การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง

นางสาวกิตติยาภรณ์ รองเมือง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2558

ASSESSMENT OF POLLUTANT EMISSION FROM OPEN FIELD BURNING OF AGRICULTURAL RESIDUES

Kittiyaporn Rongmuang

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Agricultural and Food Engineering

Suranaree University of Technology

Academic Year 2015

การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

_____

(ผศ. ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน)
ประธานกรรมการ

_____

(ผศ. ดร.วีรชัย อาจหาญ)
กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

_____

(อ. ดร.พรรษา ลิบลับ)
กรรมการ

_____

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)
รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและนวัตกรรม

_____

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)
คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

กิตติยาภรณ์ รองเมือง : การประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง (ASSESSMENT OF POLLUTANT EMISSION FROM OPEN FIELD BURNING OF AGRICULTURAL RESIDUES) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ, 123 หน้า

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงทำให้มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก ส่วนใหญ่แล้วเกษตรกรจะเผากำจัดในแปลงก่อนเริ่มดำเนินการปลูกในฤดูต่อไป ทำให้มีการปลดปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมในประมาณที่มหาศาล ในงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission Factors : EFs) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง คือ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย โดยทำการทดสอบหาการปลดปล่อยมลพิษต่างๆ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Matter : TPM) ในระดับห้องปฏิบัติการ และนำผลการศึกษาที่ได้มาประเมินปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในพื้นที่การเกษตรของประเทศ ผลการศึกษาพบว่า อัตราการปลดปล่อยมลพิษ (EFs) จากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ทั้ง 3 ชนิด มีค่าแตกต่างกันออกไปตามคุณสมบัติ โดยมีช่วงการปลดปล่อย CO_2, CO, NO_X, SO_2 และฝุ่นละอองรวม เท่ากับ 993.05-1,219.13 24.07-78.86 1.58-3.95 0.28-0.56 และ 3.86-6.69 g/kg_{dm} ตามลำดับ เมื่อนำอัตราการปลดปล่อยมลพิษเหล่านี้มาประเมินการปลดปล่อยมลพิษของประเทศ พบว่า ยอด/ใบอ้อย มีปริมาณการปลดปล่อยมลพิษสูงสุด ส่วนฟางข้าว และซังข้าวโพด มีอัตราการปลดปล่อยมลพิษน้อยลงตามลำดับ ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปประกอบในการกำหนดนโยบายควบคุมการเผาไหม้ในที่โล่งแจ้งของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้

สาขาวิชา วิศวกรรมเกษตร ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2558 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

KITTIYAPORN RONGMUANG : ASSESSMENT OF POLLUTANT EMISSION FROM OPEN FIELD BURNING OF AGRICULTURAL RESIDUES. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WEERACHAI ARJHARN, Ph.D., 123 PP.

OPEN BURNING/EMISSION FACTOR/CARBON DIOXIDE/CARBON MONOXIDE/NITROGEN OXIDE/SULFUR DIOXIDE/TOTAL PARTICULATE MATTER

Thailand is predominantly an agriculture-based country, thus generating a massive amount of agricultural residues. Mostly, they are burnt on the open filed prior to starting a new crop, emitting a great amount of pollutants to the environment. The objective of this research was to determine emission factors (EFs) of main agricultural residues during open field burning, including rice straw, corncob and sugarcane tip/leave. The pollutants consisting of carbon dioxide (CO_2), carbon monoxide (CO), nitrogen oxide (NOx), sulfur dioxide (SO_2) and total particulate matter (TPM) were measured for their emission in the laboratory. These EFs were subsequently used to estimate the amount of pollutant emissions from open field burning in Thailand. The results showed that the EFs of the 3 agricultural residues varied differently depending on their characteristics. The emissions of CO_2, CO, NO_X, SO_2 ranged from 993.05-1,219.13, 24.07-78.86, 1.58-3.95, 0.28-0.56 and 3.86-6.69 g/kg_{dm}, respectively. When the EFs were used to estimate the total amount of emission in Thailand, sugarcane tip/leave was found to generate the highest amount of emission, followed by rice

straw and corncob. The results of this study can be further used to make policy regarding the control of open field burning of agricultural residues.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Agricultural Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2015 Advisor's Signature_____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความช่วยเหลืออย่างดียิ่งทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย อันประกอบด้วยบุคคลสำคัญดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำแนะนำปรึกษาทั้งด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย รวมถึงได้ช่วยตรวจทานและแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนมีความบริบูรณ์พร้อมทางด้านวิชาการ รวมทั้งเป็นกำลังใจและแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ในการดำเนินชีวิตแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พยุงศักดิ์ จุลยุเสน อาจารย์ ดร.พรรษา ลิบลับ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และความรู้ทางด้านวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ดร.ทิพย์สุภินทร์ หินซุย ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ รวมถึงได้ช่วยตรวจทานและแก้ไขรายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนมีความบริบูรณ์พร้อมทางด้านวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัย

ขอขอบคุณบุคลากร ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทางด้านต่างๆ ทั้งในอดีตและปัจจุบัน และขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา รวมถึงญาติพี่น้องของผู้วิจัยทุกท่านที่ได้ให้ความรัก ความอบอุ่น ความห่วงใย การอบรมเลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจ ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิตเรื่อยมา

