

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสงขลา

Correlation Analysis Between Dry Deposition of Gas Sulfur Dioxide and Land Use in Nakhon Ratchasima Province and Songkhla Province

วรทัตต์ มณีนิพนธ์ (Woratat Maneeopparat)* คณิตา ตังคณานุรักษ์ (Kanita Tuangkananuruk)**

ดร.ฐิติมา รุ่งรัตนอุบล (Dr.Thitima Rungratanaubon)**

ดร.ชาลิสา วิสมหมาย ซิลล์เบิร์ก (Dr.Chalisa Veessommai Sillberg)^{1***}

(Received: September 14, 2020; Revised: November 6, 2020; Accepted: November 11, 2020)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์และหาความแตกต่างของการตกสะสมตัวแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทย ด้วยวิธีหาค่าความสัมพันธ์แบบเพียร์สันและความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้ข้อมูลทุติยภูมิของจังหวัดนครราชสีมา (ตัวแทนพื้นที่ชนบท) และจังหวัดสงขลา (ตัวแทนพื้นที่เมือง) ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 จากกรมควบคุมมลพิษ และกรมแผนที่ดิน จากการศึกษาพบว่า สภาพทั่วไปในระยะ 5 กิโลเมตรจากจุดตรวจวัดของตัวแทนพื้นที่ชนบทเป็นพื้นที่ป่าไม้สูงที่สุดที่ร้อยละ 90.50 และที่ตัวแทนพื้นที่เมืองเป็นพื้นที่เมืองสูงที่สุดที่ร้อยละ 48.68 อัตราการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อนสูงกว่าฤดูฝน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบว่าตัวแทนพื้นที่ชนบทมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p -value 0.05 ในขณะที่ตัวแทนพื้นที่เมืองไม่พบความแตกต่างทางสถิติ จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์แบบเพียร์สัน พบว่าค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมืองและป่าไม้ ในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p -value 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ ในตัวแทนพื้นที่ชนบท ในส่วนของตัวแทนพื้นที่เมืองจะมีความสัมพันธ์กันเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมือง ที่ p -value 0.01 นอกจากนี้ผลการคาดคะเนค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์พบว่า บริเวณพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นสูงและพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเผาไหม้ชีวมวลมีความเสี่ยงสูงที่จะได้รับการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยเฉพาะในฤดูหนาวและฤดูร้อน

ABSTRACT

The objective of this study is to study the relationship between land use and dry deposition of sulfur dioxide gas and to differentiate dry deposition of sulfur dioxide gas along Thailand's seasons. This study apply method Pearson's Correlation and Variance Analysis (ANOVA) to secondary data of Nakhon Ratchasima Province (Rural area representative) and Songkhla Province (Urban area representative). The secondary data from Pollution Control

¹Corresponding author: chali-h@hotmail.com

*นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

***อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Department and the Department of Land Development, Thailand during 2011 to 2015. The representative area as rural area cover 90.5% of forest area and 48.68% cover of urban area within 5 kilometers As a result of dry deposition of sulfur dioxide gas according to found that, the accumulation rate of dry deposition of sulfur dioxide gas in winter and summer are higher than rainy season. From the analysis of variance of dry deposition of sulfur dioxide gas, it found that all the rural area in Nakhon Ratchasima has statistically significant difference p-value 0.05 however the urban area shows no statistically significant. The result of Pearson's Correlation analysis between the utilization of urban land, forest and dry deposition are significant in the same direction with p-value 0.05 and 0.01 respectively in Nakhon Ratchasima rural area. Songkhla urban area was found to be significantly associated through the utilization of urban land which is the same direction as the sulfur dioxide dry deposition in the same way p-value 0.01. In summarize via the prediction, the dry deposition of sulfur dioxide gas will be increased in risky amount especially in population density area and agricultural area from the combustion of biomass, especially in winter and summer.

คำสำคัญ: การตกสะสมแบบแห้ง การใช้ประโยชน์ที่ดิน สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

Keywords: Dry deposition, Land use, Pearson's correlation

บทนำ

การตกสะสมแบบแห้ง (dry deposition) ของกรด คือการตกของสารกรดสู่สิ่งแวดล้อมในสถานะที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ เช่น การตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อเกิดการตกสะสมตัวของกรดทั้งแบบแห้ง และแบบเปียก สิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำ ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม จะทำให้สิ่งแวดล้อมเหล่านั้นมีสถานะเป็นกรด ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชพันธุ์และสิ่งมีชีวิต และสามารถทำให้สิ่งก่อสร้างสึกกร่อนได้ และยังคงผลกระทบต่อมนุษย์ในด้านระบบทางเดินหายใจ และจะส่งผลเร็วต่อผู้ป่วยโรคหอบหืด มากไปกว่านั้นก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉียบพลัน โดยจะเกิดอาการระคายเคือง จมูก ตา คอ และเยื่อทางเดินหายใจ และผลกระทบแบบเรื้อรัง โดยจะเกิดอาการอักเสบเรื้อรัง และมีโอกาสติดเชื้อในระบบทางเดินหายใจสูง ปัญหาการตกสะสมของกรดดังกล่าวจึงกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ ซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งใกล้และไกลจากแหล่งกำเนิดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศในพื้นที่ห่างไกลได้มากกว่าพันกิโลเมตร [1] ซึ่งเป็นที่มาของปัญหามลพิษข้ามพรมแดนระดับภูมิภาค ประเทศไทยโดยเฉพาะภาคใต้พบปัญหามลพิษข้ามพรมแดนทุกปี และยิ่งส่งผลกระทบสูงขึ้นในแหล่งชุมชนที่อยู่อาศัยหนาแน่นที่อำเภอเมืองจังหวัดสงขลา ส่งผลโดยตรงต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์และส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม [2] ในปัจจุบันการปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของมนุษย์ทั่วโลกเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่วนใหญ่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนเมือง [3] ซึ่งเป็นทั้งแหล่งปลดปล่อยและแหล่งตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้

การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญ เนื่องจากมีความสัมพันธ์ต่อแหล่งที่มาของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้ ซึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทก็มีการปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างกันออกไป กล่าวคือการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมมีการเผาไหม้ชีวมวล [4] การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมือง มีกิจกรรมในภาคครัวเรือน ภาคคมนาคมขนส่ง และภาคอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงที่มีซัลเฟอร์เป็นส่วนประกอบ [5] ซึ่งเป็นแหล่งปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่สำคัญ ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด จะมีกระบวนการธรรมชาติจากการทับถมของซากพืชซากสัตว์ทำให้มีปริมาณออกซิเจนต่ำ และเกิดกระบวนการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไม่

ใช้ออกซิเจนก่อให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ และแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ก็ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับออกซิเจนซึ่งมีสูงอยู่แล้วในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งจะได้ออกมาเป็นแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในที่สุด[6-7] ซึ่งคาดว่าค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จะแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล ตามสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน และอาจส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่เป็นกระบวนการทางธรรมชาติที่เกิดขึ้น ดังนั้นการศึกษานี้จึงกำหนดพื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ชนบท และพื้นที่ชุมชนเมือง และกำหนดให้สถานีวัดแนววิจัยสระเกษราช จังหวัดนครราชสีมาเป็นตัวแทนพื้นที่ชนบท และสถานีมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา เป็นตัวแทนพื้นที่ชุมชนเมือง ซึ่งมีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง เพื่อหาข้อพิสูจน์ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมีอิทธิพลต่อค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน โดยที่ตัวแทนพื้นที่นั้นเป็นไปตามเกณฑ์ในการจำแนกพื้นที่เพื่อการตรวจวัดค่าการตกสะสมตัวของกรด ตามเครือข่ายการติดตามตรวจสอบการตกสะสมของกรดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Acid Deposition Monitoring Network in East Asia : EANET) [8]

ฤดูกาลของประเทศไทยมีผลโดยตรงต่อการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เมื่อแก๊สดังกล่าวถูกปลดปล่อยจากแหล่งกำเนิดซึ่งจะพบมากในพื้นที่ชุมชนเมืองหนาแน่น และในย่านอุตสาหกรรมซึ่งอยู่ในรูปของแก๊สที่เบาและลอยอยู่ในบรรยากาศได้ยาวนานและเคลื่อนที่ไปได้ไกล เมื่อถึงฤดูหนาวซึ่งมีความกดอากาศสูงทำให้แก๊สดังกล่าวฟุ้งกระจายไปยังบรรยากาศได้น้อยจึงสะสมตัวและตกสะสมแบบแห้งสู่สิ่งแวดล้อมสูงกว่าฤดูกาลอื่น และเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนแปลงมีหยาดน้ำฟ้าเข้ามาทำให้ค่าการตกสะสมแบบแห้งจะถูกชะล้างออกสู่พื้นผิวในรูปของการสะสมแบบเปียก [9-11] ผู้วิจัยคาดว่าฤดูกาลมีความสัมพันธ์กับค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จึงสนใจที่จะประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในการวิเคราะห์ผลที่จะเกิดขึ้นในสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันจึงได้ประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ [12] ในการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินระยะถอยร่น 5 กิโลเมตร จากสถานีตรวจวัดซึ่งมีความสัมพันธ์สูงที่สุดระหว่างค่าการตกสะสมของมลสารในบรรยากาศกับระยะของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [13] และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติสหสัมพันธ์แบบเพียร์สันร่วมกับข้อมูลการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลทั้งสองซึ่งคาดว่าค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีความสัมพันธ์กับการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และสามารถเห็นความแตกต่างของค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในพื้นที่ชนบท และพื้นที่เมือง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์แบบเพียร์สันระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะถอยร่น 5 กิโลเมตรจากจุดตรวจวัด กับค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์
2. เพื่อศึกษาหาความแตกต่างของการตกสะสมตัวแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฤดูกาลในตัวแทนพื้นที่เมือง และตัวแทนพื้นที่ชนบท

วิธีการวิจัย

การศึกษานี้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะถอยร่น 5 กิโลเมตรจากจุดตรวจวัด และทดสอบความแตกต่างของค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละฤดูกาลของประเทศไทย ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสงขลาปี พ.ศ. 2554, 2555,

2556, 2557 และ 2558 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่จากกรมพัฒนาที่ดิน และได้รับอนุเคราะห์ข้อมูลการตกสะสมแบบแห้งจากกรมควบคุมมลพิษ โดยมีวิธีการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ศึกษา ค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสงขลา โดยสภาพทั่วไปบริเวณสถานีตรวจวัดของจังหวัดนครราชสีมาซึ่งตั้งอยู่ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ตั้งอยู่ห่างจากตัวเมืองวังน้ำเขียวประมาณ 12 กิโลเมตร มีทางหลวงหมายเลข 304 (ละโว้-นครราชสีมา) ตัดผ่านหน้าโครงการ โดยรอบสถานีตรวจวัดมีลักษณะพื้นที่เป็นป่าไม้เป็นส่วนใหญ่ และสภาพทั่วไปของสถานีตรวจวัดจังหวัดสงขลาซึ่งตั้งอยู่ที่ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลคลองสรี อำเภอบางใหญ่ จังหวัดสงขลา ตั้งอยู่ในพื้นที่ชุมชนเมือง ลักษณะพื้นที่โดยรอบสถานีตรวจวัดมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่หลากหลาย และสภาพอุตุนิยมวิทยาทั่วไปตามกรมอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทย

2. ออกแบบและกำหนดจุดติดตามข้อมูล โดยพิจารณาจุดที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน โดยผู้วิจัยได้เลือกจุดติดตามที่หนึ่งที่จังหวัดนครราชสีมา บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยสระแกราช ซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ประเภทพื้นที่ชนบท (Rural area) ซึ่งมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 20 กิโลเมตรจากแหล่งชุมชน และผู้ศึกษาได้เลือกจุดติดตามที่สอง คือ จังหวัดสงขลา บริเวณสถานีตรวจวัดมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์จัดเป็นตัวแทนพื้นที่ประเภทพื้นที่ชุมชนเมือง (Urban area) ซึ่งมีระยะห่างไม่น้อยกว่า 50 เมตรจากพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่น (มากกว่า 500 คัน/วัน) และได้วิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะถอยร่น 5 กิโลเมตรซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [13] ที่ระบุว่า การตกสะสมตัวของสารในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยะถอยร่น 3, 4 และ 5 กิโลเมตรอย่างมีนัยสำคัญสูงสุด โดยวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector Data) และจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยภาพถ่ายทางอากาศและใช้การสำรวจในพื้นที่ร่วมในการปรับแก้ความถูกต้อง โดยแบ่งพื้นที่ต่างๆ ออกเป็น 5 ประเภทดังนี้ 1. พื้นที่ชุมชน (Urban land: U), 2. พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land: A), 3. พื้นที่ป่าไม้ (Forest land: F), 4. พื้นที่น้ำ (Water Body: W) และ 5. พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land: M)

3. ศึกษาและรวบรวมข้อมูลดัชนีชี้วัดการตกสะสมแบบแห้งของสารกรดในอากาศ และคัดเลือกดัชนีชี้วัดเพื่อทำการศึกษาดังต่อไปนี้ ข้อมูลดัชนีชี้วัดการตกสะสมแบบแห้งของกรดในอากาศสามารถแยกออกเป็นสองประเภท ได้แก่ ประเภทที่หนึ่งดัชนีชี้วัดการตกสะสมแบบแห้งของสารกรดในอากาศ ในรูปแบบของแก๊ส (Gas) ประกอบไปด้วย SO_2 , HNO_3 , HCl , NH_3 และประเภทที่สอง ดัชนีชี้วัดการตกสะสมแบบแห้งของสารกรดในอากาศ ในรูปแบบของอนุภาค (Particle) ประกอบไปด้วย SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} และ Ca^{2+} ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจเกี่ยวกับการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เนื่องจากเป็นดัชนีชี้วัดหลักที่อยู่ในมาตรฐานคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษประเทศไทย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้ ใช้ฟิลเตอร์แพค (Filter packs) ที่เตรียมจากห้องปฏิบัติการต่อเข้ากับเครื่องวัดปริมาณอากาศ โดยมีความถี่ในการเก็บตัวอย่างครั้งละ 10 วัน ต่อเนื่อง 3 ครั้ง และวิเคราะห์ตัวอย่างโดยใช้เครื่อง Ion chromatograph

4. วิเคราะห์ความแปรปรวน

4.1 วิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับฤดูกาลของประเทศไทยของตัวแทนพื้นที่ชนบทและตัวแทนพื้นที่เมืองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า (Analysis of Variance : ANOVA)

4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ด้วยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะถอยร่น 5 กิโลเมตร จากจุดตรวจวัด โดยการบอกระดับความสัมพันธ์จะใช้ตัวเลขของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์หากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีค่าเข้าใกล้ -1 หรือ 1 แสดงว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์กันสูง แต่ถ้าค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสัมพันธ์กันต่ำ หรือไม่มีความสัมพันธ์ เกณฑ์การพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ดังนี้ 1.

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.90 - 1.00 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก, 2. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.70 - 0.89 มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง, 3. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.50 - 0.69 มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง, 4. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.30 - 0.49 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ และ 5. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.00 - 0.29 มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก ส่วนเครื่องหมายบวก, ลบ ที่อยู่หน้าตัวเลขบอกถึงทิศทางของความสัมพันธ์ โดยที่ เครื่องหมายบวก (+) หมายถึงการมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่มอีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มตามไปด้วย) และ เครื่องหมายลบ (-) หมายถึงการมีความสัมพันธ์ในทิศทางผกผันหรือตรงกันข้ามกัน (ตัวแปรหนึ่งมีค่าเพิ่ม ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าลดลง) และนำผลการศึกษาทั้งหมดมาอภิปรายผลร่วมกันว่าตัวแทนพื้นที่ชนบท และตัวแทนพื้นที่เมืองมีการดกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นอย่างไร และมีความเสี่ยงมากที่จะได้รับสารกรดในพื้นที่ที่ใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทใด และฤดูกาลใด

ผลและอภิปรายผลการวิจัย

1. จากการศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสถานีตรวจวัดในระยะรัศมี 5 กิโลเมตรของจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสงขลา พบว่า จังหวัดนครราชสีมา มีสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ที่ สถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษ ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว พบว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ป่าไม้สูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่เกษตร พื้นที่ชุมชนเมือง และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 90.50, 4.89, 3.26, 1.21 และ 0.15 ตามลำดับ และที่จังหวัดสงขลาพบว่า มีสถานีตรวจวัดตั้งอยู่ที่มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ พบว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนเมืองสูงที่สุด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตร พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่แหล่งน้ำ คิดเป็นร้อยละ 48.67, 29.43, 12.74, 7.76 และ 1.40 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบสถานีตรวจวัดทั้งสองแห่งมีสภาพพื้นที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง แสดงดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1 และสภาพอุตุนิยมวิทยาทั่วไปตามกรมอุตุนิยมวิทยา ประเทศไทยเข้าสู่ฤดูร้อนระหว่างกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ฤดูฝน ระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม และเข้าสู่ฤดูหนาวระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งผู้ศึกษาได้ใช้กรมอุตุนิยมวิทยาเป็นเกณฑ์ในการแบ่งฤดูกาล

