลี่ยระยะยาวตั้งแต่ พ.ศ. 2523-พ.ศ. 2612 (ค.ศ. 1980-2069) และคำนวณค่า anomaly ในแต่ละกริด 3) วิเคราะห์ความแปรปรวนร่วมเชิงพื้นที่และเวลา และ 4) ทำแผนที่แสดงความแปรปรวนเชิงพื้นที่และพล็อตกราฟความแปรปรวนเชิงเวลาของ EOF โหมดที่ 1

2.3 รวบรวมข้อมูลผลผลิต ข้อมูลความเสียหายจากภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศ อาทิเช่น 1) ข้อมูลเนื้อที่ยืนต้น 2) ข้อมูลเนื้อที่เปิดกรีดยางพารา 3) ข้อมูลผลผลิตและคุณภาพของน้ำยางพารา 4) สถิติเหตุการณ์ภัยแล้ง 5) อุทกภัย 6) วาตภัย และ 7) ดินโคลนถล่มที่เกิดขึ้นในอดีตและข้อมูลเสียหายของสวนยางพารา เพื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างเหตุการณ์ภัยพิบัติทางภูมิอากาศและผลผลิตยางพาราเพิ่มเติม

2.4 รวบรวมข้อมูลในพื้นที่และจัดประชุมกลุ่มย่อย โดยสำรวจข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบและความล่อแหลมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศด้วยแบบสอบถามที่จัดทำขึ้น จากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรและเครือข่าย ทสม. ที่มีสวนยางพาราในจังหวัดหนองคาย ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) พร้อมทั้งจัดประชุมกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ความล่อแหลมและแนวทางการปรับตัวในปัจจุบันและอนาคต ด้วยเทคนิคการมีส่วนร่วมและเครื่องมือวิเคราะห์ความล่อแหลมและการปรับตัวอย่างง่าย (Participatory and simple vulnerability/adaptation analysis toolkit)

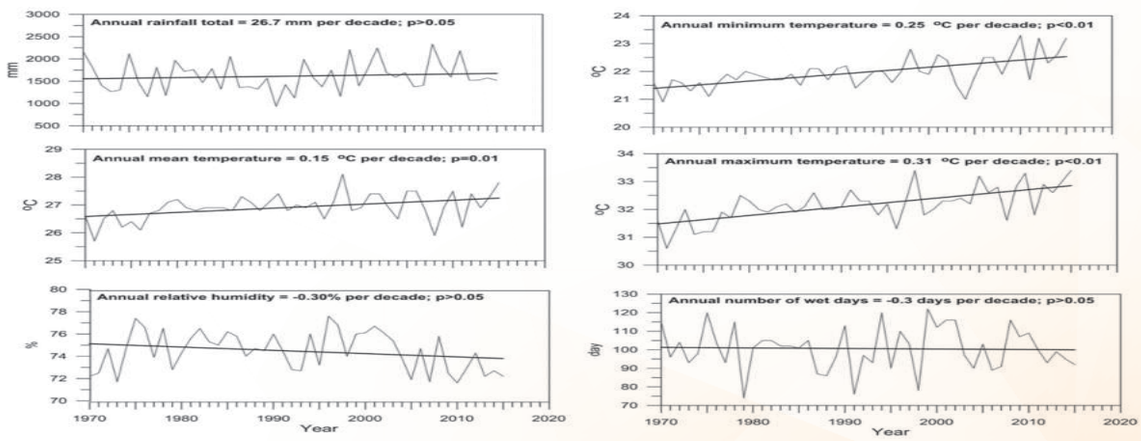
3. ผลการวิจัย

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวกับยางพาราในพื้นที่จังหวัดหนองคาย

จังหวัดหนองคาย มีสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราจำนวน 292,289 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15 จากพื้นที่ทั้งหมดของจังหวัด อำเภอที่มีการปลูกยางพารามากที่สุด คือ อำเภอเฝ้าไร่ จำนวน 93,220 ไร่ เกษตรกรชาวสวนยางพาราและเครือข่าย ทสม. มีประมาณ 38,167 ราย อำเภอที่มีจำนวนเกษตรกรชาวสวนยางพารามากที่สุด คือ อำเภอโพนพิสัย พันธุ์ยางที่นิยมปลูกในจังหวัดหนองคาย คือ RRIM 600 และ RRIT251 เนื่องจากให้ปริมาณน้ำยางมาก ดูแลง่ายและทนแล้ง โดยใช้ระยะปลูก 3×7 เมตร มีจำนวนต้นยางประมาณ 76 ต้นต่อไร่ และการบำรุงรักษาใช้ปุ๋ยเคมีเป็นหลัก ระบบการกรีดเป็นแบบกรีด 2 วันเว้น 1 วัน โดยเฉลี่ยร้อยละ 38.80 ต้นยางจะเป็นโรคเปลือกแตกและโรคหน้ายางแห้งเฉลี่ยประมาณ 10 ต้นต่อไร่ ทำให้เกษตรกรได้รับผลผลิตลดลง

3.2 ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอดีต-ปัจจุบัน

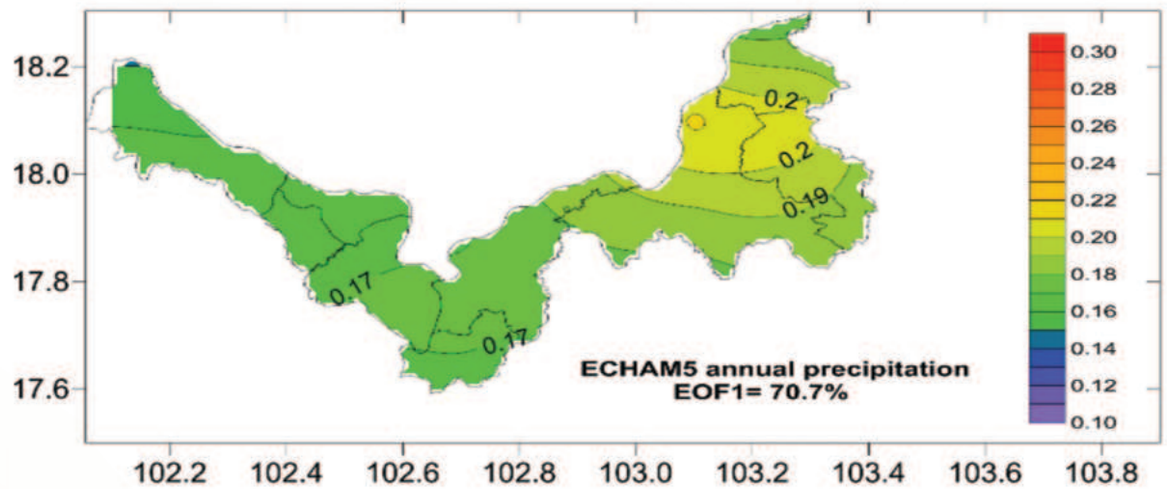
ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงระยะยาวของปริมาณฝน จำนวนวันฝนตก/ไม่ตก อุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดและความชื้นสัมพัทธ์ของข้อมูลตรวจวัดจากสถานีตรวจอากาศของกรมอุตุนิยมวิทยา พบว่า ความแปรปรวนระยะสั้นตามฤดูกาลของสภาพภูมิอากาศในจังหวัดหนองคาย มีรูปแบบและลักษณะที่สอดคล้องและคล้ายคลึงกับพื้นที่อื่น ๆ ในประเทศไทย เนื่องจากอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งช่วงที่มรสุมตะวันตกเฉียงใต้มีกำลังแรงขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน เป็นระยะเวลาที่ตรงกับฤดูฝนที่มีปริมาณฝนและความชื้นเกิดขึ้นสูงสุดในรอบปี โดยในห้วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2513-พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 1970-2015) ปริมาณฝนสะสมรายปีและจำนวนวันฝนตก มีค่าความแปรปรวนอยู่ในช่วง 931-2331 มิลลิเมตร และ 74-122 วัน ตามลำดับ แต่ไม่พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาวอย่างชัดเจน (รูปที่ 1) สำหรับอุณหภูมิต่ำสุด อุณหภูมิเฉลี่ย และอุณหภูมิสูงสุดรายปีในรอบระยะเวลา 46 ปี ตั้งแต่ พ.ศ. 2513-พ.ศ. 2558 (ค.ศ. 1970-2015) พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 99 หรือมากกว่า ($p \leq 0.01$) ในอัตรา 1.2 0.7 และ 1.4 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 1 การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิในจังหวัดหนองคาย สอดคล้องกับการร้อนขึ้นทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย[8,9] นอกจากนี้ ดัชนีสภาวะความรุนแรงของอุณหภูมิ เช่น ดัชนีวันฤดูร้อน (SU35) ดัชนีวันที่อบอุ่น (TX90p) และดัชนีช่วงระยะเวลาที่อบอุ่น (WSDI) มีการเปลี่ยนแปลงที่สอดคล้องกับการร้อนขึ้นของอุณหภูมิในจังหวัดหนองคาย สำหรับสภาวะความรุนแรงของฝน พบดัชนีปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน และดัชนีปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนักมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของสภาวะสุดขั้วของฝน



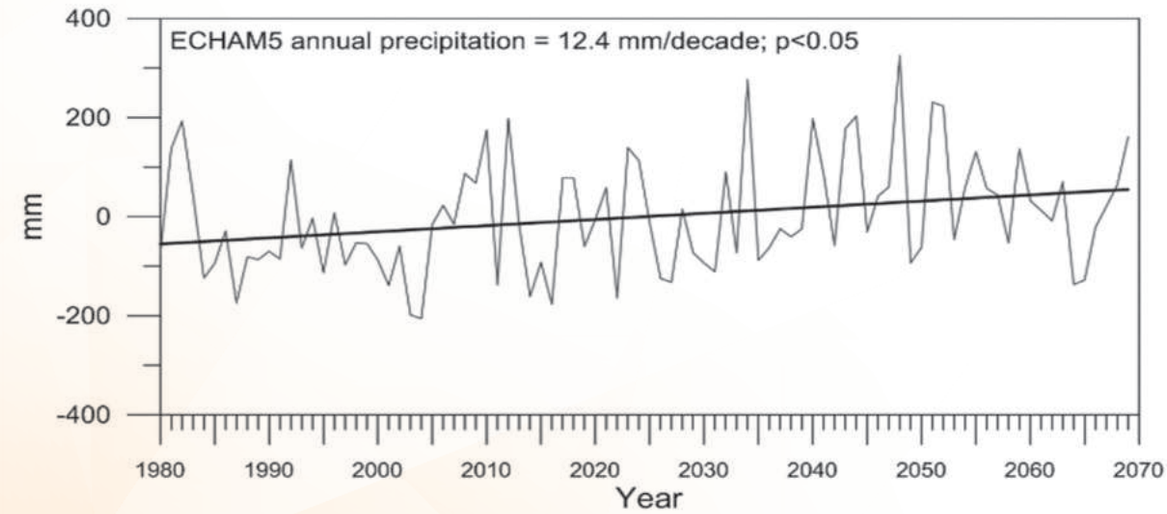
รูปที่ 1 แสดงความแปรปรวนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงเชิงเส้นตรง (linear trend) ของปริมาณฝนสะสมรายปี อุณหภูมิต่ำสุดรายปี อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี อุณหภูมิสูงสุดรายปี ความชื้นสัมพัทธ์รายปีและจำนวนวันฝนตกรายปี

3.3 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในอนาคต

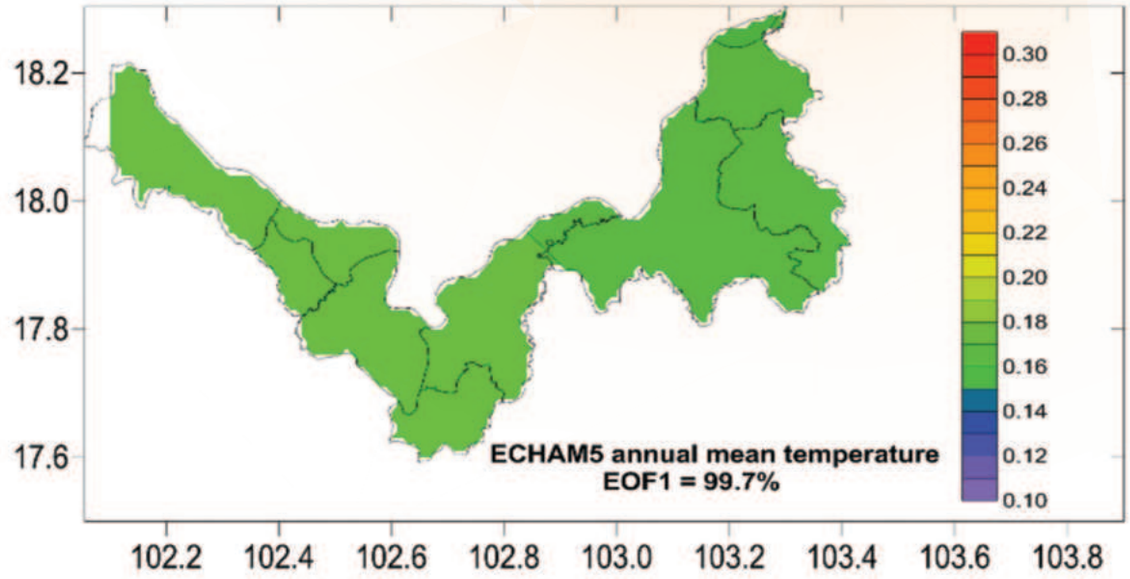
ผลการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในอนาคตของปริมาณฝนสะสมรายปีด้วยเทคนิค EOF พบว่าโหมดที่ 1 ของข้อมูลจากแบบจำลอง ECHAM5 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนเกือบทั้งหมดของปริมาณฝนสะสมในพื้นที่ดังกล่าว (มากกว่าร้อยละ 70 ของความแปรปรวนทั้งหมด) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในอัตรา 12.4 มิลลิเมตรต่อทศวรรษ ดังแสดงรูปที่ 2 และ 3 สำหรับอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี พบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคตอย่างมีนัยสำคัญเช่นกันในอัตรา 0.23 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 โดยทุกพื้นที่ของจังหวัดหนองคายจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีเพิ่มขึ้น ในอนาคตโดยประมาณ 2.1 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 4 และ 5 นอกจากนี้ ความชื้นสัมพัทธ์รายปีแสดงแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคตเช่นกัน ในแง่สภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศ ดัชนีแสดงปริมาณฝนรวมสูงสุดในรอบ 5 วัน และปริมาณฝนรวมจากเหตุการณ์ฝนตกหนัก จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงของ mean state ของอุณหภูมิและฝนข้างต้น



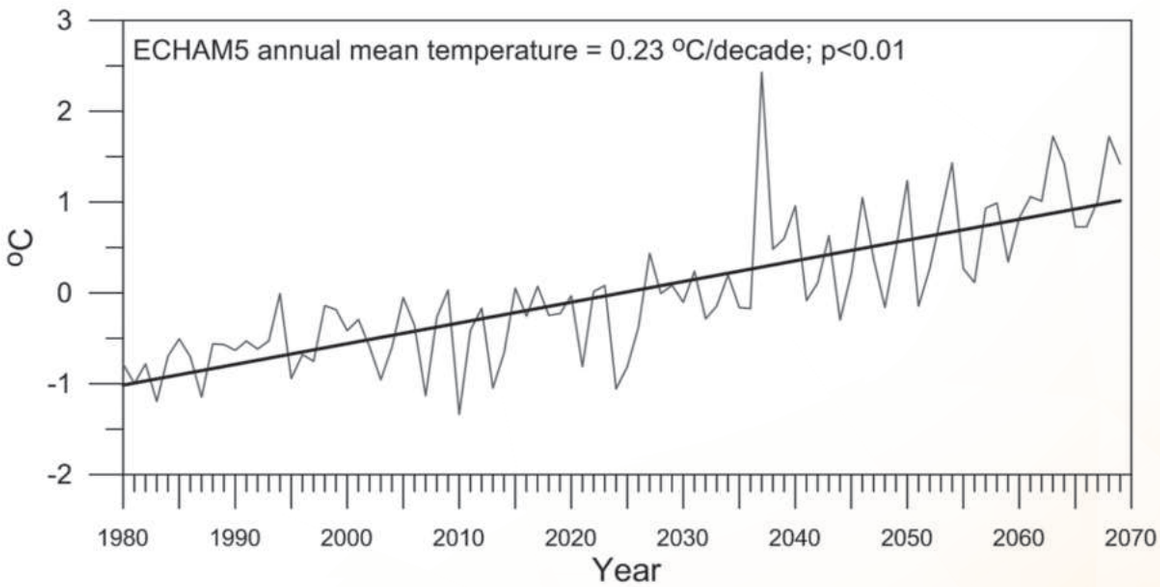
รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างเชิงพื้นที่ในรูป variance ของ EOF โหมดที่ 1 ของปริมาณฝนสะสมรายปีด้วยแบบจำลอง ECHAM5



รูปที่ 3 แสดงอนุกรมเชิงเวลา (Time-varying amplitude) ของ EOF โหมดที่ 1 ของปริมาณฝนสะสมรายปีด้วยแบบจำลอง ECHAM5



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างเชิงพื้นที่ในรูป variance ของ EOF โหมดที่ 1 ของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีด้วยแบบจำลอง ECHAM5

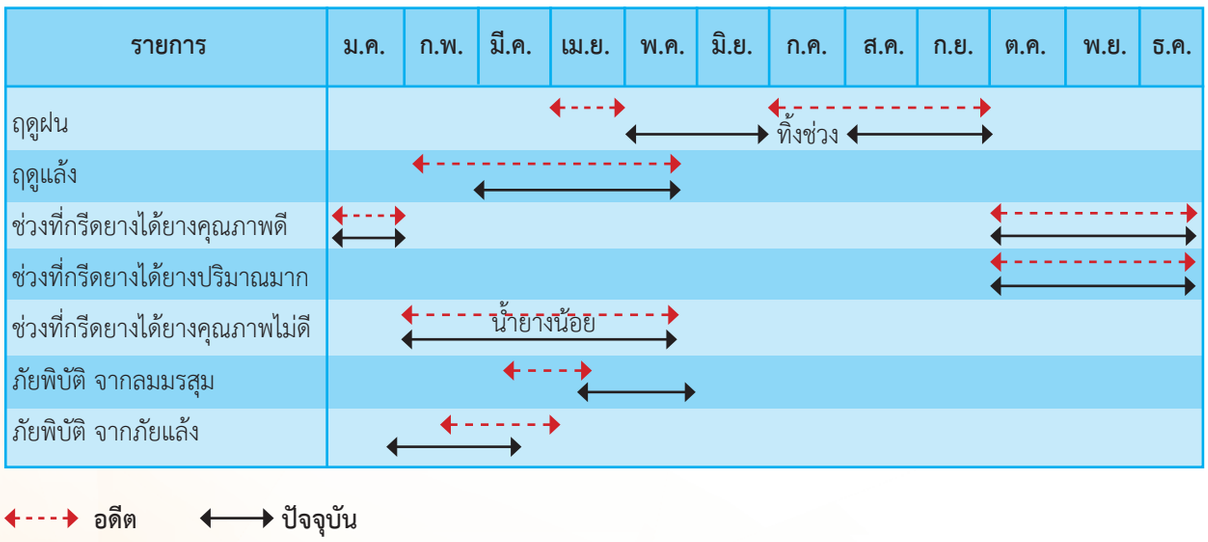


รูปที่ 5 แสดงอนุกรมเชิงเวลา (Time-varying amplitude) ของ EOF โหมดที่ 1 ของอุณหภูมิเฉลี่ยรายปีด้วยแบบจำลอง ECHAM5

3.4 ข้อมูลผลผลิตและข้อมูลความเสียหายจากภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศ

จากข้อมูลที่รวบรวมแสดงให้เห็นว่าจังหวัดหนองคายมีการปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งผลผลิตยางแผ่นดิบคุณภาพ 3 ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2008-2012) เท่ากับ 3,390,471 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 192,970,000 บาท นอกจากนี้ ผลผลิตยางก้อนถ้วย เท่ากับ 129,172,232 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 6,520,390,000 บาท โดยผลผลิตรวมทั้งหมด เท่ากับ 132,619,745 กิโลกรัม และมูลค่าผลผลิตรวมทั้งหมด เท่ากับ 6,821,860,000 บาท ทั้งนี้เกษตรกรนิยมทำเป็นยางก้อนถ้วย เนื่องจากช่วยประหยัดเวลาและแรงงาน จากข้อมูลความเสียหายจากภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา พบว่า ในช่วง พ.ศ. 2551-พ.ศ. 2555 (ค.ศ. 2008-2012) จังหวัดหนองคายประสบกับอุทกภัย ซึ่งฝนตกหนักต่อเนื่องและเหตุการณ์พายุหมุนนกเตน ทำให้เกิดน้ำท่วมหนักที่สุดในรอบ 40 ปี โดยน้ำท่วมขังสูงกว่าถึง 1 เมตรพื้นที่เกษตรได้รับความเสียหายประมาณ 619,723 ไร่ ส่วนในช่วง พ.ศ. 2556-พ.ศ. 2559 (ค.ศ. 2013-2016) จังหวัดหนองคาย ประสบทั้งเหตุการณ์ภัยแล้งและอุทกภัย โดยอำเภอเมือง อำเภอท่าบ่อ และอำเภอโพนพิสัย ได้รับความเสียหายเป็นจำนวนมาก ซึ่งพายุฝน ลมมรสุมพัดหักโค่นต้นยางพาราก่อให้เกิดความเสียหายในบริเวณกว้างและส่งผลกระทบต่อเกษตรอย่างมาก ตารางที่ 1 แสดงปฏิทินภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศเปรียบเทียบกับกิจกรรมของเกษตรกรสวนยางพารา จากการจัดทำปฏิทินภัยพิบัติด้วยกระบวนการมีส่วนร่วมของเกษตรกรสวนยางพารา ในการให้ข้อมูลและพูดคุย พบว่า ฤดูกาลและช่วงที่เกิดภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศในอดีตและปัจจุบัน มีการเปลี่ยนแปลงและขยับเลื่อน กล่าวคือ ฤดูร้อนและฤดูฝนเกิดขึ้นช้ากว่าปกติไม่ตรงตามฤดูกาล รวมทั้ง ช่วงการเกิดภัยพิบัติจากภัยแล้ง ในปัจจุบันเกิดขึ้นเร็วกว่า แต่ช่วงการเกิดภัยพิบัติจากมรสุมเกิดขึ้นช้ากว่า (ตารางที่ 1) การขยับเลื่อนและเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้เกิดความแปรปรวนและความไม่แน่นอนของฤดูกาลและสภาพภูมิอากาศ ซึ่งส่งผลกระทบต่อกิจกรรมการกรีดยางของเกษตรกร การเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของยางพารา

ตารางที่ 1 แสดงปฏิทินฤดูกาลการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและภัยพิบัติรวมทั้งกิจกรรมช่วงกรีดยางพาราที่ได้คุณภาพ



3.5 การวิเคราะห์ผลกระทบและความล่อแหลมจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

จากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรและเครือข่าย ทสม. ด้วยแบบสอบถาม จำนวน 63 คน ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ในประเด็นทั้ง 3 ด้าน ดังนี้ 1) การสัมผัสกับปัจจัยอันตรายหรือแรงกดดัน (Exposure) 2) ความอ่อนไหว (Sensitivity) และ 3) การปรับตัว (Adaptation) จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งผลการวิเคราะห์สรุปได้ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงความล่อแหลมและผลกระทบของสวนยางพาราต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

รายการ		ร้อยละ
ด้าน Exposure		
1. ปรากฏการณ์ภัยพิบัติในพื้นที่สวนยางพารา รอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา (ครั้ง)		
พายุ ฝนตกหนัก (1-3 ครั้ง)		74.60
ภัยแล้ง (1-3 ครั้ง)		41.27
2. สวนยางพาราเคยได้รับความเสียหายจากปรากฏการณ์ภัยพิบัติในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา (ครั้ง)		
พายุ ฝนตกหนัก (1-3 ครั้ง)		49.21
ภัยแล้ง (1-3 ครั้ง)		17.46
3. ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา ฝนมีการเปลี่ยนแปลงไป		
เปลี่ยนแปลง		71.43
ไม่เปลี่ยนแปลง		19.05
4. ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา ท่านสังเกตว่าร้อนขึ้นหรือไม่ ร้อนสูงสุดในช่วงใดของปี		
ร้อนขึ้น ไม่ระบุเดือน		58.73
เดือนมีนาคม		28.57
ด้าน Exposure		
5. พื้นที่สวนยางพาราของท่านมีระยะเวลาการกรีดยางในช่วงใดของปี		
ไม่แน่ใจ		33.34
เดือนพฤษภาคม		30.16
6. ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา จำนวนวันการกรีดยางเป็นอย่างไร		
ลด		53.97
ไม่เปลี่ยนแปลง		23.81
7. ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา ผลผลิตยางพาราของท่านเป็นอย่างไร		
ลด		58.73
เพิ่ม		17.46
ด้าน Sensitivity		
8. ช่วงใดของปีที่ยางพาราให้ผลผลิตสูงสุด และช่วงใดของปีที่ยางพาราให้ผลผลิตต่ำสุด		
ผลผลิตสูงสุด ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2557	ไม่แน่ใจ	41.28
	เดือนกันยายนและพฤศจิกายน	15.87
ผลผลิตต่ำสุด ตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2558 เป็นต้นมา	ไม่แน่ใจ	47.63
	เดือนเมษายน	23.81

รายการ	ร้อยละ
10. ตัวแปรภูมิอากาศอะไรที่ท่านเห็นว่ามีผลต่อผลผลิตยางพารามากที่สุด	
อุณหภูมิ	52.38
ปริมาณฝน	33.33
11. สภาพดินของสวนยางพาราของท่านเป็นอย่างไร ใส่ปุ๋ยปีละกี่ครั้ง ประเภทของปุ๋ยที่ใช้ และปริมาณเท่าไหร่	
อุดมสมบูรณ์ ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ใส่ปุ๋ยอินทรีย์	73.02
ด้าน Adaptation	
12. ปลูกพืชอื่นแซมในสวนพาราหรือไม่ และสามารถขายสร้างรายได้หรือไม่ เท่าไหร่	
ไม่ปลูก	63.49
ปลูก	30.16
13. ช่วงที่กรีดยางพาราไม่ได้ ท่านมีอาชีพเสริมหรือไม่ เป็นอาชีพอะไร	
มี	49.21
เกษตร	45.16
ไม่มี	46.03
14. ท่านเป็นสมาชิกกลุ่มเกษตรกรหรือกลุ่มอื่น ๆ ในชุมชนหรือไม่	
เป็น	69.84
ไม่เป็น	25.40

จากตารางที่ 2 พบว่า ด้าน Exposure ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา เกษตรกรสวนยางพาราในจังหวัดหนองคายได้รับผลกระทบจากพายุ ฝนตกหนักมากที่สุด ซึ่งโดยเฉลี่ยได้รับผลกระทบประมาณ 1-3 ครั้ง รองลงมา คือ ภัยแล้ง ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ข้อมูลว่า ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา ปริมาณฝนตกมีการเปลี่ยนแปลงไป และมีความรู้สึกว่าสภาพภูมิอากาศร้อนขึ้น จากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ส่งผลต่อจำนวนวันกรีดยางลดลงและผลผลิตมีปริมาณลดลงตามไปด้วย ในแง่ของด้าน Sensitivity ช่วง พ.ศ. 2550-พ.ศ. 2557 (ค.ศ. 2007-2014) ยางพาราให้ผลผลิตสูงสุด แต่ปีพ.ศ. 2558 ให้ผลผลิตต่ำสุด โดยตัวแปรที่ผู้ตอบแบบสอบถามคิดว่ามีผลกระทบต่อผลผลิตของยางพารามากที่สุดคือ อุณหภูมิ รองลงมา คือ ปริมาณฝน ทั้งนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ให้ข้อมูลว่า สภาพดินของสวนยางพารา ซึ่งเป็นปัจจัยด้าน Sensitivity ที่ไม่เกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ มีความอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรมักทำการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปีละ 2 ครั้ง สำหรับด้าน Adaptation ผู้ตอบแบบสอบถามไม่มีแนวการปรับตัวด้วยวิธีการปลูกพืชอื่น ๆ แซมในสวนยางพารา แต่ปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตด้วยการทำอาชีพเสริมอื่น ๆ ในช่วงที่ไม่ได้กรีดยางพารา แนวทางหนึ่งที่เกษตรกรเสนอแนะ เพื่อเพิ่มผลผลิตยางพาราในขณะที่ช่วยลดผลกระทบจากสภาพภูมิอากาศ คือ การบำรุงต้นยางและลดการใช้ปุ๋ยเคมีใช้ปุ๋ยชีวภาพแทน พร้อมทั้งส่งเสริมการทำเกษตรผสมผสาน นอกจากนี้ ผลการจัดประชุมกลุ่มย่อยในประเด็นนี้ผ่านการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและวิเคราะห์องค์ประกอบและรายละเอียดของความล่อแหลม สามารถสรุปได้ดังนี้ 1) ปัญหาและผลกระทบของเกษตรกรสวนยางที่ผ่านมา คือ ราคายางตกต่ำ เนื่องจากพ่อค้าคนกลางกำหนดราคายางที่ไม่เป็นธรรม ประกอบกับไม่มีกลไกของสหกรณ์หรือการรวมกลุ่มของเกษตรกร เพื่อกำหนดราคายางพาราได้เอง รวมทั้งปุ๋ยเคมีราคาแพง โดยความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมถึงสภาวะความรุนแรงของลมฟ้าอากาศและภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศ เป็นปัจจัยเสริมที่ให้สวนยางพาราเกิดความเสียหาย และผลผลิตยางพาราของเกษตรกรลดลงและไม่แน่นอนซึ่งส่งผลกระทบรายได้และความเป็นอยู่

ของเกษตรกรในภาพรวม 2) การปรับตัวของเกษตรกรสวนยางพาราเพื่อรับมือกับผลกระทบที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน คือ การปลูกพืชแซมในสวนยางพาราช่วงสองปีแรก เช่น สับปะรด มันสำปะหลัง กล้วย ช่วงหลังจากเริ่มกรีดยางแล้ว เช่น กาแฟ พริกไทยใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อลดต้นทุน และปรับปรุงดินในระยะยาว หารายได้เพิ่มจากอาชีพเสริมอื่น ๆ ในช่วงที่หยุดกรีดยางแนวทางการเพิ่มทางเลือกในการปรับตัวของเกษตรกรสวนยางพารา เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยสร้างความสามารถการปรับตัวและลดผลกระทบในปัจจุบันและอนาคตได้

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาข้อมูลภูมิอากาศตรวจวัดในอดีต-ปัจจุบันและคาดการณ์ในอนาคต แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิฝนและความชื้นสัมพัทธ์ในจังหวัดหนองคาย มีความแปรปรวนและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในระยะยาว รวมทั้ง เหตุการณ์สภาวะสุดขั้วในทิศทางที่สอดคล้องกับการร้อนขึ้นของประเทศไทยดังหลักฐานที่พบจากการศึกษาที่ผ่านมา[8] โดยความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อผลผลิตตลอดจนสรีรวิทยาของยางพาราในจังหวัดหนองคาย รวมทั้งผลกระทบและความเสียหายของสวนยางพาราจากภัยพิบัติทางภูมิอากาศและสภาวะสุดขั้วของลมฟ้าอากาศในรูปของวาตภัยและอุทกภัย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศดังกล่าว ค่อนข้างสอดคล้องกับผลจากการสำรวจและรวบรวมข้อมูลในพื้นที่และสอบถามเกษตรกรสวนยางพาราที่พบว่า ในรอบ 5-10 ปีที่ผ่านมา ปริมาณฝนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน โดยฝนตกน้อยลงแต่บ่อยครั้งขึ้น รวมทั้งอุณหภูมิที่ร้อนขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อผลผลิตของยางพาราในแง่ปริมาณน้ำยางที่กรีดได้น้อยลง ทั้งนี้ พายุและฝนตกหนัก เป็นภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศที่เกิดขึ้นและก่อให้เกิดความเสียหายมากที่สุดต่อสวนยางพาราในจังหวัดหนองคาย คือ[4] พบว่าความแปรปรวนระหว่างปีของผลผลิตยางพาราในภาพรวมของภาคใต้ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยกับปรากฏการณ์เอ็นโซ่และเหตุการณ์สภาวะสุดขั้วของฝน โดยผลผลิตยางพารามีแนวโน้มสูงกว่าปกติในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ El Niño เนื่องจากปริมาณฝนและความชื้นสัมพัทธ์ รวมทั้งวันฝนตกและความแรงของฝนต่ำกว่าปกติในช่วงเหตุการณ์ El Niño ส่งผลให้วันที่สามารถกรีดยางได้เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผลผลิตยางพารามีแนวโน้มลดลงในช่วงที่เกิดเหตุการณ์ La Niña สืบเนื่องจากเกิดฝนตกชุกและความชื้นของอากาศเพิ่มขึ้นในช่วงเหตุการณ์ดังกล่าว นอกจากนี้ ความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศทั้งที่ปรากฏในรูปความแตกต่างระหว่างอัตราการระเหยและปริมาณน้ำฝน (Evaporation-Precipitation; E-P) ฝนที่ตกชุกและฝนที่ตกในช่วงฤดูร้อน รวมทั้งเหตุการณ์น้ำท่วมขัง ยังส่งผลกระทบทางอ้อมแบบสะสมต่อลักษณะบางประการที่เกี่ยวข้องกับสรีรวิทยาและการพัฒนาในรอบปีของยางพาราในภาคใต้ ซึ่งผลกระทบทางสรีรวิทยาของต้นยางพาราที่พบ ประกอบด้วย 1) การผลัดใบของยางพาราที่ผิดปกติ เนื่องจากเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักในช่วงฤดูร้อนและความแปรปรวนที่ผิดปกติของความชื้นอากาศและอัตราการระเหยของน้ำ ส่งผลให้มีโรคระบาดทางใบ เช่น โรคราแป้ง ระบาดบนใบอ่อนที่แตกออกใหม่ภายหลังจากการผลัดใบทำให้ใบยางร่วงซ้ำอีกครั้ง 2) คุณภาพน้ำยางในรูปค่าปริมาณเนื้อยางแห้งต่ำลง และ 3) ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงของต้นยางพาราลดลง

เกษตรกรสวนยางพาราในจังหวัดหนองคาย มีความตระหนักถึงผลกระทบและความล่อแหลมของยางพาราต่อสภาพภูมิอากาศ และได้ดำเนินการการปรับตัวด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น บำรุงต้นยางและลดการใช้ปุ๋ยเคมีทำเกษตรผสมผสานและหาอาชีพเสริม เพื่อลดผลกระทบ เพิ่มผลผลิตและรายได้ อย่างไรก็ตามเกษตรกรสวนยางพาราให้ความสำคัญกับราคายางพาราตกต่ำซึ่งเกิดจากกลไกทางการตลาดที่ไม่เป็นธรรม ทั้งนี้ การรวมกลุ่มของเกษตรกรในรูปสหกรณ์เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มความสามารถในการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากทั้งปัจจัยภูมิอากาศและปัจจัยที่ไม่ใช่ภูมิอากาศ โดยความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ รวมทั้งสภาวะสุดขั้วของลมฟ้าอากาศและภัยพิบัติทางสภาพภูมิอากาศเป็นปัจจัยรองที่ทำให้สวนยางพาราเกิดความเสียหายและผลผลิตยางพาราของเกษตรลดลงและไม่แน่นอน ซึ่งส่งผลกระทบต่อรายได้และความเป็นอยู่ของเกษตรกรในภาพรวม ดังนั้น ควรเพิ่มแนวทางและทางเลือกการปรับตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำหลักเศรษฐกิจพอเพียงมาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มความสามารถในการปรับตัวกับการเปลี่ยนแปลงทั้งปัจจัยภูมิอากาศและปัจจัยที่ไม่ใช่ภูมิอากาศในอนาคตที่มีแนวโน้มทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งควร นำประเด็นการปรับตัวของเกษตรกรต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศผนวกเข้ากับการบริหารจัดการสวนยางพารา

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น รวมทั้งหน่วยงานอื่น ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง อาทิเช่น การยางแห่งประเทศไทย จังหวัดหนองคาย และเครือข่ายอาสาสมัครพิทักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทสม.) ที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนความร่วมมืออันดีจากเกษตรกรชาวสวนยางพารา ทำให้โครงการฯ สามารถดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการฯ

เอกสารอ้างอิง

1. คณะกรรมการนโยบายยางธรรมชาติ. ยุทธศาสตร์พัฒนายางพารา. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2553.
2. The Thai Rubber Association (TRA). Support for rubber-smallholders' life quality: TRA President View.[internet]. 2010 [cited 2010 August 3]. Available from http://www.thainr.com/en/message_detail. php?MIDZ62.
3. สำนักนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร. ภาวะเศรษฐกิจการเกษตรปี 2555 และแนวโน้มปี 2556. กรุงเทพฯ: สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์; 2555.
4. สายัณห์ สดุดี อัศมน ลิ่มสกุล และวุฒิชัย แพงแก้ว. ความแปรปรวนและการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศในภาคใต้ประเทศไทยที่มีผลต่อการผลิตยางพารา. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.); 2557.
5. Peterson, T.C. Climate change indices. World Meteorological Organization Bulletin. 2005;54(2):83-86.
6. Preisendorfer, R.W. Principal component analysis in meteorology and oceanography. Elsevier; 1998.
7. Hannachi, A., I.T. Jolliffe, and D.B. Stephenson. (2007). Empirical orthogonal functions and related techniques in atmospheric science: A review. International Journal of Climatology. 2007; 27: 1119-1152.
8. อัศมน ลิ่มสกุล และแสงจันทร์ ลิ้มจิรกาล. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 2554; 42-43.
9. อัศมน ลิ่มสกุล และคณะ. รายงานการสังเคราะห์และประมวลสถานภาพองค์ความรู้ด้านการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของไทย ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). 2559; 14-15.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION
กลุ่ม
น้ำ
และ
ขยะ

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

การปนเปื้อนยาต้านจุลชีพในแม่น้ำบางปะกง และการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

Antimicrobial drug contamination in
Bang Pakong River and hospital wastewater treatment for reuse

การปนเปื้อนยาต้านจุลชีพในแม่น้ำบางปะกง และการบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาล เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

Antimicrobial drug contamination in Bang Pakong River and hospital wastewater treatment for reuse

วาลิกา เศวตโยธิน* ชญานิน น้ำเยื้อง สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์ ชัชชัย โทปัญญา
Variga Sawaittayotin*, Chayanin Namyuang, Suda Ittisupornrat, Chatchai Topanya

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion
E-mail: variga2011@gmail.com*

บทคัดย่อ

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมศึกษาการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพในแม่น้ำบางปะกง เพื่อหาแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อนและเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสีย รวมถึงส่งเสริมการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ จากผลการสำรวจแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูฝนพบการปนเปื้อนยาต้านจุลชีพ 3 ชนิด ได้แก่ Ciprofloxacin Norfloxacin และ Tetracycline แหล่งกำเนิดของการปนเปื้อนพบว่า โรงพยาบาลขนาดใหญ่พบยาต้านจุลชีพตกค้างในน้ำที่ผ่านการบำบัด 4 ชนิด ได้แก่ Ciprofloxacin Norfloxacin Sulfamethoxazole และ Tetracycline โรงพยาบาลขนาดเล็กพบการปนเปื้อนยาต้านจุลชีพในน้ำที่ผ่านการบำบัด 3 ชนิด คือ Norfloxacin Sulfamethoxazole และ Tetracycline พบการปนเปื้อนยาต้านจุลชีพในน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน 3 ชนิด คือ Amoxicillin Sulfamethoxazole และ Tetracycline ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกรพบการปนเปื้อนยาต้านจุลชีพ 5 ชนิด ได้แก่ Amoxicillin Ciprofloxacin Norfloxacin Sulfamethoxazole และ Tetracycline ในน้ำเสียจากฟาร์มปลาพบการปนเปื้อนยาต้านจุลชีพ 2 ชนิด ได้แก่ Sulfamethoxazole และ Tetracycline

การบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลด้วยระบบบึงประดิษฐ์ขั้นสูงสามารถกำจัดยาต้านจุลชีพส่วนใหญ่ ได้แก่ Ciprofloxacin Norfloxacin Tetracycline Erythromycin และ Sulfamethoxazole ได้ร้อยละ 94-98 โดยการมีพืชในระบบบำบัดให้ผลดีในการกำจัดยาชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะยา Ciprofloxacin นอกจากนี้พบว่า ชั้นหินคลุกและหินศิลาแลงสามารถลดยาแก้ปวดและยาเบต้าบล็อกเกอร์ได้ถึงร้อยละ 89 และ 92 ตามลำดับ

คำสำคัญ : การปนเปื้อนยาต้านจุลชีพ การบำบัดและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ แม่น้ำบางปะกง

Abstract

The Environmenal Research and Training Center conducted a research to study the level of antibiotic contamination in Bang Pa Kong River and identify the sources of contamination, as well as apply treatment technology for wastewater and reuse to protect the environment from antimicrobial drug contamination. The results of the study found the occurrence of 3 antimicrobial drug namely: Ciprofloxacin, Norfloxacin and Tetracycline. These antimicrobial drugs were also found in treated water from a big hospital such as Ciprofloxacin, Norfloxacin, Sulfamethoxazole, and Tetracycline. Three antimicrobial drugs were also found in wastewater of a small hospital which were Norfloxacin, Sulfamethoxazole and Tetracycline, Three antimicrobial drugs were detected in a municipal wastewater such as Amoxicillin, Sulfamethoxazole and Tetracycline. Five antimicrobial drugs were detected in the wastewater of a pig farm which were Amoxicillin, Ciprofloxacin, Norfloxacin, Sulfamethoxazole and Tetracycline. Two antibiotics were detected in the wastewater of a fish farm which were Sulfamethoxazole and Tetracycline.