กิตติยาภรณ์ รองเมือง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) ..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ฎ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ ..... ฐ

บทที่

1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 สมมุติฐานของงานวิจัย 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

2 ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 บทนำ 5
2.2 มลพิษอากาศ 5
2.2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 6
2.2.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 7
2.2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 8
2.2.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 10
2.2.5 ฝุ่นละอองรวม (TPM) 13
2.3 การเผาในที่โล่ง 16
2.3.1 การเผาเศษพืชวัสดุภาคการเกษตร 17
2.3.2 การเผาขยะมูลฝอยจากชุมชน 18
2.3.3 ไฟป่า 18

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.4 ข้อมูลการเพาะปลูก 18
2.4.1 ข้าว 18
2.4.2 ข้าวโพด 23
2.4.3 อ้อย 27
2.5 วิธีประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ 30
2.5.1 ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (EF : Emission Factor) 32
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
3 วิธีดำเนินการวิจัย 39
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ 39
3.1.1 การออกแบบอุปกรณ์สำหรับเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 39
3.1.2 เครื่องมือตรวจวัดมลพิษอากาศ 41
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 44
3.2.1 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น 46
3.2.2 การเก็บตัวอย่าง 47
3.2.3 การศึกษาสมบัติของฟางข้าว ซังข้าวโพด และ ยอด/ใบอ้อย 48
3.2.4 ศึกษาปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในที่โล่งแจ้ง (ระดับห้องปฏิบัติการ) 49
3.2.4.1 การหาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมลพิษ (Emission Factor) 49
3.2.4.2 การประเมินปริมาณฝุ่นละอองรวม จากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 51
3.2.6 การประมาณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมลพิษ ในระดับประเทศ 52
4 ผลการศึกษาและการอภิปรายผล 53
4.1 ปริมาณสัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ 53
4.2 ผลการประเมินเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 57
4.2.1 การประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ของข้าว 57

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2.2 การประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ของข้าวโพด 61
4.2.3 การประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ของอ้อย 64
4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเศษวัสดุเหลือใช้ 67
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 67
4.4 ผลการประเมินปริมาณมลพิษจากเศษวัสดุเหลือใช้ 69
4.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางทฤษฎี 69
4.4.2 ปริมาณมลพิษจากการเผาฟางข้าว 73
4.4.3 ปริมาณมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด 76
4.4.4 ปริมาณมลพิษจากการเผา ยอด/ใบอ้อย 78
4.5 ผลการประเมินมลพิษที่เกิดจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในระดับประเทศ 81
4.5.1 ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าวในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2558 81
4.5.2 ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2558 87
4.5.3 ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อยในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2558 92
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 98
5.1 สรุปผลการศึกษา 98
5.1.1 ผลการประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 98
5.1.2 สมบัติและองค์ประกอบของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 98
5.1.3 อัตราการปล่อยก๊าซมลพิษจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 99
5.1.4 ผลการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย 99

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์ 101
5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต 101
รายการอ้างอิง 103
ภาคผนวก
ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ 107
ภาคผนวก ข. การตรวจวัดอนุภาคจากกระแสอากาศด้วยวิธีมาตรฐาน (U.S.EPA. Method 5) 113
ภาคผนวก ค. ผลการทดลอง 118
ประวัติผู้เขียน 123

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 10
2.2 ผลกระทบของแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม 12
2.3 ปริมาณการปล่อยสารมลพิษและก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุในพื้นที่การเกษตร ในประเทศไทย 17
2.4 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 19
2.5 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ : เนื้อที่เพาะปลูกและพื้นที่ให้ผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 24
2.6 อ้อย : เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 27
2.7 วิธีการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภท 32
2.8 แสดงสมการที่ใช้คำนวณมลพิษที่ปล่อยจากการเผา 35
3.1 เครื่องมือวัด และพารามิเตอร์ที่ศึกษา 42
4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิต และสัดส่วนการใช้ประโยชน์ปริมาณวัสดุเหลือใช้ 53
4.2 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี 2558 ของฟางข้าว 58
4.3 ข้าวโพด : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของซังข้าวโพด 62
4.4 อ้อย : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของ ยอด/ใบอ้อย 65
4.5 ค่าความชื้นและธาตุองค์ประกอบที่พบในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 68
4.6 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางทฤษฎี 73
4.7 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาฟางข้าวในการศึกษานี้เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ 74
4.8 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาซังข้าวโพด ในการศึกษานี้เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ 77

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ **หน้า**

4.9 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผายอด/ใบอ้อย ในการศึกษานี้เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ 79
4.10 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 83
4.11 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 90
4.12 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผายอด/ใบอ้อย เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 94