2. ผลการติดตามข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันของสถานีตรวจวัดทั้งสองแห่ง ในระยะถอยร่น 5 กิโลเมตร โดยวิเคราะห์ข้อมูลและจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท แสดงดังตารางที่ 1

จังหวัดนครราชสีมาเป็นสถานที่ตัวแทนของจุดตรวจวัดการดกสะสมตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแห้งประเภทพื้นที่ชนบท (Rural area) ระยะถอยร่น 5 กิโลเมตรพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้มากที่สุดถึงร้อยละ 90.50 และพบว่าภายในระยะถอยร่น 5 กิโลเมตร ไม่พบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม แหล่งชุมชนหนาแน่น หรือแหล่งกำเนิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์อื่น ในขณะที่จังหวัดสงขลาเป็นสถานที่ตัวแทนของจุดตรวจวัดการดกสะสมตัวของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์แบบแห้ง ประเภทพื้นที่ชุมชน (Urban land) ซึ่งจากการศึกษาพบว่า ภายในระยะถอยร่น 5 กิโลเมตรการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมืองมากที่สุด ร้อยละ 48.67 และพบว่าภายในระยะถอยร่น 5 กิโลเมตร พบโรงงานอุตสาหกรรม 4 แห่ง คือ โรงงานผลิตพลาสติก [14] อยู่ห่างจากจุดตรวจวัด 2.1 กิโลเมตร โรงงานผลิตโฟม [15] อยู่ห่างจากจุดตรวจวัด 2.6 กิโลเมตร โรงงานผลิตเครื่องสำอางและสบู่ [16] อยู่ห่างจากจุดตรวจวัด 2.7 กิโลเมตร และ โรงงานผลิตเครื่องสำอาง [16] อยู่ห่างจากจุดตรวจวัด 4.1 กิโลเมตร ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวไม่มีกระบวนการผลิตส่วนหนึ่งส่วนใดที่ปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สู่บรรยากาศ

3. ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งรายฤดูของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ โดยได้ศึกษาค่าเฉลี่ยของการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์แยกตามฤดูกาลของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554, 2555, 2556, 2557 และ 2558 ของสถานีตรวจวัดในพื้นที่ศึกษาจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดสงขลา แสดงดังภาพที่ 2

ค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งรายฤดูของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จังหวัดนครราชสีมา ในปี พ.ศ. 2555, 2556 และ 2557 พบว่ามีการตกสะสมสูงที่สุดในฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ตามลำดับ ปี พ.ศ. 2554 มีการตกสะสมสูงที่สุดในฤดูหนาว ฤดูฝน และฤดูร้อน ตามลำดับ และปี พ.ศ. 2558 พบว่าการตกสะสมสูงที่สุดในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งรายฤดูของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ จังหวัดสงขลา ในปี พ.ศ. 2555 และ 2556 พบว่ามีการตกสะสมสูงที่สุดในฤดูฝน เนื่องจากในฤดูหนาวของภาคใต้มีปริมาณฝนที่มากกว่าภาคอื่นๆ ในฤดูเดียวกัน กล่าวคือ จังหวัดสงขลา ซึ่งตั้งอยู่ในภาคใต้ของประเทศไทยจะมีลมพายุตะวันออกเฉียงเหนือพัดผ่านช่วงเดือน พฤศจิกายน-มกราคม ทั้งยังอยู่ในช่วงที่มีพายุดีเปรสชัน และพายุไต้ฝุ่นที่ก่อตัวจากทะเลจีนใต้พัดเข้าสู่ภาคใต้ของประเทศไทยในช่วงเดือน พฤศจิกายน-ธันวาคม ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูหนาวของจังหวัดสงขลา (พฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ [17] และจากการศึกษาพบว่าจังหวัดสงขลาจึงมีปริมาณน้ำฝนรวมในฤดูหนาวสูง ทำให้พบการตกสะสมแบบแห้งได้น้อย เพราะจะถูกชะล้างออกสู่พื้นผิวในรูปของการสะสมแบบเปียก ปี พ.ศ. 2554 พบว่ามีการตกสะสมแบบแห้งสูงที่สุดในฤดูร้อน ฤดูฝน ฤดูหนาว ตามลำดับ และ ในปี พ.ศ. 2557 และ 2558 พบว่ามีการตกสะสมสูงที่สุดในฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน ตามลำดับ

