การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน จากการเผาตอซังต้นข้าวโพด

A STUDY OF PARTICULATE MATTERS 2.5 MICRONS FROM THE BURNING OF CORN STUBBLE

ศุภรดา ปั้นมยุรา[1*], พีรกันต์ แก้ววงศ์วัฒนา[2] และ ชลิดา อู่ตะเภา[1]
[1] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย
[2] เลขานุการ, คณะกรรมาธิการการคมนาคม, กรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย
[*]Corresponding author address: 61601127@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญหามลพิษทางอากาศในประเทศไทยประมาณร้อยละ 54 มีสาเหตุมาจากการเผาในที่โล่ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการเผาเพื่อเป็นการกำจัดเศษวัสดุทางการเกษตร อาทิ ตอซังข้าวโพด อ้อย ฟางข้าว เป็นต้น โดยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นมีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ในประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากกว่า 7 ล้านไร่ การกำจัดตอซังต้นข้าวโพดโดยการเผานั้น จะใช้เวลาไม่นานและมีต้นทุนต่ำ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จากการเผาตอซังต้นข้าวโพด โดยทำการทดลองเผาตอซังต้นข้าวโพดในพื้นที่ปิดเพื่อไม่ให้เกิดการรบกวนจากปัจจัยภายนอก โดยขนาดห้องที่ทำการทดลองมีปริมาตรอากาศ 60 ลูกบาศก์เมตร แล้วตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ด้วยเครื่อง DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532 โดยน้ำหนักของตอซังต้นข้าวโพดที่ใช้ในการทดลองเผามีน้ำหนักโดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 214.46±388.14 กรัม และมีความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดตั้งแต่ช่วงร้อยละ 4 ถึง 77 จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดที่มีปริมาณมากจะส่งผลให้การเกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีปริมาณมากเช่นเดียวกัน ปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในตอซังต้นข้าวโพดโดยเฉลี่ยร้อยละ 71.85±9.99, 36.87±13.67, 14.59±10.36 และ 7.74±3.73 จะส่งผลให้เกิดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในปริมาณ 25.87±13.22, 20.87±12.34, 19.54±9.67 และ 16.23±6.36 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ และพบว่าอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor) ของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ อยู่ในช่วงระหว่าง 3.26±2.24 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งพบว่า การปล่อยตอซังต้นข้าวโพดทิ้งไว้แห้งหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยใช้ระยะเวลามากกว่า 5 สัปดาห์ จะทำให้ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดลดลง 10 เท่า ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ที่เกิดขึ้นลดลงร้อยละ 36

คำสำคัญ: *ฝุ่นละออง ,ตอซังต้นข้าวโพด ,มลพิษทางอากาศ*

Abstract

About 54% of air pollution in Thailand is caused by open burning, which is mostly done to get rid of agricultural wastes such as corn stover, sugarcane, rice straw, etc. In Thailand, maize plays an important role in the animal feed industry and there is more than 7 million rai of maize cultivation area. Open burning is a fast and inexpensive means to get rid of corn stover. The present research aims to study the amount of particulate matter up to 2.5 microns ($PM_{2.5}$) from the burning of corn stover. An experiment of corn stover burning was conducted in a closed area to avoid interference from external factors. The laboratory room had an air volume of 60 cubic meters. $PM_{2.5}$ dust particulate was measured using the DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532. The average weight of corn stover used in the experiment ranges from 214.46±388.14 grams and the moisture content ranges from 4% to 77%. The result shows that the high content of moisture of the corn stover generated high concentrations of $PM_{2.5}$ dust particles as well. The average moisture content in corn stubble at 71.85±9.99%, 36.87±13.67, 14.59±10.36 and 7.74±3.73 resulted in the amount of $PM_{2.5}$ particulates at 25.87±13.22, 20.87±12.34, 19.54±9.67 and 16.23±6.36 mg/m^3, respectively. In addition, it was found that the emission factor of $PM_{2.5}$ dust was in the range of 3.26±2.24 g/kg. Leaving corn stover to dry after harvesting for over 5 weeks could decrease the moisture content of the stover by 10 times, resulting in a 36-percent decrease in the amount of $PM_{2.5}$ dust particles.