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 ความสัมพันธ์ของระบบมลพิษอากาศ 5
2.2 แสดงพื้นที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตข้าว ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ในประเทศไทย 23
2.3 แสดงพื้นที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตข้าวโพด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ในประเทศไทย 26
2.4 แสดงเนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตอ้อย ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ในประเทศไทย 30
2.5 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ (US.EPA,2005) 40
3.1 แบบจำลองการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัดปริมาณมลพิษ 41
3.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคชนิด Flex Sampling Train System (RIGID) 41
3.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ตัวอย่างแก๊สไอเสีย (Flue Gas Analyzer) Testo-350XL 42
3.4 เครื่องมือวิเคราะห์สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 43
3.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา 45
3.6 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาทดลอง 47
4.1 การหาสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตเฉลี่ย (CRR) ของฟางข้าว 54
4.2 การหาสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตเฉลี่ย (CRR) ของซังข้าวโพด 55
4.3 การหาสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตเฉลี่ย (CRR) ของยอด/ใบอ้อย 54
4.4 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบหลักในเศษวัสดุเหลือใช้ 69
4.5 การตรวจวัดมลพิษจากการเผาฟางข้าว 75
4.6 การตรวจวัดมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด 78
4.7 การตรวจวัดมลพิษจากการเผา ยอด/ใบอ้อย 80
4.8 แสดงปริมาณการปล่อยมลพิษ CO_2, CO, NO_X และ SO_2 จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 82
4.9 แสดงปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองรวม (TPM) จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 83
4.10 แสดงปริมาณการปล่อยมลพิษ CO_2, CO, NO_X และ SO_2 จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.11 แสดงปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองรวม (TPM) จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 89

4.12 แสดงปริมาณการปล่อยมลพิษ CO_2, CO, NO_X และ SO_2 จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ จากยอด/ใบอ้อย ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 93

4.13 แสดงปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองรวม (TPM) จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก ยอด/ใบอ้อย ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 94

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

EF	=	ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission Factor)
US.EPA	=	องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา (United States of America, Environmental Protection Agency)
IPCC	=	Intergovernmental Panel on Climate Change
TPM	=	ฝุ่นละอองรวม (Total Particle Matter)
CRR	=	Crop to Residue Ratio
PPM	=	Part Per Million
CO_2	=	คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon dioxide)
CO	=	คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide)
NO	=	ก๊าซไนตริกออกไซด์ (Nitric oxide)
NO_2	=	ก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen dioxide)
NO_x	=	ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (Nitrogen oxide)
SO_2	=	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulphur dioxide)
C	=	คาร์บอน (Carbon)
S	=	ธาตุซัลเฟอร์ (Sulphur)
N	=	ไนโตรเจน (Nitrogen)
H	=	ไฮโดรเจน (Hydrogen)
O	=	ธาตุออกซิเจน (Oxygen)
m^3	=	ลูกบาศก์เมตร
m	=	เมตร
kg	=	กิโลกรัม (Kilogram)
g	=	กรัม (gram)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเผาไหม้ในที่โล่งแจ้ง (Open Burning) อาทิเช่น การเกิดไฟป่า การเผาในพื้นที่ทางการเกษตร และการเผาขยะ ล้วนเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ซึ่งก่อให้เกิดก๊าซต่างๆ จากกระบวนการเผาไหม้ อาทิ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) องค์ประกอบสารอินทรีย์ระเหย (VOCs) รวมทั้งฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Mater : TPM) เถ้า (Ash) ควันและเขม่า (Smoke) การเผาในที่โล่งแจ้งในบริเวณกว้าง จะนำไปสู่การเกิดหมอกควันในปริมาณสูง ซึ่งล้วนแต่มีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ สิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศน์ และสิ่งแวดล้อม

จากรายงานสถานการณ์มลพิษทางอากาศของประเทศไทย ในปี 2554 โดยกรมควบคุมมลพิษ ได้ประเมินว่าการเผาในที่โล่งแจ้งในพื้นที่เกษตรของประเทศไทย เป็นแหล่งกำเนิดมลพิษเชิงพื้นที่ที่สำคัญแหล่งหนึ่ง ซึ่งมาจากกิจกรรมหลัก คือ การเผาเศษวัสดุเหลือใช้ในพื้นที่เกษตรกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด และอ้อย สืบเนื่องจากในการทำการเกษตรให้ได้ผลผลิตสูง สิ่งสำคัญที่สุดคือ การเตรียมดินในพื้นที่เพาะปลูก อาทิ การถากถางพื้นที่เพื่อกำจัดเศษวัชพืช การทำเกษตรนาปรังที่มีการปลูกข้าวติดต่อกันอย่างน้อยปีละ 2-3 ครั้ง ต้องใช้ความเร่งรีบในการเตรียมดินที่ไม่สามารถรอเวลาของการย่อยสลายตามธรรมชาติก่อนไถกลบได้ ปัญหาเครื่องจักรกลเกษตรเตรียมดินไม่สามารถตัดบดฟางข้าวและไถกลบเศษวัสดุทางการเกษตรเหล่านี้ได้ เป็นต้น จึงทำให้เกษตรกรยังคงใช้วิธีการเผาวัสดุเหลือใช้ในแปลงเกษตรให้หมดไปหรือเบาบางลงก่อนที่จะใช้เครื่องจักรลงไปเตรียมดิน นอกจากนี้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตภาคการเกษตรบางชนิด เช่น อ้อย เกษตรกรต้องทำการเผาใบอ้อยให้มีปริมาณน้อยลงเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว ปริมาณวัสดุตอซังในพื้นที่เกษตรของประเทศไทยรวมทั้งสิ้นมีปริมาณ 29.1 ล้านตันต่อปี จะเกิดฝุ่นละอองรวมจากการเผาปริมาณทั้งสิ้น 58,200-407,400 ตัน (การเผาเศษพืช 1 ตัน จะทำให้เกิดฝุ่นละอองปริมาณ 2-14 กิโลกรัม)