The research results showed that advanced constructed wetland (ACW) had treatment efficiency ranging from 94-98% for most of antimicrobial drugs such as Ciprofloxacin, Norfloxacin, Tetracycline, Erythromycin, Sulfamethoxazole. Furthermore the ACW had high efficiency to treat Acetaminophen at 73% and Atenolol at 81%. The plants in the ACW showed higher efficiency especially Ciprofloxacin. The results also showed that stone and laterite had treatment efficiency for Acetaminophen and B-blocker (Beta blocker) at 89% and 92% respectively.

Keywords : antimicrobial contamination, water treatment and reuse, Bang Pakong River

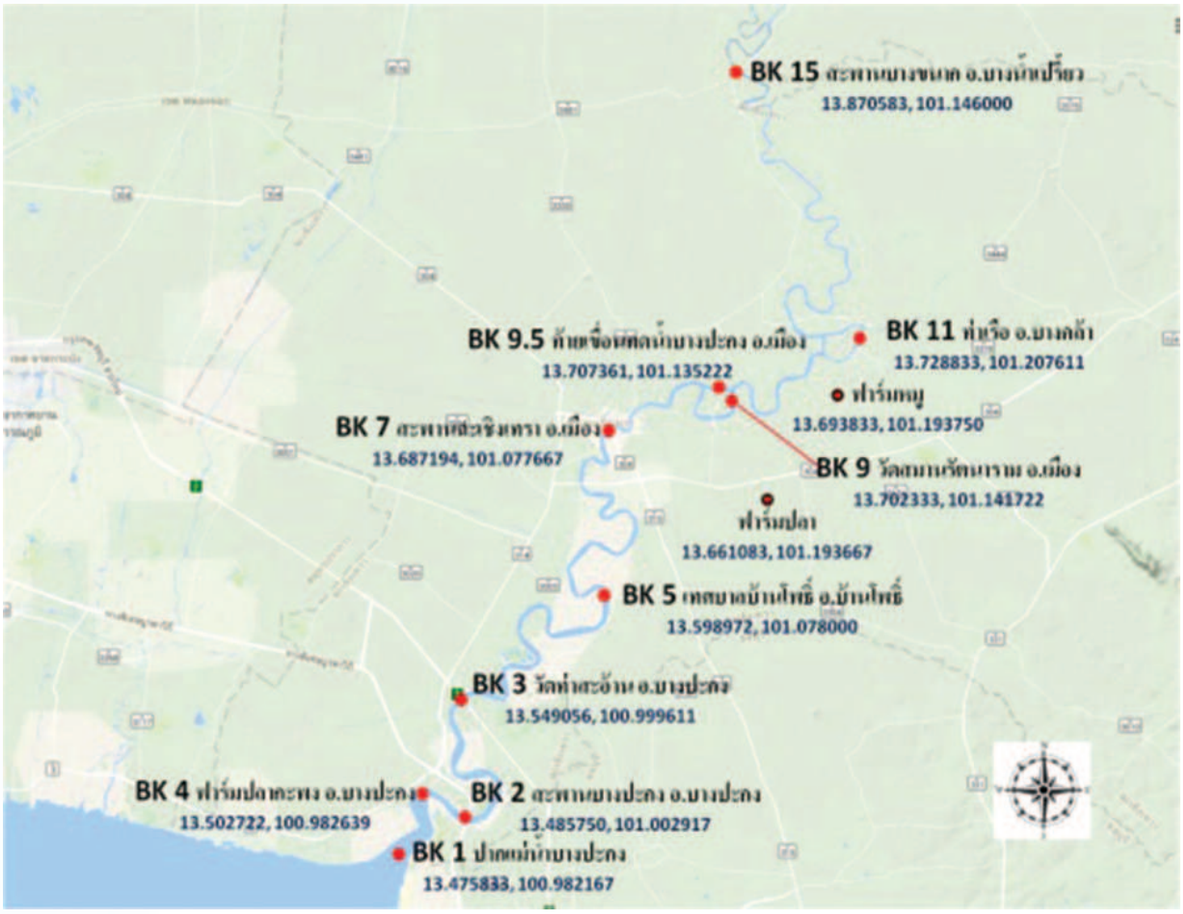
1. บทนำ

ปัจจุบันผลกระทบของการดื้อยาต้านจุลชีพ (Antimicrobial Resistance: AMR) เป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังให้ความสำคัญ เนื่องจากก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน โดยเมื่อผู้ป่วยติดเชื้อดื้อยา ยาที่ทำการรักษาเดิมจะไม่มีประสิทธิผล จำเป็นต้องใช้ยาที่มีความแรงของฤทธิ์ยาเพิ่มขึ้นหรือยาที่ทำการคิดค้นขึ้นใหม่จึงจะทำการรักษาได้ มีการประมาณการว่าในปี พ.ศ. 2593 หรือในอีก 31 ปีข้างหน้า จะมีผู้ป่วยเสียชีวิตจากการติดเชื้อดื้อยาต้านจุลชีพประมาณ 10 ล้านคนต่อปี ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงกว่าการเสียชีวิตเนื่องจากเป็นมะเร็ง โดยผู้ป่วยที่เสียชีวิตจะมาจากทวีปเอเชียมากที่สุดถึง 4,730,000 คน สำหรับประเทศไทย มีการประมาณการว่าในแต่ละปีคนไทยจะติดเชื้อแบคทีเรียดื้อยาประมาณ 88,000 คน และเสียชีวิตจากเชื้อเหล่านี้ประมาณ 38,000 คนต่อปี คิดเป็นความเสียหายทั้งทางตรงและทางอ้อมประมาณ 46,000 ล้านบาท[1]

ดังนั้นศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงศึกษาการปนเปื้อนของการใช้ยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในแม่น้ำบางปะกงที่คาดว่าจะมีแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อน ซึ่งในบรรดายาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ ยาต้านจุลชีพสามารถส่งผลต่อการดื้อยาของเชื้อโรคและกำลังเป็นปัญหาใหญ่ที่มนุษยชาติกำลังเผชิญหน้าอยู่ในปัจจุบัน หากสิ่งมีชีวิตบริโภคเข้าไปก็จะทำให้เกิดการสะสมและการตกค้าง เมื่อยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพเข้าไปในห่วงโซ่อาหารอาจจะเกิดผลกระทบกับผู้บริโภคได้

2. วิธีการวิจัย

สำรวจการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพทั้งชนิดและปริมาณในแม่น้ำบางปะกง ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาล ฟาร์มสุกร ฟาร์มปลา ที่คาดว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของการปนเปื้อนและตรวจวิเคราะห์หายาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่นๆ เพื่อคัดเลือกพื้นที่นำร่องในการแก้ไขปัญหา ทดลองใช้เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียและการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ตามจุดเก็บตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำของแม่น้ำบางปะกง (ปรับปรุงจาก map.longdo.com)

การวิเคราะห์ยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ ในการรักษาสภาพตัวอย่างน้ำหลังจากการเก็บจะเติม EDTA-Na_2 ปริมาณ 1 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร เพื่อป้องกันการย่อยสลายของ PPCPs จากจุลินทรีย์ ตัวอย่างน้ำจะกรองด้วย glass fiber filter ขนาด 0.45 ไมครอน ปรับสภาพ SPE cartridge (Waters-OASIS) และสกัดตัวอย่างด้วยวิธี Solid phrase extraction สารละลายสารที่สกัดได้จะวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Liquid chromatography double mass spectrometry (LC-MS-MS) ตามวิธีของ US.EPA method 1694 (US. EPA, 2007)

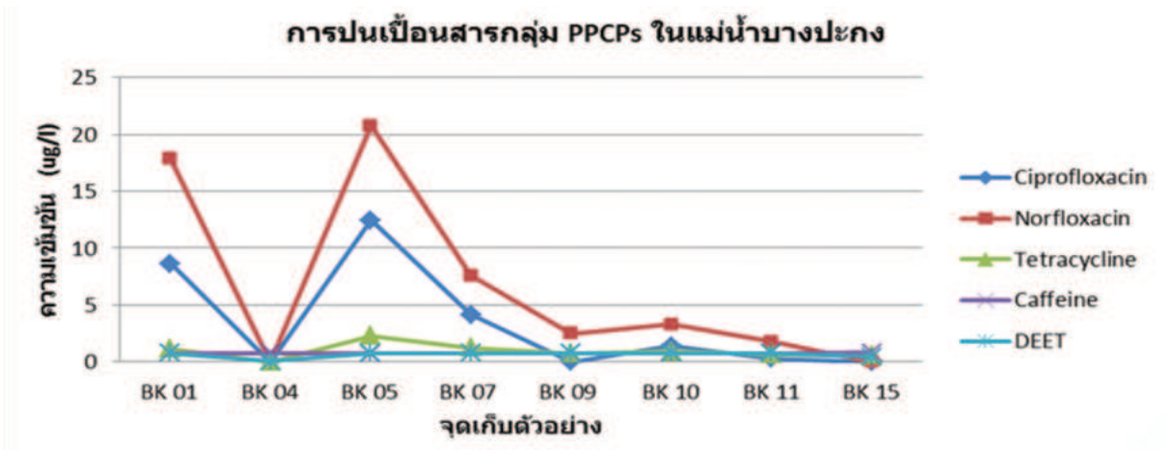
การสร้างระบบบึงประดิษฐ์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในน้ำเสียของโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร จังหวัดปราจีนบุรี ใช้หินศิลาแลงมาเป็นส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ในการปลูกพืช โดยผสมหินศิลาแลงร้อยละ 20 ในชั้นทราย เพื่อเป็นตัวให้ประจุเหล็กแก่ปฏิกิริยาบริเวณรากพืช การเดินระบบ ที่ระยะเวลาในการกักเก็บ 5 วัน หลังจากเริ่มเดินระบบ 15 วัน

เมื่อระบบบำบัดเข้าสู่สภาวะคงที่ จึงเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ จำนวน 10 ชนิด ได้แก่ กลุ่มยาต้านจุลชีพ 5 ชนิด คือ Erythromycin Sulfamethoxazole Tetracycline Ciprofloxacin และ Norfloxacin ยาแก้ปวดลดไข้ ได้แก่ Acetaminophen กลุ่มยา Respiratory disease (RD) ได้แก่ Theophylline กลุ่มยา Beta blocker (BB) ได้แก่ Atenolol กลุ่มยา LR ได้แก่ Gemfibrozil สารป้องกันและกำจัดแมลง Insect repellent (IR) ได้แก่ DEET

3. ผลการวิจัย

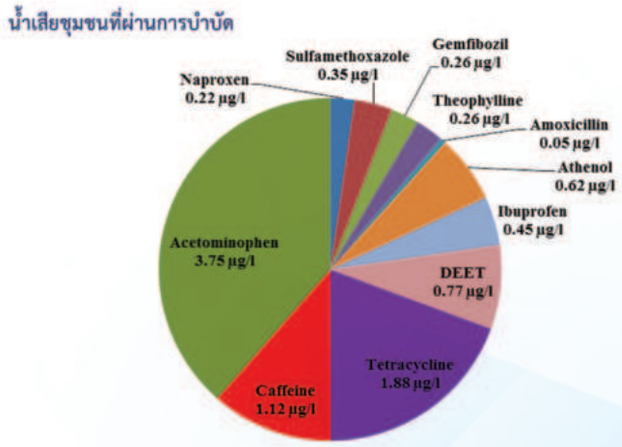
3.1 การปนเปื้อนของยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในสิ่งแวดล้อม

ยาต้านจุลชีพ เป็นส่วนหนึ่งของยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ พบการปนเปื้อนของกลุ่มยาต้านจุลชีพในแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูฝน 3 ชนิด ได้แก่ Ciprofloxacin 0.32-12.44 ไมโครกรัมต่อลิตร Norfloxacin 1.79-20.75 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Tetracycline 0.60-2.31 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 2



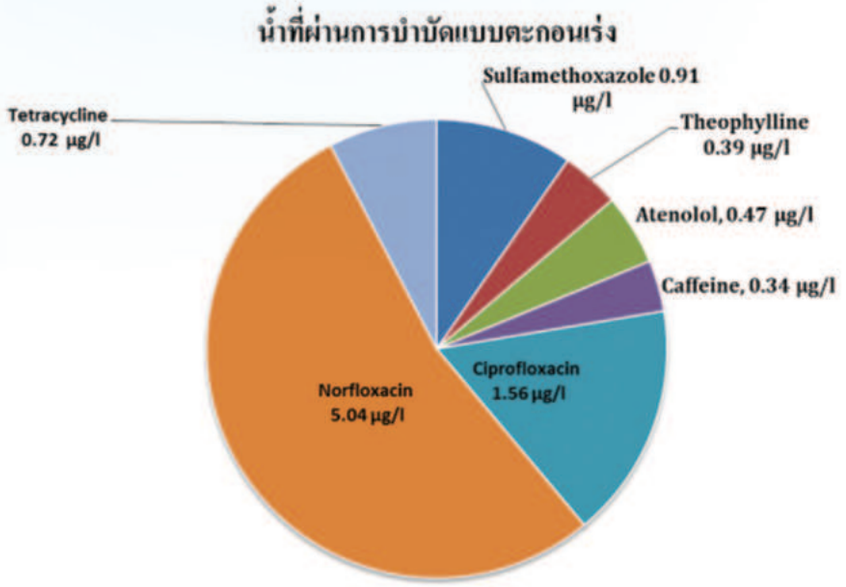
รูปที่ 2 แสดงการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ในแม่น้ำบางปะกง

ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบตะกอนเร่งของเทศบาลเมือง พบการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ในน้ำที่ผ่านการบำบัด 11 ชนิด โดยพบการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพ 3 ชนิด คือ Amoxicillin 0.64 ไมโครกรัมต่อลิตร Sulfamethoxazole 0.42 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Tetracycline 0.91 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 3



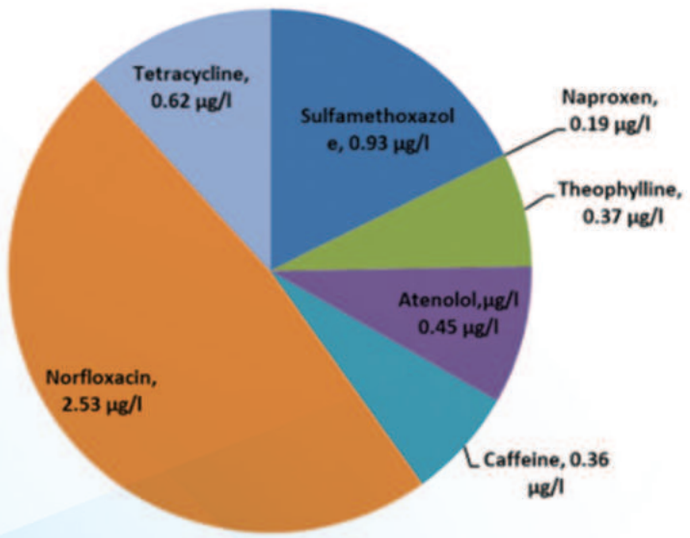
รูปที่ 3 แสดงการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพในน้ำที่ผ่านการบำบัด จากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน

โรงพยาบาลขนาดใหญ่ที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง พบยาต้านจุลชีพ 4 ชนิดในน้ำที่ผ่านการบำบัด ได้แก่ Ciprofloxacin 1.56 ไมโครกรัมต่อลิตร Norfloxacin 5.04 ไมโครกรัมต่อลิตร Sulfamethoxazole 0.91 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Tetracycline 0.72 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 4



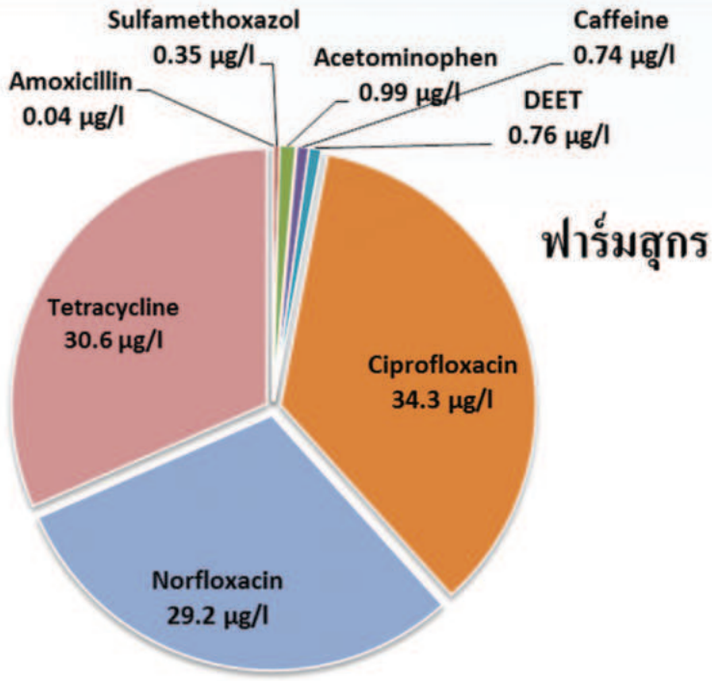
รูปที่ 4 แสดงยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ที่พบในน้ำที่ออกจากระบบบำบัดแบบตะกอนเร่ง

โรงพยาบาลขนาดเล็กที่มีระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อผึ่ง พบยาต้านจุลชีพ 3 ชนิดในน้ำที่ผ่านการบำบัด คือ Norfloxacin 2.53 ไมโครกรัมต่อลิตร Sulfamethoxazole 0.93 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Tetracycline 0.62 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ที่พบในน้ำที่ผ่านการบำบัดแบบบ่อผึ่ง

ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร พบยาต้านจุลชีพ 5 ชนิด ได้แก่ Amoxicillin 0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร Ciprofloxacin 34.3 ไมโครกรัมต่อลิตร Norfloxacin 39.2 ไมโครกรัมต่อลิตร Sulfamethoxazole 0.35 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Tetracycline 30.6 ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในรูปที่ 6 ในน้ำเสียจากฟาร์มปลา พบยาต้านจุลชีพ 2 ชนิด ได้แก่ Sulfamethoxazole 0.34 ไมโครกรัมต่อลิตร และ Tetracycline 1.09 ไมโครกรัมต่อลิตร Caffeine 0.77 ไมโครกรัมต่อลิตร



รูปที่ 6 แสดงการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ในน้ำเสียจากฟาร์มสุกร

3.2 ประสิทธิภาพของระบบบึงประดิษฐ์ขั้นสูงในการบำบัดยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพในน้ำเสียโรงพยาบาล

ระบบสาธิตซึ่งติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพ ณ โรงพยาบาลบางปะกง จากการวิจัยพบว่า บ่อบำบัดที่ปลูกหญ้าแฝก สามารถบำบัด Sulfamethoxazole ได้ร้อยละ 82.28 Gemfibrozil 90.83 และ DEET ร้อยละ 91.93 บ่อบำบัดที่ปลูกกก สามารถบำบัด Sulfamethoxazole ได้ร้อยละ 80.47 และ DEET ร้อยละ 89.86 สามารถบำบัด Erythromycin Theophylline Atenolol และ Gemfibrozil ได้ร้อยละ 100 บ่อบำบัดที่ปลูกปักษาสวรรค์ สามารถบำบัด Sulfamethoxazole ได้ร้อยละ 79.13 และ DEET ได้ร้อยละ 92.9 ที่สามารถบำบัดได้ทั้งหมด ได้แก่ Theophylline atenolol สามารถสรุปได้ว่าระบบบึงประดิษฐ์สาธิตที่ใช้หญ้าแฝก กก และปักษาสวรรค์ มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ

จากการทดสอบระบบบึงประดิษฐ์ขั้นสูงซึ่งติดตั้ง ณ โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร ซึ่งเป็นการบำบัดน้ำที่ออกจากระบบบำบัดแบบตะกอนเร่งที่ยังพบการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ พบว่า ระบบบึงประดิษฐ์ที่มีรูปแบบแตกต่างกันมีประสิทธิภาพในการบำบัดยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ได้แตกต่างกัน

โดยระบบบึงประดิษฐ์ที่มีชั้นกรองเป็นหินคลุกและปลูกต้นกก สามารถกำจัดยาต้านจุลชีพส่วนใหญ่ ได้แก่ Ciprofloxacin Norfloxacin Tetracycline Erythromycin และ Sulfamethoxazole ได้ร้อยละ 94-98 ยกเว้น Erythromycin ที่กำจัดได้เพียงร้อยละ 57 นอกจากนี้ยังสามารถกำจัด Acetaminophen และยา Atenolol ได้ดีมากที่ประสิทธิภาพร้อยละ 73 และ 81 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 7

รูปที่ 7 แสดงระบบบึงประดิษฐ์ขั้นสูง ณ โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชั้นกรองแบบหินคลุกผสมหินศิลาแลงระหว่างที่ไม่มีพืชและมีพืชปลูก พบว่า การมีพืชค่อนข้างให้ผลดีกว่าในการกำจัดยาชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะยา Ciprofloxacin ที่เห็นได้ชัดเจนว่าพืชช่วยส่งเสริมการทำลายยาต้านจุลชีพชนิดนี้ นอกจากนี้พบว่า ชั้นหินคลุกและหินศิลาแลงเพียงอย่างเดียว สามารถกำจัดยา Acetaminophen และยา Atenolol ได้ร้อยละ 89 และ 92 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นเฉลี่ยของยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ ในน้ำเข้าและน้ำออกจากระบบบึงประดิษฐ์ชนิดต่าง ๆ (ไมโครกรัมต่อลิตร)

ชนิดยา	น้ำเข้าระบบ	หินคลุก	หินคลุกผสมศิลาแลง	หินคลุกและกก	หินคลุกผสมศิลาแลงกับปักษาสวรรค์	หินคลุกผสมศิลาแลงกับหญ้าแฝก	หินคลุกผสมศิลาแลงกับกก
Sulfamethoxazole	3.4	1.6	3.2	0.2	1.5	2.4	3.1
Norfloxacin	192.3	110.9	97.1	3.3	49.7	100.9	58.9
Ciprofloxacin	1021.9	945.4	1087.4	54.8	406.0	649.3	359.1
Tetracycline	31.43	27.52	25.85	0.59	13.25	26.95	14.1
Erythromycin	10.1	14.5	29.6	4.3	18.4	33.7	40.6
Acetaminophen	3.5	0.4	6.2	0.9	5.1	7.7	1.3
Theophylline	0.7	2.2	2.4	4.9	4.7	4.9	6.3
Atenolol	1.6	0.7	0.1	0.3	1.8	1.6	0.8
Gemfibrozil	19.74	23.39	33.39	39.14	27.83	25.8	33.2
DEET	65.9	45.4	66.43	50.0	65.1	56.5	55.1

3.3 การนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ ณ โรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร

มีการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบึงประดิษฐ์ขั้นสูงกลับมาใช้ใหม่ โดยไม่ต้องมีการเติมคลอรีน ใช้สำหรับการรดน้ำต้นไม้ ดูแลสวน ชักโครกในห้องน้ำของโรงพยาบาล โดยเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับแหล่งน้ำธรรมชาติ เพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ประโยชน์ว่าสามารถใช้สำหรับกิจกรรมใดได้บ้าง จากผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดกับน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า คุณภาพน้ำที่ออกจากระบบบึงประดิษฐ์ขั้นสูงที่ไม่ผ่านการเติมคลอรีนมีคุณภาพดีกว่าน้ำในแม่น้ำปราจีนบุรี ซึ่งโรงพยาบาลใช้ในการรดน้ำต้นไม้ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 แสดงการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดกลับมาใช้ใหม่ภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์

จากการวิจัยนี้พบการปนเปื้อนยาต้านจุลชีพ Ciprofloxacin และ Norfloxacin ในน้ำเสียของโรงพยาบาลและน้ำเสียจากฟาร์มสุกร โดยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรพบ Ciprofloxacin มีความเข้มข้นมากกว่าน้ำเสียโรงพยาบาล 21.98 เท่า และพบ Norfloxacin มีความเข้มข้นมากกว่าน้ำเสียโรงพยาบาล 7.7 เท่า

ส่วน Tetracycline พบการปนเปื้อนในน้ำเสียของโรงพยาบาล น้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากฟาร์มสุกร และน้ำเสียจากฟาร์มปลา โดยน้ำเสียจากฟาร์มสุกรพบ Tetracycline มีความเข้มข้นมากกว่าน้ำเสียของโรงพยาบาล 45.67 เท่า ส่วนกลุ่มยาฆ่าแมลง DEET พบการปนเปื้อนในน้ำเสียของโรงพยาบาล น้ำเสียชุมชน น้ำเสียจากฟาร์มสุกรที่ความเข้มข้นไม่แตกต่างกัน

ยาแก้ปวดลดไข้ Paracetamol มีชื่อเรียกสามัญคือ Acetaminophen สามารถหาซื้อได้ง่ายเป็นเหตุให้ปริมาณการใช้ยาตัวนี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว[2] จึงตรวจพบที่ความเข้มข้นค่อนข้างสูงในน้ำเสียชุมชน จากการวิจัยนี้พบ Acetaminophen 2.22 ไมโครกรัมต่อลิตร และ ibuprofen 0.81 ไมโครกรัมต่อลิตร Naproxen 0.27 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียชุมชน ส่วนน้ำเสียจากฟาร์มสุกรซึ่งเจือปนกับน้ำเสียชุมชนที่ความเข้มข้น 0.99 ไมโครกรัมต่อลิตร

Atenolol เป็นยาที่ใช้เกี่ยวกับโรคหัวใจและหลอดเลือดตรวจพบ Atenolol ที่ความเข้มข้น 0.64 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียชุมชน พบการปนเปื้อน Atenolol 0.47 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงพยาบาลขนาดใหญ่และโรงพยาบาลขนาดเล็ก มีรายงานการปนเปื้อนของ Atenolol ที่ 9 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียที่ออกจากระบบบำบัดในประเทศเยอรมัน[2] นอกจากนั้นยังมีรายงานการตรวจพบ Atenolol ในน้ำที่ออกจากระบบบำบัดในประเทศญี่ปุ่นที่ความเข้มข้น 930 ไมโครกรัมต่อลิตร[4]

Carbamazepine ซึ่งเป็นยาใช้ในการรักษาโรคลมชักมีการใช้อย่างกว้างขวางและมีการตรวจพบในน้ำที่ออกจากระบบบำบัดในช่วงไมโครกรัมต่อลิตร[3] เนื่องจาก Carbamazepine ย่อยสลายได้ยากในสิ่งแวดล้อม อาจใช้เป็นตัวชี้วัดการปนเปื้อนจากน้ำเสียชุมชนหรือระบบบำบัดน้ำเสียได้ มีรายงานการตรวจพบ Carbamazepine ในประเทศเกาหลีและญี่ปุ่นที่ความเข้มข้นระหว่าง 10-20 นาโนกรัมต่อลิตร แต่ไม่พบการปนเปื้อนของ Phenobarbital ในระดับ ไมโครกรัมต่อลิตร

Theophylline พบในน้ำเสียชุมชนที่ผ่านการบำบัด 0.47 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงพยาบาลขนาดใหญ่ 0.39 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงพยาบาลขนาดเล็ก 0.37 ไมโครกรัมต่อลิตร

ไม่พบการปนเปื้อนของ Furosemide ซึ่งใช้รักษาอาการเส้นเลือดหัวใจตีบ อาการบวมน้ำ ในน้ำเสียชุมชน น้ำเสียโรงพยาบาล น้ำเสียฟาร์มสุกร และน้ำเสียจากฟาร์มปลา

ยากำจัดแมลง DEET (N, N-Diethyl-meta-toluamide) มีใช้ทั่วโลกประมาณ 40 ปีมาแล้ว ในน้ำเสียจากชุมชน 0.83 ไมโครกรัมต่อลิตร ฟาร์มสุกร 0.76 ไมโครกรัมต่อลิตร รายงานการตรวจพบในน้ำเสียชุมชนของประเทศญี่ปุ่นประมาณ 0.8 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความเข้มข้นใกล้เคียงกับประเทศไทย[5]

Caffeine ซึ่งเป็นสารกระตุ้นระบบประสาท ตรวจพบที่ความเข้มข้น 0.34-2.0 ไมโครกรัมต่อลิตร ในน้ำเสียทุกชนิดที่ทำการศึกษาการปนเปื้อนในแม่น้ำบางปะกง เมื่อเทียบกับประเทศญี่ปุ่นที่ความเข้มข้นของ Caffeine 0.75-0.71 ไมโครกรัมต่อลิตร[5] เนื่องจาก Caffeine เป็นส่วนผสมอยู่ในเครื่องดื่มรวมถึงน้ำที่มาจากที่อยู่อาศัย

ข้อเสนอแนะ

1. โรงพยาบาลควรมีการตรวจวิเคราะห์ว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดของยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ โดยเฉพาะยาต้านจุลชีพหรือไม่ หากพบว่ามีประสิทธิภาพต่ำควรมีการปรับปรุงหรือมีการบำบัดเพิ่มเติม

2. เนื่องจากชุมชนเป็นแหล่งกำเนิดการปนเปื้อนของยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพเช่นเดียวกันจึงควรมีการตรวจสอบว่าระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มีประสิทธิภาพในการบำบัดของยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ โดยเฉพาะยาต้านจุลชีพหรือไม่ หากพบว่ามีประสิทธิภาพต่ำควรมีการปรับปรุงหรือมีการบำบัดเพิ่มเติม

3. ฟาร์มสุกรและฟาร์มปลา ควรมีการเก็บรวบรวมน้ำเสียและบำบัดยาและผลิตภัณฑ์ดูแลสุขภาพ ก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

4. การพบการปนเปื้อนของยาต้านจุลชีพและยาชนิดอื่น ๆ จากการวิจัยนี้ เป็นส่วนหนึ่งของแหล่งกำเนิดการปนเปื้อน คาดว่ายังมีแหล่งกำเนิดอื่น ๆ ที่ยังไม่ได้มีการสำรวจ จึงควรมีการสำรวจเพิ่มเติมและมีการบริหารจัดการในการใช้การจัดเก็บและการกำจัดอย่างถูกวิธี หากมีการปนเปื้อนลงสู่สิ่งแวดล้อมควรมีการบำบัดอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อป้องกันเชื้อดื้อยาของเชื้อโรคในสิ่งแวดล้อม ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ในอนาคต

5. ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในส่วนของผลกระทบของยาที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่มีต่อระบบนิเวศและสิ่งมีชีวิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะที่ปรึกษาโครงการได้ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่องานวิจัยมีรายนามดังต่อไปนี้
ขอขอบคุณ ศ.กิตติคุณ ดร. จงรักษ์ ผลประเสริฐ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Prof. Kazuo Yamamoto และ Prof. Hiroaki Furumai คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยโตเกียว
ผศ.นพ. ชาญวิทย์ ตรีพุทธรัตน์ ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล
สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 13 (ชลบุรี)
สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดฉะเชิงเทรา
ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลบางปะกง
ผู้อำนวยการและเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลเจ้าพระยาอภัยภูเบศร

เอกสารอ้างอิง

1. เจาะลึกสุขภาพ. 2558. เชื้อดื้อยา “ในสงครามกับแบคทีเรีย มนุษย์กำลังเป็นฝ่ายพ่ายแพ้” เข้าถึงได้จาก http://www.hfocus.org/content/2015/11/11253
2. ภก.ทรงพล ศรีนวล เภสัชกร หน่วยนิติพิษวิทยา ฝ่ายนิติเวชศาสตร์ โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ วารสารนิติเวชศาสตร์ ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2557 หน้า 82
3. Ternes T. A., Bonerz M., Herrmann N., Teiser B. and Andersen H.R. (2007). Irrigation of treated wastewater in Braunschweig, Germany: An option to remove pharmaceuticals and musk fragrances. Chemosphere, 66 (5), 894-904.
4. Nakada N, Komori K, Suzuki Y., Konishi C., Houwa I. and Tanaka H. (2007). Occurrence of 70 pharmaceutical and personal care products in Tone River basin in Japan. Water. Sci. Technol, 56 (12), 133-140.
5. Nakada N., Tanishima T., Shinohara H., Kiri K., and Takada H. (2006). Pharmaceutical chemicals and endocrine disrupters in municipal wastewater in Tokyo and their removal during activated sludge treatment. Water Research, 40, 3297-3303.

การบำบัดน้ำชะขยะจากสถานีขนถ่ายขยะด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน

Leachate treatment from solid waste transfer station using membrane bioreactor

การบำบัดน้ำชะขยะจากสถานีขนถ่ายขยะ ด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน
Leachate treatment from solid waste transfer station using membrane bioreactor

สุดา อิทธิสุภรณ์รัตน์[1]* จิตติมา จารุเดชา[1] วาลิกา เศวตโยธิน[1] ชญานิน น้ำเยื้อง[1]
ชัชชัย โทปัญญา[1] ชวลา เสียงล้ำ[1] ทัศธรน์ ภูมิยุทธิ์[1] สุไพลิน ศรีกงพาน[1] ขนิษฐา เกรียงไกร[1]
อนุพงษ์ ปุณโณทก[1] ปัญจา ใยถาวร[1] อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์[2]
Suda Ittisupornrat[1]*, Jittima Jarudacha[1], Variga Sawaittayothin[1], Chayanin Namyuang[1],
Chatchai Topanya[1], Chawala Senglum[1], Tassanatorn Pumeyuth[1], Supailin Srikongpan[1],
Anuphong Punnotok[1], Panja Yaithavorn[1] Athit Phetrak[2]

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม[1]
คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล[2]
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion[1]
Faculty of Tropical Medicine, Mahidol University[2]
E-mail: suwimolteam@yahoo.com*

บทคัดย่อ

น้ำชะขยะจัดได้ว่าเป็นน้ำเสียที่มีความสกปรกสูง ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขอนามัยของมนุษย์ได้ หากไม่ได้รับการบำบัดที่เหมาะสม การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะหลังจากผ่านการย่อยสลาย แบบไร้อากาศ ด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน ได้ดำเนินการที่สถานีขนถ่ายขยะ เทศบาลเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี อย่างต่อเนื่อง เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยศึกษาระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสม ผลการทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำชะขยะ ด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน พบว่า ระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 150-300 วัน สามารถทำการบำบัดสารอินทรีย์ ในรูปของบีโอดี ทีเคเอ็น และแอมโมเนีย ตะกอนแขวนลอย ดัชนีชี้วัดทางด้านเชื้อโรค ได้แก่ โคลิฟอร์มทั้งหมด และอีโคไล ได้มากกว่าร้อยละ 90 น้ำที่ผ่านการบำบัดมีศักยภาพในการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้

คำสำคัญ : ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน น้ำชะขยะ การย่อยสลายแบบไร้อากาศ ระยะเวลากักเก็บสลัดจ์

Abstract

Highly polluted wastewater from leachate may cause negative impact to environment and human health if inappropriate treatment was applied. This study was conducted to determine the efficiency of Prototype anaerobic filter tank combined with Membrane Bioreactor (MBR) for leachate treatment of solid wastes transfer station at Saraburi Municipal Treatment Plant. The performance efficiency of MBR was tested by varying Sludge Retention Time (SRT) conditions. The results of the study revealed that high treatment efficiency of BOD, TKN, ammonia, suspended solid, total coliform and *E. coli* were more than 90% which was achieved by using appropriate SRT conditions between 150 and 300 days. The treated wastewater can be potentially reusable.