Keywords: *particulate matter, corn stover, air pollution*

1. บทนำ

มลพิษทางอากาศถือเป็นอีกหนึ่งปัญหาที่ส่งผลกระทบทั้งในด้านสุขภาพของมนุษย์ รวมไปถึงด้านเศรษฐกิจการท่องเที่ยว โดยเฉพาะฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ที่เป็นหนึ่งในสารมลพิษหลักทางอากาศโดยทั่วไป ปัญหาของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ที่เกิดขึ้นในประเทศไทย

ส่งผลให้เกิดการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร โดยที่เกิดจากการเกี่ยวข้องกับการสัมผัสฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ โดยประมาณ 38,410 คน คิดเป็นร้อยละ 6 ของอัตราการเสียชีวิตทั้งหมดในประเทศไทย [1]

แหล่งกำเนิดหลักของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) มีทั้งแหล่งกำเนิดโดยตรงที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ คือ ภาคการคมนาคมขนส่ง การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล กระบวนการการผลิตทางอุตสาหกรรม และการเผาในที่โล่ง ทั้งจากไฟป่าและเศษวัสดุทางการเกษตร ในแหล่งกำเนิดโดยอ้อมของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซและมลพิษอื่นๆ ในบรรยากาศ [2] ในช่วงตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนนั้นถือเป็นช่วงฤดูแล้ง ลักษณะของสภาพอากาศจะนิ่ง ไม่มีการถ่ายเทของอากาศ ความกดอากาศสูงและสภาพอากาศที่แห้ง พบว่าฝุ่นละอองในหลายพื้นที่ของประเทศไทยจะมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น อาจมีสาเหตุมาจากการเกิดไฟป่าทั้งในประเทศไทยและจากประเทศเพื่อนบ้านประกอบกับในช่วงเวลาดังกล่าว ในภาคเกษตรกรรมมีการลักลอบเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเป็นการกำจัด เนื่องจากเกษตรกรมีความต้องการในการเตรียมพื้นที่เพื่อให้มีความพร้อมสำหรับทำการเพาะปลูกในรอบถัดไป ทั้งในประเทศไทยและในประเทศเพื่อนบ้านที่มีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในหลายพื้นที่ที่ใกล้กับประเทศไทย เมื่อมีการลักลอบเผาเศษวัสดุทางการเกษตรเพื่อเป็นการกำจัด นั้นจึงทำให้เกิดปัญหามลพิษข้ามพรมแดนหรือมลพิษจากฝุ่นละอองข้ามพรมแดนมาจากประเทศเพื่อนบ้านจากกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ประกอบกับด้วยสภาวะอากาศที่แห้งและนิ่ง ส่งผลให้ฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เกิดการสะสมตัวและสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นาน [3]