นอกจากนี้ ข้อมูลการติดตามตรวจสอบปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) ในปี 2550 – 2553 โดย กรมควบคุมมลพิษ พบว่าภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงราย พะเยา ลำปาง แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ ลำพูน น่าน แพร่ ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายนของทุก

ปีที่มีการเผาในที่โล่งแจ้งจำนวนมากทั้งการเผาในพื้นป่า การเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรในพื้นที่การเกษตร และการเผาเศษใบไม้ ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน (PM10) สูงเกินเกณฑ์มาตรฐานในหลายพื้นที่และติดต่อกันเป็นเวลานานหลายวัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

ปัญหามลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการเผาในที่โล่งแจ้ง ไม่เพียงแต่เกิดปัญหาเฉพาะในพื้นที่ประเทศไทยแต่ถือประเด็นสำคัญที่หลายๆ ประเทศทั่วโลกให้ความสำคัญ ดังจะเห็นได้จากการเกิดปัญหาหมอกควันข้ามแดนในแถบภูมิภาคเอเชีย ซึ่งนำไปสู่ข้อตกลงอาเซียนว่าด้วยมลพิษจากหมอกควันข้ามแดน (ASEAN Agreement on Transboundary Haze Pollution) โดยมีการลงนามในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งถือเป็นข้อตกลงทางด้านสิ่งแวดล้อม ระหว่างชาติสมาชิกในกลุ่มสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยมีวัตถุประสงค์ในการลดมลพิษและหมอกควันในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ที่สำคัญไปกว่านั้นคือ ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากสภาวะโลกร้อน (Global warming) ได้กลายเป็นปัญหาที่ทั่วโลกกำลังเผชิญอยู่ และทั่วโลกมีความพยายามในการบรรเทาและป้องกันมิให้ปัญหาทวีความรุนแรงขึ้น ของการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งได้มีข้อตกลงเกี่ยวกับพิธีสารเกียวโต (Kyoto Protocol) ขึ้นเพื่อกำหนดพันธกรณีให้ประเทศต่างๆ หันมาร่วมมือและดำเนินการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลงเพื่อให้บรรลุตามเป้าหมายภายในระยะเวลาที่กำหนด ดังกล่าว ประเทศไทย จึงจำเป็นต้องให้ความสำคัญ ในการร่วมมือ กำหนดมาตรการป้องกัน ควบคุม ตลอดจนสร้างแผนแม่บทและกำหนดนโยบาย เพื่อนำมาใช้แก้ไขปัญหาดังกล่าว

ทั้งนี้ การประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษอากาศจากกิจกรรมต่างๆ ในสาขาด้านการเกษตร (Agriculture Sector) สำหรับการเผาเศษพืชจากการทำเกษตรกรรมในที่โล่งแจ้ง (Field burning of agricultural residues) ได้ถูกกำหนดให้เป็นกิจกรรมหนึ่งในการดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean DevelopmentMechanism : CDM) ซึ่งถือเป็นกลไกหนึ่งที่สำคัญที่ได้สร้างขึ้นภายใต้พิธีสารเกียวโต โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Meehl et al., .2007) สำหรับประเทศไทย ได้พยายามจัดทำข้อมูลอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors :EF) และศึกษาค่า Emission factors ที่เหมาะสมต่อประเทศไทยแล้วในหลายๆ กิจกรรม เช่น สาขาพลังงาน สาขาอุตสาหกรรม สาขาป่าไม้ สาขาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สาขาการเกษตร (ปศุสัตว์) อย่างไรก็ดี ค่า Emission factors ที่มาจากสภาพกิจกรรมที่เป็นจริงของการเผาเศษพืชจากการทำเกษตรกรรมในที่โล่งแจ้งของประเทศไทยยังไม่มีงานวิจัยปรากฏ

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง โดยเน้นที่จะศึกษาพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย 3 ชนิด

ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด และอ้อย โดยมลพิษที่จะศึกษา ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Mater : TPM) โดยการทดสอบการเผาไหม้ในระดับห้องปฏิบัติการ ตามมาตรฐานสากล แล้วนำผลการศึกษาที่ได้มาประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factors :EF) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด ซึ่งข้อมูลที่ได้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษในรูปต่างๆ ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทยได้ ตลอดจนสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านกลไกการพัฒนาที่สะอาดด้านเกษตรกรรม อาทิ การจัดทำแผนที่ฐานข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission Maps) การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) หรือการจัดทำรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) ในด้านเกษตรกรรมสำหรับประเทศไทยต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factors : EF) ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Mater : TPM) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในที่โล่งแจ้ง ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด และอ้อย

1.2.2 เพื่อศึกษาการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อันประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Mater : TPM) ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ในการศึกษานี้จะทำการศึกษาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง ได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย โดยไม่สนใจสายพันธุ์