Keywords : membrane bioreactor, leachate, anaerobic degradation, solid retention time

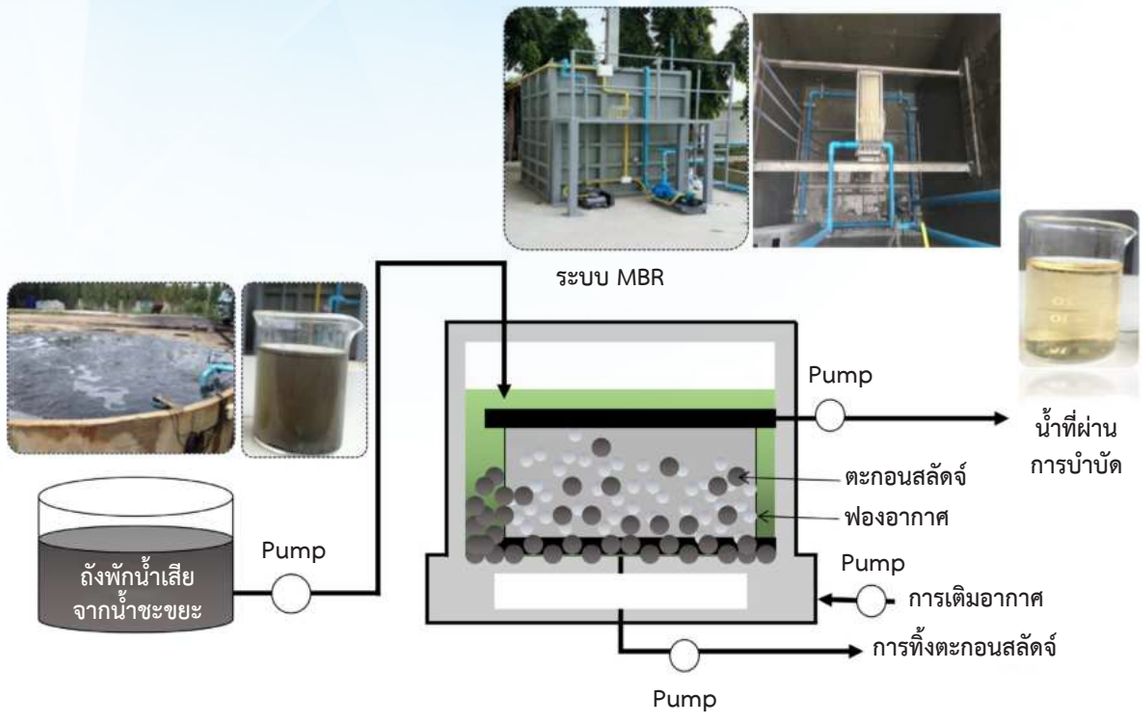
1. บทนำ

จากการที่ในปัจจุบันขยะถือว่าเป็นปัญหาที่จะทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ องค์ประกอบของขยะที่ทำการรวบรวมมาจะมีปริมาณขยะอินทรีย์ถึงร้อยละ 60 ทำให้ความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ที่ปนมากับน้ำชะขยะนั้นมีความเข้มข้นที่สูงมาก วิธีที่เหมาะสมที่สามารถใช้การบำบัดน้ำเสียประเภทน้ำชะขยะสามารถใช้วิธีทางชีวภาพได้ การบำบัดน้ำเสียด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน (Membrane bioreactor: MBR) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่เป็นการผสมผสานเทคโนโลยีของระบบตะกอนเร่ง ที่ใช้จุลินทรีย์ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสีย และการใช้แผ่นเมมเบรนที่มีรูพรุนขนาดไมครอนทำหน้าที่ในการกรองน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วซึ่งระบบ MBR ได้มีการศึกษาวิจัยมาแล้ว พบว่า สามารถทำการบำบัดน้ำเสียจากชุมชน[1,2,3,4,5] อุตสาหกรรม[6,7,8,9] และน้ำชะขยะ[10,11] ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้การศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมในการเดินระบบให้มีประสิทธิภาพที่สำคัญ ได้แก่ การปรับเปลี่ยนระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ (Sludge Retention Time: SRT) เนื่องจาก SRT ที่น้อยเกินไป อาจทำให้จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตช้าในระบบไม่สามารถทำงานเพื่อย่อยสลายสิ่งสกปรกต่าง ๆ ได้[12] แต่หากเดินระบบที่ SRT มากจนเกินไป อาจทำให้จุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตอย่างหนาแน่นส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการเติมอากาศให้กับระบบ เพื่อรักษาประสิทธิภาพการบำบัดของระบบให้คงที่[13,14] ดังนั้น ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัด น้ำชะขยะด้วยการทดสอบระยะเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่เหมาะสมในการเดินระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน และศึกษาคุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัดเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งมีความคาดหวังว่า ผลการศึกษานี้ สามารถให้ผลผลิตเป็นเทคโนโลยีทางเลือกในการบำบัดน้ำชะขยะที่ต้นทางจากสถานีขนถ่ายขยะก่อนนำขยะไปกำจัดในหลุมฝังกลบขยะต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 การติดตั้งและเดินระบบ MBR

ระบบ MBR มีขนาด 4.5 ลูกบาศก์เมตร ประกอบด้วยเมมเบรนแบบแผ่นผลิตจาก chlorinated polyethylene (Flat sheet, Kubota, Japan) มีขนาดรูพรุน 0.4 ไมครอน จำนวน 10 แผ่น มีพื้นที่ผิวของการกรองทั้งหมด 8 ตารางเมตร สามารถรองรับการบำบัดน้ำเสียได้ 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีปั๊มเติมอากาศต่อเข้ากับหัวกระจายอากาศ (air diffuser) ติดตั้งอยู่ใต้แผ่นเมมเบรน เพื่อทำหน้าที่ในการให้ออกซิเจนแก่จุลินทรีย์เพื่อใช้ในการย่อยสลายสิ่งสกปรกในน้ำเสียและขัดสีผิวหน้าของเมมเบรนไม่ให้เกิดการอุดตันและมีระบบลูกลอยต่อกับปั๊มสูบน้ำเสีย เพื่อควบคุมระดับน้ำในระบบทำให้ระบบสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง น้ำชะขยะสดจะผ่านการบำบัดด้วยถังกรองไร้อากาศก่อนที่จะถูกสูบมาไว้ที่บ่อพักน้ำ (equalization tank) ก่อนที่จะสูบมาเข้าระบบ MBR สามารถแสดงลักษณะการติดตั้งและการทำงานของระบบ MBR ได้ดังรูปที่ 1 ซึ่งทำการเดินระบบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี เพื่อทดสอบระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่เหมาะสม โดยควบคุมระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์ (Hydraulic retention time) คงที่ที่ 3.5 วัน การเติมอากาศปรับให้คงที่ที่ 210 ลิตรต่อนาที ภายใต้อุณหภูมิห้องที่ 28-31 องศาเซลเซียส



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการเดินระบบ MBR

2.2 การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียเข้าระบบและน้ำที่ผ่านการบำบัดทุก 1-2 สัปดาห์ โดยการวิเคราะห์ค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand: BOD), ไนโตรเจนทั้งหมดในรูปของทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN), ตะกอนแขวนลอย (Suspended Solid: SS), สารที่ละลายได้ในน้ำ (Total Dissolved Solid :TDS) และดัชนีชี้วัดทางด้านเชื้อโรค ได้แก่ โคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform) และอีโคไล *(E. coli)* ตามวิธีมาตรฐาน[15] ส่วนค่าซีโอดี (Chemical Oxygen Demand : COD) และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ทำการวิเคราะห์ด้วยชุดทดสอบของ HACH (HACH, USA) ค่าออกซิเจนที่ละลายได้ในน้ำ (Dissolved Oxygen: DO) (YSI Pro 20, USA) และวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH), อุณหภูมิ, การนำไฟฟ้า และค่าของความเค็มในระบบ MBR ด้วยหัวรวมวิเคราะห์คุณภาพน้ำ (YSI 60, USA) นอกจากนี้ วิเคราะห์ค่าตะกอนของสลัดจ์ (Mixed Liquor Suspended Solids: MLSS) ด้วยวิธีมาตรฐานของญี่ปุ่น[16] และวิเคราะห์โลหะหนักด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer)

2.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของระยะเวลากักเก็บตะกอนสลัดจ์

ทำการปรับเปลี่ยนระยะเวลากักเก็บตะกอนสลัดจ์ (Sludge Retention Time: SRT) 3 ปัจจัย ได้แก่ การเก็บกักสลัดจ์โดยไม่มีการนำสลัดจ์ออก (Infinite SRT) ระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่ 80 150 และ 300 วัน ตามลำดับ ด้วยการใช้การตั้งเวลาเพื่อสูบตะกอนสลัดจ์ออก[17] โดยการใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$SRT = \sum_i Xi\forall i/QxXx$$

โดยที่ V_i = ปริมาตรของระบบ MBR (ลูกบาศก์เมตร)

X_i = ค่า MLSS ในระบบ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

Q_x = อัตราการสูบตะกอนทิ้ง (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)

X_x = ค่า MLSS ที่สูบทิ้ง (มิลลิกรัมต่อลิตร)

2.4 การประเมินค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ

การประเมินค่าใช้จ่ายในการดำเนินโครงการระบบบำบัดแบบ Membrane bioreactor

พิจารณาจาก 2 องค์ประกอบหลัก ได้แก่

∴ ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียแบบ MBR ที่รองรับน้ำเสียได้ไม่น้อยกว่า 3 ลูกบาศ์เมตรต่อวัน มีมูลค่าประมาณ 650,000 บาท

∴ ค่าใช้จ่ายด้านการเดินระบบและการดูแลรักษา (Operation & maintenance cost) ประกอบด้วย operating cost ด้านค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมบำรุงรักษาระบบและค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเยื่อกรองเมมเบรนตามอายุการใช้งาน (5 ปี)

3. ผลการวิจัย

3.1 การติดตั้งถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน

ระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนขนาดการบำบัดไม่น้อยกว่า 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน แบบเคลื่อนที่ ได้ทำการติดตั้งที่สถานีขนถ่ายขยะเทศบาลเมืองสระบุรี ดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 แสดงการติดตั้งระบบ MBR และแผ่นเมมเบรนในระบบ MBR

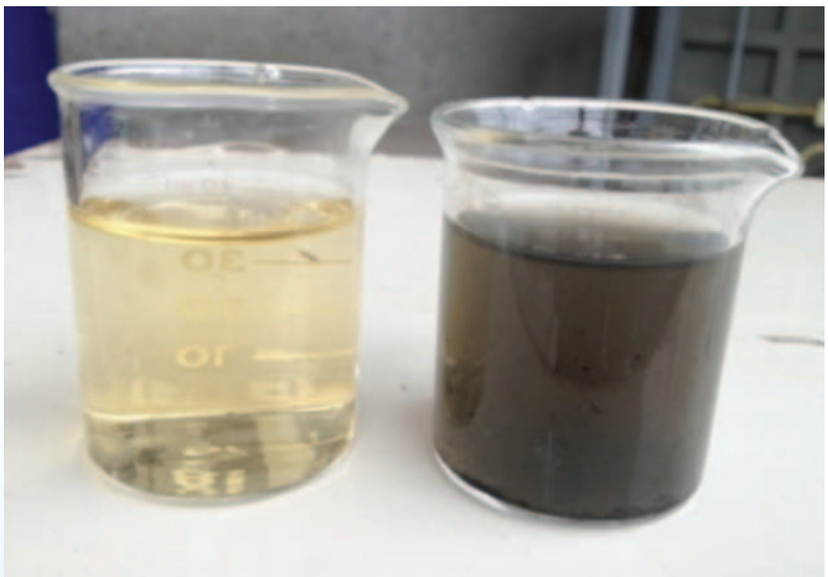
3.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่เหมาะสมในระบบ MBR

3.2.1 คุณลักษณะการเดินระบบ

การเดินระบบของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรนควบคุมให้มีค่าอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading Rate: OLR) อยู่ที่ 0.3 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตร-วัน ที่รองรับปริมาณน้ำเสียเข้าระบบโดยเฉลี่ยที่ 1.3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ส่วนค่าเฉลี่ยของ Flux ในระบบอยู่ที่ 0.15 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตร-วัน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่แผ่นเมมเบรนสามารถรองรับได้ ในขณะที่ค่าความเข้มข้นของตะกอนสลัดจ์ เท่ากับ 3.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่สูงมากเมื่อเทียบกับความสามารถในการรองรับความเข้มข้นของตะกอนสลัดจ์ในระบบที่ได้สูงถึง 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งนี้ เนื่องมาจากระยะเวลากักพักทางชลศาสตร์นานเกือบ 4 วัน ส่วนค่าความเป็นกรดและด่าง เท่ากับ 7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีความเป็นกลาง ค่าเฉลี่ยของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ เท่ากับ 1.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ระบบออกแบบไว้ 1-2 มิลลิกรัมต่อลิตร อุณหภูมิอยู่ที่ 29.4 องศาเซลเซียส ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 8.1 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร และค่าความเค็ม มีค่าเท่ากับ 4.2 หนึ่งส่วนในพันส่วน (ppt) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบมีการปนเปื้อนของเกลือค่อนข้างสูง อันเนื่องมาจากความสกปรกของน้ำชะขยะที่มีความเข้มข้นสูง เมื่อถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในระบบทำให้เกิดสารที่ละลายได้ในน้ำเพิ่มมากขึ้น

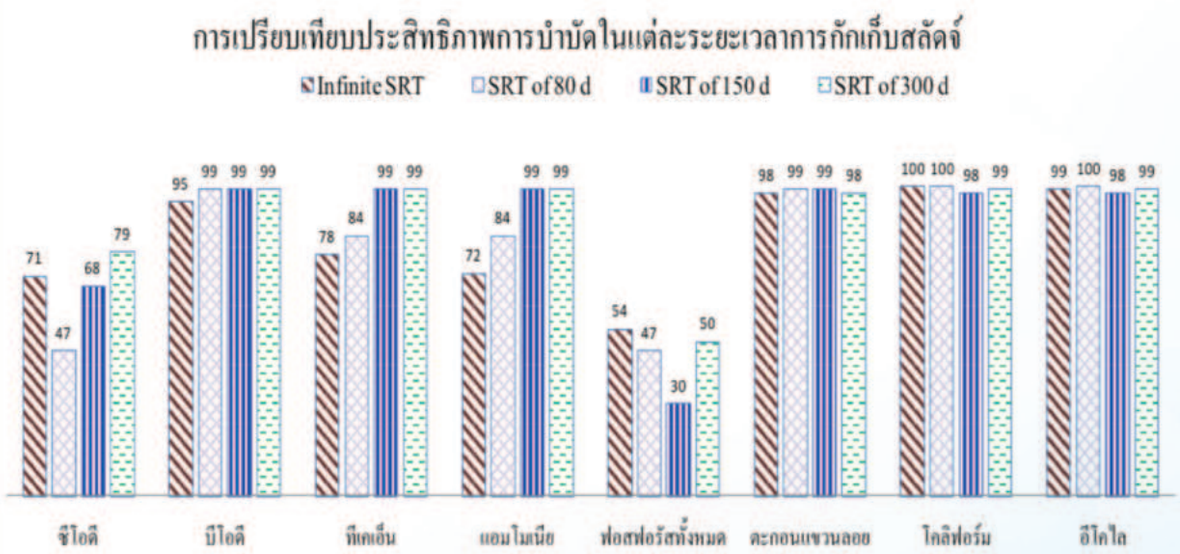
3.2.2 ประสิทธิภาพการบำบัด

คุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน หลังจากเดินระบบอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 1 ปี โดยการแปรเปลี่ยนระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ 4 ปัจจัย ได้แก่ (1) การไม่นำสลัดจ์ออกจากระบบ (Infinite SRT) (2) ระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่ 80 วัน (3) ระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่ 150 วัน และ (4) ระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่ 300 วัน แสดงคุณลักษณะของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีลักษณะสีเหลืองอ่อนใส ไม่มีตะกอน ดังรูปที่ 3.2

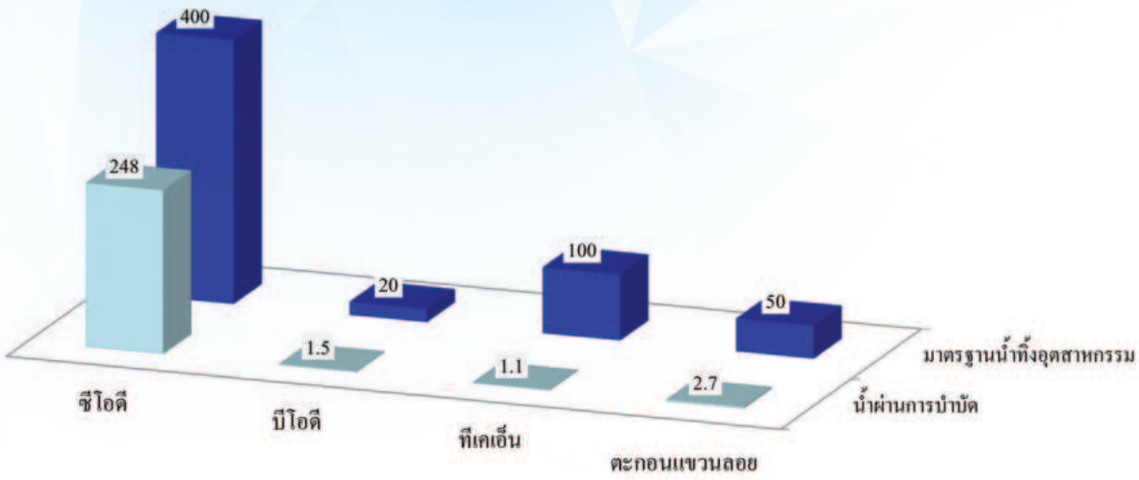


รูปที่ 3.2 แสดงคุณลักษณะของน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ MBR (ซ้าย) และน้ำก่อนเข้าระบบ (ขวา)

ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดในแต่ละระยะเวลาการกักเก็บสลัดจ์ของดัชนีคุณภาพน้ำในแต่ละพารามิเตอร์นั้น พบว่า เมื่อพิจารณาเฉพาะ ช่วงระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่ 150 วัน และช่วงเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่ 300 วัน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่า ระยะเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่ปรับ เปลี่ยนไป ไม่ส่งผลกระทบต่อการบำบัดตะกอนแขวนลอย โคลิฟอร์ม และอีโคไล ประสิทธิภาพการบำบัดโดยรวมมากกว่าร้อยละ 98[17] ในขณะที่ค่าสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดี ประสิทธิภาพการบำบัดน้อยกว่าการบำบัดค่าสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดี อาจเป็นไปได้ว่า น้ำชะขยะมีองค์ประกอบของสารอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก ส่วนช่วงระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่ 80 วัน ประสิทธิภาพในการบำบัดของแต่ละพารามิเตอร์มีค่าลดลง เนื่องจากตะกอนสลัดจ์ที่อยู่ในระบบมีค่าลดลงน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็น และแอมโมเนีย พบว่า ช่วงที่ไม่ได้ทิ้งตะกอนสลัดจ์ออกมีประสิทธิภาพลดลงอาจเนื่องมาจากความเข้มข้นของปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำไม่เพียงพอต่อการบำบัดทีเคเอ็นและแอมโมเนีย ในขณะที่การบำบัดฟอสฟอรัสทั้งหมด ช่วงที่ไม่ได้ทิ้งตะกอนสลัดจ์ออก และช่วงเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่ 300 วัน มีประสิทธิภาพดีกว่าช่วงเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่ 150 วัน อาจเป็นเพราะในช่วงระยะเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่นานขึ้นส่งผลให้มีการสะสมฟอสฟอรัสในตะกอนสลัดจ์เพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาผลคุณภาพน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ MBR จากประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีที่สุด 2 ช่วง ระยะเวลาการกักเก็บสลัดจ์ที่ 150 และ 300 วัน โดยเปรียบเทียบเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนขึ้นกับมาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอุตสาหกรรม เนื่องจากยังไม่มีมาตรฐานโดยตรงสำหรับการบำบัดน้ำชะขยะ พบว่า ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของซีโอดี บีโอดี ทีเคเอ็นและตะกอนแขวนลอย มีค่าเท่ากับ 245 1.4 1.1 และ 2.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งมีค่าที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละประสิทธิภาพการบำบัดในแต่ละระยะเวลาการกักเก็บสลัดจ์



รูปที่ 3.4 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำจากระบบ MBR และมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม
(มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ซีโอดีอยู่ในช่วง 120-400 มิลลิกรัมต่อลิตร ขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักที่ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง ICP-OES (Inductively Couple Plasma Optical Emission Spectrometer) พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ทำการตรวจพบโลหะหนักชนิดต่าง ๆ มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอุตสาหกรรมที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงสรุปการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำจากการบำบัดด้วยระบบ MBR และมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ดัชนีคุณภาพน้ำ	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Cr	Pb	Ni
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ระบบ MBR ในการบำบัดน้ำเสียจากสถานีขนถ่ายขยะ เทศบาลเมืองสระบุรี								
ค่าเฉลี่ยน้ำเสียก่อนการบำบัด	3.559	0.239	0.028	0.105	0.001	0.004	0.003	0.064
ค่าเฉลี่ยน้ำที่ผ่านการบำบัด	0.189	0.042	0.033	0.050	0.001	0.000	0.001	0.042
มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม	-	<5.0	<2.0	<5.0	<0.03	-	<0.2	<1.0

3.3 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ

1) ค่าลงทุนในการก่อสร้างระบบ

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน (MBR) ที่รองรับน้ำเสียได้ไม่น้อยกว่า 3 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยรวมค่าวัสดุอุปกรณ์ระบบที่ใช้ทั้งหมดประมาณ 650,000 บาท

2) ค่าใช้จ่ายด้าน Operation & maintenance cost

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าการเดินระบบในด้านค่าไฟฟ้า

ลำดับ	รายการ	Capacity Cu.M./Min	กำลัง (แรงม้า)	จำนวน (เครื่อง)	Working Period Min/Day	Hr/Day	Unit kw-Hr	Unit Cost Baht/Unit	Total Cost Baht/Day
1	Influent Pump	0.1	0.25	1	30	0.5	0.125	3.00	0.375
2	Effluent Pump	0.1	0.37	1	360	6.0	2.22	3.00	6.60
3	Air Blower	0.21	0.4	1	1350	22.5	9.00	3.00	27.00
4	Sludge Pump	0.1	0.25	1	0	0	0	3.00	0.00
			รวม				**11.35**		**33.98**

เมื่อคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าในการเดินระบบรายเดือน มีค่าเท่ากับ 1,019 บาท และเมื่อคิดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในการเดินระบบต่อปริมาณน้ำที่ผ่านการบำบัดได้ มีค่าเท่ากับ 11 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

3) ค่าสารเคมี สำหรับล้างทำความสะอาดเมมเบรน คือ คลอรีนน้ำ 10% (sodium hypochlorite, Chlorine Solution) ต่อโมดูลเมมเบรน 1 ชุด นำออกมาล้างทำความสะอาดทุก ๆ 6 เดือน ดังนั้น ภายใน 1 ปีจะใช้คลอรีน 10% ทั้งหมด 30 ลิตร เป็นจำนวนเงินทั้งสิ้น 500 บาทต่อปี

4) ค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมบำรุงรักษาระบบ

ถ้าหากคิดค่าการบำรุงรักษา (3%) ของค่าก่อสร้างระบบโดยรวม (650,000 บาท) คิดเป็น 19,500 บาทต่อปี สามารถคำนวณได้ว่าค่าใช้จ่ายในการเดินระบบของถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน มีค่าเท่ากับ 2,686 บาทต่อเดือน หรือ 32,228 บาทต่อปี ดังตารางที่ 3.3 ซึ่งไม่นับรวมถึงการเปลี่ยนเยื่อกรองเมมเบรนเมื่อหมดอายุการใช้งาน โดยค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนเยื่อกรองเมมเบรนตามอายุการใช้งานระบบ (5-7 ปี) เท่ากับ 200,000 บาท

ตารางที่ 3.3 แสดงค่าใช้จ่ายในการเดินระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน

ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน	
ค่าไฟฟ้าในการเดินระบบ (บาทต่อปี)	12,228
ค่าสารเคมี (บาทต่อปี)	500
ค่าการบำรุงรักษา (บาทต่อปี)	19,500
รวมค่าดำเนินการระบบ (บาทต่อปี)	**32,228**

น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ MBR มีแนวโน้มในการนำกลับไปใช้ใหม่ได้ เมื่อพิจารณาค่าความเข้มข้นบีโอดี ทีเคเอ็น ตะกอนแขวนลอย ในช่วงระยะเวลากักเก็บสลัดจ์ที่เหมาะสมที่ 150-300 วัน มีค่าเท่ากับ 1.5 1.1 และ 2.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม และที่สำคัญค่าบีโอดีที่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้รับการเสนอแนะจากสำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อม (Environmental Protection Agency -EPA) เรื่อง “แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้” (Guideline for Water Reuse) ที่ได้ระบุไว้ว่า มีความเหมาะสมสำหรับน้ำที่จะนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่หากพิจารณาปัจจัยอื่น ๆ อาทิ สารที่ละลายในน้ำได้ทั้งหมด ซึ่งมีค่าสูงมาก จึงต้องมีการศึกษาเทคโนโลยีอื่นที่เหมาะสมเพื่อทำการบำบัดน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ MBR ต่อไป อย่างไรก็ตาม น้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบ MBR มีศักยภาพที่สามารถนำไปใช้ในการรดน้ำต้นไม้ ล้างทำความสะอาดพื้นในพื้นที่ได้

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดชะขยะด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน โดยการศึกษาหาระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสม ได้แก่ ช่วงที่ไม่ได้ทิ้งตะกอนสลัดจ์ ช่วงระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่ 80 วัน 150 วัน และ 300 วัน ตามลำดับ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

- ระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 150 - 300 วัน สามารถทำการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของบีโอดี ตะกอนแขวนลอย สารประกอบไนโตรเจน ในรูปของทีเคเอ็นและแอมโมเนีย และดัชนีชี้วัดทางด้านเชื้อโรค ได้แก่ โคลิฟอร์มทั้งหมด และอีโคไล ได้มากกว่าร้อยละ 90
- ระยะเวลาการกักเก็บตะกอนสลัดจ์ที่ 80 วัน ทำให้ปริมาณตะกอนสลัดจ์ในระบบลดลงน้อยกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการบำบัดของระบบ และการที่ไม่ได้ทิ้งตะกอนสลัดจ์ออกจากระบบทำให้ปริมาณออกซิเจนที่มีไม่เพียงพอต่อการย่อยสลายสารปนเปื้อนในน้ำเสีย ส่งผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดทีเคเอ็นและแอมโมเนีย

สำหรับการนำน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน มีข้อเสนอแนะว่า ควรนำไปใช้สำหรับงานทางด้านภูมิทัศน์ ซึ่งเป็นการประหยัดต้นทุนของการใช้น้ำประปา อีกทั้ง เมื่อคำนึงถึงการบริหารจัดการการใช้ทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืน การใช้น้ำแบบ 3Rs เป็นแนวทางในการบริหารจัดการด้านขยะและน้ำเสียอย่างครบวงจร สามารถเป็นต้นแบบการเรียนรู้ให้กับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นอื่น ๆ ในเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างครบวงจรได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเทศบาลเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ในการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบมีเมมเบรน ณ สถานีขนถ่ายขยะเทศบาลเมืองสระบุรี จังหวัดสระบุรี การอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทั้งการจัดทำพื้นที่และหลังคาสำหรับติดตั้งระบบ รวมทั้งการให้ความอนุเคราะห์ห้องประชุมในการจัดสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย โดยเฉพาะผู้อำนวยการด้านสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม นางผ่องศรี คำปัญญา ที่เล็งเห็นความสำคัญของการวิจัยด้านการจัดการขยะและน้ำเสีย และให้ความสนับสนุนอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบคุณวิทยากรผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ร่วมบรรยายในการจัดสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย ได้แก่ รศ.ดร.ชวลิต รัตนธรรมสกุล ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และ ดร.อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์ ภาควิชาเวชศาสตร์สังคมและสิ่งแวดล้อม คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล และขอขอบคุณสำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 7 (สระบุรี) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือและการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ

เอกสารอ้างอิง

1. Chae, S. R., Kang, S. T., Watanabe, Y., and Shin, H. S. Development of an innovative vertical submerged membrane bioreactor (VSMBR) for simultaneous removal of organic matter and nutrients. Water Research. 2006; 40: 2161-2167.
2. Cote, P., Buisson, H., Pound, C. and Arakaki, G. Immersed membrane activated sludge for the reuse of municipal wastewater. Desalination. 1997; 113:189-196.
3. Kraume, M., and Drews, A. Membrane Bioreactors in Waste Water Treatment-Status and Trends. Chemical Engineering Technology.2010; 33(8),1251-1259.
4. Kimura, K., Nishisako, R., Miyoshi, T., Shimada, R., and Watanabe, Y. Baffled membrane bioreactor (BMBR) for efficient nutrient removal from municipal wastewater. Water Research. 2008; 42:625-632.
5. Melin, T., Jefferson, B., Bixio, Thoeye, C., Wilde, W. D., Koning, J. D., Graff, J., and Wintgens, T. Membrane bioreactor technology for wastewater treatment and reuse. Desalination. 2006; 187:271-282.
6. Artiga, P., Ficara, E., Malpei, F., Garrido, J. M., Mendez, R. Treatment of two industrial wastewaters in a submerged membrane bioreactor. Desalination. 2005; 179(1–3): 161-169.
7. Arros-Alileche, S., Marin, U., Daufin, G., and Gesan-Guiziou, G. The membrane role in an anaerobic membrane bioreactor for purification of dairy wastewaters: a numerical simulation. Bioresour. Technol. 2008; 99(17): 8237-8244.
8. Bae, T. H., Han, S. S., Tak, T. M. Membrane sequencing batch reactor system for the treatment of dairy industry wastewater. Process Biochem. 2003; 39(2): 221-231.
9. Castillo, S., Zapica, A., Doubroving, N., Lafforgue, C., and Fonade, C. Study of a compact bioreactor for the in-line treatment of dairy wastewaters: case of effluents produced on breeding farms. Desalination. 2007; 214: 49-61.
10. Boonyaroj, V., Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., and Yamamoto, K. Removal of emerging micropollutants from landfill leachate in membrane bioreactor. Proceeding of the 12th International Conference on Environmental Science and Technology, Rhodes, Greece, 8-10 September 2011. A222-A229.
11. Visvanathan, C., Choudhary, M. K., Montalbo, M. T., and Jegatheesan, V. Landfill leachate treatment using thermophilic membrane bioreactor. Desalination. 2007; 204: 8-16.
12. Chiemchaisri, C., Chiemchaisri, W., Nindee, P., Chang, C., Yamamoto, K. Treatment performance and microbial characteristics in two-stage membrane bioreactor applied to partially stabilized leachate. Water Science and Technology. 2011; 64, 1064-1072.

13. Judd, S. The MBR book: principles and applications of membrane bioreactors for water and wastewater treatment. Elsevier. 2010.
14. Shimizu, Y., Uryu, K., Okuno, Y.-I., Watanabe, A. Cross-flow microfiltration of activated sludge using submerged membrane with air bubbling. Journal of fermentation and bioengineering. 1996; 81, 55-60.
15. APHA, A. WPCF, Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Association, Washington, DC. 1995.
16. JSWA. Japanese Standard Methods of the Examination of Wastewater. Japan Sewage Words Association, Tokyo, Japan (in Japanese). 1997.
17. Ittisupornrat, S., Tobino, T., and Yamamoto, K. Effect of sludge retention time on inclined plate function, treatment performance and sludge characteristics of inclined plate membrane bioreactors treating municipal wastewater. Water and Environmental Journal. 2015; 29: 346-352.

การเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่

Variation of soil bacteria community using treated municipal wastewater reuse in agricultural area

การเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินในพื้นที่เกษตรกรรม ที่มีการนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้ใหม่

Variation of soil bacteria community using treated municipal wastewater reuse in agricultural area

จิตติมา จารุเดชา* สุเทียบ ศรีลาชัย ชวลา เสียงล้ำ อนุพงษ์ ปุณโณทก
สุไพลิน ศรีกงพาน ขนิษฐา เกรียงไกร ปัญจา ใยถาวร
Chittima Charudacha*, Sutiab Srilachai, Chawala Sienglum, Anupong Poonnotok,
Supailin Srikongpan, Kanitha Kriangkrai, Panja Yaithavorn

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Center, Department of Environmental Quality Promotion
E-mail: jjarudacha@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดิน เพื่อใช้เป็นดัชนีชี้วัดถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศของดินจากการนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเปรียบเทียบการใช้น้ำทิ้งชุมชนจากระบบทรายกรองเร็วของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์เปรียบเทียบกับน้ำประปาในการปลูกพืช 2 ชนิด คือ มะระและฟัก เมื่อทำการศึกษากลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินด้วยเทคนิค Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) พบว่า แปลงผักที่ใช้น้ำทั้ง 2 ประเภท มีจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์เท่ากันในทุกเดือนที่ทำการศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าฤดูกาลมีผลต่อจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ โดยช่วงต้นฤดูหนาว (พฤศจิกายนและธันวาคม) พบ 3 กลุ่ม ช่วงฤดูหนาวต่อเนื่อง (มกราคมและกุมภาพันธ์) พบ 8 กลุ่ม และช่วงฤดูร้อน (มีนาคมและเมษายน) พบ 5 กลุ่ม และไม่มีความแตกต่างกันของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ ระหว่างชนิดของพืชทั้ง 2 ชนิด คือ มะระและฟัก และอัตราการเจริญเติบโตของพืชและปริมาณธาตุอาหารภายในดิน ได้แก่ สารอินทรียวัตถุ C/N Ratio ไนโตรเจน และฟอสฟอรัสมีค่าใกล้เคียงกัน จากผลการวิจัยแสดงว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบทรายกรองเร็วของโรงปรับปรุงคุณภาพน้ำของเทศบาลเมืองบุรีรัมย์ มีคุณภาพที่เหมาะสมจะนำกลับมาใช้ใหม่ในการเกษตรโดยไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพนิเวศวิทยาของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงสามารถใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรกรรมในช่วงที่ขาดแคลนน้ำได้

คำสำคัญ : กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดิน เกษตรกรรม การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่

Abstract

This research was conducted to study the variation of bacteria community in soil as an indicator for soil environmental effect or soil ecosystem effect from domestic wastewater reuse in agriculture area. This study compared water quality between Burirum municipal wastewater treatment plant treated using rapid sand technique and tap water which were used to water the vegetables in 2 plantations. The vegetables planted in the plots were bitter gourd and white squash. Denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) was used to identify community bacteria. The results of the study revealed that equal number of community bacteria were found in the 2 vegetable plots which used treated water from rapid sand technique and tap water. For the study on the seasonal effects on the number of community of bacteria during the beginning of cold season on November and December, continue until January and February and summer season that begins in March until April. The study found 3 groups during November and December, 8 groups during January and February and 5 groups during March to April. However, community bacteria wasn't different between bitter gourd and white squash. Moreover the growth rate of plants and the amount of nutrient in soil such as organic matter, C/N ratio, nitrogen and phosphorus were the same. The results revealed that municipal treated water from rapid sand technique of Burirum municipal wastewater treatment did not cause any impact to soil community bacteria. It is therefore, beneficial to use treated water from rapid sand technique as a water resource in the agricultural sector during water scarcity.

Keywords : soil bacteria community, agricultural, wastewater reuse

1. บทนำ

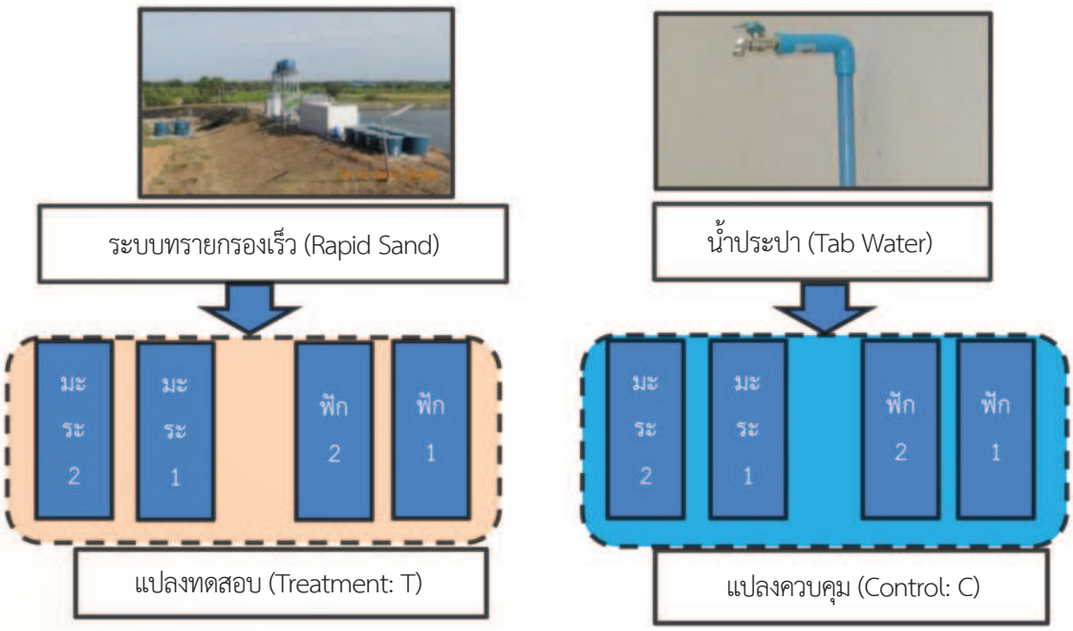
การนำน้ำทิ้งจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้ว และนำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่เกษตรกรรม เพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรในการใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกในช่วงฤดูกาลที่ขาดแคลนน้ำนั้น นอกจากจะเป็นแนวทางหนึ่งในการแก้ปัญหาวิกฤติการณ์การขาดแคลนน้ำสำหรับพื้นที่การเพาะปลูกพืชแล้ว ปริมาณธาตุอาหารที่ยังคงมีเหลืออยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังสามารถนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืชให้มีการเจริญเติบโตได้ดี แต่สิ่งสำคัญอย่างหนึ่งที่จะต้องพิจารณาคือ การปนเปื้อนของเชื้อโรคที่ก่อให้เกิดโรคต่อมนุษย์ ได้แก่ แบคทีเรีย ไวรัส โปรโตซัว และพยาธิ[1] เมื่อมีการนำน้ำนั้นมาใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมอาจมีการสะสมเพิ่มปริมาณมากขึ้นในดิน และอาจก่อให้เกิดความเป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อระบบนิเวศหรือสภาพแวดล้อมของดิน โดยเฉพาะกลุ่มประชากรของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดินนั้น อาจจะส่งผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินได้ เพราะจุลินทรีย์ในดินมีบทบาทสำคัญต่อสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยจะทำหน้าที่ในการย่อยสลายซากพืช ซากสัตว์ หรือสารอินทรีย์ในดิน การสร้างสารฮิวมัสในดิน การเปลี่ยนแปลงรูปแบบของสารประกอบต่าง ๆ ในดินเพื่อรักษาสมดุลของดิน โดยในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง มักมีความหลากหลายของชนิดและปริมาณของกลุ่มประชากรจุลินทรีย์มากกว่าดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์หรือพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนสะสมของสารมลพิษ ดังนั้นการจะนำน้ำทิ้งจากชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วมาใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม จึงต้องศึกษาผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมทางนิเวศวิทยาของดินด้วย โดยเฉพาะกลุ่มประชากรของจุลินทรีย์ เพื่อป้องกันการสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน ซึ่งจะมีผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในระยะยาวได้

2. วิธีการวิจัย

2.1 ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินในแปลงทดสอบ (Test) ซึ่งเป็นการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบทรายกรองเร็ว (Treatment: T) เปรียบเทียบกับแปลงควบคุม (Control: C) ซึ่งเป็นการใช้น้ำประปา โดยทั้งแปลงทดสอบและแปลงควบคุมได้ปลูกผักมะระและฟักชนิดละ 2 แปลง ดังแสดงในรูปที่ 1

2.2 ทำการเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบทรายกรองเร็ว (Rapid sand) ด้วยวิธีจ้วงเก็บ (Grab sample) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางเคมีตามพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ สี กลิ่น ความเป็นกรด ความขุ่น การนำไฟฟ้า บีโอดี ของแข็งแขวนลอย ไนเตรต-ไนโตรเจน และทางชีววิทยา ได้แก่ ฟีคอลโคลิฟอร์ม ตามวิธีการมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย ใน Standard Methods for Examination of Water and Wastewater[2] เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในการเกษตรของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

2.3 การเก็บตัวอย่างดิน โดยการแบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ แล้วสุ่มเก็บตัวอย่างให้ทั่วแปลง ตัวอย่างดินที่ได้นี้เป็น 1 จุด แล้วใส่รวมกันในกระป๋องพลาสติกทำการคลุกเคล้าดินในกระป๋องให้เข้ากันแล้ว เทลงบนผ้าพลาสติก เพื่อคลุกเคล้าดินให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง ทำการแบ่งดินออกเป็น 4 ส่วน เก็บดินไว้เพียงหนึ่งส่วนจะได้ดินหนักประมาณครึ่งกิโลกรัม สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ ถ้าดินเปียกให้ทำการตากในที่ร่ม แล้วนำดินที่แห้งมาบดให้ละเอียดเก็บใส่ถุงพร้อมเขียนหมายเลขกำกับไว้ ทำการวิเคราะห์ความหลากหลายของประชากรจุลินทรีย์ในดิน ด้วยเทคนิค Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE)[3] และวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ไนโตรเจนทั้งหมด (TN) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) โซเดียมทั้งหมด (Na) ไนเตรต (NO_3^-) แอมโมเนี่ยม (NH_4^+)