ปัญหาของมลพิษทางอากาศที่เกิดมาจากหมอกควันและฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ นั้นมีส่วนเกี่ยวเนื่องมาจากการขยายพื้นที่การเพาะปลูกของพืชเชิงเดี่ยว [3] การเพาะปลูกพืชเชิงเดี่ยวอย่างเช่น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการขยายของพื้นที่เพาะปลูกที่เพิ่มมากขึ้น ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ในภาคเหนือ ภาคอีสาน และภาคกลาง ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกในประเทศมากกว่า 7 ล้านไร่ แล้วยังมีความเกี่ยวข้องกับเกษตรกรประมาณ 400,000 ครัวเรือน โดยผลผลิตจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เกือบทั้งหมดจะเข้าสู่อุตสาหกรรมอาหารสัตว์และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆปีตามการขยายตัวตามความต้องการในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของภาคปศุสัตว์ [4] อีกทั้งรัฐบาลยังมีนโยบายเพื่อกระตุ้นเศรษฐกิจในภาคการเกษตรที่กำหนดให้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย จึงทำให้เกษตรกรหรือแม้แต่ภาคอุตสาหกรรมหันมาให้ความสำคัญกับผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จนทำให้เกิดปัญหาการเผาป่า การบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือแม้แต่การกำจัดเศษวัสดุทางการเกษตรอย่างตอซังต้นข้าวโพดโดยใช้วิธีการเผา เนื่องจากวิธีการเผาเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาไม่นาน และมีต้นทุนต่ำ เกษตรกรจึงเลือกกำจัดโดยการเผาเนื่องมาจากข้อจำกัดของเกษตรกรในด้านของต้นทุนที่ขาดแคลน อีกทั้งยังเป็นพฤติกรรมของความเคยชินที่อาจปฏิบัติตามกันมา รวมไปถึงความไม่ตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศเป็นปัญหาด้านฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ [5]

หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ในพื้นที่เพาะปลูกจะคงเหลือตอซังต้นข้าวโพด โดยตอซังต้นข้าวโพดจะมีความชื้นคงเหลือในปริมาณที่ต่างกัน ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่ถูกทิ้งไว้หลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดอาจส่งผลต่อปริมาณการเกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผา แล้วจึงทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดขึ้นด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบอัตโนมัติ โดยเครื่องมือ DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532 Handheld ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาตอซังต้นข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตอซังต้นข้าวโพดที่นำมาทำการทดลองเผาจะมีปริมาณความชื้นที่ไม่เท่ากัน และนำผลการศึกษาที่ได้มาวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดกับปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาตอซังต้นข้าวโพดและประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor : EF) ของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากกิจกรรมการเผาตอซังต้นข้าวโพด ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบในการกำหนดแนวทางแก้ไขปัญหาฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$)

2. วิธีการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดกับปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาไหม้ในระดับห้องปฏิบัติการ และประเมินอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factor) ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จากการเผาไหม้ตอซังต้นข้าวโพดหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.1. ตอซังต้นข้าวโพดที่ทำการทดลอง

ตอซังต้นข้าวโพดที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นตอซังต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้วโดยไม่สนใจสายพันธุ์และพื้นที่การเพาะปลูก ตอซังต้นข้าวโพดในการทดลองครั้งนี้จะเป็นตอซังต้นข้าวโพดจะคงอยู่ในพื้นที่เพาะปลูกโดยมีระยะเวลาตั้งแต่ 1 ถึง 35 วัน หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตอซังต้นข้าวโพดในพื้นที่เพาะปลูกหลังจากการ

เก็บเกี่ยวผลผลิตที่นำมาใช้ในการทดลอง แสดงดังรูปที่ 1

รูปที่ 1 ตอซังต้นข้าวโพดหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

2.1.1. การเก็บตอซังต้นข้าวโพดสำหรับการทดลอง

ในการเก็บตอซังต้นข้าวโพด เพื่อนำมาเป็นตัวอย่างของการทดลองในครั้งนี้ จะทำเก็บตอซังต้นข้าวโพดจากพื้นที่เพาะปลูก โดยเก็บตอซังต้นข้าวโพดแบบพื้นที่ ขนาดพื้นที่ที่ทำการเก็บตอซังต้นข้าวโพดเท่ากับ 1 ตารางเมตร แล้วนำตอซังต้นข้าวโพดมาชั่งน้ำหนักเพื่อให้วิเคราะห์ถึงน้ำหนักของตอซังต้นข้าวโพดต่อพื้นที่การเพาะปลูก