ทั้งนี้ลักษณะภูมิอากาศในแต่ละช่วงฤดูกาลมีผลต่อค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งรายฤดูของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ดังนี้ ความกดอากาศที่เพิ่มสูงขึ้นในฤดูหนาวส่งผลโดยตรงเมื่อความกดอากาศเพิ่มสูงขึ้นมวลอากาศเย็นจะจมตัวใกล้พื้นผิวโลกทำให้การระบายอากาศสู่บรรยากาศไม่ดี ในขณะที่เดียวกันกิจกรรมบนผิวโลกยังดำเนินไปเป็นปกติมีการปลดปล่อยมลสารออกมาต่อเนื่องทำให้เกิดการสะสมตัวของมลสารเพิ่มสูงขึ้น เมื่ออยู่ในฤดูหนาวสภาพอากาศมีเสถียรภาพ หรือ อากาศทรงตัว (Stable) สูงกว่าฤดูอื่น ความกดอากาศสูงและอากาศที่กดตัวนี้ส่งผลให้มลสารตกสู่พื้นผิวโลกได้ง่ายและรวดเร็วกว่าในฤดูกาลอื่น ทำให้พบค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงในช่วงกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์หรือในฤดูหนาว ในช่วงกลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม ตรงกับฤดูร้อนของประเทศไทย มวลอากาศเย็นได้เคลื่อนตัวพ้นประเทศไทยความกดอากาศต่ำเข้ามาแทนที่ สภาพอากาศไม่มีเสถียรภาพ (Unstable) ทำให้มวลอากาศที่อยู่ใกล้ผิวโลกระบายสู่บรรยากาศได้ดี และในช่วงฤดูร้อนมีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยจึงพบค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงได้ในบางปี แต่เมื่อเข้าสู่กลางเดือนพฤษภาคม มรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดปกคลุมประเทศไทย และร่องความกดอากาศต่ำพัดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนสูง ปริมาณค่าการตกสะสมแบบแห้งจึงต่ำเนื่องจากถูกน้ำฝนชะล้างไปเป็นค่าการตกสะสมแบบเปียก โดยปกติร่องความกดอากาศต่ำจะเคลื่อนจากภาคใต้ในเดือนพฤษภาคม แล้วเคลื่อนขึ้นไปทางเหนือจนถึงประเทศจีนตอนใต้ในช่วงประมาณปลายเดือนมิถุนายน ส่งผลให้ปริมาณฝนลดลง (ฝนทิ้งช่วง) ระยะเวลาประมาณ 2-4 สัปดาห์ ในช่วงนี้ปริมาณค่าการตกสะสมแบบแห้งจะเพิ่มขึ้น และกลับมาต่ำลงในเดือนกรกฎาคมเพราะร่องความกดอากาศต่ำเคลื่อนลงทางใต้พัดผ่านประเทศไทยอีกครั้ง จนกระทั่งมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พัดเข้ามาปกคลุมประเทศไทยประมาณกลางเดือนตุลาคม แต่ภาคใต้ยังคงมีฝนหนักต่อไปจนถึงเดือนธันวาคม

4. วิเคราะห์ความแปรปรวน

4.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับฤดูกาลของประเทศไทยของตัวแทนพื้นที่ชนบทและตัวแทนพื้นที่เมืองด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่าผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (ANOVA) แบบ LSD ของค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับฤดูกาลของประเทศไทยทั้ง 5 ปี พบว่าที่จังหวัดนครราชสีมาทั้ง 5 ปี มีค่า F เท่ากับ 4.50, $p < 0.05$ แสดงว่าค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละฤดู จะมีค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาจากผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธีแบบ LSD ค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของทั้งสามฤดู มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสองคู่คือในฤดูฝน-ฤดูร้อน และฤดูหนาว-ฤดูร้อน แต่ในจังหวัดสงขลาพบว่าในคาบ 5 ปี มีค่า F เท่ากับ 2.23 , $p > 0.05$ แสดงว่าค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จากผลการเปรียบเทียบรายฤดูพบว่าในฤดูฝน-ฤดูร้อนที่พบค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาต่อว่าคูใดในปี พ.ศ.ใดบ้างที่มีค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แสดงดังตารางที่ 2

จากตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยรายปี พบว่า ค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของจังหวัดนครราชสีมาในปี พ.ศ. 2554 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยหนึ่งคู่ (ฤดูหนาว-ฤดูร้อน) ในปี พ.ศ. 2555 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสองคู่ (ฤดูฝน-ฤดูร้อน, ฤดูหนาว-ฤดูร้อน) ในปี พ.ศ. 2556 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยหนึ่งคู่ (ฤดูหนาว-ฤดูร้อน) ในปี พ.ศ. 2557 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยหนึ่งคู่ (ฤดูหนาว-ฤดูร้อน) และในปี พ.ศ. 2558 พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยหนึ่งคู่ (ฤดูหนาว-ฤดูฝน) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งแตกต่างกับจังหวัดสงขลาที่พบเพียงปี พ.ศ. 2558 เพียงปีเดียวที่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสองคู่ (ฤดูฝน-ฤดูร้อน, ฤดูหนาว-ฤดูฝน) ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของจังหวัดนครราชสีมาและจังหวัดสงขลา มีการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในแต่ละฤดูกาลแตกต่างกัน

4.2 ผลการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินของสถานีตรวจวัดที่เป็นตัวแทนพื้นที่ชนบท และชุมชนเมืองพบว่าที่จังหวัดนครราชสีมาซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชนบทพบการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยรัศมี 5 กิโลเมตรที่สูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 90.50 ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าไม้ ในขณะที่จังหวัดสงขลาซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชุมชนเมืองพบการใช้ประโยชน์ที่ดินในระยรัศมี 5 กิโลเมตร ที่สูงที่สุดอยู่ที่ร้อยละ 48.67 ซึ่งเป็นพื้นที่ชุมชนเมืองและพบว่าค่าเฉลี่ยรายปีของค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปี พ.ศ. 2554 2556 และ 2557 ของพื้นที่เมืองสูงกว่าพื้นที่ชนบทค่อนข้างสูง ในปี พ.ศ. 2555 พบค่าเฉลี่ยรายปีใกล้เคียงกันทั้งสองพื้นที่ และในปี พ.ศ. 2558 พบค่าเฉลี่ยรายปีของพื้นที่ชนบทสูงกว่า ซึ่ง สามารถสรุปได้ว่าลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันมีผลต่อการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาต่อว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทใดบ้างที่มีความสัมพันธ์ต่อการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

จากตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะรอบรัศมี 5 กิโลเมตร จากจุดตรวจวัด พบว่าที่ตัวแทนพื้นที่ชนบทจังหวัดนครราชสีมาการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมืองที่มีความสัมพันธ์กับค่าการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $r = .578^*$, $p = .024$ และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ มีความสัมพันธ์กับค่าการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $r = .841^{**}$, $p = .002$ และที่ตัวแทนพื้นที่ชุมชนเมืองจังหวัดสงขลา มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมือง ที่มีความสัมพันธ์กับค่าการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $r = 0.468^{**}$, $p = 0.009$ ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่า ตัวแทนพื้นที่ชนบท ค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ป่าไม้ในทิศทางบวก กล่าวคือเมื่อพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นค่าการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย และตัวแทนพื้นที่ชุมชนเมือง ค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็มีความสัมพันธ์กับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมืองในทิศทางบวก กล่าวคือเมื่อชุมชนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นค่าการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พื้นที่ป่าไม้ หรือพื้นที่ชุมชนเมืองที่หนาแน่นและขยายตัวเพิ่มขึ้น ก็ส่งผลให้ค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตตัวแทนพื้นที่เมืองจังหวัดสงขลาที่

มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมืองที่หนาแน่น ยิ่งส่งผลให้มีค่าการตกสะสมตัวแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงขึ้นตามไปด้วย

จากการศึกษาพบว่า การประการที่หนึ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเกษตรกรรมมีการเผาไหม้ชีวมวลซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดหลักของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ประการที่สองการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมือง/สิ่งปลูกสร้างซึ่งมีกิจกรรมการขนส่งที่มีอัตราการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร้อยละ 4.7 ต่อปี [5] เนื่องจากในน้ำมันดีเซลมีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ นอกจากนั้นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้และประเภทเบ็ดเตล็ด ที่ดินสองประเภทนี้ไม่มีการใช้ประโยชน์ใดๆ เป็นที่กว้างขวางเปล่าซึ่งจะมีการหมุนเวียนธาตุอาหารที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติซึ่งก็คือการทับถมของซากพืชซากสัตว์ทำให้บริเวณที่มีการทับถมนั้นมีลักษณะเป็นชั้นโดยชั้นที่ถูกทับถมจะมีปริมาณออกซิเจนต่ำลงเรื่อยๆจนหมดไป ทำให้เกิดการย่อยสลายของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน ผลจากการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะได้ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันกับ ออกซิเจน (O_2) จะเป็นได้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) [6-7] และประการที่สามพบว่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมากหรือน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล

จากการศึกษาพบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทมีความสามารถในการปลดปล่อยแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างตามลักษณะการใช้ที่ดิน ซึ่งการใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรม และการใช้ที่ดินประเภทชุมชนเมืองมีความสามารถในการปลดปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงกว่าใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น รองลงมาเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ และพื้นที่เบ็ดเตล็ด และจากการศึกษาการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ร่วมกับฤดูกาล พบว่าการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะมากหรือน้อยแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล ช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาวในวันที่ไม่มีฝนตก พบการตกสะสมแบบแห้งของซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงกว่าในฤดูฝน ซึ่งกลุ่มเสี่ยงที่จะได้รับมลสารหรือได้รับผลกระทบจากการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์คือพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมืองที่มีความหนาแน่น และบริเวณพื้นที่โรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่นหรือนิคมอุตสาหกรรม และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเผาไหม้ชีวมวล และยังมีความเสี่ยงสูงขึ้นเมื่ออยู่ในฤดูหนาวและฤดูร้อน เพราะไม่มีน้ำฝนที่มาช่วยชะล้างแก๊สกรดในบรรยากาศออกสู่รูปของการสะสมแบบเปียก ดังนั้น ผู้มีความอ่อนไหวของระบบทางเดินหายใจ ควรระมัดระวังการสัมผัสอากาศในที่โล่งแจ้ง ณ พื้นที่ที่มีชุมชนหรือโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่น และในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเผาไหม้ชีวมวล ในฤดูร้อนและฤดูหนาว

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าในระยะรอบ 5 กิโลเมตรจากจุดตรวจวัดที่สถานีตรวจวัดนวนวิชัยเสถียรฯ จังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้สูงที่สุดซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่ชนบท และสถานีตรวจวัดมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา มีลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทชุมชนเมือง/สิ่งปลูกสร้างสูงที่สุดซึ่งเป็นตัวแทนพื้นที่เมือง โดยรอบสถานีตรวจวัดทั้งสองแห่งมีสภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกันโดยสิ้นเชิง จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย พบว่า ค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์รายฤดูของจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดสงขลา มีค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่าค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของตัวแทนพื้นที่ชนบทมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เมือง ในขณะที่ค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ของตัวแทนพื้นที่เมืองมีความสัมพันธ์กับพื้นที่พื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้าง นอกจากนี้การใช้ประโยชน์ที่ดินมีผลต่อค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์โดยเฉพาะในพื้นที่ชุมชนหนาแน่น และยังมีความเสี่ยงสูงขึ้นเมื่ออยู่ในฤดูหนาวและฤดูร้อน

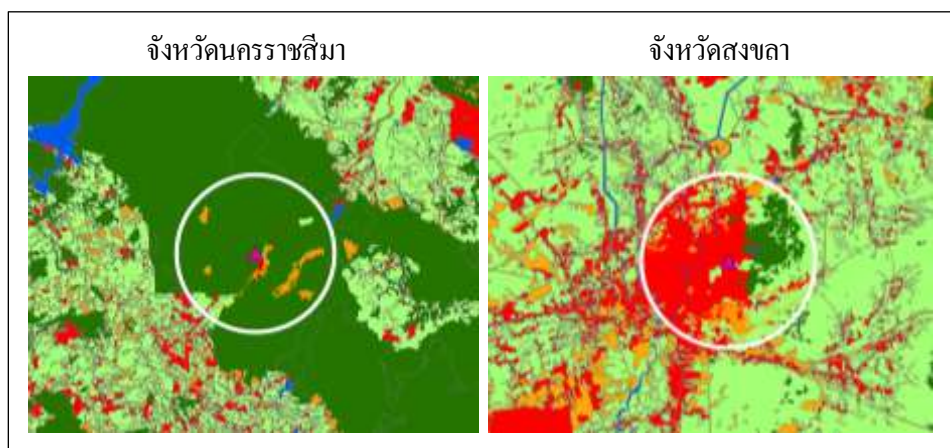
กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดินที่และกรมควบคุมมลพิษที่อนุเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาวิจัยมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