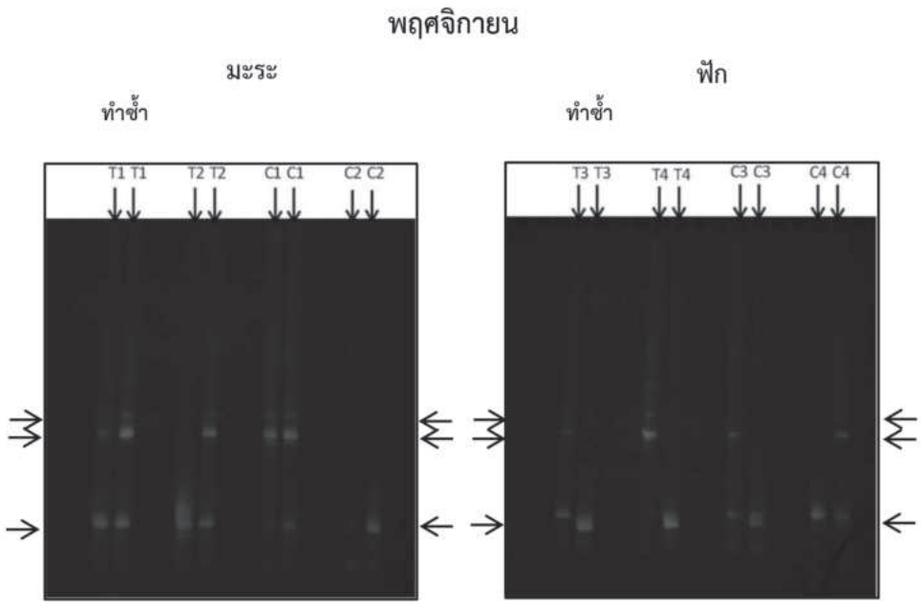
รูปที่ 1 แสดงแผนภาพการศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินในแปลงทดสอบและแปลงควบคุม

3. ผลการวิจัย

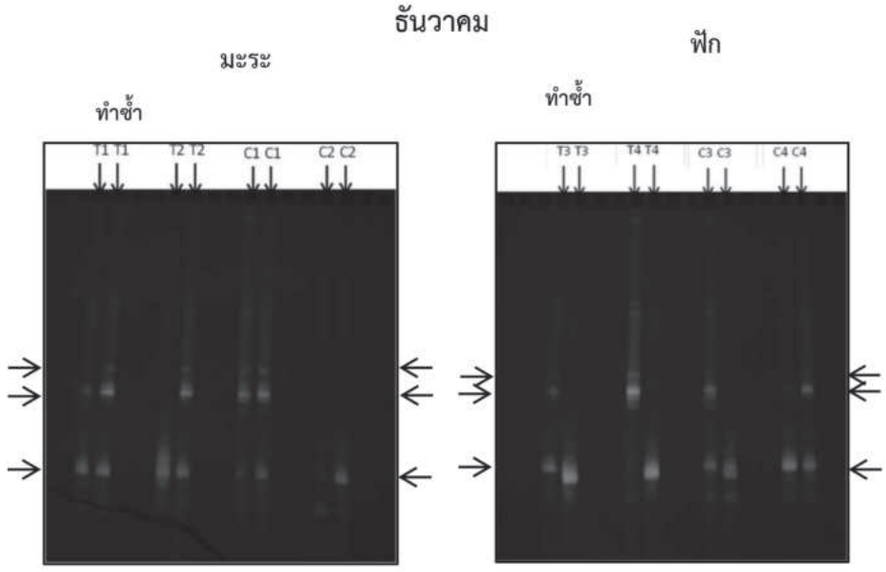
3.1 กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดิน

ในการวิเคราะห์หาจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในดิน จะใช้เทคนิค Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE) ซึ่งจะเริ่มต้นจากการสกัด DNA ของสิ่งมีชีวิตในตัวอย่างดินที่ปลูกมะระและฟัก นำตัวอย่าง DNA ที่สกัดได้ ที่เพิ่มปริมาณแล้วด้วยเทคนิค Polymerase chain reaction มาวิเคราะห์หาจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในดิน ด้วยเทคนิค DGGE โดยทำการ

เปรียบเทียบแปลงที่ปลูกมะระและฟัก ที่มีการใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็ว (Treatment: T) และน้ำประปา (Control: C) จำนวน 2 ซ้ำ จึงทำให้มีแปลงในการทดสอบทั้งสิ้น จำนวน 8 แปลง เป็นระยะเวลา 6 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2557 ถึงเดือนเมษายน 2558 จากผลการวิเคราะห์หากลุ่มจุลินทรีย์ในดินพบว่า กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนพฤศจิกายน ดังแสดงในรูปที่ 2 จะมีจำนวนแถบแบน DNA ของจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกมะระ จากแปลงที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปา จำนวน 3 แถบแบนเหมือนกัน แสดงถึงจำนวน 3 กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ เท่ากับแปลงที่ปลูกฟัก และในเดือนธันวาคม พบว่า จำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกฟักและมะระในแปลงที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็วมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม เท่ากับแปลงที่ปลูกฟักและมะระในแปลงที่ใช้น้ำประปาจำนวนประชากรจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 3

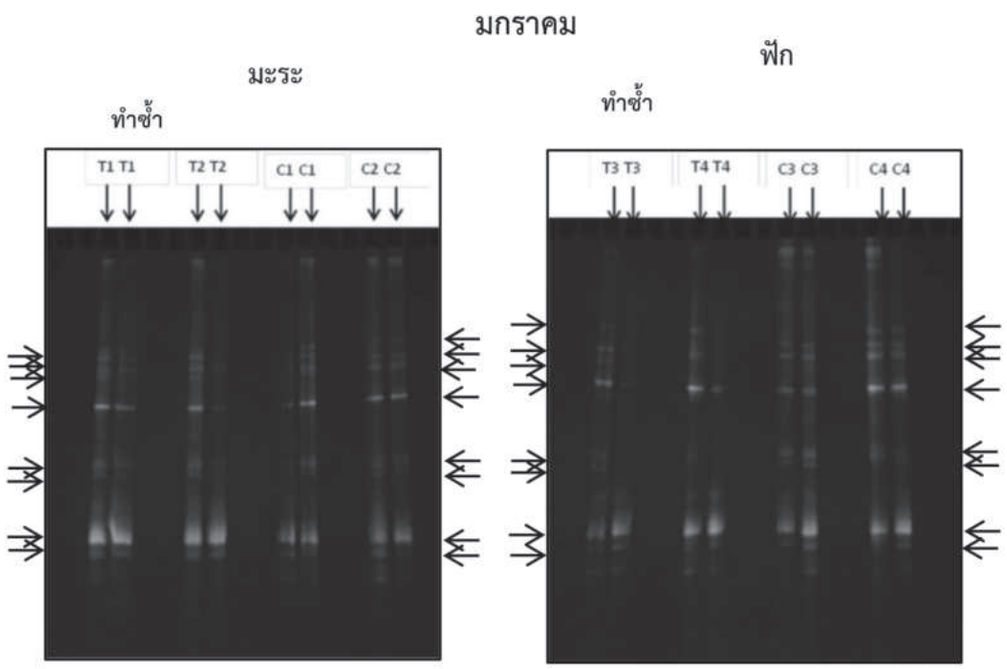


รูปที่ 2 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนพฤศจิกายน

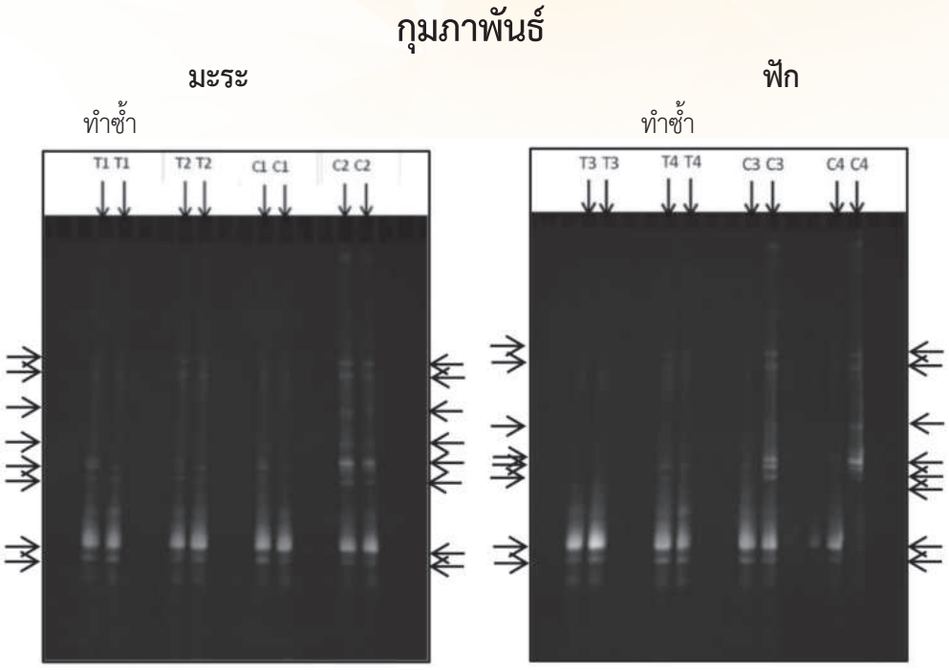


รูปที่ 3 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนธันวาคม

จากรูปที่ 4 และ 5 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ ซึ่งในช่วงดังกล่าวอุณหภูมิลดลง มีอากาศเย็น จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในช่วงดังกล่าว คือ จำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกมะระในแปลงที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็ว มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเป็น 8 กลุ่ม เท่ากับแปลงที่ปลูกฟัก เช่นเดียวกับแปลงที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปา ก็มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในช่วงดังกล่าว คือ จำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเป็น 8 กลุ่ม ในแปลงที่ปลูกมะระและฟัก แสดงจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกฟักและมะระที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปาในช่วงมกราคมและกุมภาพันธ์จะมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 8 กลุ่มเหมือนกัน

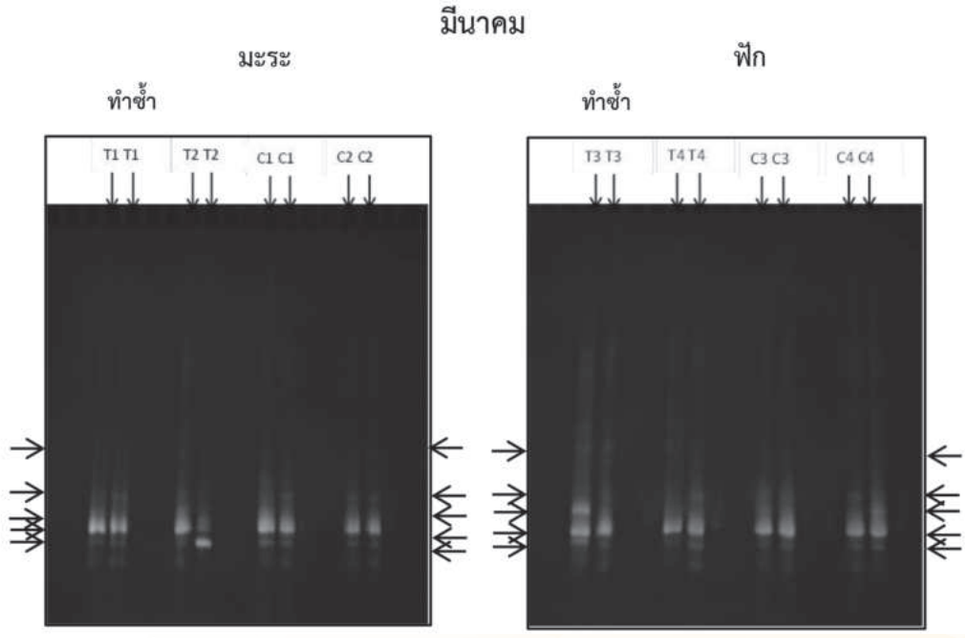


รูปที่ 4 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนมกราคม

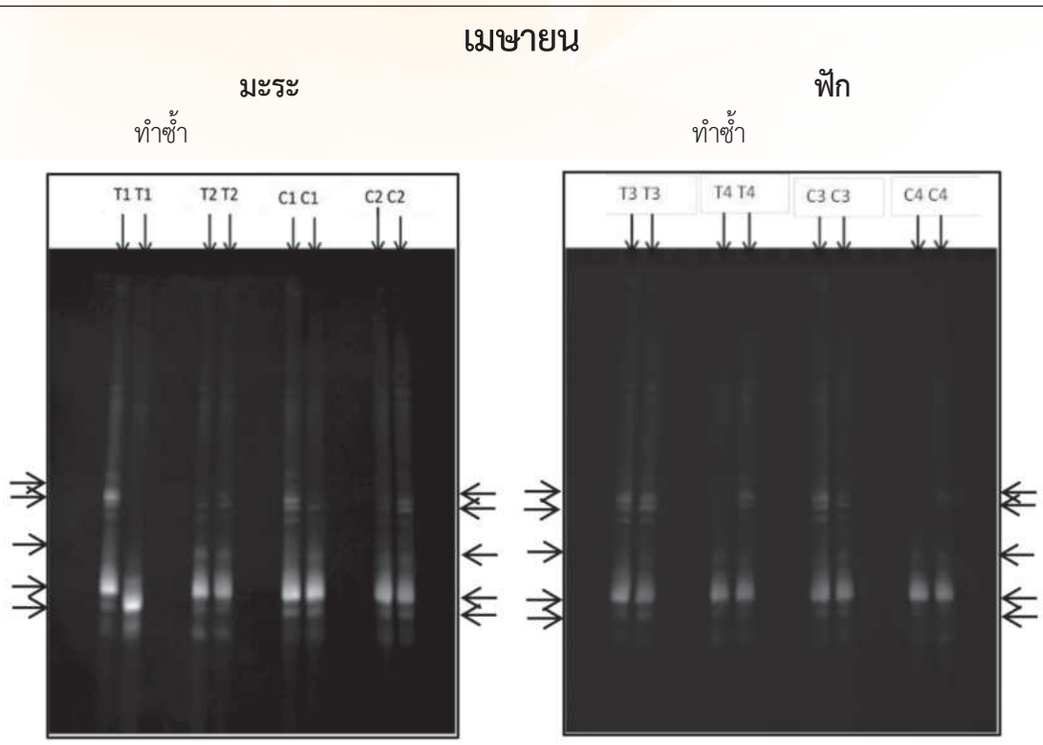


รูปที่ 5 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนกุมภาพันธ์

เมื่อเข้าสู่ช่วงต้นฤดูร้อนในเดือนมีนาคม พบว่า จำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงจากช่วงเดือนมกราคมและกุมภาพันธ์ คือมีจำนวนประชากรจุลินทรีย์ลดลงจาก 8 กลุ่ม เหลือเพียง 5 กลุ่ม เหมือนกันทั้งในแปลงที่ปลูกมะระและฟักที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปา จะแสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ จำนวน 5 กลุ่มเท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 6 ในทำนองเดียวกันเดือนเมษายน พบจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินที่ปลูกมะระและฟักในแปลงที่ใช้น้ำจากระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปา มีจำนวนประชากรจุลินทรีย์ลดลงเหลือเพียง 5 กลุ่ม เช่นเดียวกับเดือนมีนาคม ดังแสดงในรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนมีนาคม



รูปที่ 7 แสดงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในแปลงมะระและฟักในเดือนเมษายน

จากผลมาวิเคราะห์หาจำนวนประชากรจุลินทรีย์ในดิน โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระหว่างระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปา ในแปลงที่มีการปลูกมะระและฟัก ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2557 ถึง เดือนเมษายน 2558 พบว่า กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากระบบทรายกรองเร็วกับน้ำประปาแต่เมื่อเปรียบเทียบผลของฤดูกาลต่อจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ พบว่า ในแต่ละฤดูมีจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน โดยช่วงปลายฤดูฝนเข้าสู่ต้นฤดูหนาว (พฤศจิกายน - ธันวาคม) มีจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ 3 กลุ่ม เมื่อเข้าสู่ฤดูหนาว (มกราคม - กุมภาพันธ์) มีจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเป็น 8 กลุ่ม และเมื่อเข้าสู่ต้นฤดูร้อน (มีนาคม - เมษายน) พบว่า กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ลดลงเหลือเพียง 5 กลุ่ม แสดงว่าฤดูกาลมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดิน โดยในช่วงกลางฤดูหนาวไปจนปลายฤดูหนาวจะมีจำนวนกลุ่มประชากรจุลินทรีย์มากกว่าฤดูร้อนและต้นฤดูหนาว ซึ่งสอดคล้องกับผลการสำรวจความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย พบแบคทีเรียย่อยเซลลูโลสมากกว่าจุลินทรีย์กลุ่มอื่น ๆ อยู่ในช่วงร้อยละ 61-85 โดยในฤดูฝนมีปริมาณมากกว่าฤดูร้อน[4] จึงสามารถสรุปได้ว่า กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วจากระบบทรายกรองเร็วกับน้ำประปา แต่จะมีจำนวนประชากรแตกต่างกันตามฤดูกาล

เมื่อทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารภายในดินพบว่า ดินทั้ง 8 แปลง ได้แก่ Tมะระ 1-1 Tมะระ2-1 Cมะระ1-1 Cมะระ2-1 Tฟัก1-1 Tฟัก2-1 Cฟัก1-1 และ Cฟัก2-1 มีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกัน โดยค่าประมาณ 7 ซึ่งจะบอกถึงสภาพความเป็นกลางของดิน กล่าวคือ ดินมีตัวที่ทำให้เป็นกรดและตัวที่ทำให้เป็นด่างอยู่เป็นปริมาณเท่ากันพอดี และมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหมือนกันทั้งหมด นอกจากปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 1.30-1.150 73-81 1653-1764 และ 307-328 ตามลำดับ ส่วนแร่ธาตุอาหารในดินในรูปของ Total N Total P Total Na NO_3^--N NH_4^+ -N และ C/N Ratio ของแปลงทดสอบทั้ง 8 แปลง พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ย ดังนี้ 609-625 194-246 134-169 5.5-10.7 5.2-9.6 และ 12.6-14.4 ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าปริมาณธาตุอาหารในดินไม่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่างปริมาณธาตุอาหารในดินของแปลงมะระและฟักที่ใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบทรายกรองเร็วและน้ำประปา ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 แสดงค่าคุณภาพดิน

รหัส	pH	เนื้อดิน	ค่าเฉลี่ย				
			อินทรียวัตถุ %	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg
Tมะระ	7.25	ร่วน	1.44	21	76	1748	328
Cมะระ	7.3.5	ร่วน	1.50	24	73	1653	310
Tฟัก	7.3	ร่วน	1.30	23	74	1764	314
Cฟัก	72.5	ร่วน	1.43	23	81	1648	307

ตารางที่ 2 แสดงค่าคุณภาพดิน

รหัส	ค่าเฉลี่ย					
	Total N mg/kg	Total P mg/kg	Total Na mg/kg	NO_3^--N mg/kg	NH_4^+-N mg/kg	C/N Ratio
Tมะระ	625	246	162	9.8	9.6	13.3
Cมะระ	609	202	137	5.5	6.3	14.4
Tฟัก	610	210	169	8.45	5.2	12.6
Cฟัก	621	194	134	10.7	7.4	13.0

3.2 ผลคุณภาพน้ำ

ผลการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำออกจากระบบทรายกรองเร็วกับเกณฑ์แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตร พบว่า คุณภาพน้ำที่ออกจากระบบทรายกรองเร็วมีค่าเฉลี่ยของค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไนเตรต เท่ากับ 5 10.5 และ 15 มก.ต่อล. ตามลำดับ และมีค่าฟีคอลโคลิฟอร์มเท่ากับ 260 cfu ต่อ100 มล. ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตร มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเกษตรสำหรับพืชที่ไม่ใช้เป็นอาหาร ซึ่งกำหนดค่าบีโอดี ของแข็งแขวนลอย และไนเตรต มีค่าน้อยกว่า 20 30 และ 35 มก.ต่อล. ตามลำดับ และค่าฟีคอลโคลิฟอร์มมีค่าน้อยกว่า 3,000 cfu ต่อ100 มล.[5] สรุปได้ว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบทรายกรองเร็วจึงมีคุณภาพตามเกณฑ์แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตร สำหรับพืชที่ไม่ใช้เป็นอาหาร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลคุณภาพน้ำเฉลี่ยจากระบบทรายกรองเร็ว

ระบบบำบัด	พารามิเตอร์			
	บีโอดี (mg/l)	ของแข็งแขวนลอย (mg/l)	ค่าไนเตรต (mg/l)	ค่าฟีคอลโคลิฟอร์ม cfu/100 ml
ระบบทรายกรองเร็ว	5	10.5	15	260

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์

จากการศึกษาของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2556)[5] ได้จัดทำแนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย ซึ่งเป็นเกณฑ์คุณภาพ น้ำขั้นต่ำ พบว่า เมื่อนำไปใช้ในพื้นที่การเกษตรจะไม่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศหรือสิ่งแวดล้อมคุณภาพของดิน ทั้งนี้กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินจะเป็นดัชนีทางชีวภาพ (Bio-indicator) ที่เป็นตัวบ่งชี้ว่าสภาพแวดล้อมหรือระบบนิเวศของดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากการใช้น้ำที่ผ่านการบำบัดได้ตามเกณฑ์แนะนำเปรียบเทียบกับการใช้น้ำประปา พบว่า กลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งแสดงว่าระบบนิเวศหรือสภาพแวดล้อมของดินไม่มีการเปลี่ยนแปลง รวมถึงการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในดินก็พบว่ามีปริมาณที่ไม่แตกต่างกันด้วย

ข้อเสนอแนะ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงกลุ่มประชากรจุลินทรีย์ในดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการนำน้ำทิ้งชุมชนที่ผ่านการบำบัดแล้วตามเกณฑ์การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่เกษตรกรรของจังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งเป็นชุดดินบุรีรัมย์ พบว่า เกณฑ์แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในภาคเกษตรสามารถใช้กับชุดดินบุรีรัมย์ เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมหรือคุณสมบัติของดินชุดดังกล่าว แต่อาจจะต้องศึกษาในชุดดินอื่น ๆ เพิ่มเติม ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบหรือคุณสมบัติของดินแต่ละชุดไม่เหมือนกันซึ่งอาจเกิดผลกระทบที่แตกต่างกันได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากท่านนายกเทศบาลเมืองบุรีรัมย์และเจ้าหน้าที่กองช่างทุกท่าน เพื่อเป็นพื้นที่ศึกษาวิจัยและอำนายความสะดวกเป็นอย่างดียิ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีธรรมชาติ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2550.
2. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th ed. Washington: American Public Health Association; 2005.
3. Cindy H. Nakatsu, Vigdis Torsvik, Lise Øvreas. Soil Community Analysis Using DGGE of 16S rDNA Polymerase Chain Reaction Products. SOIL SCI. SOC. AM. J. 2000;64(4):1382-88.
4. พนิดา ปรีเปรมโมทย์, พิกุล เกตุชาญวิทย์, ดวงใจ วัยเจริญ. การสำรวจและศึกษาความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่เกษตรอินทรีย์ภาคใต้ของประเทศไทย. แก่นเกษตร 2556;41(ฉบับพิเศษ 2): 103-12.
5. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. แนวทางการนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2556.

การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อปรับเสถียรโดยการใช้พืชน้ำที่เหมาะสม

Nitrogen substance removal efficiency
of stabilization pond by using appropriate floating plants

การเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดสารประกอบไนโตรเจน ของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อปรับเสถียรโดยการใช้พืชน้ำที่เหมาะสม

Nitrogen substances removal efficiency of stabilization pond by using appropriate floating plants

สุเทียบ ศรีลาชัย* ชวลา เสียงล้ำ ทัศนธร ภูมิยุทธิ์
อนุพงษ์ ปุณโณทก ขนิษฐา เกรียงไกร สุไพลิน ศรีกงพาน และ ปัญจา ใยถาวร
Sutiab Srilachai*, Chawala Sienglum, Tassanatorn Pumeyuth,
Anupong Poonnotok, Khanittha Kiengkai, Supailin Srikongpan and Panja Yaithavorn

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental research and training center, Department of environmental quality promotion
E-mail: ssrilachai@gmail.com*

บทคัดย่อ

น้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบบ่อปรับเสถียรส่วนมากมักมีสีเขียวเนื่องจากมีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจน โดยเฉพาะไนเตรทสูงจึงทำให้แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้น การใช้พืชน้ำที่สามารถใช้สารประกอบไนโตรเจนได้ดี ก็จะสามารถลดปัญหาไนเตรทในน้ำทิ้งได้ การศึกษาครั้งนี้พบว่าพืชน้ำ โดยเฉพาะผักตบชวามีประสิทธิภาพในการลดสารประกอบไนโตรเจนได้ดี ซึ่งผลการทดสอบกับน้ำเสียจากหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม โดยเริ่มต้นใส่ผักตบชวา 5 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 15 ตารางเมตร หรือประมาณ 1/10 ของพื้นที่ หลังจากผักตบชวามีการเจริญเติบโตประมาณ 1/3 - 2/3 ของพื้นที่หรืออยู่ในช่วงเวลาประมาณ 1 - 3 เดือน ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดดีที่สุด โดยสามารถบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen : TKN) แอมโมเนียม (Ammonium : NH_4^+) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen : Org-N) ในน้ำเสียจากค่าเฉลี่ย 27.37 14.17 และ 13.20 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 5.19 3.47 และ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 81.05 75.51 และ 86.97 ตามลำดับ หลังจากนั้นประสิทธิภาพในการบำบัดจะลดลง ส่วนผลการทดสอบในพื้นที่นำร่องของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม พบว่า ไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดเนื่องจากในบ่อบำบัดมีปลาจำนวนมากและกัดกินรากอ่อนของผักตบชวา เป็นอาหาร ทำให้ผักตบชวาที่ใส่ลงไปไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ สำหรับการเก็บเกี่ยวผักตบชวาในกรณีที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกตินั้น ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผักตบชวามีประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่หรือประมาณ 2 - 3 เดือน โดยให้เหลือผักตบชวาประมาณ 1 ใน 3 ของพื้นที่ เพื่อให้ระบบบำบัดมีประสิทธิภาพในการบำบัดได้อย่างต่อเนื่อง

คำสำคัญ : ผักตบชวา สารประกอบไนโตรเจน ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อปรับเสถียร

Abstract

The effluent from the stabilization pond system is mostly green, due to the amount of nitrogen substances, especially high nitrate, thus allowing phytoplankton to grow well. Therefore, the use of aquatic plants that can use nitrogen substances well, it can reduce the nitrate problem in the waste water. This study found that aquatic plants, especially water hyacinths, were effective in reducing nitrogen substances. Which the test results with the waste water from the dormitory, Environmental research and training center by starting to put 5 kilograms of water hyacinth per 15 square meter area or about 1/10 of the area. After the water hyacinth grows about 1/3 - 2/3 of the area or is in the period of 1 - 3 months, the average efficiency in treatment best which can treat nitrogen substances in the form of Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) Ammonium (NH_4^+) and Organic Nitrogen (Org-N) in wastewater from the average 27.37 14.17 and 13.20 mg per liter to 5.19 3.47 and 1.72 mg per liter or 81.05 75.51 and 86.97 percent, respectively. After that, the efficiency of the treatment will be reduced. As for the test results in the pilot area of the municipal wastewater treatment system of Kosum Phisai Municipality, Mahasarakham province found that there was no effective treatment because in the treatment pond there were many fish and eating the soft roots of water hyacinth and water hyacinth that is put into it cannot grow fully. For harvesting water hyacinth in the event that it can grow normally should be harvested when the water hyacinth has 2/3 of the area or about 2-3 months, with about 1/3 of the water hyacinth remaining in the area, so that the treatment system is able to continuously maintain.

Keywords : water hyacinth, nitrogen substances, stabilization pond

1. บทนำ

จากข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ[1] ระบุว่า ในปี พ.ศ. 2552 ประเทศไทยมีปริมาณน้ำเสียชุมชนเกิดขึ้นทั่วประเทศประมาณ 14 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งในปีดังกล่าวได้มีการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนประมาณ 100 แห่ง และจากการติดตามและประเมินผลประสิทธิภาพของระบบฯ พบว่าส่วนมากมีประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกในรูปของบีโอดีและสารแขวนลอยได้ดี แต่ยังพบว่ามีการตกค้างของสารประกอบไนโตรเจน จึงทำให้น้ำทิ้งที่ปล่อยออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติภายนอก มีสีเขียวและมีการเน่าเสียบ่อยครั้ง ซึ่งหากมีสารประกอบดังกล่าวตกค้างและออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้แหล่งน้ำอุดมสมบูรณ์ไปด้วยธาตุอาหารที่เหมาะสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายและพืชต่าง ๆ ส่งผลให้แหล่งน้ำธรรมชาติมีสีเขียว หรือปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชั่น (Eutrophication) ออกซิเจนในแหล่งน้ำจะถูกใช้ไปและลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิต ทั้งพืชและสัตว์ที่อาศัยในแหล่งน้ำนั้น ๆ รวมทั้งสัตว์และคนที่จะใช้แหล่งน้ำดังกล่าวด้วย กรมชลประทาน[2] ระบุว่าผักตบชวา เป็นพืชน้ำประเภทใบเลี้ยงเดี่ยว ลอยน้ำได้โดยไม่ต้องมีที่ยึดเกาะ สามารถแพร่พันธุ์ได้รวดเร็วมาก แผ่นใบคล้ายรูปหัวใจเป็นมันหนา ก้านใบพองออกตรงช่องกลาง ภายในมีลักษณะเป็นรูพรุนช่วยพยุงลำต้นให้ลอยน้ำได้ ซึ่งผักตบชวาสามารถอยู่ได้ทุกสภาพน้ำ ทั้งในน้ำสกปรกและน้ำสะอาด เจริญเติบโตได้ดีที่ความเป็นกรด - ด่าง 4 - 10 อุณหภูมิของน้ำไม่สูงกว่า 34 องศาเซลเซียส และในต้นจะมีน้ำเฉลี่ยประมาณร้อยละ 95 ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสียโดยอาศัยคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นเปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพรุนซึ่งกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้า ๆ จึงทำให้ของแข็งแขวนลอยต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น นอกจากนั้น ระบบรากที่มีจำนวนมากช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่เกาะอาศัยอยู่ที่รากช่วยดูด

สารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำลำเลียงไปยังใบเพื่อสังเคราะห์แสง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป

จากสภาพปัญหาดังกล่าว จึงได้มีการศึกษาการใช้พืชน้ำโดยเฉพาะผักตบชวาเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ ในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในการใช้ผักตบชวาช่วยในการบำบัดน้ำเสียนั้นจำเป็นต้องมีการจัดการและควบคุมที่เหมาะสม เช่น ปริมาณที่จะใช้ต่อพื้นที่ ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยว รวมทั้งวิธีการนำไปกำจัดหรือใช้ประโยชน์ต่อไป

2. วิธีการวิจัย

2.1 การทดสอบ ณ ระบบบำบัดน้ำเสียของหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

2.1.1 รวบรวมข้อมูลชนิดและปริมาณของพืชน้ำที่สามารถจะดูดซับหรือกำจัดสารประกอบไนโตรเจนในรูปสารอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียออกจากน้ำเสียชุมชน

2.1.2 ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของหอพักรักษ์สิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม เพื่อให้มีลักษณะหรือรูปแบบคล้ายระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบบ่อปรับเสถียรสำหรับทดสอบความทนทานหรือความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชลอยน้ำ

2.1.3 เก็บตัวอย่างพืชน้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่น จอกหูหนู ผักตบชวา แพงพวยน้ำ สาหร่ายหางกระรอก แหนเป็ด จอกใหญ่ หญ้าน้ำ กระเฉด เป็นต้น เพื่อนำมาทดสอบความทนทานและความสามารถในการเจริญเติบโตในระบบบำบัดน้ำเสีย

2.1.4 ทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจนของผักตบชวาโดยใส่ลงในระบบบำบัดน้ำเสียในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อพื้นที่บ่อ 15 ตารางเมตร หรือประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่ โดยแต่ละบ่อมีระยะเวลาเก็บกักน้ำเสีย (Hydraulic Retention Time: HRT) ประมาณ 8 - 10 วัน เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ผักตบชวา

2.1.5 เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำตามวิธีของ Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater[3] เพื่อประเมินประสิทธิภาพเป็นระยะ

2.2 การทดสอบ ณ ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย

2.2.1 สำรวจพื้นที่เพื่อคัดเลือกเป็นพื้นที่นำร่องในการศึกษา โดยได้คัดเลือกระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ หรือ 4,800 ตารางเมตร ระบบบำบัดน้ำเสียมีความจุประมาณ 10,000 ลูกบาศก์เมตร และในปัจจุบันมีการสูบน้ำเสียเข้าระบบเพื่อบำบัดประมาณวันละ 500 ลูกบาศก์เมตร หรือคิดเป็นระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) ประมาณ 20 วัน

2.2.2 เตรียมอุปกรณ์และวางทุ่นลอยเพื่อเป็นพื้นที่สำหรับการใส่ผักตบชวาสำหรับทดสอบประสิทธิภาพ โดยได้แบ่งพื้นที่ของบ่อที่ 1 ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนละประมาณ 1,600 ตารางเมตร

2.2.3 เก็บผักตบชวาจากแหล่งน้ำธรรมชาติใส่ในระบบบำบัดน้ำเสีย โดยใส่ในทุ่นลอยที่เตรียมไว้ประมาณส่วนละ 500 กิโลกรัม รวมทั้งหมดประมาณ 1,500 กิโลกรัม

2.2.4 เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างคุณภาพน้ำเพื่อติดตามและประเมินผลเป็นระยะ

2.2.5 สรุปและจัดทำรายงาน

3. ผลการวิจัย

3.1 ผลการทดสอบ ณ ระบบบำบัดน้ำเสียของหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

3.1.1 ผักตบชวาและแหนเป็ดสามารถทนทานและเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ส่วนพืชน้ำชนิดอื่น ๆ สามารถที่จะเจริญเติบโตได้ในช่วงเริ่มต้นของการทดสอบ คือ ประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ หลังจากนั้นจะตายและเน่าเปื่อยในที่สุด

3.1.2 เมื่อใส่ผักตบชวาลงในระบบบำบัดน้ำเสียในอัตรา 5 กิโลกรัมต่อพื้นที่บ่อ 15 ตารางเมตร หรือประมาณร้อยละ 10 ของพื้นที่ โดยแต่ละบ่อมีระยะเวลาเก็บกักน้ำ (HRT) ประมาณ 8 - 10 วัน เปรียบเทียบกับการไม่ใส่ผักตบชวา พบว่า หลังจากใส่ผักตบชวาลงไปแล้วประมาณ 1 สัปดาห์ ผักตบชวาจะสามารถตั้งต้นและเจริญเติบโตได้ดี

3.1.3 หลังจาก 1 หนึ่งสัปดาห์ ประสิทธิภาพในการบำบัดจะดีขึ้นเรื่อย ๆ กระทั่งผักตบชวามีอายุประมาณ 2 - 3 เดือน หรือเมื่อมีการเจริญเติบโตประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่

3.1.4 ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดความสกปรกของสารประกอบไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น (Total Kjeldahl Nitrogen: TKN) แอมโมเนียม (Ammonium: NH_4^+) และสารอินทรีย์ไนโตรเจน (Organic Nitrogen: Org-N) จากค่าเฉลี่ย 27.37 14.17 และ 13.20 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 5.19 3.47 และ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 81.05 75.51 และ 86.97 ตามลำดับ ในขณะบ่อที่ไม่มีการใส่ผักตบชวาสามารถลดสารดังกล่าวเหลือ 15.25 4.95 และ 10.30 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 44.28 65.06 และ 21.99 ตามลำดับ

3.1.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดความสกปรกในรูปซีโอดี (COD) และ บีโอดี (BOD) พบว่า สามารถลดความสกปรกดังกล่าวจากค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110.04 และ 43.83 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 52.63 และ 2.84 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 52.17 และ 93.53 ตามลำดับ ในขณะบ่อที่ไม่มีการใส่ผักตบชวาสามารถลดสารดังกล่าวเหลือ 76.47 และ 27.07 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 30.51 และ 38.23 ตามลำดับ

3.1.6 ช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวผักตบชวา คือ เมื่อผักตบชวามีอายุประมาณ 2 - 3 เดือน หรือการเจริญเติบโตประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่ ซึ่งควรเก็บเกี่ยวออกบางส่วนและให้เหลือผักตบชวาในระบบประมาณ 1 ใน 3 หรือร้อยละ 30 ของพื้นที่ เพื่อให้ระบบสามารถที่จะยังคงมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่อไป

รูปที่ 1 แสดงเริ่มใส่ผักตบชวาเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ

รูปที่ 2 แสดงผักตบชวาอายุประมาณ 2 - 3 เดือน

รูปที่ 3 แสดงความสามารถในการบำบัดสารมลพิษชนิดต่างๆ ของผักตบชวา ณ บ่อบำบัดน้ำเสียของหอพักฯ

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการใส่ผักตบชวาลงไปในระบบบำบัดน้ำเสียของหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม สามารถที่จะช่วยบำบัดสารประกอบไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น แอมโมเนียม และสารอินทรีย์ไนโตรเจน รวมทั้งความสกปรกในรูปของซีโอดี และ บีโอดี ได้ดีกว่าการไม่ได้ใส่ผักตบชวา

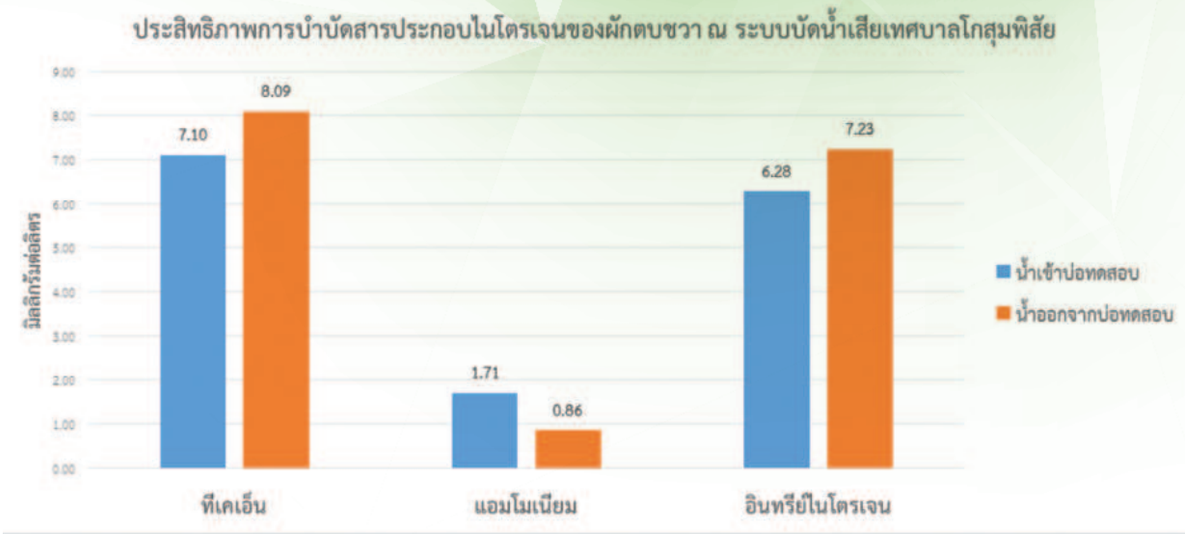
3.2 ผลการทดสอบ ณ ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม

3.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลโกสุมพิสัยมีพื้นที่ประมาณ 3 ไร่ หรือ 4,800 ตารางเมตร ซึ่งในการติดตั้งทุ่นลอยน้ำเพื่อใส่ผักตบชวานั้นได้แบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ส่วนละประมาณ 1,600 ตารางเมตร แล้วเก็บผักตบชวามาใส่ในทุ่นลอยที่เตรียมไว้ประมาณส่วนละ 500 กิโลกรัม รวมทั้งหมดประมาณ 1,500 กิโลกรัม