2.1.2. วิเคราะห์หาความชื้นในตอซังต้นข้าวโพด

หลังจากที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ตอซังต้นข้าวโพดในพื้นที่เพาะปลูกมีปริมาณความชื้นคงเหลืออยู่ในตอซังต้นข้าวโพดที่ต่างกัน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในตอซังต้นข้าวโพด จึงทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นในตอซังต้นข้าวโพด

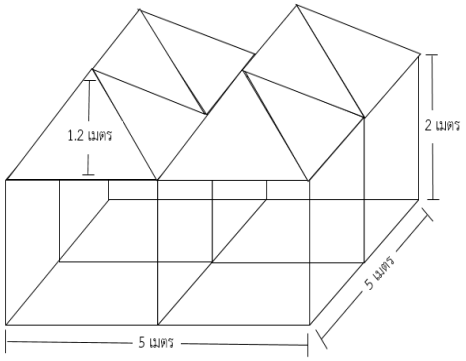
ความชื้น (Moisture content) หมายถึง ค่าที่บ่งบอกปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุ ตามมาตรฐาน AOAC [6] การหาปริมาณความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดจะวิเคราะห์ด้วยวิธีการอบแห้งโดยใช้ตู้อบ (Drying method) ในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นจะทำการชั่งน้ำหนักของตอซังต้นข้าวโพดแล้วบันทึกน้ำหนักตอซังต้นข้าวโพดก่อนเข้าตู้อบ จากนั้นนำตอซังต้นข้าวโพดเข้าตู้อบที่มีอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จึงนำตอซังต้นข้าวโพดออกจากตู้อบแล้วนำมาใส่ไว้ในโถดูดความชื้นจนอุณหภูมิลดลงเท่ากับอุณหภูมิห้องจึงนำตอซังต้นข้าวโพดมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหลังจากนำออกจากโถดูดความชื้นเพื่อคำนวณหาร้อยละปริมาณความชื้นในตอซังต้นข้าวโพด ดังสมการที่ (1)

$$M_w(\%) = \frac{w-d}{w} x\ 100 \qquad (1)$$

โดยที่ M_w คือ ร้อยละความชื้นในตอซังต้นข้าวโพด
w คือ น้ำหนักก่อนอบของตอซังต้นข้าวโพด (กรัม)
d คือ น้ำหนักหลังอบของตอซังต้นข้าวโพด (กรัม)

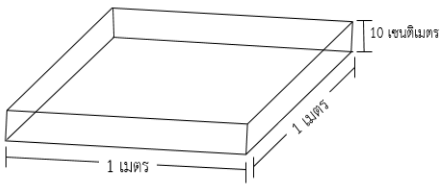
2.2. การทดลองเผาตอซังต้นข้าวโพด

ในการทดลองครั้งนี้ได้กำหนดห้องจำลองขึ้นมาเพื่อใช้ในการเผาตอซังต้นข้าวโพด เพื่อตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดขึ้นภายในห้องจำลอง โดยห้องจำลองในการศึกษาครั้งนี้ คือ เต็นท์ จำนวน 4 หลัง ขนาดของเต็นท์ในแต่ละหลังมีส่วนด้านล่างและส่วนด้านบน ในส่วนด้านล่างมีความกว้าง 2.5 เมตร ความยาว 2.5 เมตร และมีความสูง 2 เมตร มีปริมาตรเท่ากับ 12.5 ลูกบาศก์เมตร และส่วนด้านบนมีลักษณะเป็นพีระมิดฐานสี่เหลี่ยม มีความกว้าง 2.5 เมตร ความยาว 2.5 เมตร มีความสูง 1.2 เมตร มีปริมาตรเท่ากับ 2.5 ลูกบาศก์เมตร ห้องจำลองจึงมีปริมาตร เท่ากับ 60 ลูกบาศก์เมตร ห้องจำลองที่ใช้ในการทดลองแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ลักษณะของห้องจำลองที่ใช้ในการทดลอง