1.3.2 ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factors : EF) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง ในระดับห้องปฏิบัติการ แล้วนำผลการศึกษามาประเมินอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors : EF) ที่จะเกิดขึ้นมาประเมินการปลดปล่อยมลพิษในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1.4 สมมุติฐานของงานวิจัย

เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ต่างชนิดกัน อัตราการปลดปล่อยมลพิษ (Emission factors :EF) จะมีค่าแตกต่างกัน และคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง ที่ค่าเฉพาะของวัสดุเหลือใช้ชนิดนั้นๆ จะให้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำมากกว่า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

องค์ความรู้ที่เกิดขึ้นจากงานวิจัยนี้สามารถเป็นฐานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง และเป็นฐานข้อมูลในการทำนายการปลดปล่อยมลพิษจากพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

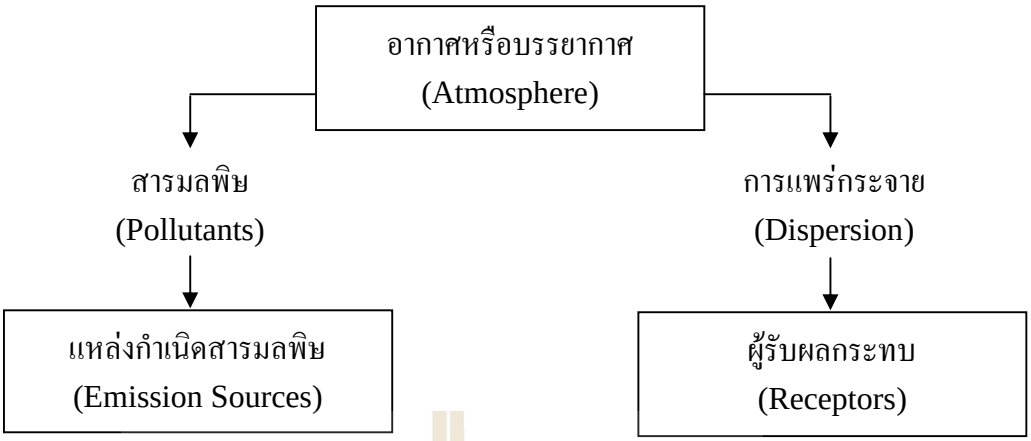
บทที่ 2
ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในส่วนของปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนี้จะกล่าวถึง ความหมายของมลพิษอากาศ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และฝุ่นละอองรวม การเผาในที่โล่ง และข้อมูลทั่วไปของประเทศไทยเกี่ยวกับการเพาะปลูกพืช คือ ข้าว อ้อย และข้าวโพด รวมทั้งหลักการในการหาอัตราการปล่อยมลพิษ (EF : Emission Factor) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.2 มลพิษอากาศ

มลพิษอากาศ (Air Pollution) หมายถึง ภาวะของอากาศที่มีสารเจือปนอยู่ในปริมาณที่มากพอและเป็นระยะเวลานานพอที่จะทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ อนามัยของมนุษย์ สัตว์ พืช และวัสดุต่าง ๆ สารดังกล่าวอาจเป็นธาตุหรือสารประกอบ ที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติหรือเกิดจากการกระทำของมนุษย์ หรืออาจอยู่ในรูปของก๊าซ หยดของเหลว หรืออนุภาคของแข็งก็ได้สารมลพิษอากาศ ที่สำคัญและมีผลต่อสุขภาพอนามัย ได้แก่ ฝุ่นละออง สารตะกั่ว ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ก๊าซโอโซน และสารอินทรีย์ระเหยง่าย เป็นต้น ระบบภาวะมลพิษอากาศ มีส่วนประกอบที่มีความสัมพันธ์กัน 3 ส่วนคือ แหล่งกำเนิด สารมลพิษ (Emission Sources) อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) และผู้รับผลกระทบ (Receptors) (นพภาพร พานิช และคณะ 2547) แสดงเป็นแผนภูมิความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ของระบบมลพิษอากาศ

แหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ (Emission Sources) เป็นแหล่งกำเนิดที่ก่อให้เกิดมลพิษอากาศและระบายออกสู่อากาศภายนอก โดยที่ชนิดและปริมาณของสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศขึ้นอยู่กับประเภทของแหล่งกำเนิดสารมลพิษอากาศ และวิธีการควบคุมการระบายสารมลพิษ อากาศหรือบรรยากาศ (Atmosphere) เป็นส่วนของระบบที่รองรับสารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ และเป็นตัวกลาง (Media) ให้สารมลพิษอากาศที่ถูกระบายออกสู่อากาศ มีการแพร่กระจายออกไป โดยมีปัจจัยทางอุตุนิยมวิทยา เช่น อุณหภูมิของอากาศ ความเร็ว และทิศทางกระแสลม รวมทั้งลักษณะภูมิประเทศ เช่น ภูเขา หุบเขา และอาคารบ้านเรือนเป็นตัวกำหนดลักษณะการแพร่กระจายของสารมลพิษในอากาศ ผู้รับผลเสียหรือผลกระทบ (Receptors) เป็นส่วนของระบบที่สัมผัสกับสารมลพิษในอากาศ ทำให้ได้รับความเสียหาย หรืออันตรายโดยผู้รับผลเสียอาจเป็นสิ่งที่มีชีวิต เช่น คน พืช และสัตว์ หรือเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิต เช่น เสื้อผ้า อาคาร บ้านเรือน วัสดุ และสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ ความเสียหายหรือผลกระทบที่เกิดขึ้น จะมีความรุนแรงมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ของสารมลพิษในอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส

2.2.1 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide : CO_2)

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide) เป็นก๊าซชนิดหนึ่งในบรรยากาศ ซึ่งประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด คือ คาร์บอน (Carbon, C) 1 อะตอม และออกซิเจน (Oxygen, O) 2 อะตอม ต่อหนึ่งโมเลกุล ธาตุทั้ง 2 ชนิด จับกันด้วยพันธะเคมีที่เรียกว่า “พันธะโคเวเลนท์” (covalent bond) คาร์บอนไดออกไซด์เป็นหนึ่งในสารประกอบเคมีที่เป็นที่รู้จักมากที่สุด และ มักเรียกด้วยสูตรเคมี CO_2 เมื่ออยู่ในสถานะของแข็งมักจะเรียกว่า น้ำแข็งแห้ง (dry ice) เป็นก๊าซ ที่มีปริมาณมากเป็นอันดับ 4 ในอากาศ รองจากไนโตรเจน ออกซิเจน และอาร์กอนคาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มี

สี ซึ่งหากหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปในปริมาณมากๆ จะรู้สึกเปรี้ยวที่ปาก เกิดการระคายเคืองที่จมูกและคอ เนื่องจากเกิดกรดคาร์บอนิกอย่างอ่อน คาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่น 1.98 kg/m^3 ซึ่งประมาณ 1.5 เท่าของอากาศโมเลกุลประกอบด้วยพันธะคู่ 2 พันธะ (O=C=O) ไม่ติดไฟและไม่ทำปฏิกิริยา คาร์บอนไดออกไซด์ จะกลายเป็นของแข็งสีขาวที่อุณหภูมิ -78 องศาเซลเซียส โดยไม่ผ่านการเป็นของเหลวก่อน หากต้องการทำให้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นของเหลว ต้องใช้ความดันไม่น้อยกว่า 5.1 บรรยากาศ (Universal Industrial Gases,Inc.,2003)

2.2.1.1 ผลกระทบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หมุนเวียนอยู่ในบรรยากาศโลกผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ทำให้สิ่งมีชีวิตรวมทั้งมนุษย์อยู่ได้ โดยเกิดขึ้นและคงอยู่จากกลไกการหายใจออกของสิ่งมีชีวิต การเผาไหม้เชื้อเพลิง ภูเขาไฟระเบิด ไฟป่า การเผาในที่โล่งแจ้ง และการทำลายป่าทำให้ขาดต้นไม้ที่จะดึงเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง การเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลในปัจจุบันและกิจกรรมอื่นๆของมนุษย์ได้เพิ่มก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศโลกรวมปีละมากกว่า 30,000 ล้านตัน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีสัดส่วนในปริมาณมากที่สุดของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด คือ มีประมาณ ร้อยละ 76 ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ส่วนใหญ่เกิดจากการใช้เชื้อเพลิงชนิดต่างๆ โดยคาร์บอนในเชื้อเพลิงทุก 1 ตัน เมื่อถูกเผาไหม้จะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.7 ตัน เฉพาะการใช้เชื้อเพลิงทั่วโลกจะปล่อยก๊าซนี้ออกมาปีละ 22,000 ล้านตัน และปริมาณนี้ยังคงเพิ่มขึ้นตลอดมา

การเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก คือจุดเริ่มที่ทำให้อุณหภูมิในบรรยากาศโลกสูงขึ้นซึ่งส่งผลกระทบต่อเนื่องนานัปการที่เป็นภัยพิบัติต่อมนุษยชาติ และได้มีความรุนแรงมากขึ้น ปรากฏการ อย่างเช่น พายุที่รุนแรงและมีความถี่มากขึ้น ภาวะอุณหภูมิที่ร้อนและหนาวมากขึ้น การกัดเซาะและน้ำท่วมชายฝั่ง ภาวะน้ำท่วมและภัยแล้งรวมทั้งไฟป่าที่เกิดได้ง่ายขึ้น เป็นปรากฏการที่ได้เกิดขึ้นในภูมิภาคต่างๆทั่วโลก และเห็นได้ชัดโดยเฉพาะในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ประเทศไทยแม้ว่าจะมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกไม่ถึงร้อยละ 1 ของโลก แต่ก็ประสบปัญหาภัยธรรมชาติอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกด้วยเช่นกัน ถึงแม้ว่าสภาพปัญหาจะไม่รุนแรงมากเท่าที่เกิดขึ้นในหลายประเทศก็ตาม แต่ก็มีประเด็นที่สำคัญละเร่งด่วนที่ควรพิจารณา ได้แก่ ภัยแล้ง น้ำท่วม การกัดเซาะชายฝั่ง การเพิ่มขึ้นของระดับน้ำทะเล เป็นต้น (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2549)

2.2.2 ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide : CO)

ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น แหล่งที่มาอาจจำแนกได้เป็น แหล่งที่มาจากธรรมชาติและแหล่งที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ การเผาไหม้ที่ไม่