3.2.2 หลังจากที่ใส่ผักตบชวาแล้วประมาณ 1 - 2 เดือน พบว่า ผักตบชวาไม่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ

3.2.3 ผลการทดสอบพบว่า คุณภาพของน้ำที่เข้าบ่อที่ 1 ซึ่งเป็นบ่อที่มีการใส่ผักตบชวา มีค่าการปนเปื้อนของทีเคเอ็น แอมโมเนียม และสารอินทรีย์ไนโตรเจน เฉลี่ยเท่ากับ 7.10 1.71 และ 6.28 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเมื่อผ่านบ่อที่ 1 แล้วค่าดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.09 0.86 และ 7.23 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ

3.2.4 ผลการสำรวจระบบบำบัดน้ำทิ้งอย่างละเอียดอีกครั้ง พบว่า ในระบบบำบัดน้ำเสียมีปลาอาศัยอยู่พอสมควร โดยเฉพาะลูกปลานิลที่มีจำนวนมากและขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ซึ่งปลาเหล่านี้จะกัดกินรากอ่อนของผักตบชวา ทำให้ผักตบชวาไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตและแพร่ขยายได้ตามปกติ รวมทั้งมีการขับถ่ายของเสียลงในบ่อ ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดยังไม่มีประสิทธิภาพ



รูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจนของผักตบชวา ณ บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย

จากรูปที่ 4 เป็นการแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบไนโตรเจนของระบบบำบัดน้ำเสียของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย ซึ่งในการทดสอบได้มีการใส่ผักตบชวาลงไปในระบบฯ แต่ผักตบชวาไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตได้ เนื่องจากปลากัดกินรากอ่อนเป็นอาหารทำให้ระบบฯ ไม่สามารถที่จะบำบัดสารประกอบไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

4.1 วิจารณ์

4.1.1 การทดสอบความทนทานและความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชน้ำกับน้ำเสีย ในระบบบำบัดน้ำเสียของหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า พืชน้ำเกือบทุกชนิดที่ทำการทดสอบไม่สามารถที่จะทนทานและเจริญเติบโตได้นอกจากผักตบชวาที่สามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาเรื่องการเจริญเติบโตของผักตบชวาในกว๊านพะเยา: กรณีศึกษาการปนเปื้อนของน้ำเสียชุมชน ของธีระพงษ์ ตุ้ยเครือ[4] ที่ระบุว่าน้ำเสียชุมชนมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของผักตบชวา โดยจากการทดสอบนำผักตบชวาน้ำหนัก 200±20 กรัม มาทดสอบการเจริญเติบโตกับน้ำเสียที่ค่าความเข้มข้น บีโอดี 8.0 4.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่า ผักตบชวามีความยาวเพิ่มขึ้นเฉลี่ยเท่ากับ 4.6 2.7 และ 0.5 มิลลิเมตรต่อวัน และความยาวรากเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 6.8 3.10 และ 1.3 มิลลิเมตรต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งผู้ศึกษาได้สรุปว่าเมื่อนำผักตบชวาที่มีขนาดและอายุที่เท่ากันมาทดสอบการเจริญเติบโตในน้ำเสียที่มีปริมาตรและเวลาในการทดลองเท่ากัน พบว่า ผักตบชวาที่ทดสอบในน้ำเสียที่มีค่าความเข้มข้นบีโอดีสูงที่สุด ให้การเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ[5] ที่ระบุว่าผักตบชวามีอัตราการเจริญเติบโตสูงมาก มีการสะสมมวลชีวภาพได้สูงถึง 20 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตรต่อวัน โดยมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพันธ์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 1.5 ต่อวัน ถ้าปล่อยให้ผักตบชวาเติบโตในแหล่งน้ำโดยเริ่มต้นจาก 500 กรัม น้ำหนักสดต่อตารางเมตร ในระยะเวลาเพียง 3 เดือนครึ่ง ผักตบชวาสามารถเจริญเติบโตและขยายพันธุ์ให้มวลชีวภาพสูงถึง 40,580 กรัมน้ำหนักสดต่อตารางเมตร หรือประมาณ 80 เท่า ซึ่งในรอบหนึ่งปีผักตบชวาจะเจริญเติบโตสูงสุดในช่วงเดือนเมษายนและมีการเจริญเติบโตต่ำสุดในช่วงเดือนมกราคม นอกจากนี้ยังมีสารคดีเรื่องเส้นทางผักตบชวาสู่แม่น้ำเจ้าพระยา โดย PPTV Online[6] ซึ่งออกอากาศทางพีพีทีวีเอชดี 36 (PPTVHD36) เมื่อวันที่ 1 สิงหาคม 2559 ได้สรุปไว้ว่า ผักตบชวามีอัตราการขยายพันธุ์ค่อนข้างรวดเร็ว

ผักตบชวา 1 ต้น สามารถให้เมล็ดได้มากถึง 5,000 เมล็ด ซึ่งเมล็ดผักตบชวาเมื่ออยู่ในแหล่งน้ำจะมีชีวิตได้นานถึง 15 ปี ผักตบชวาสามารถขยายพันธุ์ด้วยการแตกหน่อ ผักตบชวา 2 ต้น สามารถแตกใบเจริญเติบโตเป็นต้นได้ถึง 30 ต้น ภายใน 20 วัน หรือเพิ่มน้ำหนักขึ้น 1 เท่าตัวภายใน 10 วัน สามารถขยายตัวครอบคลุมผิวน้ำได้อัตราร้อยละ 8 ต่อวัน และหากปล่อยผักตบชวาลงแหล่งน้ำเพียง 10 ต้น ภายใน 1 ปี ผักตบชวาจะขยายพันธุ์แพร่กระจายปริมาณเป็น 1 ล้านตัน

4.1.2 การทดสอบใช้ผักตบชวาเพื่อช่วยลดสารประกอบไนโตรเจนในน้ำเสียของหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า สามารถเจริญเติบโตและช่วยบำบัดได้เป็นอย่างดี โดยสามารถลดความสกปรกของสารประกอบไนโตรเจนในรูปของทีเคเอ็น แอมโมเนียม และสารอินทรีย์ไนโตรเจนจากค่าเฉลี่ย 27.37 14.17 และ 13.20 มิลลิกรัมต่อลิตร เหลือ 5.19 3.47 และ 1.72 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 81.05 75.51 และ 86.97 ตามลำดับ ในขณะที่บ่อควบคุมที่ไม่มีการใส่ผักตบชวาสามารถลดสารดังกล่าวเหลือ 15.25 4.95 และ 10.30 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือคิดเป็นร้อยละ 44.28 65.06 และ 21.99 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของหลาย ๆ แหล่ง เช่น ผลการศึกษาของโครงการบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริ[7] มีหลักการบำบัดน้ำเสียตามแนวทฤษฎีการพัฒนาโดยการกรองน้ำเสียด้วยผักตบชวา พบว่า ผักตบชวาสามารถดูดไนโตรเจนได้ทั้ง 3 ชนิด ได้ในปริมาณที่แตกต่างกันคือสามารถดูดอินทรีย์ไนโตรเจนประมาณร้อยละ 95 ขณะที่ไนเตรทไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน ประมาณร้อยละ 80 และ 77 ตามลำดับ หรือการศึกษาพฤกษศาสตร์พืชลอยน้ำ 5 ชนิด คือ ผักตบชวา จอก จอกหูหนู แพงพวยน้ำและแหนเป็ดใหญ่ของนิศานาถ ละอองพันธ์ และอำพร คล้ายแก้ว[8] ที่พบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการบำบัดค่าแอมโมเนียมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของค่าทีเคเอ็นได้สูงสุดคือร้อยละ 84.93 ที่ระยะเวลาเก็บกักนาน 15 วัน และยังมีการศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในคลองโรงเจของปัญจา ใยถาวร และคณะ[9] พบว่า ผักตบชวามีประสิทธิภาพในการบำบัดทีเคเอ็น ได้เฉลี่ยร้อยละ 53.5 โดยกรมชลประทาน[2] ได้ระบุว่ากลไกการช่วยบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในการบำบัดน้ำเสียนั้นจะอาศัยคุณสมบัติทำหน้าที่เป็นตัวกรอง ผักตบชวาที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น เปรียบได้กับการบรรจุวัสดุพรุน ซึ่งกรองน้ำที่ไหลผ่านกอผักตบชวาอย่างช้า ๆ จึงทำให้ของแข็งแขวนลอยต่าง ๆ ที่ปนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น นอกจากนั้น ระบบรากที่มีจำนวนมากช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด และจุลินทรีย์ที่อาศัยเกาะอยู่ที่ราก ช่วยดูดสารอินทรีย์ไว้ด้วยอีกทางหนึ่ง รากผักตบชวาจะดูดสารอาหารที่อยู่ในน้ำ ลำเลียงไปยังใบ เพื่อสังเคราะห์แสง ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียจึงถูกกำจัดไป

4.1.3 การทดสอบใส่ผักตบชวา ณ บ่อบำบัดน้ำเสียของเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย พบว่า หลังจากใส่ผักตบชวาลงในระบบบำบัดน้ำเสียแล้วประมาณ 2 เดือน ผักตบชวาที่ใส่ลงไปไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตได้อย่างเต็มที่ ซึ่งจากการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียอย่างละเอียด พบว่า ในระบบบำบัดน้ำเสียมีปลาอาศัยอยู่พอสมควร โดยเฉพาะลูกปลานิลที่มีจำนวนมากและขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ซึ่งปลาเหล่านี้จะกัดกินรากอ่อนของผักตบชวาเป็นอาหาร ทำให้ผักตบชวาไม่สามารถที่จะเจริญเติบโตและแพร่ขยายได้ตามปกติ ทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดไม่มีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคุณภาพของน้ำในบ่อที่มีการใส่ผักตบชวา มีค่าการปนเปื้อนของทีเคเอ็น แอมโมเนียม และสารอินทรีย์ไนโตรเจน เฉลี่ยเท่ากับ 7.10 1.71 และ 6.28 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อผ่านบ่อดังกล่าวแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.09 0.86 และ 7.23 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ โดยพบว่าการทดสอบไม่มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารประกอบไนโตรเจน เพราะนอกจากผักตบชวาจะไม่สามารถเจริญเติบโตและช่วยบำบัดได้แล้ว สัตว์น้ำโดยเฉพาะปลาที่อยู่อาศัยในบ่อบำบัดน้ำเสียจำนวนมากมีการขับถ่ายของเสียออกมาซึ่งส่วนมากจะเป็นพวกสารอินทรีย์ไนโตรเจนส่งผลให้ทีเคเอ็นและอินทรีย์ไนโตรเจน ในน้ำออกสูงกว่าน้ำเข้า ซึ่งจากข้อมูลบทเรียนออนไลน์ เรื่องระบบต่าง ๆ ของสัตว์ ในส่วนระบบขับถ่ายของปลาของประภาศร แฉล้มรัมย์ และคณะ[10] ระบุว่า ปลามีการขับถ่ายของเสียที่เป็นน้ำและสารไอออนอนินทรีย์ออกทางปัสสาวะ โดยอาศัยการทำงานของไต นอกจากนี้ยังอาศัยเหงือก ผิวหนัง เยื่อบุภายในช่องปากและทางเดินอาหาร ช่วยขับถ่ายของเสียพวกไนโตรเจนด้วย

4.2 ข้อเสนอแนะ

4.2.1 หากมีการนำผักตบชวาไปใช้ในพื้นที่ที่เหมาะสมและธาตุอาหารเพียงพอ ผักตบชวาจะเจริญเติบโตเร็วมาก ซึ่งผลจากการทดสอบกับน้ำเสียของหอพักศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม พบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาจะดีที่สุดเมื่อผักตบชวามีอายุประมาณ 2 - 3 เดือน หรือเมื่อมีการเจริญเติบโตประมาณ 2 ใน 3 ของพื้นที่ หลังจากนั้นประสิทธิภาพจะลดลง เนื่องจากผักตบชวาโตเต็มที่และอัตราเริ่มแน่นเกินไป ดังนั้น จึงควรเก็บเกี่ยวออกบางส่วนโดยยังคงให้เหลือผักตบชวาในระบบประมาณ 1 ใน 3 หรือร้อยละ 30 ของพื้นที่ เพื่อให้ระบบสามารถที่จะยังคงมีประสิทธิภาพในการบำบัดต่อไป

4.2.2 หากนำไปทดสอบในพื้นที่ที่ไม่มีความไม่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของผักตบชวา เช่น พื้นที่ที่มีสัตว์น้ำอาศัยอยู่มาก จะทำให้สัตว์เหล่านั้นกัดกินรากหรือส่วนอื่น ๆ ของผักตบชวา ทำให้ผักตบชวาไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และประสิทธิภาพในการบำบัดก็จะไม่ดีตามไปด้วย ดังนั้นอาจจะต้องเพิ่มปริมาณผักตบชวาและระยะเวลาในการเจริญเติบโตนานขึ้น

4.2.3 ในระหว่างที่ผักตบชวากำลังเจริญเติบโตอยู่ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดูแลเพื่อไม่ให้เกิดการเล็ดลอดหรือระบาดออกไปสู่ภายนอกได้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้ได้สำเร็จตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้แล้ว คณะผู้วิจัยจึงขอขอบคุณ สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 10 ขอนแก่น และเทศบาลตำบลโกสุมพิสัย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และความสะดวกในการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2552. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2552.
2. กรมชลประทาน. ชีววิทยาของผักตบชวา [อินเทอร์เน็ต]. 2550 [เข้าถึงเมื่อ 4 ส.ค. 2557]. เข้าถึงได้จาก: http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/om/Water%20Hyacinth.htm
3. American Public Health Association.Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. 18th ed. Maryland: United Book Press, Inc.; 1992.
4. ธีระพงษ์ ตุ้ยเครือ. การเจริญเติบโตของผักตบชวาในกว๊านพะเยา : กรณีศึกษาการปนเปื้อนของน้ำเสียชุมชน. พะเยา: สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยพะเยา; 2555.
5. ดวงจันทร์ เกรียงสุวรรณ. บทความวิทยุรายการสาระความรู้ทางการเกษตร เรื่อง ผักตบชวา [อินเทอร์เน็ต]. สงขลา: คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่; 2537 [เข้าถึงเมื่อ 16 ตุลาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://www.natres.psu.ac.th/radio/radio_article/radio37-38/37-380010.htm
6. PPTV Online. เส้นทางผักตบชวาสู่แม่น้ำเจ้าพระยา [อินเทอร์เน็ต]. 2559 [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: https://www.pptvhd36.com/news/ประเด็นร้อน/31750
7. โครงการพระราชดำริ. โครงการบึงมักกะสันอันเนื่องมาจากพระราชดำริ [อินเทอร์เน็ต]. 2551 [เข้าถึงเมื่อ 24 ก.ค. 2557]. เข้าถึงได้จาก: http://www.baanmaha.com/community/thread29884.html
8. นิศานาถ ละอองพันธ์, อำพร คล้ายแก้ว. การใช้พืชลอยน้ำปรับปรุงคุณภาพน้ำ. [อินเทอร์เน็ต]. 2555 [เข้าถึงเมื่อ 4 ส.ค. 2557]. เข้าถึงได้จาก: http://vijai-rid.com/float%20plant.html.
9. ปัญจา ใยถาวร, จิตติมา จารุเดชา, สุเทียบ ศรีลาชัย, ชญานิน น้ำเยื้อง, ชวาลา เสียงล้ำ, อนุพงษ์ ปุณโณทก และคณะ. ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของผักตบชวาในคลองโรงเจ. Green Research 2558;12(29):30-4.
10. ประภาศร แฉล้มรัมย์, รชยา ไกรรณภูมิ, วรรณธร พรรณวรรณ, จรรยพร สร้อยจิตย์. บทเรียนออนไลน์ เรื่อง ระบบต่าง ๆ ของสัตว์ [อินเทอร์เน็ต]. 2557 [เข้าถึงเมื่อ 16 ต.ค. 2561]. เข้าถึงได้จาก: http://cms573.bps.in.th/group6/excretory-system


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION
กลุ่ม
อากาศ
เสียง
และ
ความสั่นสะเทือน

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

การศึกษาการตกสะสมของกรด ในเขตชนบทของประเทศไทย

Acid deposition monitoring in rural areas of Thailand

การศึกษาการตกสะสมของกรดในเขตชนบทของประเทศไทย
Acid deposition monitoring in rural areas of Thailand

จันทิราพร ทั่งสุวรรณ* หทัยรัตน์ การีเวทย์ เดซี่ หมอกน้อย ดวงเดือน ชานะทร
Chanthiraporn Tangsuwan*, Hathairatana Garivate, Daisy Morknoy, Dueangdean Chanatorn

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion
E-mail: chanthiraporn.tsuwan@gmail.com*

บทคัดย่อ

ปัญหาการตกสะสมของกรดในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหามลพิษในระดับภูมิภาค เนื่องจากก๊าซกรดในอากาศ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคพลังงานต่างๆ ซึ่งก๊าซกรดในอากาศสามารถถูกลมพัดพาไปได้ในระยะไกล ๆ หลายร้อยกิโลเมตรจึงสามารถเป็นสารมลพิษทางอากาศไร้พรมแดนได้ (Trans-boundary air pollution) ฝนกรดเมื่อตกลงมาในแหล่งน้ำและผืนดินก็จะทำให้น้ำและดินมีความเป็นกรดมากขึ้น เกิดความเสียหายกับพืช สัตว์ มนุษย์ และระบบนิเวศ ซึ่งศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมเข้าร่วมเป็นสมาชิกเครือข่ายการติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในภูมิภาคเอเชียตะวันออก หรือ EANET (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia) ทำการศึกษาตรวจติดตามปริมาณการตกสะสมของกรดในพื้นที่ชนบท มีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมข้อมูลการตกสะสมของกรดในสิ่งแวดล้อม จัดทำฐานข้อมูล (Database) ของการตกสะสมของกรดในพื้นที่ชนบท ในระดับชาติและภูมิภาคเอเชียตะวันออก จากการศึกษาวิจัยในระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560) พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 3.97 - 7.23 พีเอชยูนิต และค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าที่แสดงปริมาณของไอออนทั้งหมดที่ละลายอยู่ในตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.11 มิลลิซีเมนต์ต่อเมตร สำหรับปริมาณไอออนที่อยู่ในตัวอย่างที่มีค่ามากที่สุด คือ ค่าของแอมโมเนียม (NH_3^+) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 31.88 ไมโครอิควิวาเลนต่อลิตร ซึ่งมาจากการทำการเกษตรกรรมที่มีการใช้ปุ๋ยเพื่อให้ผลผลิตได้ผลดีแสดงให้เห็นว่าบริเวณพื้นที่ทำการศึกษายังมีความเป็นเขตชนบทอยู่ และค่าที่รองลงมา คือ ค่าของแคลเซียม (Ca^{2+}) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.77 ไมโครอิควิวาเลนต่อลิตร ซึ่งในช่วงที่ทำการศึกษานั้นมีการขยายถนนบริเวณคลองห้า ทำให้แนวโน้มของแคลเซียมเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: การตกสะสมของกรด องค์ประกอบทางเคมี มลพิษทางอากาศไร้พรมแดน

Abstract

The extent and magnitude of acid deposition in the Asian region due to high emissions of Sulfur Dioxide (SO_2) and Nitrogen Oxide (NO_x) is of great concern because it is considered as Transboundary air pollution. Acid deposition also has major effects to water sources, soil ecosystems, aquatic animals, forest, trees, vegetation, buildings and people. The Environmental Research and Training Center joined the Acid Deposition Monitoring Network (EANET) in order to conduct research related to acid deposition in rural area in Thailand. The objective of this study was to provide database on acid deposition in Thailand which will contribute to mitigate issues related to acid deposition among participating countries in East Asia. The results of the chemical composition of wet deposition during B.E.2558 to B.E.2560 (2015-2017) showed that pH level ranges from 3.97 - 7.23 and EC average value was 2.11 ms/m. The concentrations of ammonium (NH_3^+) showed an average concentration of 31.88 μeq/L which was high due to the application of fertilizers in the agricultural fields near the area. The second highest ion was Calcium (Ca^{2+}) which had an average concentration of 21.77 μeq/L. which was caused by road construction in this area during those years.

Keywords: acid deposition, chemical composition, soil acidification

1. บทนำ

ปัญหาการตกสะสมของกรด (Acid Deposition) เป็นปัญหาในระดับประเทศและระดับภูมิภาค โดยมีลักษณะเป็น Transboundary Pollution ซึ่งประเทศไทยอาจได้รับผลกระทบจากการตกสะสมของกรดทั้งที่มีแหล่งกำเนิดจากภายในประเทศ รวมถึงที่แพร่กระจายมาจากประเทศอื่นๆ ในภูมิภาคได้ การตกสะสมของกรดในสิ่งแวดล้อมเป็นปัญหามลพิษที่รุนแรงในประเทศอุตสาหกรรมหรือประเทศที่พัฒนาแล้ว ทำความเสียหายต่อสุขภาพ ทรัพย์สิน แหล่งผลิตอาหารและทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากก๊าซกรดในอากาศ เช่น ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และ ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในภาคพลังงานต่าง ๆ ซึ่งก๊าซกรดในอากาศสามารถถูกลมพัดพาไปได้ในระยะไกล ๆ หลายร้อยกิโลเมตรจึงสามารถเป็นสารมลพิษทางอากาศไร้พรมแดน ดังนั้น ผลกระทบของมลภาวะทางอากาศ และสภาวะการกลายเป็นกรดในระบบนิเวศ ส่งผลให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง โดยในบางครั้งตรวจพบว่าน้ำฝนที่ตกลงมาในเขตเมืองและเขตอุตสาหกรรม มีความเป็นกรดสูงกว่าน้ำฝนธรรมชาติ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญที่ควบคุมได้ยากและมีความซับซ้อน นอกจากนี้ยังเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ต้องเฝ้าระวังในระยะยาว เพราะการฟื้นฟูระบบนิเวศที่เสื่อมโทรมไปแล้วนั้น เป็นไปได้ยากและอาจไม่สามารถกลับมาอุดมสมบูรณ์ได้เหมือนเดิม ฝนกรดเมื่อตกลงมาในแหล่งน้ำและผืนดิน ก็จะทำให้น้ำและดินมีความเป็นกรดมากขึ้น เกิดความเสียหายกับพืช สัตว์ มนุษย์ และระบบนิเวศวิทยา รวมทั้งก่อให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุต่าง ๆ การตกสะสมของกรดจึงเป็นปัญหาสำคัญในระดับภูมิภาค ซึ่งจำเป็นต้องมีความร่วมมือในการประเมินสถานการณ์ การศึกษาวิจัยและกำหนดมาตรการควบคุม การสร้างความตระหนักถึงปัญหาการตกสะสมของกรด และการส่งเสริมสนับสนุนการริเริ่มในระดับประเทศและระดับภูมิภาค เพื่อให้เกิดมาตรการจัดการกับปัญหาการตกสะสมของกรด อย่างเหมาะสม ปัจจุบันได้มีการจัดตั้งเครือข่ายการติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในประเทศไทย (Acid Deposition Monitoring Network in Thailand) โดยทำการตรวจวัดปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างน้ำฝน ข้อมูลที่ได้จะเป็นตัวแทนของการตกสะสมของกรดในระดับชาติและในภูมิภาคเอเชียตะวันออกต่อไป เพื่อรวบรวมข้อมูลการตกสะสมของกรดในสิ่งแวดล้อมทุกด้าน จัดทำฐานข้อมูล (Database) ใช้เป็นข้อมูลในการเฝ้าระวัง สำหรับประเทศไทยและของภูมิภาคเอเชียตะวันออก และประเมินความเสี่ยงในการเกิดผลกระทบอันเนื่องมาจากปัญหาดังกล่าวโดยอาศัยการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงในระบบนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม ทั้งต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ ดิน และป่าไม้ การติดตามตรวจสอบได้ครอบคลุมพื้นที่ของภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย และยังมีอีกหลายพื้นที่ที่จะต้องติดตามตรวจสอบเป็นข้อมูลในการเฝ้าระวัง และให้มีความเข้าใจสาเหตุและความสำคัญของปัญหามลพิษทางอากาศที่มีผลกระทบต่อระบบนิเวศ ทำให้สามารถป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายต่อระบบนิเวศได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีการวิจัย

2.1 การเก็บตัวอย่าง

การศึกษานี้ประกอบด้วยการติดตามปริมาณการตกสะสมของกรดที่อยู่ในรูปของฝนกรด และปริมาณสารมลพิษทางอากาศที่เป็นองค์ประกอบที่ทำให้เกิดภาวะการตกสะสมของกรด โดยจะมีการเก็บตัวอย่างการตกสะสมแบบเปียก (Wet-only rain sampler) และการตกสะสมแบบรวม (Bulk rain sampler) ระยะเวลาทำการเก็บตัวอย่าง 24 ชั่วโมงเป็นประจำทุกวัน[3] พื้นที่เก็บตัวอย่างตั้งอยู่ที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี โดยให้ตัวแทนพื้นที่เขตชนบท สำหรับทำการวิจัยติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในน้ำฝน เนื่องจากบริเวณดังกล่าว อยู่ห่างจากแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการปลดปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นที่อยู่อาศัยของชุมชน ที่ยังมีการทำเกษตรกรรม และทำสวน

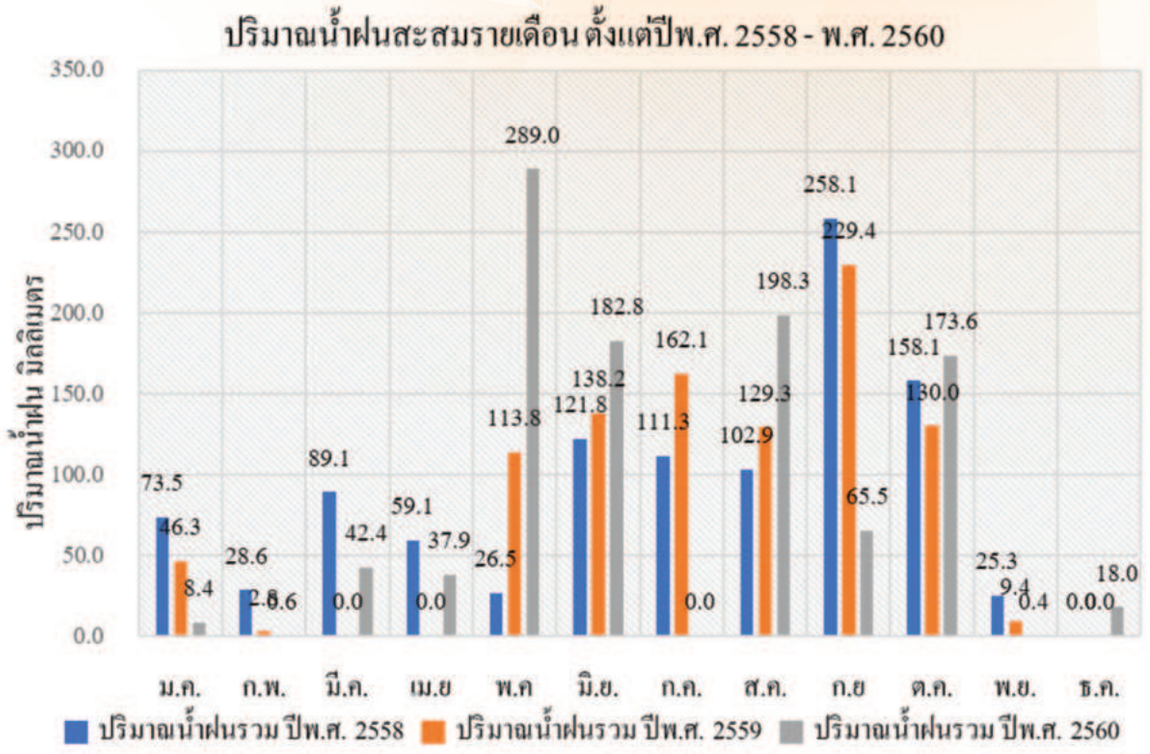
2.2 การทดสอบหาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในน้ำฝน

การวิจัยในเชิงการติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในน้ำฝนพื้นที่เขตชนบทของประเทศไทย มีการจัดตั้งสถานีตรวจวัดคุณภาพน้ำฝนให้เป็นไปตาม Technical Documents for Wet Deposition Monitoring in East Asia

ห้องปฏิบัติการสำหรับทำการตรวจวัดหาปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างน้ำฝน ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) คือค่าที่บอกถึงปริมาณของไอออนทั้งหมดที่ละลายอยู่ในตัวอย่าง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Electric Conductivity (EC Meter) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) โดยมีผลการตรวจวัดดังนี้ ,ไอออนประจุลบ (Anion) และไอออนประจุบวก (Cation) ด้วยเทคนิค Ion Chromatography เป็นเทคนิคโครมาโตกราฟที่ใช้วิธีการแยกสารผสมในสภาวะการแตกตัวเป็นไอออน เช่น การวิเคราะห์ในรูป ประจุบวก ได้แก่ Na^+ K^+ Ca^{2+} Mg^{2+} NH_4^+ และ ประจุลบ ได้แก่ Cl^- NO_3^- SO_4^{2-} เป็นต้น โดยอาศัยหลักการแลกเปลี่ยนประจุภายในคอลัมน์ ในระบบประกอบด้วยตัวพาซึ่งเป็นเฟสเคลื่อนที่ในที่นี้เรียกว่า Eluent ส่วนมากจะเป็นสารละลายบัฟเฟอร์ ซึ่งเป็นตัวพาสารตัวอย่างเข้าสู่ Column (เฟสคงที่) ไอออนที่อยู่ในเฟสเคลื่อนที่และไอออนที่ต้องการแยกในสารตัวอย่างจะมีประจุตรงข้ามกับไอออนที่อยู่ที่ผิวของเฟสคงที่ไอออนในเฟสเคลื่อนที่และไอออนในสารตัวอย่างจะแข่งขันกันเข้าแลกเปลี่ยนกับประจุที่อยู่ที่ผิวของเฟสคงที่จากนั้นสารจะผ่านเข้าสู่ตัวตรวจวัด ซึ่งสามารถทำนายชนิดของสารที่มีอยู่ในตัวอย่างได้จากการเปรียบเทียบระยะเวลาที่สารวิเคราะห์ในตัวอย่างออกเทียบกับเวลาของสารมาตรฐานที่ต้องการวิเคราะห์[1,2]

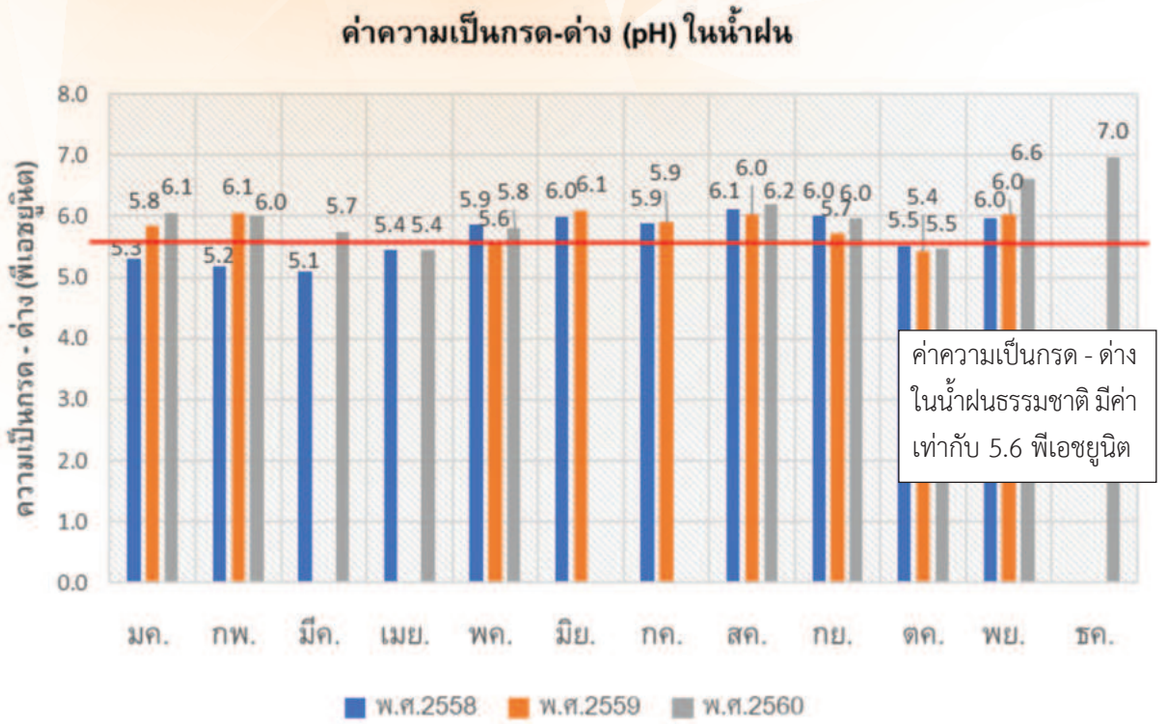
3. ผลการวิจัย

โครงการการติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในพื้นที่ชนบทของประเทศไทย ของศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ได้ทำการเก็บตัวอย่างเป็นประจำทุกวัน และจากการศึกษาคุณภาพน้ำฝนในช่วง ปีพ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560 ซึ่งช่วงดังกล่าว บริเวณคลองห้า มีการขยายถนน จากถนนสองเลน เป็นถนนสี่เลน ตลอดทั้งเส้นเลียบคลองห้า จึงทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ชนบท เข้าสู่พื้นที่กึ่งชนบทที่เริ่มมีการขยายตัวของชุมชนเมืองเพิ่มมากขึ้น โดยช่วงที่ผ่านมา พบว่ามีปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนมากในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม ของทุกๆ ปี ดังแผนภูมิ



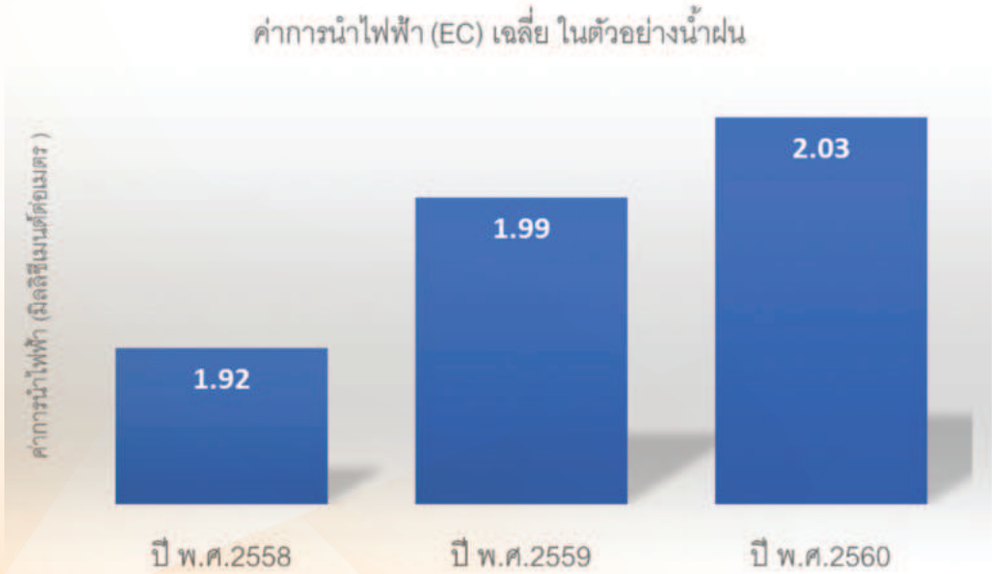
รูปที่ 1 แสดงแผนภูมิปริมาณน้ำฝน สะสมรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560

จากการศึกษาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างน้ำฝน พบว่า ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ปีพ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560 อยู่ในช่วง 3.97 - 7.23 พีเอชยูนิต เกิดจากการรวมตัวของน้ำฝนและแก๊สออกไซด์ต่างๆ ของโลหะที่เกิดจากควันเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมถึงควันจากการเผาไหม้อื่นๆ ปะปนอยู่ในอากาศจึงทำให้มีคุณสมบัติเป็นกรดและมีค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) เฉลี่ยทั้ง 3 ปี อยู่ที่ 5.83 พีเอชยูนิต ซึ่งค่าเฉลี่ยดังกล่าว เป็นค่าที่ได้จากการวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของน้ำฝน โดยในสภาวะปกติน้ำฝนจะมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย คือ มีค่าพีเอช ประมาณ 5.6 เนื่องจากน้ำฝนที่ตกลงมาจะละลายรวมตัวกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และสารประกอบออกไซด์ของไนโตรเจนที่มีอยู่ในบรรยากาศ เกิดเป็นกรดคาร์บอนิกและกรดไนตริก ตามลำดับ ซึ่งทำให้น้ำฝนมีความเป็นกรดมากขึ้น น้ำฝนที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.6 จัดว่าเป็น ฝนกรด[4] แสดงให้เห็นว่า คุณภาพของน้ำฝนบริเวณศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมและพื้นที่ใกล้เคียงยังไม่มีความเป็นกรดที่จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ดีจึงคงต้องทำการติดตามตรวจสอบคุณภาพของน้ำฝนต่อไปเรื่อยๆ



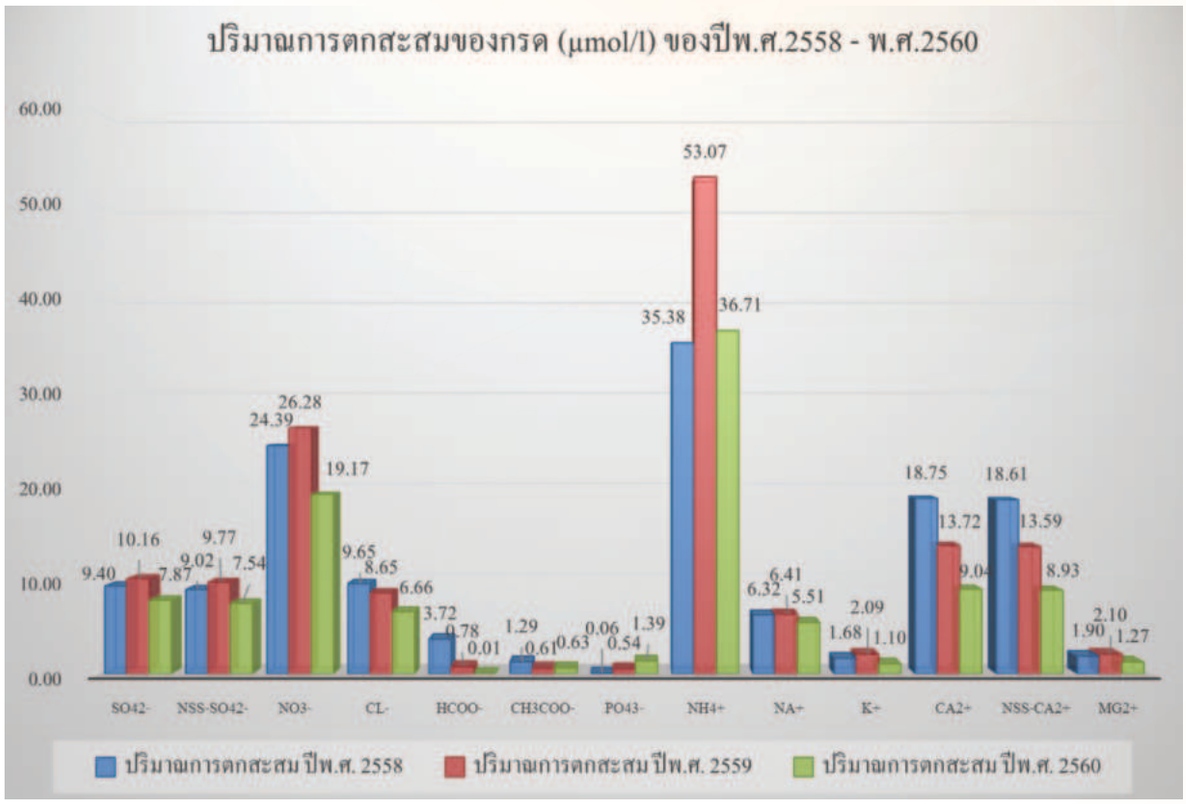
รูปที่ 2 แสดงแผนภูมิค่าเฉลี่ยรายเดือน ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ในน้ำฝน สถานีเก็บตัวอย่างศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม

ในส่วนของค่าการนำไฟฟ้า (EC) ในตัวอย่างน้ำฝนบริเวณสถานีเก็บตัวอย่างศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปีอยู่ที่ 1.98 มิลลิซีเมนต์ต่อเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี จากการก่อสร้างถนน การขยายตัวของชุมชนที่เริ่มมีมากขึ้นเรื่อยๆ ดังแผนภูมิภาพ



รูปที่ 3 แสดงค่าการนำไฟฟ้า (EC) เฉลี่ย ในตัวอย่างน้ำฝน

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำ จึงต้องทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาไอออนที่ละลายอยู่ในตัวอย่างน้ำฝนว่ามีชนิดใดบ้าง สำหรับปริมาณการตกสะสมจากการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนในตัวอย่างน้ำฝนนั้น แสดงผล ดังแผนภูมิภาพ



รูปที่ 4 แสดงแผนภูมิปริมาณการตกสะสมของไอออนแต่ละชนิด (µmol/l) ปีพ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560

จากแผนภาพแสดงสัดส่วนค่าเฉลี่ยการตกสะสมของกรดแบบถ่วงน้ำหนักความเข้มข้นของไอออน แต่ละไอออนในตัวอย่างน้ำฝน ของสถานีตรวจวัดการตกสะสมของกรดในน้ำฝนที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมของปีพ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560 พบว่า มีปริมาณแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) สูงกว่าไอออนตัวอื่นแบบเดียวกันทุกปีแสดงให้เห็นถึงการเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ในพื้นที่บริเวณโดยรอบของสถานีตรวจวัดฯ และจากแผนภูมิจะเห็นได้ว่า ปีพ.ศ. 2559 มีค่าของแอมโมเนียมสูงสุดกว่าทุกปี สืบเนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยสำหรับการเกษตรกรรมในปริมาณที่มากขึ้น และปริมาณไอออนค่าที่รองลงมาคือ ค่าไนเตรทไอออน (NO_3^-) ที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาไหม้จากรถยนต์และแคลเซียมไอออน (Ca_2^+) ที่มาจากการก่อสร้างถนนหรือการก่อสร้างขยายชุมชนในพื้นที่ใกล้เคียง

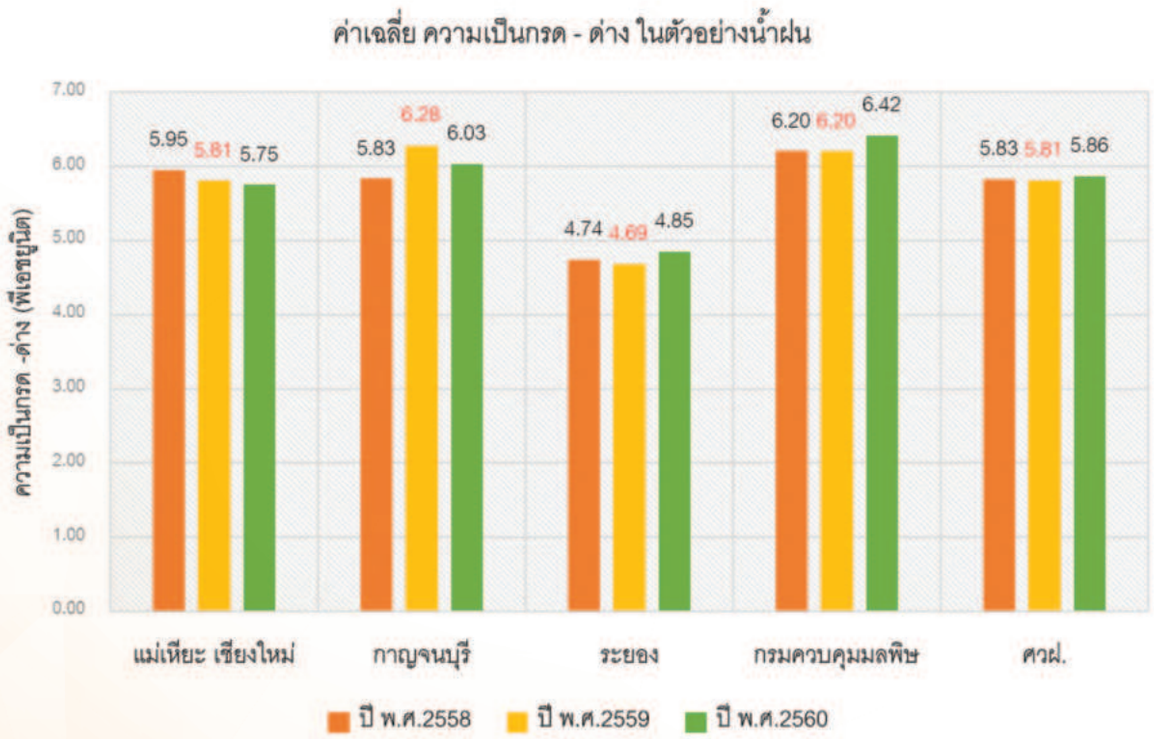
โดยเมื่อเปรียบเทียบจากข้อมูลผลการติดตาม ตรวจสอบค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของน้ำฝนในปีพ.ศ. 2558 - พ.ศ. 2560 จากสถานีติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในประเทศไทยจำนวน 9 แห่ง โดยมีเกณฑ์การแบ่งพื้นที่ศึกษา จะแบ่งออกได้ 3 ประเภท ได้แก่

1. พื้นที่ห่างไกล (Remote area) ซึ่งจะมีระยะห่างของพื้นที่ศึกษาไม่น้อยกว่า 50 กิโลเมตรจากแหล่งปล่อยมลพิษขนาดใหญ่ เช่น ชุมชนเมือง โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ ถนนสายหลัก ได้แก่ สถานีเขื่อนวชิราลงกรณ จังหวัดกาญจนบุรี

2. พื้นที่ชนบท (Rural area) ซึ่งมีระยะห่างของพื้นที่ศึกษาไม่น้อยกว่า 20 กิโลเมตรจากแหล่งชุมชน ได้แก่ สถานีศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี สถานีอุตุนิยมวิทยาเกษตรแม่เหียะ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ และ สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

3. พื้นที่ชุมชนเมือง หรือ อุตสาหกรรม (Urban area) ซึ่งจะมีระยะห่างของพื้นที่ศึกษาไม่น้อยกว่า 50 เมตร จากพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น มากกว่า 500 คัน/วัน ได้แก่ สถานีกรมควบคุมมลพิษ สถานีกรมอุตุนิยมวิทยา, สถานีมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี สถานีโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลมาบตาพุด จังหวัดระยอง และสถานีอุตุนิยมวิทยาคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

พบว่าค่าความเป็นกรด - ด่าง เฉลี่ยรายปีของแต่ละปี พื้นที่ต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วง 4.69 - 6.42 พีเอช ยูนิต โดยมีค่าต่ำสุดที่จังหวัดระยอง ซึ่งเป็นแหล่งพื้นที่อุตสาหกรรม ทั้งนี้ ตำบลแม่เหียะ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดกาญจนบุรี กรมควบคุมมลพิษ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม จังหวัดปทุมธานี มีค่า pH เฉลี่ยรายปี สูงกว่าน้ำฝนตามธรรมชาติ (pH 5.6)[5] ดังแผนภูมิภาพ



รูปที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ความเป็นกรด - ด่าง ในตัวอย่างน้ำฝนของแต่ละพื้นที่

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

4.1 วิจารณ์ผล

จากการศึกษาพบว่ามีค่าแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) สูงจากการใช้ปุ๋ยในการเกษตรกรรม แสดงให้เห็นว่าบริเวณศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม รวมทั้งบริเวณใกล้เคียง ยังคงเป็นพื้นที่กึ่งขนบท ที่มีการทำการเกษตรเช่นทำนาข้าวและทำสวนต่าง ๆ รองมาคือค่าไนเตรท จากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ ซึ่งไนเตรทมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีเมื่อรวมตัวกับน้ำจะกลายเป็นกรดไนตริก (HNO_3) เป็นกรดที่มีฤทธิ์กัดกร่อนเช่นเดียวกับกรดซัลฟุริก ทำให้เกิดการระคายเคืองเกี่ยวกับเยื่อบุทางเดินของลมหายใจ จมูก และตา ส่วนใหญ่เป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงในรถยนต์ที่มีปริมาณของรถยนต์เพิ่มมากขึ้นจากการขยายตัวของการตั้งหน่วยงานราชการต่างๆ หลายหน่วยงาน บริเวณเทคโนธานี การจราจรในถนนเลียบคลองห้าที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง มีการขยายถนนเลียบคลองห้าเป็นสี่เลน เป็นผลให้ปริมาณ Calcium เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

การติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในประเทศไทย เพื่อติดตามตรวจสอบสถานภาพการตกสะสมของกรดและระดับความรุนแรงของปัญหาจากการตกสะสมของกรด รวมถึงเพื่อเตรียมฐานข้อมูลสถานภาพการตกสะสมของกรดในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย สำหรับประกอบการตัดสินใจในการป้องกันหรือลดผลกระทบของการตกสะสมของกรดที่มีต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมในระดับประเทศและระดับภูมิภาค รวมทั้งเป็นข้อมูลพื้นฐานประกอบการกำหนดมาตรฐานการระบายมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดต่างๆ เช่น โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมเคมี เป็นต้น และแนวโน้มของค่าสารมลพิษอื่นๆ ที่ขึ้นสู่ชั้นบรรยากาศตัวอื่นๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ฝุ่นละอองขนาดเล็กตั้งแต่ระดับ 2.5 ไมครอนและขนาด 10 ไมครอน รวมทั้งโอโซนที่พบมีค่าเกินมาตรฐานสูงขึ้น กำลังเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้น้ำฝนกำลังมีค่าความเป็นกรดสูงขึ้นเช่นกัน

4.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ ร่วมกันถึงสถานการณ์ของปัญหาการตกสะสมของกรด
2. นำเสนอข้อมูลประกอบการตัดสินใจ และวางแผนนโยบายทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศและระดับภูมิภาคเพื่อป้องกันและลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากปัญหาการตกสะสมของกรด

เอกสารอ้างอิง

1. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia (EANET). EANET Science Bulletin. 2016;4: 1883-3608.
2. Documents for Agenda Item4: Consideration and Adaption of the Monitoring Guidelines, Technical
3. Guideline and Technical Manual for Wet Deposition Monitoring in East Asia, March 2000.
4. การตรวจวัดค่าความเป็นกรด - เบส (pH) ของน้ำฝน, สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโลก (GLOBE), สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), website: http://globethailand.ipst.ac.th
5. สถานการณ์และการจัดการ ปัญหามลพิษ ทางอากาศ และเสียง ของประเทศไทย2558; ISBN 978-616-316-329-5 คพ. 03-122 สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากวิธีปฏิบัติการทางการบิน กรณีศึกษาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ และท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง

The study of noise pollution from flight operations
in case of dual airport (Suvarnabhumi and Donmueang International Airport)

การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากวิธีปฏิบัติการทางการบิน กรณีศึกษาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง

The study of noise pollution from flight operations in case of dual airport (Suvarnabhumi and Donmueang International Airport)

วิรัช เอื้อทรงธรรม[1]* สุมาลี ปานมาศ[1] เจษฎาพร รอดพิพัฒน์[1] ยุพิน บัวจันพอ[1]
ภาวิณี นาคประเวศน์[1] เกษนีย์ นนทคำจันทร์[1] สมศักดิ์ ชนะงาม[2]
Wirach Auesongtham[1]*, Sumalee Panmat[1], Jadsadaporn Rodpipat[1], Yupin Buajanpho[1],
Pavinee Nakpraves[1], Kessanee Nontakumjan[1], Somsak Chana-ngam[2]

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม[1] กรมควบคุมมลพิษ[2]
Environmental Research and Training Centre, Department
of Environmental Quality Promotion[1], Pollution Control Department[2]
E-mail: wirachh@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากวิธีปฏิบัติการทางการบิน กรณีศึกษาท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการบริหารจัดการการบินของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง ศึกษาวิธีปฏิบัติการทางการบินที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงต่อชุมชนบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง ประเมินผลกระทบด้านเสียงอันเกิดจากการใช้เส้นทางการบินในปัจจุบันและเส้นทางการบินใหม่ และการประยุกต์ใช้ค่าพารามิเตอร์ L_{dn} (Day-Night Sound Level) ในการประเมินผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานของประเทศไทย ในการศึกษาได้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลระดับเสียงและวิเคราะห์ผลค่าระดับเสียงจากอากาศยานตามมาตรฐาน ISO 20906 การศึกษาพบว่าผลกระทบด้านเสียงจากเส้นทางการบินปัจจุบันของท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง ไม่ส่งผลให้มีพื้นที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากอากาศยานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง ใช้วิธีปฏิบัติการบินขึ้นแบบ NADP1 (Noise Abatement Departure Approach 1) ซึ่งเป็นวิธีการบินที่เหมาะสม โดยสามารถลดระดับเสียงได้ 1-2 เดซิเบลเอ สำหรับการใช้งานเส้นทางบิน SID/STAR (Standard Instrument Departure/Standard Instrument Arrival) ใหม่ไม่ส่งผลให้มีพื้นที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากอากาศยานเพิ่มขึ้นจากพื้นที่เดิม และการเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากการจำลอง เส้นเท่าระดับเสียง พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากการประเมินโดยเส้นเท่าระดับเสียง L_{dn} มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงน้อยกว่าการประเมิน โดยเส้นเท่าระดับเสียง NEF

คำสำคัญ : ผลกระทบด้านเสียง ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เส้นเท่าระดับเสียง

Abstract

The study of the impact of noise from the flight operations for the case study of Suvarnabhumi and Donmueang airports was conducted to study the impacts due to their flight management and administration which enable them to introduce suitable flight operations that produce lower effects to the communities near the airport. This study evaluated the noise effects of the conventional and new flight routes operations and had applied L_{dn} (Day-Night sound level) descriptor to evaluate the airplane noise in Thailand. The study found that both flight operations used NADP1 take-off method which could reduce the noise of about 1-2 decibel(A). The first operation of both the conventional and new SID/STAR routes would not increase the affected areas which was provided from the cabinet resolution. From the evaluation of mathematical model it was found that when using L_{dn} as reference compared to NEF, the latter method showed wider affected areas.

Keyword : noise impact, Suvarnabhumi Airport, noise Contour

1. บทนำ

ปัญหาเสียงรบกวนจากท่าอากาศยานเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งที่ต้องรีบดำเนินการแก้ไข เนื่องจากส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพการได้ยิน การพักผ่อนนอนหลับและก่อให้เกิดอาการเครียดของประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบท่าอากาศยาน การลดระดับเสียงที่เกิดจากอากาศยานสามารถดำเนินการได้หลายแนวทาง โดยแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ คือ การศึกษาวิธีการปฏิบัติการทางการบินของอากาศยาน[1,2] ทั้งในกรณีการบินขึ้นและการบินลงของอากาศยาน โดยทำการศึกษาวิธีการบินขึ้นและลงที่เหมาะสม ปัจจุบันการบินขึ้นของอากาศยานมีอยู่ 2 วิธี คือ การบินขึ้นแบบ NADP1 (Noise abatement departure procedure) เป็นวิธีการบินที่สามารถช่วยลดเสียงบริเวณชุมชนที่อยู่ใกล้กับสนามบิน และการบินขึ้นแบบ NADP2 เป็นวิธีการบินที่สามารถช่วยลดเสียงบริเวณชุมชนที่อยู่ไกลออกไปจากสนามบิน การเลือกใช้วิธีการบินขึ้นแบบ NADP1 หรือ NADP2 นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะที่ตั้งของชุมชนที่อยู่โดยรอบท่าอากาศยาน และพื้นที่ที่ต้องการลดระดับเสียงเป็นพิเศษ ทั้งนี้หน่วยงานที่กำกับดูแลท่าอากาศยานจะเป็นผู้ประกาศใช้ว่าจะบินขึ้นโดยวิธีใด สำหรับการบินลงของอากาศยานมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีการลงจอดแบบ The Conventional Approach เป็นวิธีการลงของเครื่องบินแบบปกติ โดยเครื่องบินจะลดระดับลงจนถึงระยะความสูง 3,000 ฟุต จากนั้นเครื่องบินจะบินที่ระดับดังกล่าวไปสักระยะจนถึงเส้นตัดกับเส้นทางที่ระดับสามองศาทำมุมกับทางวิ่ง วิธีการลงจอดแบบ Continuous Descent Approach (CDA) เป็นวิธีการลงจอดของเครื่องบินแบบไต่ระดับลงมาตามระยะการร่อนลง ซึ่งเป็นวิธีตรงข้ามกับวิธีการลงแบบปกติ วิธีการนี้จะค่อยๆ ลดระดับความสูงในแนวเส้นสามองศาทำมุมกับทางวิ่ง การลดระดับที่ต่อเนื่องจะใช้กำลังเครื่องยนต์น้อยกว่าวิธีการแรก สามารถลดระดับเสียงที่มีต่อชุมชนใกล้ท่าอากาศยานได้มากกว่าวิธีแรก การเปิดให้บริการของท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง ที่มีสถานที่ตั้งอยู่ใกล้กัน ในเขตกรุงเทพมหานคร ทำให้ต้องมีการปรับเส้นทางการบินของเครื่องบินเพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการบิน ซึ่งทำให้พื้นที่บางส่วนโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมืองได้รับผลกระทบด้านเสียงเพิ่มขึ้น จึงได้ดำเนินการศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากการบริหารจัดการการบินของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมืองศึกษาวิธีปฏิบัติการทางการบินที่เหมาะสมเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงต่อชุมชนบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง ประเมินผลกระทบด้านเสียงอันเกิดจากการใช้เส้นทางการบินในปัจจุบันและเส้นทางการบินใหม่ และการประยุกต์ใช้ค่าพารามิเตอร์ L_{dn} (Day-Night Sound Level) ในการประเมินผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน

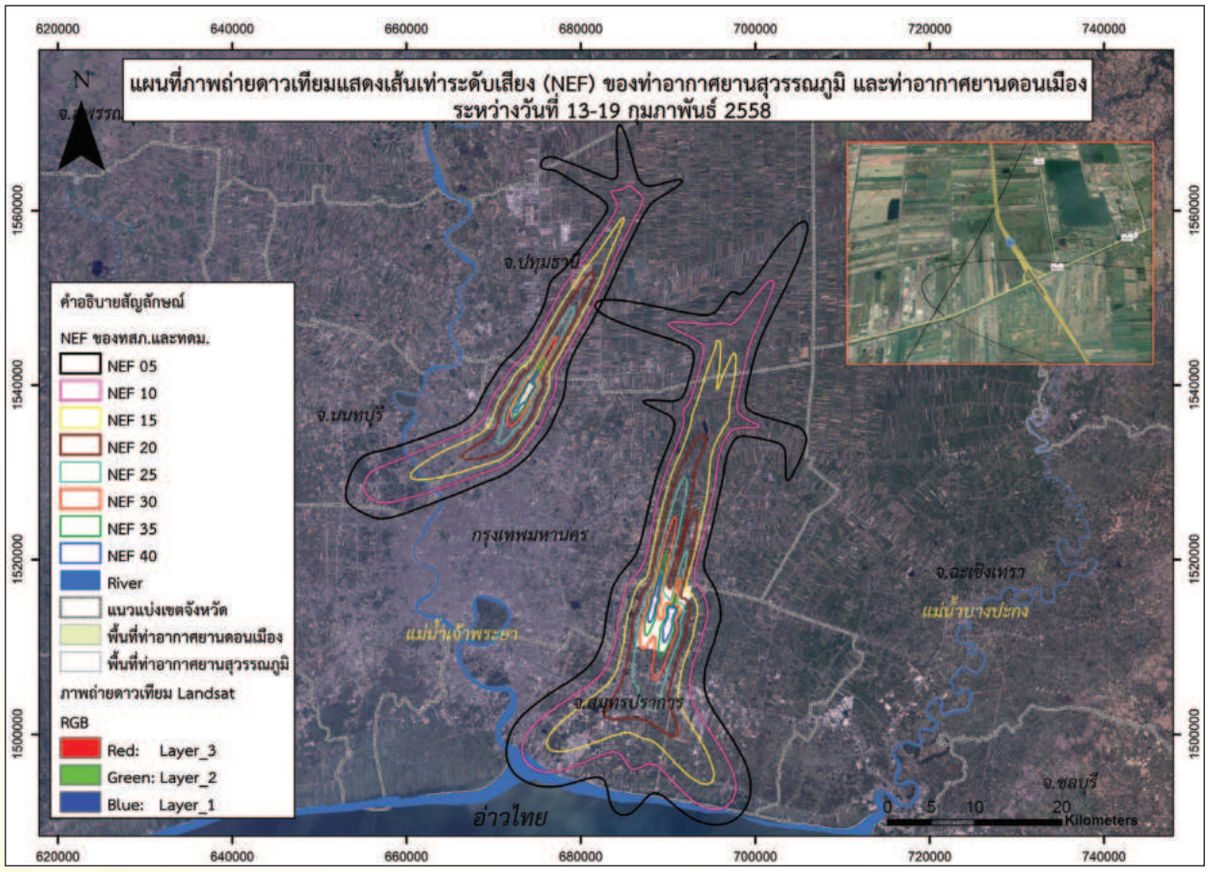
2. วิธีการวิจัย

การศึกษาวิจัยได้ดำเนินการจัดทำแผนที่สำรวจพื้นที่รอบท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมืองโดยใช้มาตราส่วน 1 ต่อ 50000 เพื่อใช้สำหรับสำรวจเส้นทางบินและกำหนดจุดตรวจวัดระดับเสียงให้ครอบคลุมพื้นที่ท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง โดยกำหนดจุดตรวจวัดเสียงอากาศยานในแนวเส้นทางบินขึ้นและบินลงของอากาศยาน และได้ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงทางด้านทิศเหนือและด้านทิศใต้ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง

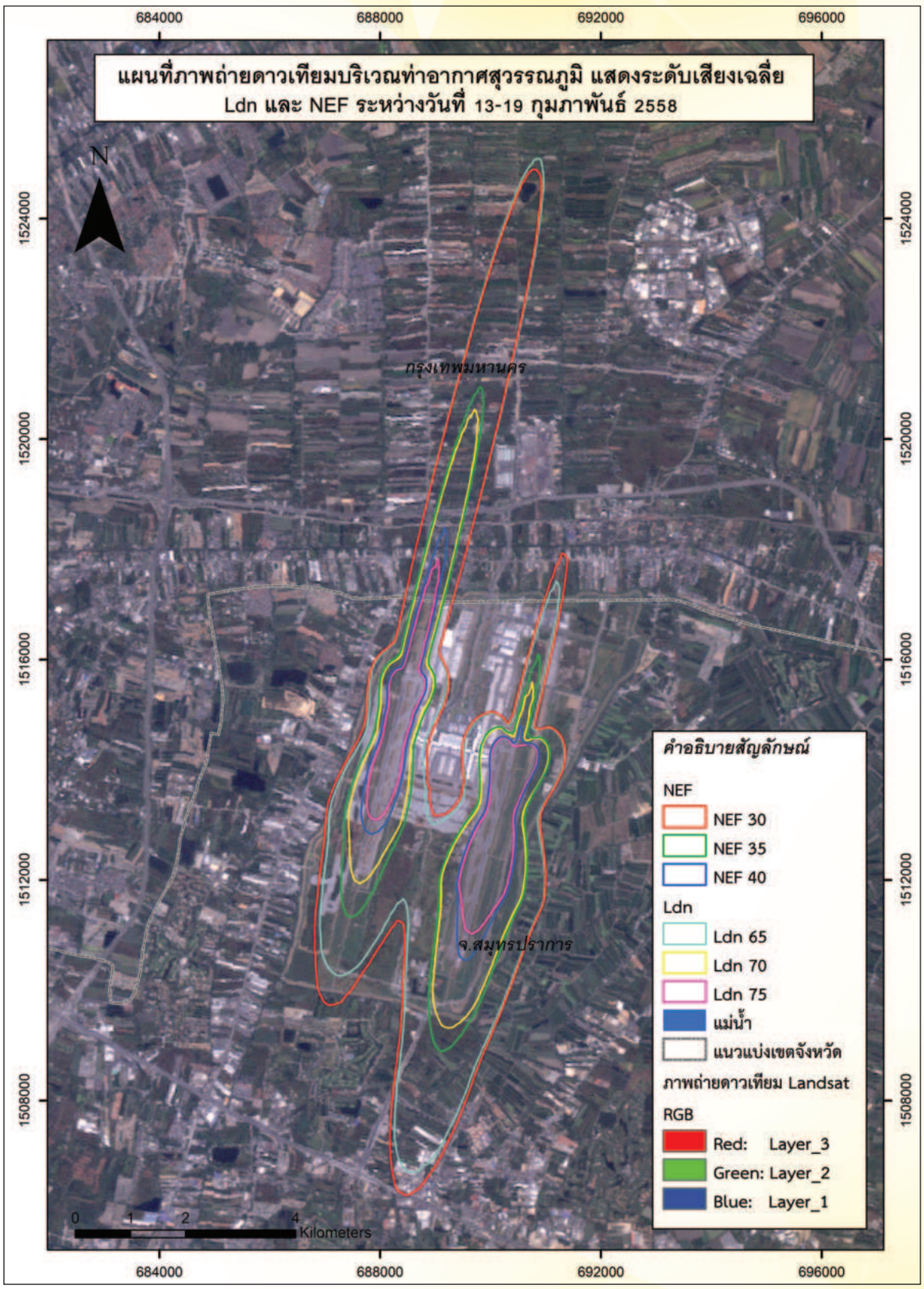
รูปที่ 1 แสดงจุดตรวจวัดเสียงด้านทิศเหนือและทิศใต้ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ

รูปที่ 2 แสดงจุดตรวจวัดเสียงด้านทิศเหนือและทิศใต้ของท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง

การเก็บข้อมูลระดับเสียงจากอากาศยานในพื้นที่ได้ดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน ISO 20906[3] โดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงที่สามารถวิเคราะห์ระดับความถี่ของเสียงได้และติดตั้งไมโครโฟนบนเสาอะลูมิเนียมสูงจากพื้น 6 เมตร ทำการตรวจวัดระดับเสียงจากอากาศยานต่อเนื่อง 7 วัน เพื่อให้ครบรอบตารางการบินภายใน 1 สัปดาห์ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตรวจวัดระดับเสียง คือ ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{eq} 24 hrs), L_{dn} และ EPNL (Effective Perceived Noise Level) จากนั้นนำข้อมูลระดับเสียง พิกัดจุดตรวจวัด พิกัดทางวิ่ง จำนวนเที่ยวบิน และเส้นทางการบินมาวิเคราะห์ผลโดยใช้โปรแกรมแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ INM Version 7.0d (Integrated Noise Model) เพื่อจัดทำแผนที่เส้นเท่าระดับเสียง L_{dn} และ NEF (Noise Exposure Forecast) สำหรับใช้ประเมินผลกระทบทางด้านเสียงที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและอนาคตของท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง ดำเนินการวิเคราะห์ค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (L_{dn}) ตามประกาศกรมควบคุมมลพิษ เรื่อง วิธีการตรวจวัดระดับเสียงอากาศยานในพื้นที่ชุมชน[4] เพื่อประเมินผลกระทบด้านเสียงจากการบินทั้ง 2 ท่าอากาศยาน



รูปที่ 3 แสดงเส้นเท่าระดับเสียง NEF ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานดอนเมือง ระหว่างวันที่ 13-19 กุมภาพันธ์ 2558



รูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ (พารามิเตอร์ NEF และ L_{dn} ของสถานการณ์การบินระหว่างวันที่ 13-19 กุมภาพันธ์ 2558)

รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง (พารามิเตอร์ NEF และ L_{dn} ของสถานการณ์การบินระหว่างวันที่ 13-19 กุมภาพันธ์ 2558)

3. ผลการวิจัย

3.1 การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากวิธีปฏิบัติการบินของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง พบว่า วิธีการปฏิบัติการบินขึ้นแบบ NADP1 เหมาะสมต่อการปฏิบัติการบินขึ้นของอากาศยานทั้ง 2 ท่าอากาศยาน เนื่องจากสามารถลดระดับเสียงที่มีผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้กับท่าอากาศยานได้ประมาณ 1-2 เดซิเบลเอ

3.2 เส้นทางการบินที่ใช้บริหารจัดการการบินของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานดอนเมือง พบว่าเส้นทางการบินของท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง มีเส้นทางที่เป็นจุดตัดกันหลายจุดและอาจทำให้มีผลกระทบด้านเสียงเกิดขึ้นได้ ด้วยเหตุนี้ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด จึงได้มีการปรับปรุงเส้นทางบิน SID/STAR ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อรองรับการขยายตัวของปริมาณเที่ยวบินที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี และได้ทำการประเมินเส้นเท่าระดับเสียงเพื่อเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบที่อาจเกิดจากการปรับปรุงเส้นทางการบิน มีผลดังนี้

- ผลกระทบด้านเสียงจากการใช้งานเส้นทางบิน SID/STAR เดิมกับผลกระทบด้านเสียงที่เกิดจากการใช้เส้นทางบิน SID/STAR ใหม่ พบว่า การใช้งานเส้นทางบิน SID/STAR ใหม่ ไม่ส่งผลให้มีพื้นที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากอากาศยานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้งานเส้นทางบิน SID/STAR เดิมในปัจจุบัน

- ผลกระทบด้านเสียงจากการใช้งานเส้นทางบินกับ Noise Contour ตามมติคณะรัฐมนตรี วันที่ 29 พฤษภาคม 2550 และวันที่ 31 สิงหาคม 2553 ซึ่ง บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) หรือ ทอท. ใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงในการจ่ายค่าชดเชยให้กับผู้ได้รับผลกระทบโดยรอบท่าอากาศยาน พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากอากาศยานของเส้นทางบิน SID/STAR เดิม และ SID/STAR ใหม่ นั้น ยังคงอยู่ในกรอบพื้นที่ที่ ทอท. ใช้อ้างอิงในการจ่ายค่าชดเชยให้กับผู้ได้รับผลกระทบ

3.3 ค่า NEF ที่คำนวณจากพารามิเตอร์ EPNL มีค่าสูงกว่าค่า NEF ที่คำนวณจากการประมาณค่าจาก L_{dn} - 35 โดยมีสมการความสัมพันธ์คือ NEF จาก EPNL= 1.077 (ค่า NEF ที่คำนวณจากค่า L_{dn}) + 0.095 โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.940 และเมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียง จากการจำลองเส้นเท่าระดับเสียง พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากการประเมินโดยเส้นเท่าระดับเสียง L_{dn} 65 - 75 เดซิเบลเอ มีค่าน้อยกว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากการประเมินโดยเส้นเท่าระดับเสียง NEF 30 - 40 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากพิจารณาใช้พารามิเตอร์ L_{dn} ในการประเมินผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานในประเทศไทยแล้ว จะมีแนวโน้มที่ทำให้พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานนั้นมีพื้นที่ที่ลดลงกว่าการใช้พารามิเตอร์ NEF

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

วิจารณ์ผล

ท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมืองเป็นท่าอากาศยานขนาดใหญ่ที่มีชุมชนตั้งอยู่ใกล้ปลายทางวิ่งทั้ง 2 ด้านเป็นจำนวนมาก การใช้วิธีการปฏิบัติการบินขึ้นแบบ NADP1 จะมีความเหมาะสมต่อการปฏิบัติการบินขึ้นของอากาศยาน เนื่องจากสามารถลดระดับเสียงที่เกิดจากอากาศยานลงได้ 1-2 เดซิเบลเอ สำหรับเส้นทางการบินที่ใช้บริหารจัดการการบินของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง พบว่า เส้นทางการบินเดิมของท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง มีจุดตัดกันหลายจุด จึงทำให้บริหารจัดการการบินเป็นไปด้วยความยากลำบากหากมีจำนวนเที่ยวบินเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งเมื่อประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงของท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง ในช่วงเทศกาลตรุษจีนซึ่งเป็นช่วงที่มีปริมาณการจราจรทางอากาศสูงที่สุดของปี พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงของทั้ง 2 ท่าอากาศยานมีแนวโน้มที่จะซ้อนทับกัน ด้วยเหตุนี้ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด จึงได้มีการปรับปรุงเส้นทางบิน Standard Instrument Departure (SID) และ Standard Instrument Arrival (STAR) ของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ เพื่อรองรับการขยายตัวของปริมาณเที่ยวบินที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี สำหรับผลกระทบด้านเสียงจากการใช้เส้นทางบิน SID/STAR เดิมและผลกระทบด้านเสียงที่เกิดจากการใช้เส้นทางบิน SID/STAR ใหม่นั้น พบว่า การใช้งานเส้นทางบิน SID/STAR ใหม่ไม่ส่งผลให้มีพื้นที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากอากาศยานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่ในการใช้เส้นทางการบินใหม่นั้นยังสามารถช่วยในเรื่องของความปลอดภัยทางการบินได้มากขึ้นนอกเหนือจากการพิจารณาในเรื่องของเสียงที่มีผลกระทบ

การประยุกต์ใช้ค่า L_{dn} ในการประเมินผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยาน พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากการประเมินโดยใช้เส้นเท่าระดับเสียง L_{dn} 65 - 75 เดซิเบลเอ มีพื้นที่น้อยกว่าพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากการประเมินโดยเส้นเท่าระดับเสียง NEF 30 - 40 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากพิจารณาใช้พารามิเตอร์ L_{dn} ในการประเมินผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานในประเทศไทย จะมีแนวโน้มที่ทำให้พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบทางเสียงจากท่าอากาศยานนั้นมีพื้นที่ที่ลดลงกว่าการใช้พารามิเตอร์ NEF แต่การใช้พารามิเตอร์ L_{dn} นั้นจะมีความสะดวกต่อการตรวจวัดระดับเสียง เนื่องจากเครื่องมือวัดเสียงทั่วไปสามารถทำการตรวจวัดระดับเสียงเพื่อประเมินค่า L_{dn} ได้ และมีราคาต่ำกว่าเครื่องมือวัดเสียงที่มีพารามิเตอร์วัดค่า EPNL สำหรับใช้คำนวณค่า NEF

ข้อเสนอแนะ

บริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ในฐานะหน่วยงานกำกับดูแลท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง ควรมีการสนับสนุนให้สายการบินที่มาใช้บริการที่ท่าอากาศยานทั้ง 2 แห่ง ทำการปฏิบัติการบินขึ้นของอากาศยานแบบ NADP1 เพื่อลดผลกระทบด้านเสียงที่มีต่อชุมชนรอบท่าอากาศยาน

ควรมีการศึกษาวิธีปฏิบัติการบินลงของอากาศยานแบบ CDA เนื่องจากสามารถลดผลกระทบด้านเสียงที่มีต่อชุมชนรอบท่าอากาศยานได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดด้านการจราจรและด้านความปลอดภัยทำให้ยังไม่มีสายการบินที่จะดำเนินการบินลงด้วยวิธีแบบนี้

ควรให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อาทิ กรมควบคุมมลพิษ จัดทำคู่มือหรือแนวทางการตรวจวัดเสียงจากอากาศยานโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ L_{dn} ในการประเมินผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยาน เนื่องจากสามารถใช้เครื่องมือวัดเสียงทั่วไปตรวจวัดได้และง่ายในการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูล

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความช่วยเหลือและความร่วมมืออันดียิ่ง อีกทั้งยังให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัยจากหน่วยงานผู้ร่วมวิจัย ได้แก่ สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ บริษัท วิทยุการบินแห่งประเทศไทย จำกัด และบริษัท ท่าอากาศยานไทย จำกัด (มหาชน) ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมรู้สึกซาบซึ้งและขอขอบคุณในความร่วมมืออันดียิ่งที่ศูนย์วิจัยฯ ได้รับเสมอมา นอกจากนี้ ขอขอบคุณเจ้าของสถานที่ต่าง ๆ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดเสียงทำให้ได้ข้อมูลประกอบการวิจัยที่เป็นประโยชน์อย่างมากในครั้งนี้ และท้ายที่สุดขอขอบคุณทุกความเห็น คำแนะนำถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมืองจากนักวิชาการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

1. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. รายงานโครงการศึกษารูปแบบการใช้ที่ดินเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ. ปทุมธานี: กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม; 2556.
2. International Civil Aviation Organization. Review of Noise Abatement Procedure Research & Development and Implementation Result. Preliminary Edition. International Civil Aviation Organization; 2007.
3. International Organization for Standardization. ISO 20906: 2009 Acoustic-Unattended Monitoring of Aircraft Sound in the Vicinity of Airports. 1st Edition. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2009.
4. นันทวัน ว.สิงหะคเชนทร์ และคณะ. คู่มือการตรวจวัดระดับเสียงอากาศยานในพื้นที่ชุมชน. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ; 2560

การศึกษาผลกระทบด้านเสียง จากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา

Study of noise impact from
Utapao International Airport

การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา
Study of noise impact from Utapao International Airport

วิรัช เอื้อทรงธรรม* สุมาลี ปานมาศ เจษฎาพร รอดพิพัฒน์ ณัฐพงศ์ จันทร์สมบัติ
ยุพิน บัวจันพอ ภาวิณี นาคประเวศน์ เกษนีย์ นนทคำจันทร์ ศิวฤทธิ์ โรจนสีมานนท์
Wirach Auesongtham*, Sumalee Panmat, Jadsadaporn Rodpipat, Nattapong Chansombat
Yupin Buajanpho, Pavinee Nakpraves, Kessanee Nontakumjan, Sivarit Rojanasimanon

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion
E-mail: wirachh@hotmail.com*

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาและเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงสำหรับท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้วิธีการเก็บข้อมูลระดับเสียงและวิเคราะห์ผลค่าระดับเสียงจากอากาศยานตามมาตรฐาน ISO 20906 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นค่าระดับเสียงของสถานที่ที่ตั้งอยู่บริเวณด้านทิศเหนือของท่าอากาศยาน ซึ่งเป็นบริเวณที่มีชุมชนตั้งอยู่จำนวนมาก โดยมีสถานที่ตรวจวัดระดับเสียง ดังนี้ โรงเรียนวัดสมบูรณาราม มีค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (L_{dn}) เท่ากับ 49.5 เดซิเบลเอ ค่า NEF (Noise Exposure Forecast) เท่ากับ 15 ที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า มีค่า L_{dn} เท่ากับ 53.9 เดซิเบลเอ ค่า NEF เท่ากับ 21 ที่วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนเวช มีค่า L_{dn} เท่ากับ 46.3 เดซิเบลเอ ค่า NEF เท่ากับ 13 และที่ประเสริฐฟาร์ม มีค่า L_{dn} เท่ากับ 41.9 เดซิเบลเอ ค่า NEF เท่ากับ 10 ซึ่งค่าระดับเสียงอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน สำหรับที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า ซึ่งเป็นพื้นที่อ่อนไหวทางด้านเสียง มีสถานที่ตั้งอยู่ในแนวเส้นทางการบินขึ้น - ลง ของอากาศยาน มีแนวโน้มจะได้รับผลกระทบค่อนข้างสูงในอนาคตหากมีการเพิ่มเที่ยวบินมากขึ้น ควรมีการเฝ้าระวังการเพิ่มขึ้นของระดับเสียง ในบริเวณดังกล่าวเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการเรียนของเด็ก และเพื่อป้องกันผลกระทบด้านเสียงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตควรมีการประกาศพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบด้านเสียงโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาให้ประชาชนหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ได้ทราบ

คำสำคัญ : ผลกระทบด้านเสียง ท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา เส้นเท่าระดับเสียง

Abstract

This study was conducted to assess the impact of noise pollution at Utapao International Airport. The objectives of the study was to evaluate the noise pollution generated and propose mitigation measures to solve the noise pollution at Utapao International Airport. The method used in this study was based on ISO 20906. The results showed that at Somboonnaram Temple School, the average day-night (L_{dn}) was 49.5 dBA, and the Noise Exposure Forecast (NEF) was 15, at Saengsongla Child Development Center, the L_{dn} was 53.9 dBA ค่า NEF เท่ากับ 21, at Technology Pattanawech College the L_{dn} was 46.3 dBA and NEF was 13, at Prasert Farm the L_{dn} was 41.9 dBA and the NEF was 10. The results also revealed that the Somboonnaram Temple School, Technology Pattanawech College, and Prasert Farm did not receive noise impact due to airport activities. However, Saengsongla Child Development Center which is located within the noise contour line which may receive noise impact from the landing and take-off of airplanes especially for future plans to increase the number of flights in this airport. The small children will be greatly affected by the noise generated from airplane activities. It is therefore very important to monitor and make a systematic surveillance for noise pollution in this area to avoid impact to small children during their learning and development stage. In order to prevent noise pollution issues from the airport that may affect the people in this area, it is very necessary to give information to the local people about the noise pollution problems that may occur due to airport expansion in the future.