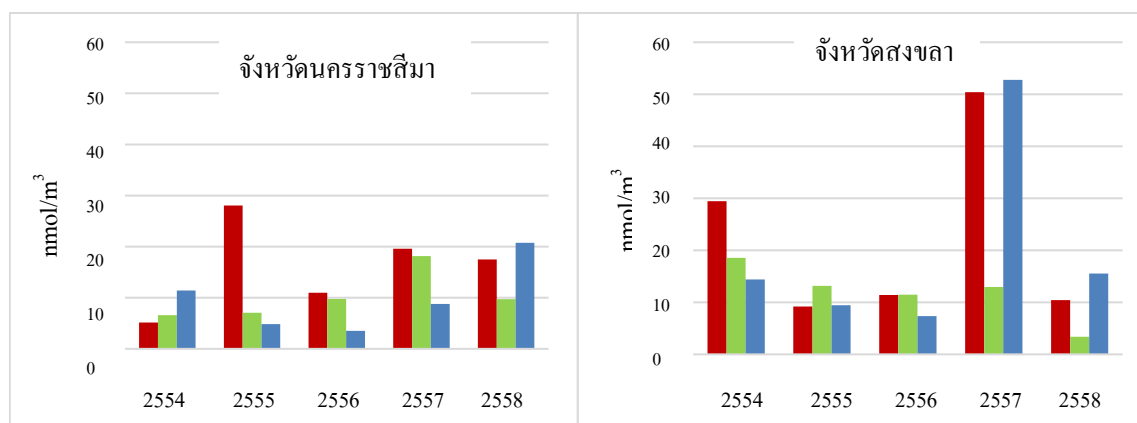
1. Pradab N. Study of Acid Deposition in The Western Region of Thailand [MSc thesis]. Bangkok: Silpakorn University; 2004.
2. Su SS, Li BG, Cui SY, Tao S. Sulfur dioxide emission from combustion in China: From 1990 To 2007. *Environmental Science and Technology* 2011;45:5403-8410.
3. Smith SJ, Van Aardenne J, Klimont Z, Andres RJ, Volke A, Delgado Arias S. Anthropogenic sulfur dioxide emission: 150-2005. *Atmospheric Chemistry and Physics* 2011;11:1101-1116.
4. Saetiew P. Characteristics of particles generated during combustion of biomass, lignite coal and combustion of lignite coal and biomass. *ERI*. 2012;47
5. Panwichatkun N. A Comparative Study of Wesely Mathematical Model for Dry Deposition Velocity of Sulfur Dioxide in a Rice Field with Experiment Using Bowen Ratio Technique. [MSc thesis]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2003.
6. Daniel V. Fundamentals of Air Pollution; 4thed. London : Imprint of Elsevier; 2008.
7. Hembun C. Climate influence affecting sulfur dioxide dry deposition velocity [MSc thesis]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2004.
8. Acid Deposition Monitoring Network in East Asia. Criteria for setting a place [Internet].2010 [Cited 2020 Apr 20]. Available from: https://www.eanet.asia/wp-content/uploads/2020/04/12-Thailand_Factsheet_compressed.pdf
9. Meechan N, Khummongkhon P, Winitnantarat S. Evaluation of Wet and Dry Acid Deposition using Natural Method Over the Sakaerat Biosphere Forest SDU Res. *J*. 2013;6
10. Song L, Kuang FH, Skiba U, Zhu B, Liu XJ, Levy P, Dore A, Fowler D. Bulk deposition of organic and inorganic nitrogen in southwest China from 2008 to 2013. *Environmental Pollutant* 2017;227:157-166.
11. Meteorological Department of Thailand. Meteorological knowledge [Internet].2009 [Cited 2020 Apr 20]. Available from: <https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=23>.
12. Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). Geo-information technology [Internet].2015 [Cited 2020 Apr 20]. Available from: <https://www.gistda.or.th/main/th>.
13. Ouping D, Shirong Z, Liangji D, Ting L, Ling L, Xuesong G, Wei Z. Atmospheric dry nitrogen deposition and its relationship with local land use in a high nitrogen deposition region. *Atmospheric Environment* 2019;203:114-120.
14. Jamchue P. Reduction of bubble defects in plastic packaging production process [MSc thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2011
15. Kiatmongkolkul P. Legal measure for reducing the manufacture and the usage of polystyrene foam as a food container [MSc thesis]. Thammasat University; 2018.
16. Department of Health. Business practices that are harmful to health production type of cosmetic and packaging. Bangkok: WVO Office of Printing Mill; 2012 Sep. 126 p.

17. Song L, Kuang FH, Skiba U, Zhu B, Liu XJ, Levy P, Dore A, Fowler D. Bulk deposition of organic and inorganic nitrogen in southwest China from 2008 to 2013. *Environmental Pollutant* 2017;227:157-166.