สมบูรณ์ของเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ สมการที่ 2.1 แสดงการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ทั่วไปคือ

$$2C + O_2 \longrightarrow 2CO \qquad (2.1)$$

การที่เป็นก๊าซที่ไม่มีสี กลิ่น และรส ทำให้มีความเป็นอันตรายสูง เนื่องจากเราจะไม่สามารถ รับรู้ได้ว่ามีก๊าซนี้อยู่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นมลพิษที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ทำให้ความสามารถในการเป็นตัวนำออกซิเจนจากปอดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ ลดลง หากมนุษย์ได้รับ ก๊าซนี้ในปริมาณมากจะทำให้ร่างกายเกิดภาวะขาดออกซิเจนและจะเป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต สำหรับมาตรฐานก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในบรรยากาศของประเทศไทย มีการกำหนดไว้ 2 ประเภท คือ มาตรฐานค่าเฉลี่ย 1 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 30 ppm และมาตรฐานค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง มีค่าไม่เกิน 9 ppm

ในประเทศไทยได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศ ตามมาตรา 32 แห่ง พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 โดยการกำหนดมาตรฐานดังกล่าว เป็นไปตามหลักวิชาการ กฎเกณฑ์และหลักฐานทางวิทยาศาสตร์พื้นฐาน นอกจากนี้ยังมีการกำหนดมาตรฐาน การระบายสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด มาตรา 55 อีกด้วย สารมลพิษทางอากาศตามมาตรฐาน การระบายสารมลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิด โดยมีการกำหนดมาตรฐานเป็น ค่าเฉลี่ยระยะสั้น ได้แก่ มาตรฐานเฉลี่ย 1 ชั่วโมง 8 ชั่วโมง และ 24 ชั่วโมง กำหนดขึ้นเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยอย่างเฉียบพลัน (Acute effect)

2.2.3 ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสี และไม่ติดไฟอยู่ในรูปก๊าซหรือละลายในหยดน้ำประมาณร้อยละ 70 ของปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมดที่ถูกปล่อยสู่บรรยากาศมาจากการกระทำของมนุษย์โดยที่ประมาณร้อยละ 87-94 มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงธรรมชาติ เช่น ถ่านหิน น้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งพบว่าปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ปล่อยจากการเผาไหม้ถ่านหินมีมากกว่า 13 ล้านตันต่อปี ซัลเฟอร์ที่ถูกปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดอยู่ในรูป SO_2 ซึ่งเกิดจากการที่ซัลเฟอร์ถูกออกซิไดซ์โดยก๊าซออกซิเจน ซัลเฟอร์ที่ถูกปล่อยออกมาเกือบทั้งหมดอยู่ในรูป SO_2 ซึ่งเกิดจากการที่ซัลเฟอร์ถูกออกซิไดซ์โดยก๊าซออกซิเจน ดังสมการที่ 2.2

$$S + O_2 \longrightarrow SO_2 \qquad (2.2)$$

ในกรณีของถ่านซัลเฟอร์ส่วนใหญ่ปะปนอยู่ในรูปของไอรอนไพไรต์ (Iron pyrite: FeS_2) เมื่อนำสารนี้มาเผาซัลเฟอร์ใน FeS_2 จะถูกออกซิไดซ์ได้ SO_2 ดังสมการที่ 2.3

$$4FeS_2 + 11O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \qquad (2.3)$$

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการรับสัมผัส การรับสัมผัสที่ความเข้มข้นสูงๆจะมีผลต่อระบบทางเดินหายใจปอดและอาจเป็นโรคหลอดลมอักเสบเรื้อรัง โดยที่คนส่วนใหญ่จะเริ่มมีอาการไอและระคายเคืองคอเมื่อรับสัมผัสก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ประมาณ 5 ppm (13,000 $\mu g/m^3$) เป็นระยะเวลา 3 นาทีถึง 3 ชั่วโมง แต่ทั้งนี้เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์รวมตัวกับฝุ่นละอองจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพมากขึ้นจากการศึกษาที่มหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ดและ นิวยอร์กพบว่าซัลเฟตแอโรซอลในปริมาณสูงๆมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายที่เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากโรคเกี่ยวกับปอด เช่น โรคหืดและโรคหลอดลมอักเสบ (US.EPA,1999) นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ยังมีผลต่อความเป็นกรดของแม่น้ำและทะเลสาบทำให้เกิดการสึกกร่อนของสิ่งก่อสร้างโดยเฉพาะที่ทำจากหินปูน มีผลต่อพืชในส่วนของโครงสร้างของใบทำให้ขอบใบหรือเส้นกลางใบกลายเป็นสีขาวที่ระดับความเข้มข้นต่ำๆในระยะเวลานานก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้ใบเหี่ยวมีสีน้ำตาลเนื่องจาก chilorophyll ซีดจางลงส่วนที่ระดับความเข้มข้นสูงๆในระยะเวลาสั้นๆเนื้อเยื่อ จะถูกทำลายและใบร่วงในที่สุด ซึ่งพืชที่ไวต่อซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ได้แก่ อัลฟาลฟา ฝ้าย ข้าว และแอปเปิ้ล โดยจะถูกทำลายที่ความเข้มข้น 780 $\mu g/m^3$ ในเวลา 8 ชั่วโมง ตารางที่ 2.1 แสดงผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 ผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลารับสัมผัส	ผลกระทบต่อสุขภาพ
400	-	ปอดมีการอักเสบบวมน้ำและมีการอักเสบที่หลอดลม
20	-	ระคายเคืองตาและมีอาการไอในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรง
15	1 ชั่วโมง	ลดประสิทธิภาพของเมือกในหลอดลม
10	10 นาที	หลอดลมอักเสบ
8	-	เกิดอาการระคายคอในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี
5	10 นาที	เพิ่มความต้านทานให้ผู้ใหญ่ที่สุขภาพแข็งแรงขณะนอนพัก
1	10 นาที	เพิ่มความต้านทานในผู้ป่วยโรคหอบหืดขณะนอนพักและในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรงขณะออกกำลังกาย
0.5	10 นาที	เพิ่มความต้านทานในผู้ป่วยโรคหอบหืดขณะออกกำลังกาย
0.5	-	เริ่มรับรู้
0.19	24 ชั่วโมง	เป็นโรคทางเดินหายใจเรื้อรังมากขึ้นในผู้ใหญ่
0.07	1 ปี	เป็นโรคทางเดินหายใจเรื้อรังมากขึ้นในเด็ก
10	2 ชั่วโมง	เกิดความเสียหายในพืช
1	5 นาที	เกิดความเสียหายในพืชที่ไวต่อความชื้น
0.5	1 ชั่วโมง	เกิดความเสียหายในพืชที่ไวต่อความชื้น
0.2	3 ชั่วโมง	เกิดความเสียหายในพืชที่ไวต่อความชื้น