ส่วนที่ใช้รองรับตอซังต้นข้าวโพดในขณะทำการเผา จะใช้เป็นถาดแสตนเลส ขนาด 1 เมตร x 1 เมตร โดยขอบทั้งสี่ด้านของถาดจะพับขอบยกขึ้นทุกด้าน ด้านละ 10 เซนติเมตร ถาดแสตนเลสที่ใช้รองรับตอซังต้นข้าวโพดในขณะทำการเผา แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ถาดสแตนเลสที่ใช้ในขณะเผาตอซังต้นข้าวโพด

โดยทั่วไปการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาชีวมวลและเศษวัสดุทางการเกษตร จะมี 2 ลักษณะ ได้แก่ การตรวจวัดแบบในที่โล่ง และการตรวจวัดแบบพื้นที่ปิด ในแต่ละวิธีของการตรวจวัดมีข้อดีและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน สำหรับการตรวจวัดแบบในที่โล่งมีข้อดี คือ ผลการศึกษาที่ได้มีความน่าเชื่อถือ แต่วิธีนี้มีข้อจำกัด คือ มีต้นทุนสูงและใช้เวลานาน ในการตรวจวัดแบบพื้นที่ปิด มีข้อดี คือ สามารถศึกษาผลของความแตกต่างที่เกิดจากการเผาไหม้ และใช้ระยะเวลาไม่นาน [7] การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจาก

การเผาไหม้ในพื้นที่โล่ง อาจถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก อย่างเช่น กระแสลมและทิศทางของลม ส่งผลกระทบให้ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้นั้นเกิดความคลาดเคลื่อน [8]

ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดขึ้นภายในห้องจำลอง โดยตำแหน่งที่ตั้งของเครื่องมือตรวจวัดจะอยู่ภายในห้องจำลองโดยมีระยะความสูงจากพื้น ตั้งแต่ 1.5 ถึง 2 เมตร และเครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีระยะห่างจากถาดแสตนเลสที่เผาตอซังต้นข้าวโพด 5 เมตร เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องมือตรวจวัดมีอุณหภูมิที่สูงเกิน 50 องศาเซลเซียส ในขณะที่ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ [9]

ในขณะทำการทดลองเผาตอซังต้นข้าวโพดนั้น ทั้งสี่ด้านของห้องจำลองจะปิดด้วยผ้าใบใส เพื่อป้องกันการถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอก อย่างเช่น กระแสลมและทิศทางของลม ที่อาจส่งผลการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เกิดความคลาดเคลื่อน [8]

2.3. เครื่องมือตรวจวัดฝุ่น $PM_{2.5}$

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ในอากาศจะทำการตรวจวัดโดยใช้วิธีเทียบเคียงกับวิธีมาตรฐานสากล ตามที่ Federal Equivalent Method : FEM ที่ US.EPA ได้กำหนดขึ้น โดยใช้วิธี Light Scattering ของเครื่องมือตรวจวัด โดยหลักการกระเจิงแสงทำมุม 90 องศา [10] โดยใช้เครื่อง DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532 Handheld เป็นวิธีการวิเคราะห์ฝุ่นละอองแบบอัตโนมัติ เครื่องมือตรวจวัดมีอัตราการไหลของอากาศอยู่ระหว่าง 1.4 ถึง 3 ลิตรต่อนาที สามารถรายงานค่าความเข้มข้นของฝุ่นให้อยู่ในหน่วยน้ำหนักฝุ่นต่อปริมาตรอากาศ (มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) และสามารถรายงานค่าฝุ่นละอองได้แบบตลอดเวลา เครื่องมือตรวจวัดนี้มีช่วงในการวิเคราะห์ขนาดของฝุ่นตั้งแต่ 0.1 ถึง 10 นาโนเมตร และช่วงของการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นอยู่ที่ 0.001 ถึง 150 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร [9] เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) แสดงดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 เครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่น DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532 Handheld

2.4. อัตราการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน (EMISION FACTOR)