Keywords : noise impact, Utapao International Airport, noise contour

1. บทนำ

ปัญหาเสียงรบกวนจากท่าอากาศยานเป็นปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งที่ต้องรีบดำเนินการแก้ไข เนื่องจากส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพการได้ยิน การพักผ่อนนอนหลับของประชาชน ก่อให้เกิดอาการเครียดซึ่งอาจเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจ โดยเฉพาะประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบท่าอากาศยาน ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาให้เป็นท่าอากาศยานเชิงพาณิชย์แห่งที่ 3 ต่อจากท่าอากาศยานสุวรรณภูมิและท่าอากาศยานนานาชาติดอนเมือง และมีแผนงานระยะแรกที่จะพัฒนาท่าอากาศยานฯ ให้สามารถรองรับผู้โดยสารจากเดิม 8 แสนคนต่อปี เป็น 3 ล้านคนต่อปี หรือ 1,500 คนต่อชั่วโมง ภายในปี 2560 ในระยะที่ 2 พัฒนาให้สามารถรองรับผู้โดยสารได้ 5 ล้านคนต่อปี ภายในปี 2563 และระยะที่ 3 ก่อสร้างทางวิ่ง (รันเวย์) ที่ 2 ระยะทางไม่ต่ำกว่า 2,700 เมตร ในปี 2563[1] ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวจะทำให้ท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาสามารถรองรับจำนวนเที่ยวบินของอากาศยานทั้งภายในและภายนอกประเทศได้มากขึ้น และจำนวนเที่ยวบินที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้เกิดเสียงดังรบกวนต่อประชาชนที่พักอาศัยใกล้บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานฯ ได้ ซึ่งการศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาเป็นการศึกษาแนวโน้มผลกระทบของเสียงจากการบินขึ้นและลงของอากาศยาน รวมทั้งเสียงที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ภายในท่าอากาศยาน และเสนอแนะแนวทางเพื่อใช้แก้ไขปัญหามลพิษทางเสียง ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบในเรื่องเสียงรบกวนที่มีต่อประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาให้น้อยที่สุด เพื่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ดีของประชาชนต่อไป

2. วิธีการวิจัย

การตรวจวัดระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา เป็นการศึกษาเพื่อประเมินสถานการณ์มลพิษทางเสียงที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน โดยได้ดำเนินการสำรวจหาพื้นที่อ่อนไหวทางด้านเสียง เช่น วัด โรงเรียน โรงพยาบาล ฯลฯ เพื่อทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงและประเมินผลกระทบด้านเสียง มีสถานที่ที่ดำเนินการติดตั้งเครื่องมือและตรวจวัดระดับเสียงดังนี้ โรงเรียนวัดสมบูรณาราม ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนเวช และประเสริฐฟาร์ม การศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา ได้มีการดำเนินการศึกษาข้อมูลสภาพแวดล้อมลักษณะทางกายภาพโดยรอบของท่าอากาศยาน เส้นทางการบินและวิธีการบินขึ้น-ลงของอากาศยาน รวมทั้งมีการรวบรวมข้อมูลจำนวนเที่ยวบิน และจัดทำเส้นเท่าระดับเสียงของท่าอากาศยาน โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์โปรแกรม AEDT (Aviation Environment Design Tool) วางแผนและสำรวจพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลระดับเสียง ข้อมูลสิ่งปลูกสร้างและการใช้ประโยชน์ที่ดินรอบท่าอากาศยาน จากนั้นได้ดำเนินการตรวจวัดระดับเสียงโดยใช้เครื่องมือตรวจวัดระดับเสียงที่สามารถวิเคราะห์ระดับความถี่ของเสียงได้และติดตั้งไมโครโฟนบนเสาอะลูมิเนียมสูงจากพื้น 6 เมตร เก็บข้อมูลค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{eq} 24 hr) ค่าระดับเสียงแบบแยกความถี่ (Octave band) โดยเก็บข้อมูลค่าระดับเสียงต่อเนื่องเป็นเวลา 7 วัน (เพื่อให้ครบรอบตารางการบินใน 1 สัปดาห์) การเก็บข้อมูลระดับเสียงจากอากาศยาน ได้ดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน ISO 20906[2] และนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดมาแปรผลข้อมูล คำนวณค่าระดับเสียงเป็นค่า NEF และระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (L_{dn}) ประเมินผลกระทบของระดับเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยาน พร้อมทั้งพิจารณาเสนอแนะแนวทางการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียง

รูปที่ 1 แสดงสถานที่ตรวจวัดระดับเสียงบริเวณท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา

3. ผลการวิจัย

3.1 การศึกษาค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{eq} 24 hr)

ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง (L_{eq} 24 hr) เป็นค่าระดับเสียงที่เกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงของทุกกิจกรรมที่ทำให้เกิดเสียงหรือเสียงในสิ่งแวดล้อมทั้งหมด โดยผลการตรวจวัดระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง มีดังนี้ ที่วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนเวช มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 59.0 เดซิเบลเอ ประเสริฐฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 53.7 เดซิเบลเอ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 57.3 เดซิเบลเอ และที่โรงเรียนวัดสมบูรณาราม มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง เท่ากับ 62.1 เดซิเบลเอ ซึ่งหากนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ซึ่งกำหนดให้ค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 70 เดซิเบลเอ พบว่า สถานที่ตรวจวัดระดับเสียงทั้ง 4 แห่ง มีค่าระดับเสียงเฉลี่ย 24 ชั่วโมง อยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด

3.2 การศึกษาค่าระดับเสียงสูงสุด (L_{max})

ค่าระดับเสียงสูงสุด (L_{max}) เป็นค่าระดับเสียงสูงสุดจากการตรวจวัดเสียงจากแหล่งกำเนิด ทุกกิจกรรมที่ทำให้เกิดเสียง หรือเสียงในสิ่งแวดล้อมทั้งหมด โดยผลการตรวจวัดระดับเสียงสูงสุด มีดังนี้ วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนเวช มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงสูงสุด เท่ากับ 86.0 เดซิเบลเอ ประเสริฐฟาร์ม มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงสูงสุด เท่ากับ 82.1 เดซิเบลเอ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงสูงสุด เท่ากับ 91.3 เดซิเบลเอ และโรงเรียนวัดสมบูรณาราม มีค่าเฉลี่ยของระดับเสียงสูงสุดเท่ากับ 90.1 เดซิเบลเอ ซึ่งหากนำมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 15 (พ.ศ. 2540) เรื่อง กำหนดมาตรฐานระดับเสียงโดยทั่วไป ที่กำหนดให้ค่าระดับเสียงสูงสุดไม่เกิน 115 เดซิเบลเอ พบว่า สถานที่ตรวจวัดระดับเสียงทั้ง 4 แห่ง มีค่าระดับเสียงสูงสุดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

3.3 การศึกษาค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (Day-Night Average Noise level, L_{dn})

ค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (L_{dn}) เป็นค่าระดับเสียงที่คำนวณจากค่าระดับพลังงานของเสียงใน 1 วินาที (Sound Exposure Level, SEL) ของเฉพาะเหตุการณ์จากอากาศยาน โดยไม่รวมเสียงจากเหตุการณ์สิ่งแวดล้อมอื่น ๆ แต่ค่า L_{dn} นี้จะมีการคำนวณชดเชยค่าระดับเสียงในเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในเวลากลางคืน ช่วงเวลาระหว่าง 22.00 น. - 07.00 น. ซึ่งถือว่าเป็นช่วงเวลาที่เป็นเวลาพักผ่อน โดยจะทำการชดเชยด้วยการบวกเพิ่มระดับเสียงขึ้นอีก 10 เดซิเบลเอ ในช่วงเวลาดังกล่าวในการตรวจวัดค่า L_{dn} บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา พบว่า ที่วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนเวช มีค่า L_{dn} เท่ากับ 46.8 เดซิเบลเอ ประเสริฐฟาร์ม มีค่า L_{dn} เท่ากับ 41.9 เดซิเบลเอ ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า มีค่า L_{dn} เท่ากับ 53.9 เดซิเบลเอ และที่โรงเรียนวัดสมบูรณาราม มีค่า L_{dn} เท่ากับ 49.5 เดซิเบลเอ โดยค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน (L_{dn}) ของสถานที่ตรวจวัดระดับเสียงทั้ง 4 แห่ง อยู่ในเกณฑ์ของพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน (พื้นที่ที่รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานต้องค่าระดับเสียงเฉลี่ยกลางวัน-กลางคืน ($L_{dn} \geq 65$ เดซิเบลเอ) แต่ที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้านั้น มีค่าระดับเสียง L_{dn} สูงที่สุดของทุกที่ คือ 53.9 เดซิเบลเอ ซึ่งเป็นเพราะมีสถานที่ตั้งอยู่ในแนวเส้นทางการบิน และมีแนวโน้มที่เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานได้ในอนาคต หากมีการเพิ่มจำนวนเที่ยวบิน

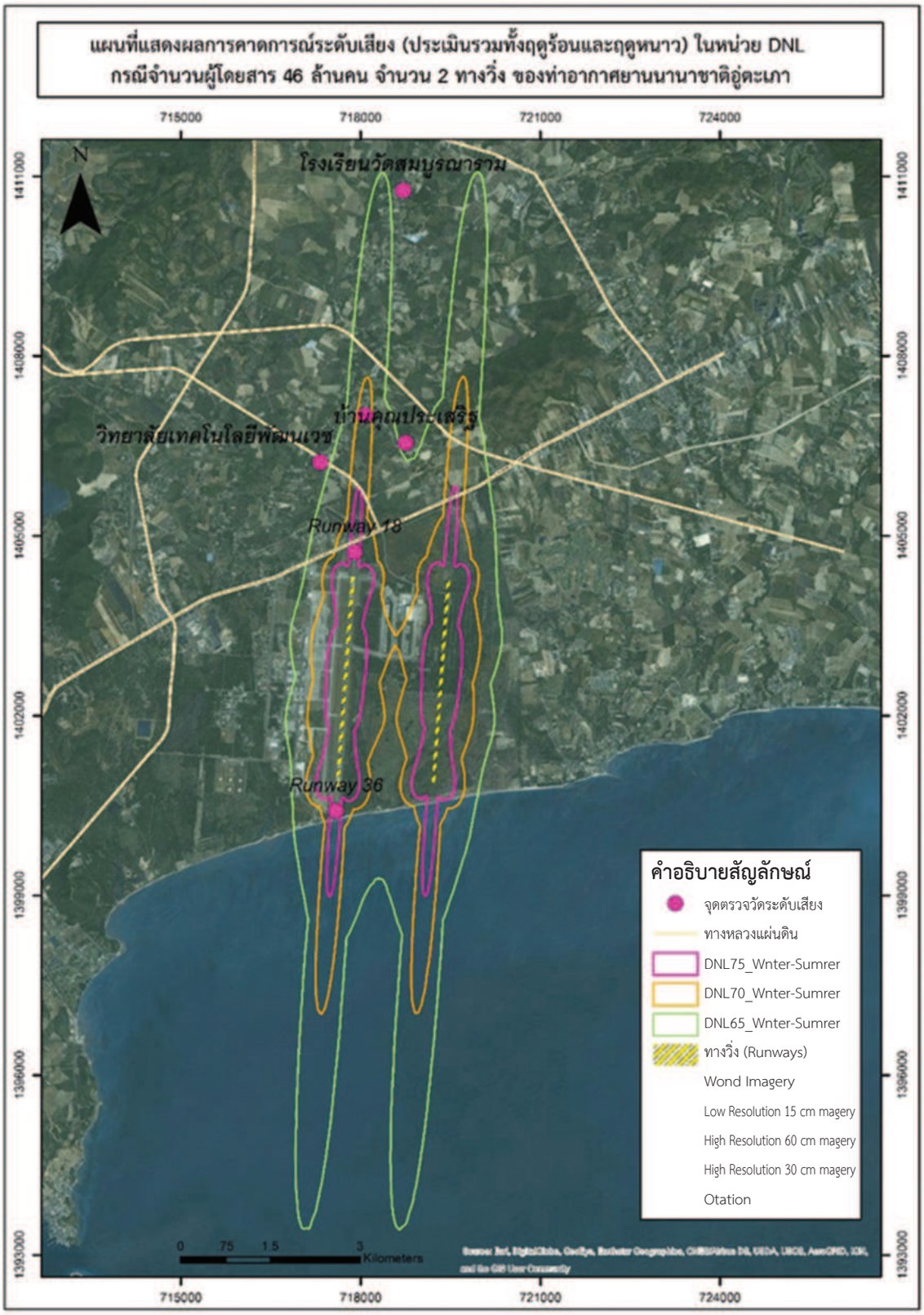
3.4 การศึกษา Noise Exposure Forecast (NEF)

ค่า NEF เป็นค่าระดับเสียงที่คำนวณจากค่า Effective Perceived Noise Level (EPNL) ซึ่งเป็นค่าระดับเสียงที่ใช้ในการประเมินพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน จากการตรวจวัดระดับเสียงค่า NEF บริเวณโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา พบว่า วิทยาลัยเทคโนโลยีพัฒนเวช มีค่าเฉลี่ย NEF เท่ากับ 13 ประเสริฐฟาร์ม มีค่าเฉลี่ย NEF เท่ากับ 10 ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า มีค่าเฉลี่ย NEF เท่ากับ 21 และที่โรงเรียนวัดสมบูรณาราม มีค่าเฉลี่ย NEF เท่ากับ 15 ซึ่งค่า NEF ของสถานที่ตรวจวัดระดับเสียงทั้ง 4 แห่ง อยู่ในเกณฑ์ของพื้นที่ที่ไม่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน (พื้นที่ที่รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานต้อง NEF ≥ 30) แต่ที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้านั้นมีค่าระดับ NEF เฉลี่ยสูงที่สุดของทุกสถานที่ คือ 21 ซึ่งเป็นสถานที่ตรวจวัดที่อยู่ในแนวเส้นทางการบิน และมีแนวโน้มที่เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานได้ในอนาคต หากมีการเพิ่มจำนวนเที่ยวบิน

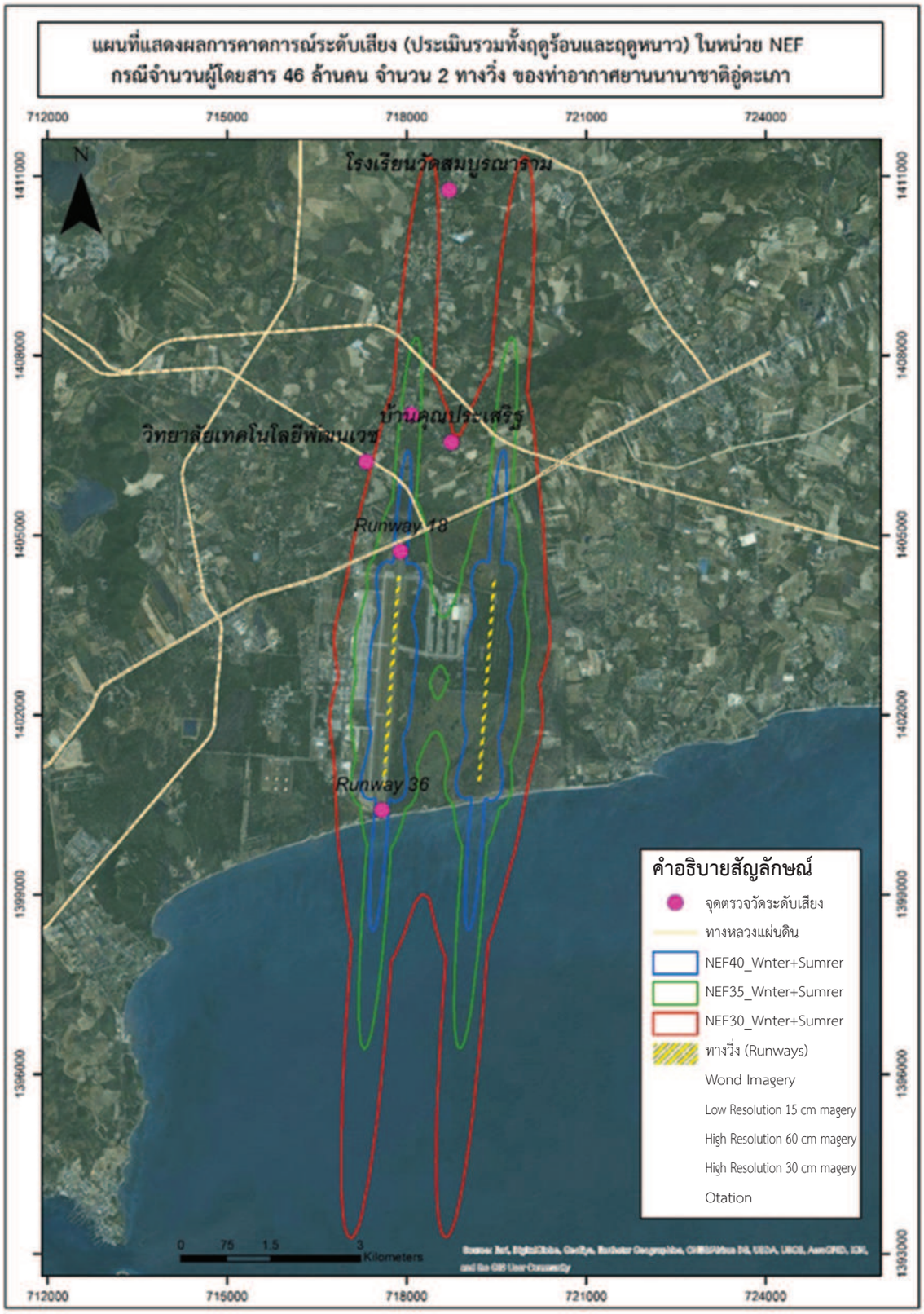
3.5 การคาดการณ์เส้นเท่าระดับเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา

การจัดทำเส้นเท่าระดับเสียงจากท่าอากาศยานเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งซึ่งทำให้ทราบถึงสถานการณ์ของมลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานในแต่ละปี โดยกรอบแนวเส้นเท่าระดับเสียงจากอากาศยานนี้สามารถใช้เป็นกรอบพื้นที่ในการบริหารจัดการพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานเพื่อลดผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน ทั้งนี้การคาดการณ์ทำเส้นเท่าระดับเสียงของท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาจะใช้ข้อมูลการบิน คือ จำนวนเที่ยวบิน เส้นทางการบิน โดยจำนวนเที่ยวบินนั้นจะใช้ข้อมูลของจำนวนเที่ยวบินในรอบ 1 ปี และนำมาเฉลี่ยเป็นข้อมูลจำนวนเที่ยวบินเฉลี่ยรายวัน

การคาดการณ์เส้นเท่าระดับเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา ในปี พ.ศ. 2559 ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลการบินของท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาจากสมุดบันทึกการบิน ซึ่งเป็นสมุดที่ใช้ในการบันทึกประวัติการบินของอากาศยานที่ใช้บริการในท่าอากาศยานฯ โดยประกอบไปด้วยข้อมูลดังนี้ ชนิดของอากาศยาน วันและเวลาปฏิบัติการบิน การปฏิบัติการบิน (บินขึ้น, บินลง) ฯลฯ แต่ไม่ได้มีการระบุการใช้ทางวิ่ง (Runway) เนื่องจากการปฏิบัติการบินจะมีทิศทางการใช้ทางวิ่งเป็นไปตามทิศทางลม ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงกำหนดการใช้ทางวิ่งดังนี้ อากาศยานบินขึ้นทางทิศใต้และบินลงทางทิศเหนือ ระหว่างเดือนมีนาคมถึงตุลาคม และอากาศยานบินขึ้นทางทิศเหนือและบินลงทางทิศใต้ ระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ และในการคาดการณ์เส้นเท่าระดับเสียงนี้จะไม่นำอากาศยานชนิดปีกหมุนและอากาศยานทางทหารมาใช้ในการคำนวณ โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ AEDT 2c (Aviation Environmental Design Tool version 2c)



รูปที่ 2 แสดงเส้นเท่าระดับเสียง (L_{dn}) รองรับจำนวนผู้โดยสาร 46 ล้านคนต่อปี ของท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา กรณีใช้ทางวิ่งทั้ง 2 ฝั่งให้บริการเชิงพาณิชย์ในอัตราส่วน 50:50



รูปที่ 3 แสดงเส้นเท่าระดับเสียง (NEF) รองรับจำนวนผู้โดยสาร 46 ล้านคนต่อปี ของท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา กรณีใช้ทางวิ่งทั้ง 2 ฝั่งให้บริการเชิงพาณิชย์ในอัตราส่วน 50:50

4. วิจารณ์ผลและข้อเสนอแนะ

วิจารณ์ผล

4.1 สถานการณ์มลพิษทางเสียงบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา บริเวณสถานที่ตรวจวัดระดับเสียงทั้ง 4 แห่ง ค่าระดับเสียงยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยังไม่เป็นพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยาน สำหรับที่ศูนย์พัฒนาเด็กเล็กแสงส่องหล้า พบว่า ระดับเสียงโดยทั่วไปมีผลกระทบมาจากเสียงของอากาศยาน หากมีการเพิ่มจำนวนเที่ยวบินหรือมีการใช้อากาศยานที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ก็จะส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มขึ้นของระดับเสียงโดยทั่วไปของจุดตรวจวัด

4.2 การคาดการณ์พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ พบว่า ท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา ในช่วงการพัฒนา (ปัจจุบัน - พ.ศ.2570) มีพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงที่ส่งผลกระทบต่อชุมชนน้อย เนื่องจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภามีสภาพภูมิประเทศด้านทิศใต้ติดกับทะเลอ่าวไทยและมีชุมชนกระจายตัวอยู่ทางทิศเหนือของท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา อีกทั้งบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภายังเป็นพื้นที่ของกองทัพเรือ ซึ่งทำหน้าที่เป็นพื้นที่กันชนด้านเสียง (Buffer zone) ระหว่างพื้นที่ท่าอากาศยานและพื้นที่ชุมชนได้เป็นอย่างดี

ข้อเสนอแนะ

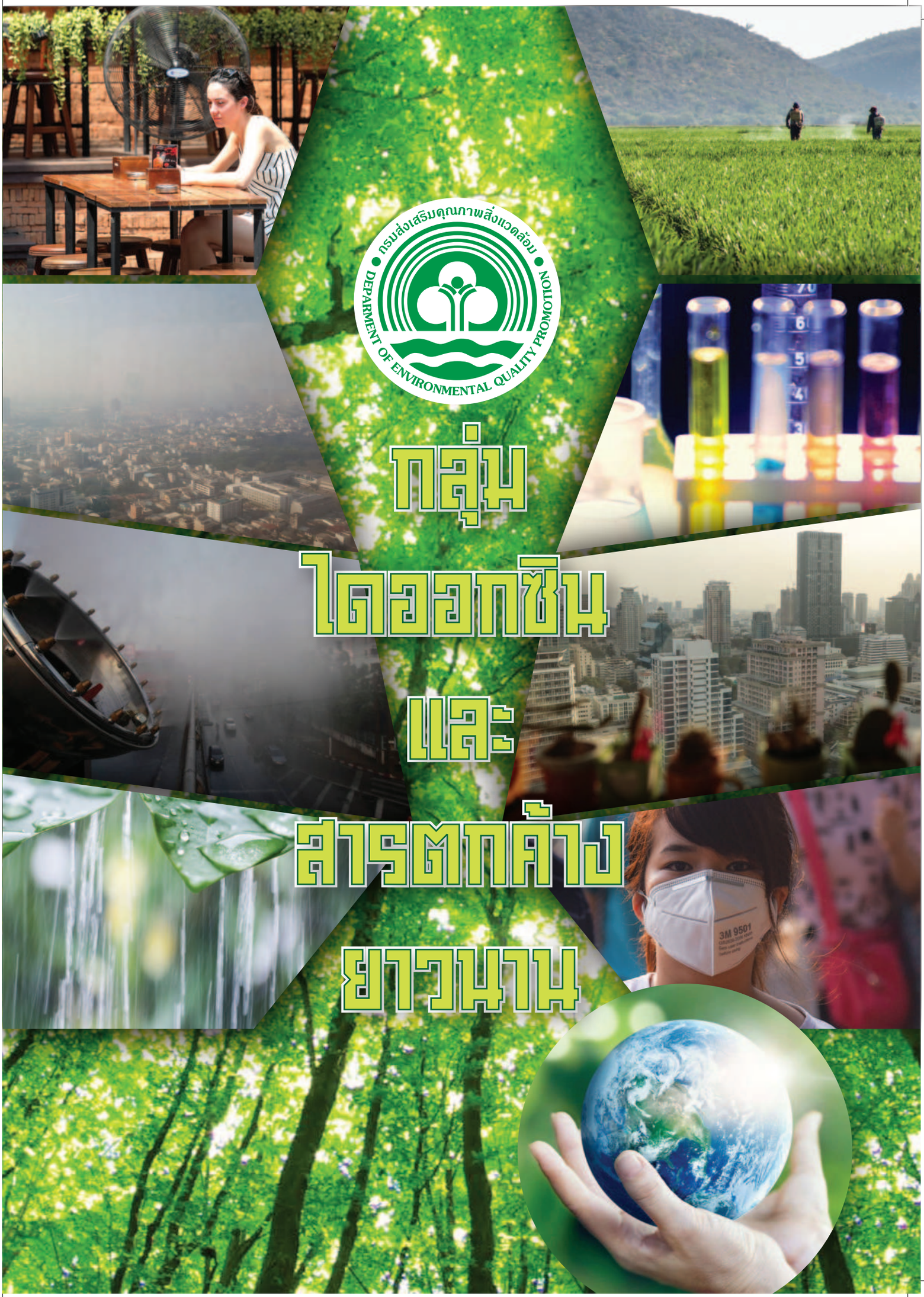
การจำลองสถานการณ์การบินของท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาโดยใช้ข้อมูลการบินของท่าอากาศยานสุวรรณภูมิ ปี พ.ศ. 2557 ซึ่งสามารถรองรับผู้โดยสารได้ 46 ล้านคนต่อปี และพิจารณาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจากอากาศยานตามฤดูกาล พบว่า พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบด้านเสียงจะส่งผลกระทบต่อชุมชนด้านทิศเหนือเพิ่มขึ้นเป็นบริเวณกว้าง ดังนั้น เพื่อป้องกันผลกระทบด้านเสียงที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ควรประกาศพื้นที่ที่อาจได้รับผลกระทบด้านเสียงโดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภาให้ประชาชนหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่ทราบ เพื่อความเหมาะสมในการบริหารจัดการพื้นที่โดยรอบท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา และเพื่อป้องกันหรือลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตให้มีน้อยที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีจากความช่วยเหลือและความร่วมมืออันดียิ่ง อีกทั้งยังให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลประกอบการวิจัยจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สำนักงานการท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา นอกจากนี้ขอขอบคุณหน่วยงานหรือเจ้าของสถานที่ต่าง ๆ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดเสียงทำให้ได้ข้อมูลประกอบการวิจัยที่เป็นประโยชน์อย่างมากในครั้งนี้ และท้ายที่สุดขอขอบคุณ ทุกความเห็น คำแนะนำถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงจากท่าอากาศยานนานาชาติอู่ตะเภา จากนักวิชาการของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาส นี้

เอกสารอ้างอิง

1. บริษัท Realist Solution จำกัด [Internet]. เปิดแผนพัฒนาสนามบินอู่ตะเภา. [cited 2017 August 15] Available From http://www. realist.co.th/blog/สนามบินอู่ตะเภา/
2. International Organization for Standardization. ISO 20906: 2009 Acoustic—Unattended Monitoring of Aircraft Sound in the Vicinity of Airports. 1st Edition. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2009.


กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION
กลุ่ม
ไดออกซิน
และ
สารตกค้าง
ยาวนาน

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

การตรวจสอบปริมาณและการกระจาย ของสารไดออกซิน ฟิวแรนและไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในอากาศบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Determination and distribution of dioxins, furans and dioxin like PCBs
in ambient air in area surrounding Bangkok and Bangkok Metropolitan Region

การตรวจสอบปริมาณและการกระจาย ของสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในอากาศบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

Determination and distribution of dioxins, furans and dioxin like PCBs in ambient air in area surrounding Bangkok and Bangkok Metropolitan Region

รุจยา บุณยทุมานนท์* ชวนพิศ บุญย่อย เมธวัจน์ รุ่งศิริวรพงศ์
ฐิติมา สุจินพรัหม สุทธิศักดิ์ ณรงค์ศักดิ์ วิวรรธน์ คูนาเอก ศุภฤกษ์ พุกพัก
Ruchaya Boonyatumanond*, Chuanpit Boonyoy, Methawaj Rungsiriworapong,
Titima Sujinapram, Suttisak Narongsak, Viwatana Kuna-ake

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
Environmental Research and Training Centre, Department of Environmental Quality Promotion
E-mail: ruchaya2007@gmail.com*

บทคัดย่อ

โครงการตรวจสอบปริมาณและการกระจายของสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในอากาศบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล วัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปริมาณการปนเปื้อนของสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี และหาองค์ประกอบของสารเหล่านั้นในอากาศที่พบจากพื้นที่ที่แตกต่างกัน และมีแหล่งกำเนิดต่าง ๆ กัน จากการศึกษานี้ใช้พื้นที่กรุงเทพมหานครเป็นตัวแทนแหล่งกำเนิดจากการจราจรหนาแน่น พื้นที่จังหวัดปทุมธานีเป็นตัวแทนพื้นที่ที่มีทั้งเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการเป็นตัวแทนพื้นที่แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่เป็นอุตสาหกรรม ซึ่งจากการศึกษาพบว่าพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ พบการปนเปื้อนสารพิษกลุ่มดังกล่าวปริมาณมากที่สุดในฤดูร้อน คือ บริเวณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ซึ่งอยู่ใกล้นิคมอุตสาหกรรมบางปู โดยพบปริมาณไดออกซิน = 0.15 pg-TEQ/m^3 ฟิวแรน = 0.39 pg-TEQ/m^3 และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี = 0.018 pg-TEQ/m^3 (total dioxins = 0.57 pg-TEQ/m^3) พื้นที่จังหวัดปทุมธานีและกรุงเทพมหานครมีค่าการปนเปื้อนสารไดออกซินที่ใกล้เคียงกันในฤดูร้อนคือ ปริมาณ total dioxins อยู่ในช่วง 0.027-0.078 pg-TEQ/m^3 และ 0.036-0.083 pg-TEQ/m^3 ตามลำดับจากการศึกษาครั้งนี้สามารถประเมินสถานการณ์การปนเปื้อนของสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในอากาศในทุกพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัยคืออยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานกำหนดในบรรยากาศของประเทศแคนาดา คือ ไม่เกิน 0.1 pg-TEQ/m^3 และมาตรฐานประเทศญี่ปุ่นกำหนด คือ ไม่เกิน 0.6 pg-TEQ/m^3

คำสำคัญ : ไดออกซิน ฟิวแรน พีซีบี อากาศ กรุงเทพมหานคร ปริมณฑล

Abstract

The determination and distribution of dioxins, furans and dioxin like PCBs in ambient air was carried out in areas surrounding Bangkok Area and Bangkok Metropolitan Region. The objective of the study was to assess the situation and composition of dioxin-furan and dioxin like PCBs in ambient air from various areas in which these area had different sources of pollution. In case of Bangkok area traffic jam is the main source of air pollution, while Pathumthani province is the source of agricultural and industrial pollution, Samutprakharn province is mainly an industrial area. The highest concentration of dioxin was found during summer season at the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (Bangpoo) with a concentration of 0.15 pg-TEQ/m^3, furan concentrations was 0.39 pg-TEQ/m^3 and dioxin like PCBs concentration was 0.018 pg-TEQ/m^3 with a total concentration of 0.57 pg-TEQ/m^3. During summer season, Samutprakharn and Pathumthani provinces, showed total concentrations at the range of 0.027 to 0.078 pg-TEQ/m^3 and 0.036 to 0.083 pg-TEQ/m^3, respectively. The results obtained from this study was very useful to assess the situation of dioxins, furans and dioxin like PCBs in ambient air these areas. The results can also be compared to standard regulation of total dioxins in ambient air of Canada, which is less than or equal to 0.1 pg-TEQ/m^3 and Japan is less than or equal to 0.6 pg-TEQ/m^3, in which the results obtained from this study showed lower concentrations and therefore can be stated that this areas are still safe from this pollutants.