ภาพที่ 1 ภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะรัศมี 5 กิโลเมตรจากจุดตรวจวัดจังหวัดน่านและจังหวัดสงขลา

หมายเหตุ : ■ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ■ พื้นที่เกษตรกรรม ■ พื้นที่ป่าไม้
■ พื้นที่น้ำ ■ พื้นที่เบ็ดเตล็ด ▲ สถานีตรวจวัด



ภาพที่ 2 ค่าเฉลี่ยการตกสะสมแบบเหวี่ยงฤดูของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

หมายเหตุ : ■ ฤดูร้อน ■ ฤดูฝน ■ ฤดูหนาว

ตารางที่ 1 ตารางแสดงค่าการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะรอบรัศมี 5 กิโลเมตร

	จังหวัดน่าน		จังหวัดสงขลา	
	ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ	ตารางกิโลเมตร	ร้อยละ
เกษตร	2.56	3.26	23.12	29.43
ป่าไม้	71.10	90.50	10.01	12.74
เมือง	0.95	1.21	38.23	48.67
เบ็ดเตล็ด	3.84	4.89	6.10	7.76
แหล่งน้ำ	0.12	0.15	1.10	1.40
รวม	78.56	100	78.56	100



ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (ANOVA) แบบ LSD ของค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับฤดูกาลของประเทศไทยทั้ง 5 ปี

จังหวัด	ฤดูกาล	ผลการวิเคราะห์				ผลการเปรียบเทียบ		
		Mean	S.D.	F	p	ฤดูกาล		
						ร้อน	ฝน	หนาว
นครราชสีมา	ร้อน	16.00	15.96	4.50	.013	-		
	ฝน	9.44	8.46			.005*	-	
	หนาว	9.68	9.48			.021*	.923	-
สงขลา	ร้อน	24.01	36.98	2.23	.111	-		
	ฝน	12.05	8.97			.043*	-	
	หนาว	19.59	41.34			.216	.514	-

หมายเหตุ : *. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน และผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (ANOVA) แบบ LSD ของค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับฤดูกาลของประเทศไทยรายปี

(จังหวัด/พ.ศ.)	ฤดูกาล	ผลการวิเคราะห์				ผลการเปรียบเทียบ		
		Mean	S.D.	F	p	ฤดูกาล		
						ร้อน	ฝน	หนาว
นครราชสีมา 2554	ร้อน	5.15	2.78	2.64	.090	-		
	ฝน	6.61	5.26			.523	-	
	หนาว	11.45	7.99			.034*	.072	-
นครราชสีมา 2555	ร้อน	28.07	33.29	3.98	.032	-		
	ฝน	7.07	8.18			.015*	-	
	หนาว	5.06	5.034			.024*	.804	-
นครราชสีมา 2556	ร้อน	10.97	2.24	2.73	.086	-		
	ฝน	9.76	7.97			.767	-	
	หนาว	3.51	2.02			.043*	.083	-
นครราชสีมา 2557	ร้อน	19.59	8.83	2.62	.096	-		
	ฝน	18.15	14.09			.767	-	
	หนาว	8.80	3.03			.043*	.083	-
นครราชสีมา 2558	ร้อน	17.48	9.77	3.62	.042	-		
	ฝน	9.73	4.45			.063	-	
	หนาว	20.75	14.88			.506	.023*	-
สงขลา 2554	ร้อน	29.46	68.23	.354	.705	-		
	ฝน	18.54	6.65			.496	-	
	หนาว	14.41	4.91			.453	.821	-
สงขลา 2555	ร้อน	9.19	4.04	.984	.387	-		
	ฝน	13.16	9.75			.280	-	
	หนาว	9.45	3.35			.949	.248	-
สงขลา 2556	ร้อน	11.42	6.49	.660	.526	-		
	ฝน	11.48	10.05			.988	-	
	หนาว	7.35	3.12			.381	.282	-
สงขลา 2557	ร้อน	50.41	20.96	1.62	.221	-		
	ฝน	12.95	2.92			.134	-	
	หนาว	52.78	89.19			.925	.134	-
สงขลา 2558	ร้อน	10.43	7.50	10.71	.000	-		
	ฝน	3.37	3.75			.007*	-	
	หนาว	15.52	5.71			.096	.000*	-

หมายเหตุ : *. The mean difference is significant at the 0.05 level.

ตารางที่ 4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation) ระหว่างค่าการตกสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ กับการใช้ประโยชน์ที่ดินระยะถอยร่น 5 กิโลเมตร จากจุดตรวจวัด

จังหวัด	ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ค่าสหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (2-tailed)	ค่าการสะสมแบบแห้งของแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (พ.ศ.)				
			2554	2555	2556	2557	2558
นครราชสีมา	เกษตร	Pearson Correlation	.164	-.169	-.205	.303	-.021
		p-value	.477	.465	.374	.182	.926
	ป่าไม้	Pearson Correlation	.030	-.156	-.176	-.274	.841**
		p-value	.934	.667	.627	.443	.002
	เมือง	Pearson Correlation	.156	.578*	-.459	-.403	-.063
		p-value	.578	.024	.085	.136	.825
	เบ็ดเตล็ด	Pearson Correlation	.045	-.187	.074	.199	-.261
		p-value	.878	.523	.801	.494	.367
	แหล่งน้ำ	Pearson Correlation	-.030	.308	-.033	.307	-.139
		p-value	.931	.356	.923	.358	.684
สงขลา	เกษตร	Pearson Correlation	-.004	-.191	-.214	-.056	-.363
		p-value	.982	.313	.273	.795	.058
	ป่าไม้	Pearson Correlation	-.041	.262	.020	-.215	-.432
		p-value	.894	.388	.949	.481	.141
	เมือง	Pearson Correlation	.113	.468**	.100	-.104	-.224
		p-value	.551	.009	.612	.629	.253
	เบ็ดเตล็ด	Pearson Correlation	-.047	-.030	-.144	.016	-.164
		p-value	.804	.876	.465	.942	.404
	แหล่งน้ำ	Pearson Correlation	-.137	.113	-.004	-.220	-.378
		p-value	.599	.666	.986	.397	.135

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

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