การประเมินอัตราการปลดปล่อยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จากกิจกรรมการเผาตอซังต้นข้าวโพดในการทดลองครั้งนี้ คำนวณจากสมการของ [7] ดังแสดงในสมการที่ (2)

$$Emission\ Factor = \frac{C\ x\ Vtotal}{M\ fuel\ biomass} \quad (2)$$

โดยที่ Emission factor คือ อัตราปลดปล่อยฝุ่นละออง ($g_{emission}/kg_{dm\ biomass}$)

C คือ ปริมาณฝุ่นละอองที่ตรวจวัด (mg/m^3)

V_{total} คือ ปริมาตรอากาศในขณะตรวจวัด (m^3)

M_{fuel} คือ น้ำหนักของชีวมวล (kg)

2.5. ขั้นตอนการทดลอง

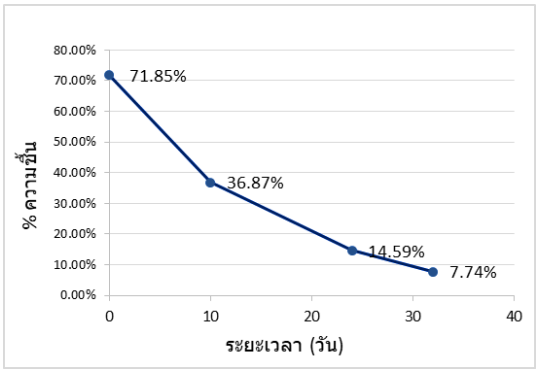
การทดลองนี้เป็นการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) ที่เกิดขึ้นจากการเผาตอซังต้นข้าวโพดที่มีความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดในปริมาณที่แตกต่างกัน ตอซังต้นข้าวโพดจะนำมาวิเคราะห์หาความชื้นที่คงเหลือในตอซังต้นข้าวโพดโดยใช้วิธีการอบแห้ง ในการทดลองนี้จะทำการทดลองโดยจะจำลองการเผาภายในห้องจำลองที่มีขนาด 60 ลูกบาศก์เมตรและทั้งสี่ด้านของห้องจำลองจะถูกปิดด้วยผ้าใบใส โดยขณะเผาตอซังต้นข้าวโพดจะทำการเผาภายในถาดแสตนเลสที่อยู่ในห้องจำลอง และน้ำหนักของตอซังต้นข้าวโพดที่นำมาเผาในการทดลองในครั้งนี้ มีน้ำหนักโดยเฉลี่ย 0.2-0.4 กิโลกรัมต่อครั้ง หลังจากเผาตอซังต้นข้าวโพดจนไหม้หมดแล้ว ซึ่งกระบวนการเผาไหม้ใช้เวลาประมาณ 1-3 นาทีต่อครั้ง ในขณะที่ทำการเผาตอซังต้นข้าวโพดภายในห้องจำลองมีอุณหภูมิประมาณ 40-45 องศาเซลเซียส โดยจุดตรวจวัดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ อยู่ภายในห้องจำลอง มีระยะเวลาในการตรวจวัด 5 นาทีต่อการเผาหนึ่งครั้ง เครื่องมือที่นำมาใช้ในการตรวจวัดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ มีอัตราการไหลของอากาศเท่ากับ 3 ลิตรต่อนาที นำผลการทดลองที่บันทึกได้จากการตรวจวัดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดกับปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาตอซังต้นข้าวโพดหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตและคำนวณอัตราปลดปล่อยมลพิษ (Emission factor) ของฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน ($PM_{2.5}$) จากกิจกรรมการเผาตอซังต้นข้าวโพด

3. ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

3.1. ระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับความชื้นตอซังต้นข้าวโพด