Keywords : dioxins, furans, dioxin like PCBs, ambient air, Bangkok, Bangkok Metropolitan Region

1. บทนำ

สารไดออกซิน เป็นชื่อย่อของสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD) และสารกลุ่ม Polychlorinated dibenzofuran (PCDF) ได้รับพิจารณาระดับความเป็นพิษอยู่ในระดับที่ 1 (Class 1) จากสถาบัน The International Agency For Research On Cancer [1] ซึ่งหมายถึงสารพิษที่มีความเป็นพิษสูงสุดและเป็นสารก่อมะเร็ง สารกลุ่มไดออกซินและฟิวแรนมีทั้งหมด 210 ชนิด ซึ่งมีความเป็นพิษแตกต่างกันตามลักษณะของพันธะเคมีขององค์ประกอบคลอรีน ทำให้ความเป็นพิษมีความแตกต่างกัน สารพิษกลุ่มไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ซึ่งมักเรียกโดยรวมว่ากลุ่มไดออกซิน ความเป็นพิษของสารกลุ่มไดออกซิน เป็นกลุ่มสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ยาก มีคุณสมบัติเป็นพิษและเป็นสารก่อมะเร็งสะสมในสิ่งมีชีวิตตกค้างยาวนานและสามารถเคลื่อนย้ายได้ไกลในสิ่งแวดล้อมและปรับปรุงขบวนการผลิตที่ก่อให้เกิดสารไดออกซินกระจายสู่สิ่งแวดล้อม ไม่ทำให้เกิดอาการพิษหรือตายอย่างทันที แต่อาการจะค่อย ๆ เกิดและเพิ่มความรุนแรงจนถึงตายได้ อาการเฉียบพลันที่ปรากฏคือ ทำให้เกิดโรคผิวหนังที่เรียกว่า “Chloracne” คือมีผิวหนังขึ้นเป็นสิวหัวดำ[2,3] มีถุงสีน้ำตาลอมเหลืองของผิวหนังบริเวณหลังใบหู ขอบตา และหลัง สารนี้ทำให้เกิดมะเร็งหรือเนื้องอกในอวัยวะต่าง ๆ ของหนูโดยเฉพาะอย่างยิ่งในตับมีรายงานว่าเกิดโรคระบบประสาทในคนงานที่ได้รับสารนี้จากการหกรดหรือปนเปื้อนในอุตสาหกรรม โดยมีอาการกล้ามเนื้อมือเสื่อมไม่มีกำลัง มีการแสดงอาการโรคประสาท สารพิษกลุ่มไดออกซินนี้สามารถถูกพัดพาไปได้ระยะไกลมากโดยรวมอยู่ในอานุภาพของฝุ่นละอองขนาดต่าง ๆ[4,5,6] และสามารถแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้ทั้งอากาศ น้ำ ดินและตะกอนดิน ปนเปื้อนทั่วไปแม้ในพื้นที่ขั้วโลกที่ไม่มีกิจกรรมของแหล่งกำเนิดเลย[7,8,9]

แหล่งที่มาของสารไดออกซิน[9] มีได้หลายทางคือ จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 800 องศาเซลเซียส รวมทั้งการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์และกระจายสู่สิ่งแวดล้อมในเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากมีการปนด้วยสาร PVC พลาสติกประเภทต่าง ๆ การเผาป่า เตาเผาขยะติดเชื้อ เตาเผาขยะชุมชน อุตสาหกรรมที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ สารไดออกซินเกิดขึ้นจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบปริมาณสารพิษกลุ่มไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดกิจกรรมต่าง ๆ กัน และเพื่อผลักดันให้ทุกภาคส่วนตระหนักถึงสารมลพิษที่เกิดขึ้นโดยไม่จงใจจากกิจกรรมของมนุษย์และหากตรวจพบสารพิษมีปริมาณอย่างมีนัยสำคัญ จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานหรือแนวทางการศึกษาเพิ่มเติมในการพิจารณากำหนดมาตรฐานต่อไป

ปัจจุบันปัญหาการจราจรในเมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานคร มีมลพิษหลายประเภท ทั้งฝุ่นละออง สารอินทรีย์ระเหยจากน้ำมันในรถยนต์ รวมทั้งสารพิษต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาต่อเนื่อง สารพิษจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันรถยนต์ในห้องเผาไหม้ของรถยนต์ ลูกสูบและระบายออกมาทางท่อไอเสียรถยนต์ และสารมลพิษที่เกิดขึ้นโดยไม่จงใจ เช่น สารไดออกซิน ซึ่งสารกลุ่มนี้จะปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดในเมือง เช่น บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น การใช้รถยนต์เก่าทำให้เครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ ประกอบกับยังไม่เคยมีข้อมูลการตกค้างโดยไม่จงใจของสารไดออกซินในพื้นที่กรุงเทพมหานครมาก่อน จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจว่าในพื้นที่เมืองใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานครจะมีปริมาณสารไดออกซินอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายหรือไม่ การศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่ที่มีแหล่งกำเนิดสารพิษดังกล่าวในปริมาณสูง หรือพื้นที่ที่เป็นแหล่งกำเนิดและมีประชาชนอาศัยอยู่ค่อนข้างมาก นอกจากนั้นการศึกษาในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งพื้นที่เสี่ยงในการระบายสารพิษดังกล่าวจากกระบวนการเผาไหม้ของโรงงานอุตสาหกรรม และเปรียบเทียบกับพื้นที่ จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนมาก โดยการเก็บตัวอย่างอากาศในบรรยากาศบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและตรวจวัดปริมาณและชนิดสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ที่ปนเปื้อนในบรรยากาศ โดยเปรียบเทียบการกระจายตัวของสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในฤดูกาลต่าง ๆ กัน ซึ่งสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดทำค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ เนื่องจากประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ ดังนั้นการเปรียบเทียบปริมาณสารพิษที่พบโดยใช้ค่ามาตรฐานของประเทศแคนาดาและประเทศญี่ปุ่น

พื้นที่ศึกษา บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น 5 พื้นที่ (พื้นที่กรุงเทพมหานคร) บริเวณที่อยู่อาศัย (พื้นที่ปทุมธานี) และบริเวณนิคมอุตสาหกรรม (พื้นที่สมุทรปราการ) (ตารางที่1)

ตารางที่ 1 แสดงพื้นที่เก็บตัวอย่าง 3 จังหวัด

พื้นที่ศึกษา	จุดเก็บตัวอย่าง	ลักษณะจุดเก็บตัวอย่าง
กรุงเทพมหานคร (บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น)	1) กรมการขนส่งทางบก จตุจักร 2) แยกอรุณอมรินทร์ 3) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ 4) สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย 5) เคหะชุมชน ดินแดง	ติดถนน มีปริมาณรถวิ่งผ่านมาก ตั้งบริเวณสี่แยกไฟแดง ตั้งบริเวณสี่แยกไฟแดง ติดถนน มีปริมาณรถวิ่งผ่านมาก ติดถนน มีปริมาณรถวิ่งผ่านมาก
สมุทรปราการ (บริเวณนิคมอุตสาหกรรม)	1) ศาลากลางจังหวัดสมุทรปราการ 2) โรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์ 3) สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บางปู) 4) โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) สมุทรปราการ	ห่างจากนิคมฯ บางปู 8 กม. ห่างจากนิคมฯ บางปู 1 กม. ตั้งอยู่ในพื้นที่นิคมฯ บางปู ห่างจากนิคมฯ บางพลี 1 กม.
ปทุมธานี (บริเวณที่อยู่อาศัยและเกษตรกรรม)	1) องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อ.สามโคก 2) พื้นที่อำเภอลาดหลุมแก้ว 3) โรงเรียนหนองเสือวิทยาคม อ.หนองเสือ 4) โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการปทุมธานี อ.ลำลูกกา	พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่อยู่อาศัยและเกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัยและเกษตรกรรม พื้นที่อยู่อาศัย

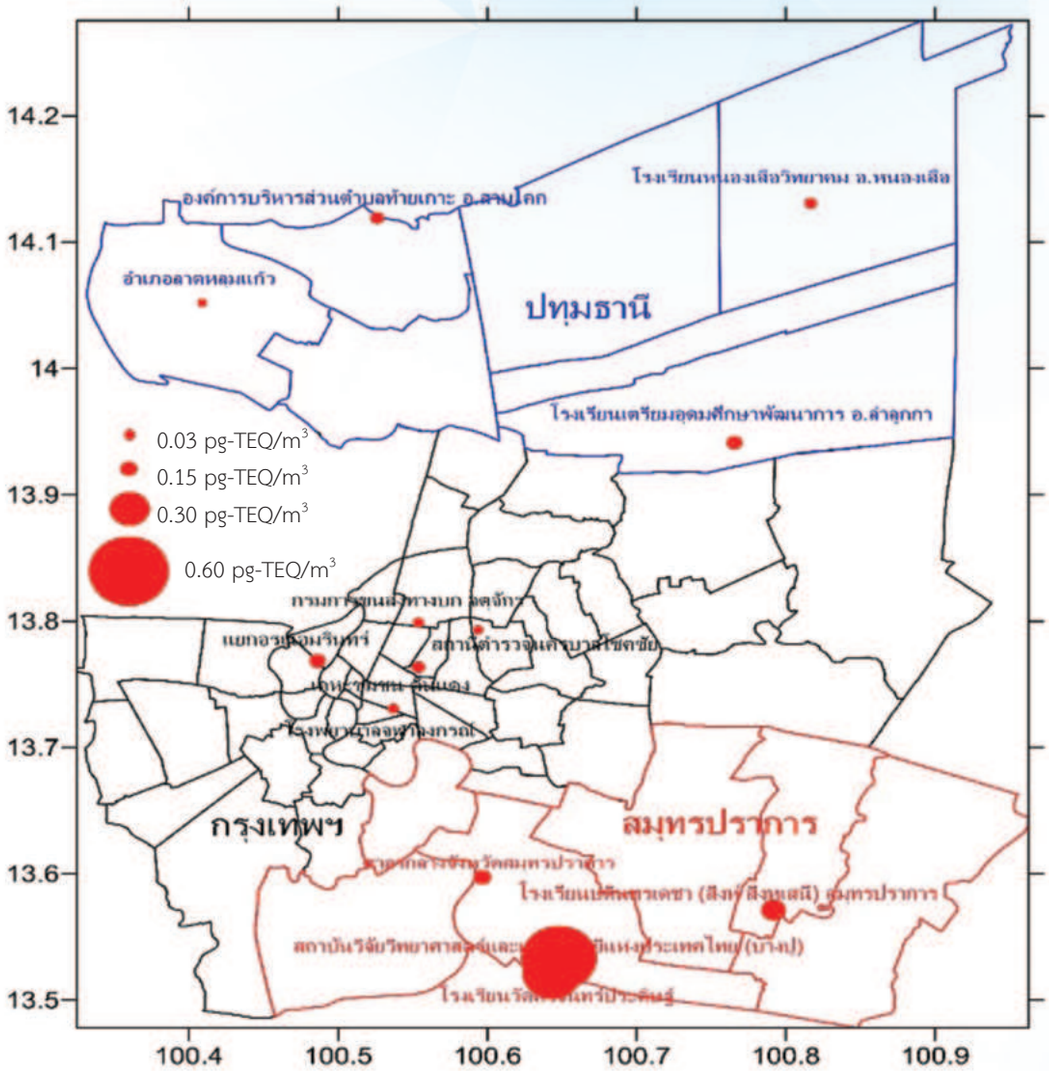
2. วิธีการวิจัย

วิธีการเก็บตัวอย่างทำตามมาตรฐานกระทรวงสิ่งแวดล้อมของประเทศญี่ปุ่น โดยการดูดอากาศด้วยปั๊มผ่านกระดาษกรอง (Quartz Fiber Filter) ขนาด 8 x 10 นิ้ว ซึ่งทำการเติม sampling spike และโพลียูรีเทนโฟม (PUF) ขนาดความหนา 2 นิ้ว x รัศมี 5 นิ้ว (รูปที่ 1) บรรจุในเครื่องมือเก็บตัวอย่างอากาศชนิด High Volume Air Sampler ยี่ห้อ Shibata รุ่น HV1000R flow rate 700 L/min เป็นการเก็บต่อเนื่อง 24 ชั่วโมง วิธีการทดสอบตามมาตรฐานกระทรวงสิ่งแวดล้อมประเทศญี่ปุ่น โดยกำจัดสิ่งเจือปนด้วย multilayer chromatography column และ activated carbon column และวิเคราะห์องค์ประกอบของ Dioxins, Furans and Dioxin like PCBs ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟีความละเอียดสูง (Gas Chromatography High Resolution Mass spectrometer) โดยใช้ยี่ห้อ JEOL รุ่น JMS-800D พ่วงต่อกับ GC ยี่ห้อ Agilent รุ่น 7890A การรายงานผลแยกตามประเภทของสารพิษจำนวน 29 ชนิด (ไดออกซิน 7 ประเภท ฟิวแรน 10 ประเภท และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี 12 ประเภท) ตามมาตรฐานของ USEPA method 1613[11] method 8290 และมาตรฐานกระทรวงสิ่งแวดล้อมประเทศญี่ปุ่น[12]

รูปที่ 1 แสดงภาพอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศ

3. ผลการวิจัย

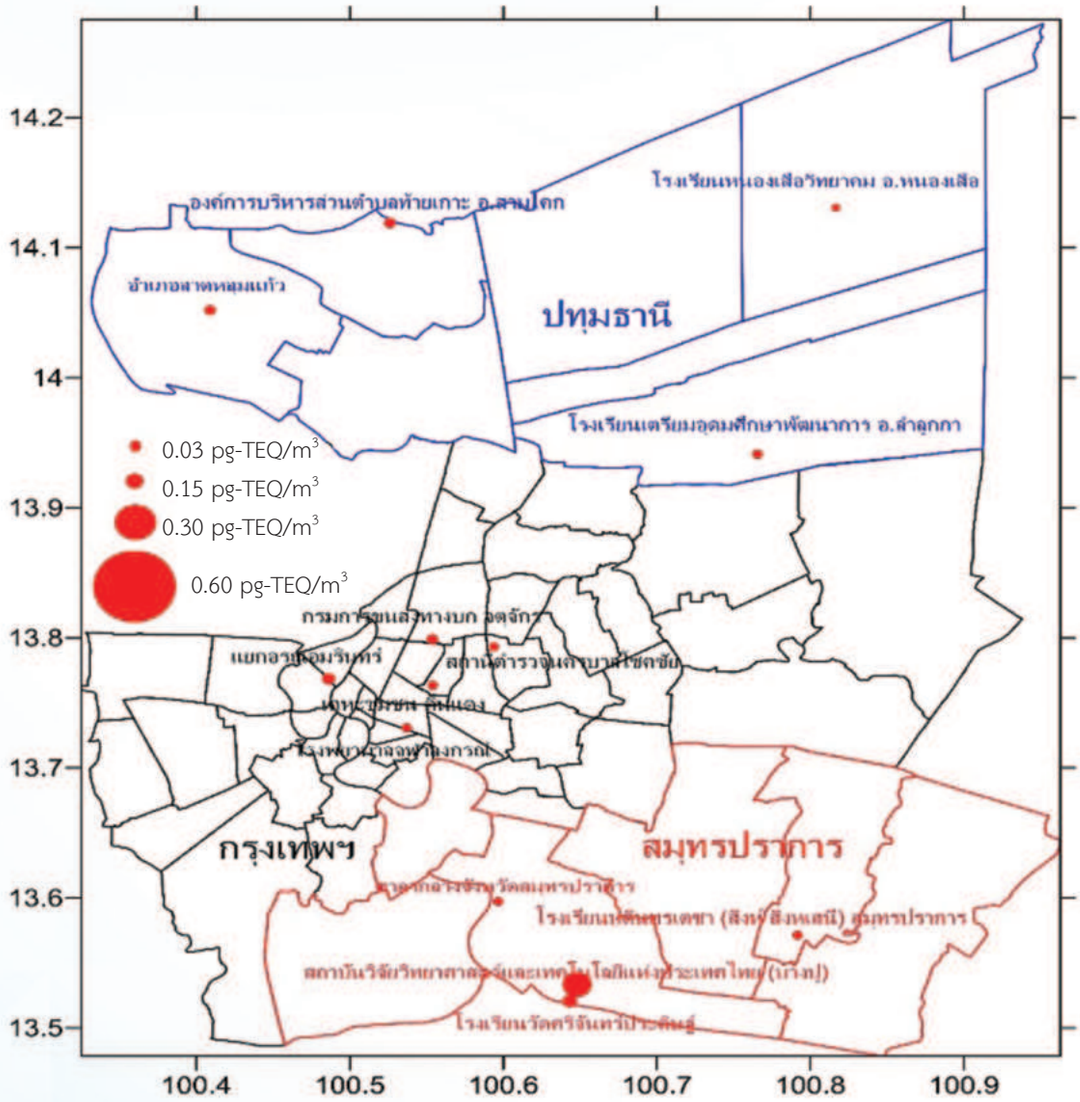
จากการศึกษาครั้งนี้เลือกพื้นที่ตามแหล่งกำเนิดของไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ที่แตกต่างกัน คือ แหล่งกำเนิดจากการจราจรในพื้นที่กรุงเทพมหานคร จำนวน 5 พื้นที่ สมุทรปราการ จำนวน 4 พื้นที่ และปทุมธานี จำนวน 4 พื้นที่ สรุปผลปริมาณการตรวจวิเคราะห์สารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ในพื้นที่ศึกษา โดยรายงานผลรวมของไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี รูปที่ 2 และรูปที่ 3 ผลการศึกษาพบว่าในเขตกรุงเทพมหานครพบว่า ผลรวมของสารพิษกลุ่มไดออกซิน บริเวณแยกอรุณอมรินทร์มีความเข้มข้นสูงสุด ตรวจพบสารไดออกซิน = 0.12 pg-TEQ/m^3 ฟิวแรน = 0.63 pg-TEQ/m^3 และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี = 0.0082 pg-TEQ/m^3 และ total = 0.083 pg-TEQ/m^3 รองลงมา คือ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณแยกดินแดง โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ กรมการขนส่งทางบก จตุจักร และ สน. โชคชัยมีความเข้มข้นน้อยสุด ตามลำดับ โดยสรุปข้อมูลการปนเปื้อนสารดังกล่าวในฤดูร้อนและฤดูฝน (ดังรูปที่ 2) ซึ่งสัมพันธ์กับการจราจรบริเวณที่จุดเก็บตัวอย่าง ซึ่งแยกอรุณอมรินทร์มีการจราจรที่หนาแน่นมากที่สุด และการศึกษาองค์ประกอบของสารพิษสูงสุด (2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-TCDD มีค่า Toxic Equivalence Factor = 1) จากผลการเก็บตัวอย่างในครั้งนี้ ไม่พบการปนเปื้อนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร



รูปที่ 2 แสดงข้อมูลการปนเปื้อนสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี พื้นที่กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และปทุมธานี (ฤดูร้อน 2558)

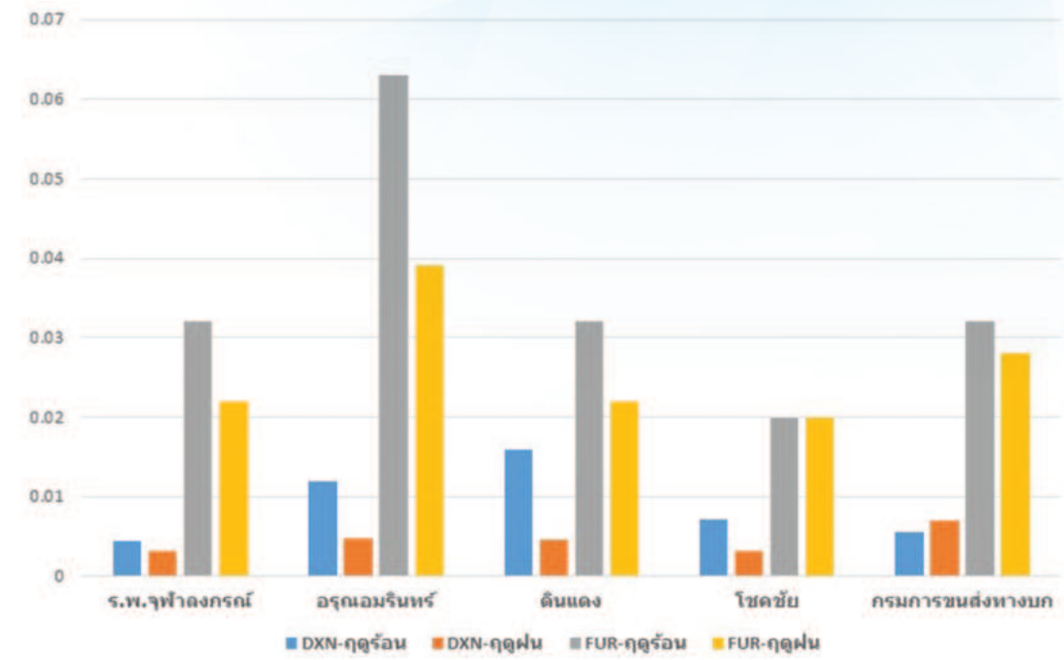
พื้นที่อำเภอเมืองจังหวัดสมุทรปราการพบว่า จุดเก็บตัวอย่างอากาศบริเวณสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย มีความเข้มข้นของสารพิษกลุ่มไดออกซินสูงสุด (TEF = 1) ซึ่งตั้งอยู่ในนิคมอุตสาหกรรมบางปู ตรวจพบสารไดออกซิน = 0.15 pg-TEQ/m^3 ฟิวแรน = 0.39 pg-TEQ/m^3 และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี = 0.018 pg-TEQ/m^3 และพบมีค่าผลรวมสูงที่สุดเมื่อเทียบกับจุดอื่น ๆ คือ total = 0.57 pg-TEQ/m^3 และสามารถตรวจพบการปนเปื้อนของอนุพันธ์ของสารไดออกซินในฤดูฝน คือ พบสาร 2,3,7,8-TCDD = 0.0061 pg-TEQ/m^3 และในฤดูร้อนพบสาร 1,2,3,7,8-TCDD = 0.078 pg-TEQ/m^3 และพบอนุพันธ์ที่มีค่า TEF ที่ระดับความเป็นพิษ 0.3 และ 0.1 ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างอากาศบริเวณดังกล่าว (ดังรูปที่ 5) และจุดเก็บบริเวณโรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์ตรวจสอบปริมาณสารพิษรองลงมา total = 0.43 pg-TEQ/m^3 ตรวจพบอนุพันธ์ของสารไดออกซินที่มีความเป็นพิษสูงที่สุด ในฤดูฝน คือ 1,2,3,7,8-TCDD = 0.0039 pg-TEQ/m^3 และในฤดูร้อนตรวจพบ 2,3,7,8-TCDD = 0.050 pg-TEQ/m^3 ด้วยเช่นกัน ซึ่งจุดเก็บตัวอย่างที่โรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์นี้อยู่บริเวณใกล้เคียงกับนิคมอุตสาหกรรมบางปู ระยะห่าง 1 กิโลเมตร แสดงผลดังรูปที่ 5

สำหรับผลการวิเคราะห์ตัวอย่างพื้นที่จังหวัดปทุมธานี บริเวณโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ (total = 0.078 pg-TEQ/m^3) อำเภอลำลูกกา องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อ.สามโคก (total = 0.061 pg-TEQ/m^3) โรงเรียนหนองเสือพิทยาคม (total = 0.061 pg-TEQ/m^3) และพื้นที่อำเภอลาดหลุมแก้วพบปริมาณน้อยสุด (total = 0.027 pg-TEQ/m^3) (ดังรูปที่ 6) จากผลการตรวจวัดในพื้นที่เก็บตัวอย่าง จังหวัดปทุมธานี ไม่พบสารอนุพันธ์ที่มีความเป็นพิษสูงในทุกตัวอย่าง



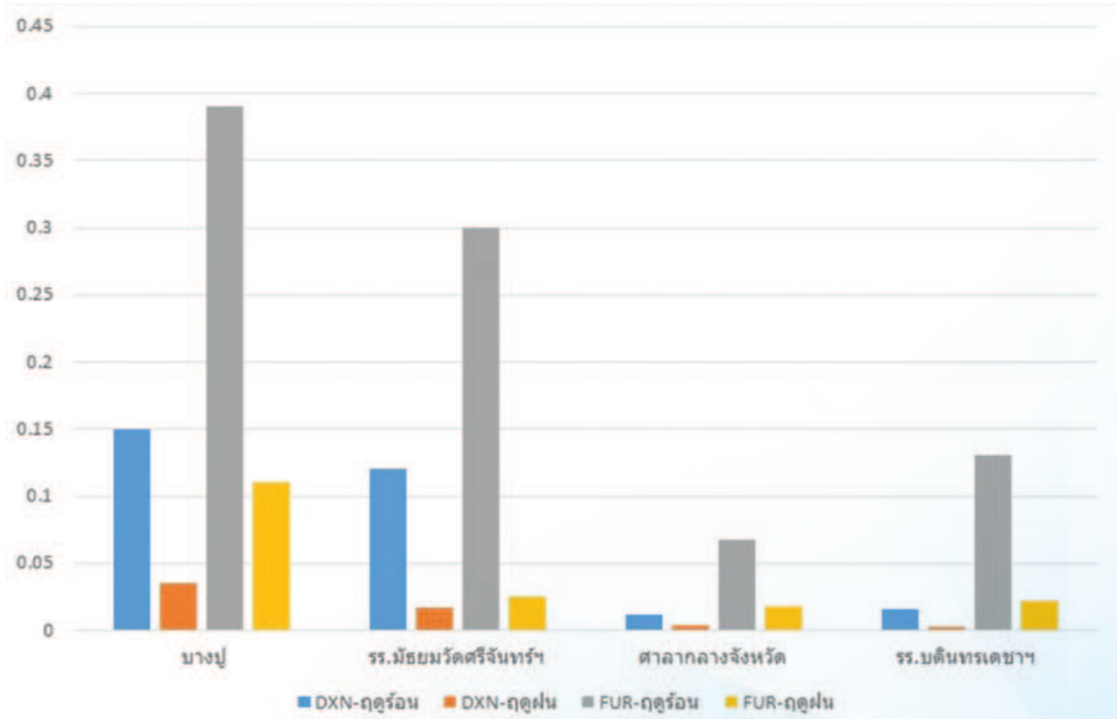
รูปที่ 3 แสดงข้อมูลการปนเปื้อนสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี พื้นที่กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ และปทุมธานี (ฤดูฝน 2558)

pg/m^3

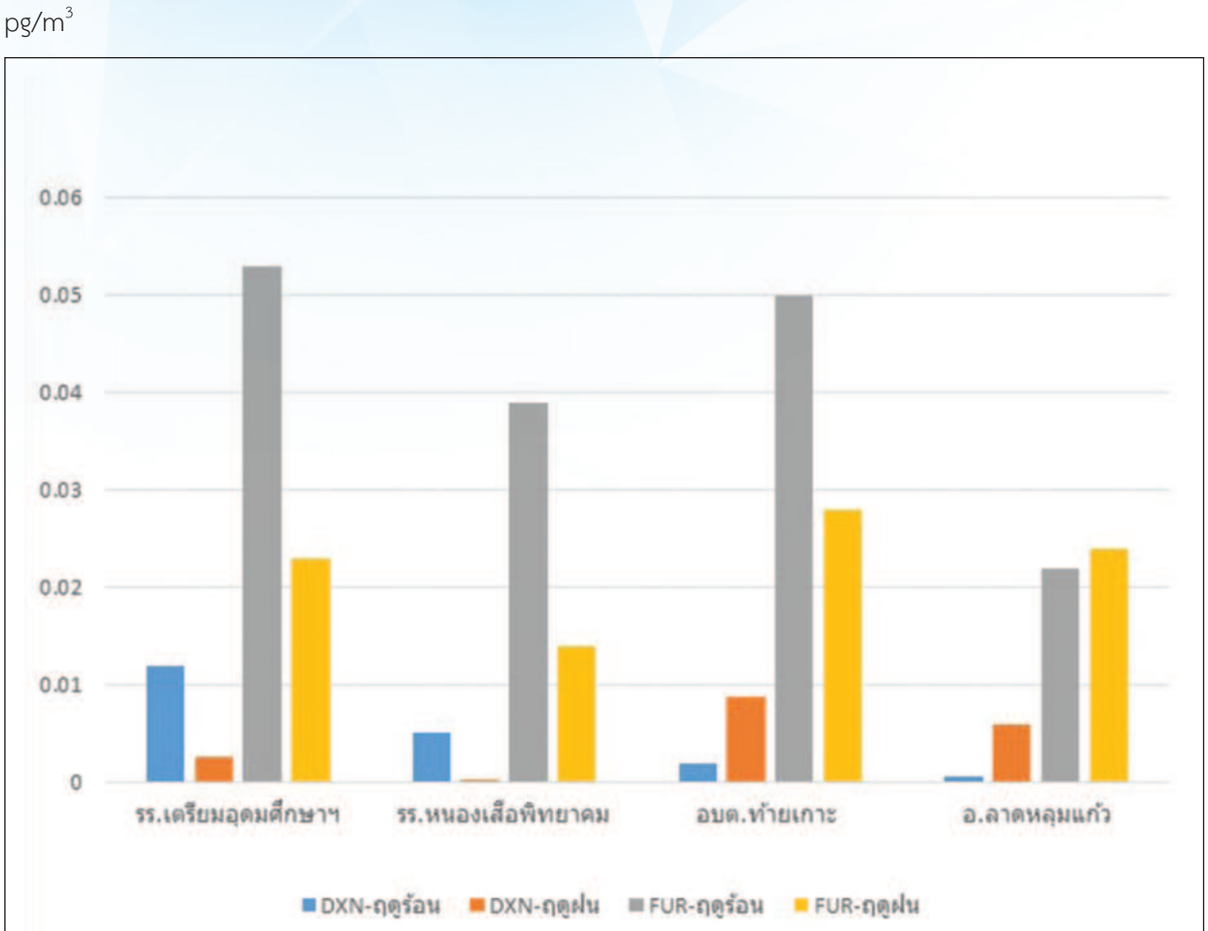


รูปที่ 4 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารไดออกซินและฟิวแรนในพื้นที่กรุงเทพมหานคร
(พิโคกรัม ต่อ คิวบิกเมตร)

pg/m^3



รูปที่ 5 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารไดออกซินและฟิวแรนในพื้นที่ จ.สมุทรปราการ
(พิโคกรัม ต่อ คิวบิกเมตร)



รูปที่ 6 แสดงปริมาณความเข้มข้นสารไดออกซินและฟิวแรนในพื้นที่ จ.ปทุมธานี
(พิโคกรัม ต่อ คิวบิกเมตร)

4. วิจารณ์และข้อเสนอแนะ

4.1 วิจารณ์

การศึกษาครั้งนี้ได้ศึกษาปริมาณแหล่งกำเนิดของสารไดออกซินในเมืองใหญ่ คือ ปริมาณรถยนต์ประเภทต่าง ๆ มาพิจารณาทำให้แม้ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งมีการจราจรหนาแน่น ในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณรถยนต์สะสมอยู่ไม่น้อยกว่า 8.6 ล้านคัน แต่ไม่พบการกระจายของสารพิษประเภท 2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-TCDD (TEF = 1) หรือในพื้นที่ปทุมธานีที่เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยและมีโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ คือ ประเภทผลิตภัณฑ์โลหะพลาสติกและเครื่องจักรกล ในปี พ.ศ. 2560 สถิติปริมาณรถยนต์สะสมมีอยู่เพียง 1.3 แสนคัน[13] จากผลการตรวจอากาศก็ไม่พบสารพิษประเภท 2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-TCDD แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง นิคมอุตสาหกรรมจังหวัดสมุทรปราการ ในปี พ.ศ. 2560 สถิติปริมาณรถยนต์สะสมมีอยู่เพียง 1.4 แสนคัน[13] ซึ่งมีสถิติรถยนต์สะสมเป็นประเภทดีเซลเพื่อการขนส่ง สามารถตรวจพบว่ามีการกระจายของสารพิษประเภท 2,3,7,8-TCDD และ 1,2,3,7,8-TCDD แม้ในฤดูร้อนและฤดูฝน จากผลการสำรวจและตรวจวัดปริมาณสารไดออกซิน ฟิวแรน และไดออกซิน ไลค์ พีซีบี ครั้งนี้พบว่า ในทุกจุดเก็บตัวอย่างทั้งฤดูร้อนและฤดูฝน พบว่า ปริมาณสารไดออกซินที่ตกค้างในบรรยากาศ ในพื้นที่มีการจราจรหนาแน่นนั้นไม่เกินค่ามาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น ซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 0.6 pg-TEQ/m^3 เนื่องจากประเทศไทยยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานของสารไดออกซินในสิ่งแวดล้อม จึงได้นำค่ามาตรฐานของประเทศแคนาดา (0.1 pg-TEQ/m^3) และประเทศญี่ปุ่น (0.6 pg-TEQ/m^3) เพื่อเปรียบเทียบ

สถานการณ์การปนเปื้อนและปริมาณสารพิษในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งพบว่าในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งเป็นตัวแทนของแหล่งกำเนิดจากอุตสาหกรรมพบการปนเปื้อนของสารไดออกซินในปริมาณที่ค่าสูงกว่าพื้นที่กรุงเทพมหานครและปทุมธานี ยกเว้นบริเวณนิคมอุตสาหกรรมบางปูจะพบปริมาณไดออกซินสูงและใกล้กับค่ามาตรฐานกำหนด

สำหรับจังหวัดปทุมธานีซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรม อุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ในกรุงเทพมหานคร ที่เป็นพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นนั้น พบว่า ปริมาณสารไดออกซินไม่ต่างกันมากนัก การศึกษาเปรียบเทียบในฤดูกาลที่ต่างกัน โดยฤดูร้อนจะพบปริมาณสารไดออกซินสูงกว่าในฤดูฝน ซึ่งที่เป็นเช่นนั้นเพราะอากาศในฤดูฝนมีปริมาณฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายอยู่ในบรรยากาศน้อยกว่าฤดูร้อน โดยฝนในอากาศจะช่วยชะล้างฝุ่นละอองในอากาศ หรือความชื้นในอากาศจะช่วยดูดซับฝุ่นละอองให้หนักและรวมกันได้ง่ายและตกลงสู่พื้นดินในที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณที่พบในพื้นที่เมืองใหญ่ เช่น ประเทศญี่ปุ่น การปนเปื้อนของสารไดออกซินจากแหล่งต่าง ๆ ทั่วประเทศทั้งหมด 387 แห่ง ในปี ค.ศ. 2000[14] โดยในอากาศบริเวณใกล้เคียงเตาเผามีค่าเฉลี่ยของสารไดออกซิน total = 0.25 pg-TEQ/m^3 ในเมืองใหญ่พบค่าเฉลี่ยไดออกซิน total = 0.22 pg-TEQ/m^3 ในขณะที่ตัวอย่างที่มีจุดเก็บบริเวณริมถนนมีค่าเฉลี่ยของสารไดออกซิน total = 0.44 pg-TEQ/m^3 สำหรับประเทศเยอรมัน ได้ทำการติดตามการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศตั้งแต่ปี ค.ศ. 1990-1999[15] พบว่า มีค่าเฉลี่ยระหว่าง total = 0.020-0.095 pg-TEQ/m^3 และประเทศสเปนได้มีการศึกษาการปนเปื้อนของสารไดออกซินในอากาศ[16] บริเวณที่ในเมืองที่มีการจราจรหนาแน่นพบว่ามีค่าไดออกซินอยู่ในช่วง total = 0.010-0.36 pg-TEQ/m^3

4.2 ข้อเสนอแนะ

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณที่ตรวจพบและค่ามาตรฐานของสารไดออกซินและฟิวแรนในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปทุมธานี กับค่ามาตรฐานของประเทศแคนาดาและประเทศญี่ปุ่นแล้ว พบยังอยู่ในระดับที่ปลอดภัย สำหรับพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการนั้น พื้นที่ใกล้นิคมอุตสาหกรรม แสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยของสารพิษจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมนั้นอยู่ในระดับที่สูงใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน (รูปที่ 5) ถือว่าเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อสุขภาพมากกว่าพื้นที่อื่น ควรเพิ่มมาตรการเฝ้าระวังในอนาคต โดยอาจจะต้องเพิ่มเติมจุดเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมเพิ่มเติม และควรมีการสำรวจเก็บข้อมูลจากแหล่งกำเนิดรวมทั้งกระบวนการปรับลดการปลดปล่อยมลพิษด้วย รวมทั้งรัฐต้องเข้มงวดกับการตรวจสอบการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิด รวมทั้งรถยนต์ รถจักรยานยนต์ รถบรรทุกที่ใช้น้ำมันดีเซล และดำเนินการตามมาตรการที่มีอยู่ให้เป็นรูปธรรมมากที่สุด ทั้งด้านการกำจัดรถที่มีอายุการใช้งานนานมากกว่า 15-20 ปี และควรเพิ่มมาตรฐานคุณภาพน้ำมันที่ใช้ในปัจจุบันจาก uero 4 เป็น uero 5 หรือ uero 6 ตามความสามารถของเครื่องยนต์ที่ใช้ในปัจจุบัน ปัจจัยของมลพิษในอากาศสำหรับเขตปริมณฑล เช่น จังหวัดปทุมธานี ซึ่งพบว่ามีการเผาในที่โล่งเพื่อเผาซากที่เหลือใช้จากการทำการเกษตรและการเผาขยะ ท้องถิ่นยังไม่สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเหตุรำคาญที่มีการร้องเรียนที่พบบ่อยในพื้นที่ ท้องถิ่นควรต้องเพิ่มมาตรการหรือปฏิบัติตามระเบียบอย่างเคร่งครัด เจ้าของพื้นที่ที่มีการเผาอาจต้องร่วมรับผิดชอบหากเกิดการเผาด้วย หรือให้รางวัลแก่ผู้ชี้เบาะแสผู้ทำการเผา เป็นต้น เพื่อลดผลกระทบในพื้นที่นั้น ๆ และลดการแพร่กระจายของมลพิษจากพื้นที่รอบนอกเข้าสู่กรุงเทพมหานครด้วย

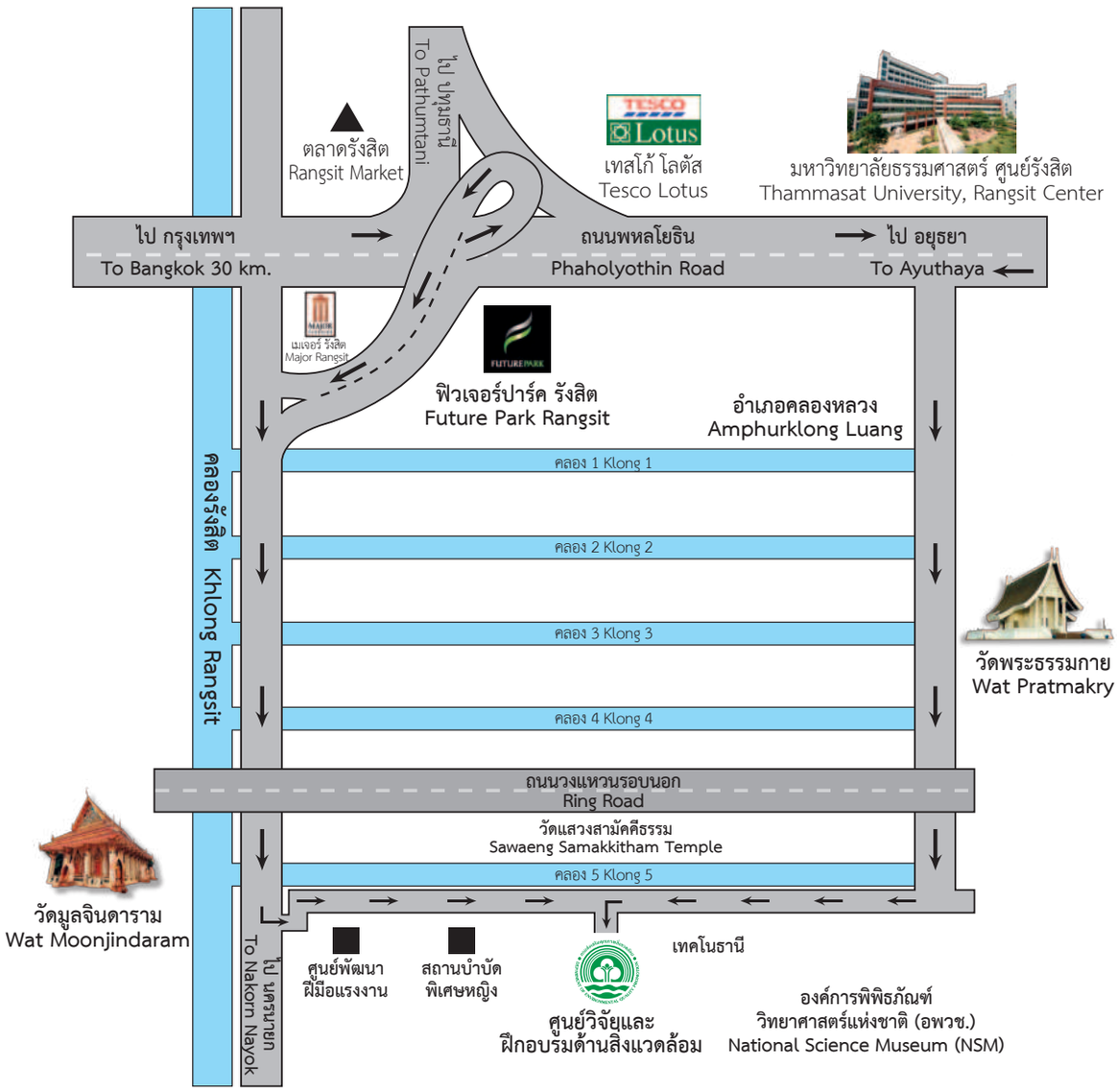
กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณหน่วยงานต่าง ๆ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งได้แก่ กรมควบคุมมลพิษ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (บางปู) โรงเรียนวัดศรีจันทร์ประดิษฐ์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) สมุทรปราการ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อำเภอลำลูกกา องค์การบริหารส่วนตำบลท้ายเกาะ อำเภอสามโคก โรงเรียนหนองเสือวิทยาคม สถานีตำรวจนครบาลโชคชัย

เอกสารอ้างอิง

1. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans. Overall evaluation of carcinogenity: an updating of IAPC monographs. International Agency for Research on Cancer, 1987;1-42 Suppl 7.
2. Heidelore Fiedler Sources of PCDD/PCDF and impact on the environment. Chemosphere 1996;32 (1): 55-64
3. World Health Organization. Dioxins and their Effects on Human Health. Internet 2015 Available from http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs225/en
4. Wu W.Z., Li W., Xu Y., Wang J.W. Long-Term Toxic Impact of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin on the Reproduction, Sexual Differentiation, and Development of Different Life Stages of Gobiocyprisrarus and Daphnia magna. Ecotoxicology and Environmental Safety 2001;48(3):293-300
5. Ontario Ministry of the Environment, Ontario's ambient air quality criteria. Internet 2015 Available from http://www.ontario.ca/ministry-environment.
6. U.S. Environmental Protection Agency. The Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States: The Year 2000 Update; 2005.
7. Meyer Carl, Beer Tom MÃller Jochen. Dioxins emissions from bushfires in Australia. Department of the Environment and Heritage; 2004. May Technical report No. 1
8. C.L. Fletcher, W.A. McKay. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDDs) and dibenzofurans (PCDFs) in the aquatic environment - A literature review. Chemosphere;26(6):1041-1069
9. R. E. Alcock, K. C. Jones. Dioxins in the Environment: A Review of Trend Data, Environ. Sci. 1996;30(11):3133-3143
10. Teiji Takei, Shinnichi Araki, Masatoshi Morita. Environmental Levels of Dioxins in Japan: Results of Nationwide Survey of Dioxins. Organohalogen Compounds; 46; 475-478
11. U.S. Environment Protection Agency Office of Water. EPA Method 1613: Tetra-through Octa-chlorinated Dioxins and Furans by Isotope Dilution HRGC/HRMS. Washing, D.C.: U.S. EPA Office of Water;1994.
12. Office of Dioxin Control Water & Air Quality Management Division Environmental Management Bureau Ministry of the Environment, Japan. Modify method: Manual for examining dioxin in ambient air 2008.
13. กรมสถิติการขนส่ง กองแผนงาน กรมการขนส่งทางบก. ข้อมูลด้านทะเบียนรถ: รถจดทะเบียน (สะสม) [อินเทอร์เน็ต]. กรุงเทพฯ: กลุ่ม...; 2560. เข้าถึงได้จาก https://web.dlt.go.th/statistics.
14. Teiji Takei, Shinnichi Araki, Masatoshi Morita. Environmental Levels of Dioxins in Japan: Results of Nationwide Survey of Dioxins, Organohalogen Compounds; 475-478.
15. Gerlinde Knetsch, Armin Basler, M. Buchen. The German dioxin database application in trend monitoring of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and furans in the environment. Organohalogenetal Compounds; 46:31-34
16. A. Esteban, M. Karell, G. Liuis, G. Rafael, G. Xavier, H. Isabel. Ten years measuring PCDDs/PCDFs in ambient air in Catalonia (Spain). Chemosphere 2007; (67): 1709-1714

แผนที่ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม



จัดทำโดย
ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม
กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
ติดต่อสอบถามเอกสารเผยแพร่ได้ที่ งานสื่อสารงานวิจัย ฝ่ายบริหารทั่วไป
โทรศัพท์ 0 2577 4182-9 ต่อ 1102, 1121, 1125 โทรสาร 0 2577 1138

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม

DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
DEPARMENT OF ENVIRONMENTAL QUALITY PROMOTION