ในพื้นที่ของการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น เกษตรกรจะทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในลักษณะเรียงเป็นแถว โดยมีระยะห่างของแต่ละแถวประมาณ 75 เซนติเมตร และระยะห่างระหว่างแต่ละต้นประมาณ 20-25 เซนติเมตร เมื่อเก็บตอซังต้นข้าวโพดจากในพื้นที่เพาะปลูก 1 ตารางเมตร โดยจะเก็บทั้งใบและลำต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ในขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร จะมีจำนวนตอซังต้นข้าวโพดโดยประมาณ 8-11 ต้น และมีน้ำหนักโดยเฉลี่ยต่อพื้นที่เท่ากับ 855.67±268.15 กรัมต่อตารางเมตร โดยปริมาณความชื้นส่งผลต่อน้ำหนักของตอซังต้นข้าวโพด

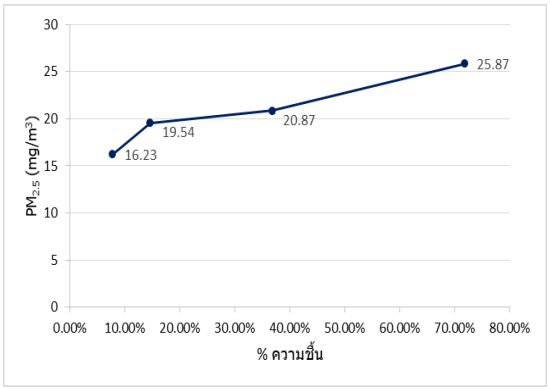
หลังจากเกษตรกรเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เรียบร้อยแล้ว ในพื้นที่เพาะปลูกนั้นจะเหลือเศษวัสดุทางการเกษตร อย่างเช่น ตอซังต้นข้าวโพด ซึ่งตอซังต้นข้าวโพดที่ถูกปล่อยไว้ในพื้นที่เพาะปลูก หากมีระยะเวลาที่มากขึ้นจะส่งผลให้ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดมีปริมาณความชื้นลดลง จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าในวันที่เก็บเกี่ยวผลผลิต ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดมีปริมาณความชื้นโดยประมาณร้อยละ 71.85±9.99 เมื่อตอซังต้นข้าวโพดมีระยะเวลาตั้งแต่ในช่วง 7-14 วัน, 21-28 วัน และ 28-35 วัน จะส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 36.87±13.67, 14.59±10.36 และ 7.74±3.73 ตามลำดับ ดังแสดงรูปที่ 4



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาหลังจากการเก็บเกี่ยวกับปริมาณความชื้นในตอซังต้นข้าวโพด

3.2. ความสัมพันธ์ความชื้นกับปริมาณฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 2.5 ไมครอน

ความชื้นที่อยู่ในตอซังต้นข้าวโพด นั้นส่งผลต่อการเกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จากการเผาไหม้ตอซังต้นข้าวโพด จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดที่มีปริมาณต่างกันนั้นจะส่งผลให้การเกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ มีปริมาณต่างกัน โดยปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในตอซังต้นข้าวโพดโดยเฉลี่ยร้อยละ 71.85±9.99, 36.87±13.67, 14.59±10.36 และ 7.74±3.73 จะส่งผลให้เกิดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในปริมาณ 25.87±13.22, 20.87±12.34, 19.54±9.67 และ 16.23±6.36 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดกับปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$

3.3. อัตราการปลดปล่อยฝุ่นละออง $PM_{2.5}$

อัตราการปลดปล่อยฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จากการเผาตอซังต้นข้าวโพดที่ได้จากผลการทดลองในการศึกษานี้ครั้งนี้ พบว่าจากกิจกรรมในการเผาตอซังต้นข้าวโพดก่อให้เกิดอัตราการปลดปล่อยฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ เท่ากับ 3.26±2.24 กรัมต่อกิโลกรัมของตอซังต้นข้าวโพด

4. สรุป

จากการศึกษาปริมาณการเกิดฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จากการเผาไหม้ตอซังต้นข้าวโพดโดยทำการวิเคราะห์หาความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่าเมื่อตอซังต้นข้าวโพดถูกทิ้งไว้ในพื้นที่เพาะปลูกหลังจากเก็บเกี่ยว ตั้งแต่ในช่วงระยะเวลา 7-14 วัน, 21-28 วัน และ 28-35 วัน จะส่งผลให้ปริมาณความชื้นลดลงเหลือร้อยละ 36.87, 14.59 และ 7.74 และความชื้นที่ลดลงนั้น ส่งผลให้การเผาไหม้ตอซังต้นข้าวโพดมีปริมาณการเกิดฝุ่นละอองลดลงด้วยเช่นกัน โดยปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในตอซังต้นข้าวโพดโดยเฉลี่ยร้อยละ 71.85±9.99, 36.87±13.67, 14.59±10.36 และ 7.74±3.73 จะส่งผลให้เกิดปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ในปริมาณ 25.87±13.22, 20.87±12.34, 19.54±9.67 และ 16.23±6.36 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าการเผาตอซังต้นข้าวโพดที่มีปริมาณความชื้นสูงจะก่อให้เกิดฝุ่นละอองในปริมาณที่มากกว่าการเผาตอซังต้นข้าวโพดที่มีปริมาณความชื้นต่ำกว่า ในการปล่อยตอซังต้นข้าวโพดทิ้งไว้แห้งหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดย

ใช้ระยะเวลามากกว่า 5 สัปดาห์ จะทำให้ความชื้นในตอซังต้นข้าวโพดลดลง 10 เท่า ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ ที่เกิดจากการเผาไหม้ลดลงร้อยละ 36

ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยมลพิษ (EF) ของฝุ่นละออง $PM_{2.5}$ จากการเผาตอซังต้นข้าวโพด เท่ากับ 3.26±2.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมของตอซังต้นข้าวโพด โดยค่า EF ที่ได้นี้สามารถนำมาใช้ในการประเมินหาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากกิจกรรมการเผาตอซังต้นข้าวโพดหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยนวัตกรรมเมืองอัจฉริยะ (Smart City Innovative Research Academy : SCiRA) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในความอนุเคราะห์เครื่อง DustTrak II Aerosol Monitor Model 8532 Handheld ในการศึกษาครั้งนี้

6. การอ้างอิง

[1] STATE OF GLOBAL AIR : Health Impacts of $PM_{2.5}$

[2] กรมควบคุมมลพิษ. (2553) รายงานสถานการณ์และการจัดการคุณภาพอากาศและเสียง สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

[3] Kevin W. (2015), CP maize contract farming in Shan State, Myanmar: A regional case of place-based corporation agro-feed system

[4] เรไร ลำเจียก (2558) การเผาซังข้าวโพด : ปัญหาหมอกควัน (Corncob Burning : Smog Problem) นโยบายการเผาซังข้าวโพด ปัญหาหมอกควัน สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา ปีที่ 5 ฉบับที่ 18

[5] Sunita Y., Pushpen K., Ushe M., Saroj D. (2018). Crop Residue Burning and Air Pollution. Popular Kheti. Volume 5, Issue 2 (April-June). 2017

[6] Official methods of analysis (18th edition), (2005) Washington, D.C. : Association of official analytical chemists. AOAC

[7] Simone S.A., Joao A.C., Maria A.M., Cleverson P. (2016). Particulate matter emission factor for biomass combustion. Atmosphere Journal of MDPI 7(11), 141. DOI: 10.3390/atmos7110141

[8] Kanittha K. (2020). An Emission Assessment of Carbonaceous Aerosols from Agricultural Open Burning in Thailand: Integrating Experiment Date and Remote Sensing. Degree of Doctor. King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.

[9] TSI Incorporated. (2009) "DustTrak II Aerosol Monitor 8532

[10] Tasic V. (2012). Comparative assessment of a real-time particle monitor against the reference gravimetric method for PM_{10} and $PM_{2.5}$ in indoor air. Atmospheric Environment. Volume 54, July 2012, Pages 358-364.