ที่มา: Utah Air Monitoring Center,2001

2.2.4 ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx)

ออกไซด์ของไนโตรเจนประกอบด้วย ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ไนตริกออกไซด์ (NO) ไดไนโตรเจนไตรออกไซด์ (N_2O_3) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไดไนโตรเจนไดออกไซด์ (N_2O_2) ไดไนโตรเจนเตตราออกไซด์ (N_2O_4) และ ไดไนโตรเจนเพนต๊อกไซด์ (N_2O_5) ซึ่งส่วนหนึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น ก๊าซ ถ่านหิน ฟืน เป็นต้น อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงทางเคมี ของออกไซด์ของไนโตรเจนซับซ้อนมาก และขึ้นอยู่กับสารมลพิษอื่นๆ เช่น ไฮโดรคาร์บอน โอโซน สารประกอบซัลเฟอร์ เป็นต้น รวมทั้งสภาวะทางธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ ก็เป็นองค์ประกอบตัวหนึ่งเช่นกัน ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะไนตริกออกไซด์ (NO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ไนตริกออกไซด์เป็นก๊าซไม่มีสีและกลิ่น ซึ่งส่วนมากเมื่อทำปฏิกิริยาทางเคมีกับออกซิเจนในอากาศจะเปลี่ยนเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ และมีผลต่อมนุษย์ ซึ่งพบว่าค่าต่ำสุดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อ

สุขภาพของผู้ป่วยโรคหืด คือ 190 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (0.1 ส่วนในล้านส่วน) ในระยะเวลา 1 ชั่วโมงต่อวันที่หายใจเอาก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เข้าไป

ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ เป็นก๊าซที่มีคุณสมบัติมีกลิ่นฉุน ละลายน้ำได้ สีแดงเจือน้ำตาล ที่อุณหภูมิปกติมีสภาพเป็นก๊าซและเป็นรูปหนึ่งของไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X:NO+NO_2) จัดเป็นก๊าซมลพิษที่เป็น photochemical oxidants ที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตและส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เกิดจากการรวมตัวของไนตริกออกไซด์ (NO) กับออกซิเจนในปฏิกิริยา oxidation โดยไนตริกออกไซด์เกิดจากเชื้อเพลิงซึ่งมาจากสารประกอบไนโตรเจนในเชื้อเพลิงและเชิงความร้อนจากการที่ ก๊าซไนโตรเจนในอากาศถูกออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิสูงโดยไนตริกออกไซด์จากทั้ง 2 แหล่งจะถูกออกซิไดซ์เป็นไนโตรเจนออกไซด์อย่างรวดเร็ว ดังสมการที่ 2.4-2.7

รูปแบบการเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ (>1500 °C)

$$N2 + O_2 \longrightarrow 2NO \qquad (2.4)$$

รูปแบบการเกิดก๊าซไนตริกออกไซด์ (<1500 °C)

$$2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2 \qquad (2.5)$$

หรือ

$$NO + RO_2 + h\nu \longrightarrow NO_2 + RO \qquad (2.6)$$

$$NO + RO_2 + h\nu \leftrightarrows NO_2 + RO \qquad (2.7)$$

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีแหล่งกำเนิดจากภาวะทางธรรมชาติ ได้แก่ ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ภูเขาไฟระเบิด ปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ในดิน โดยกระบวนการ nitrification และ denitrification และจากการกระทำของมนุษย์ ได้แก่ ยานพาหนะ จากการผลิตกระแสไฟฟ้า จากโรงงานอุตสาหกรรม ทั้งในส่วนของกระบวนการเผาไหม้ในการใช้เชื้อเพลิงภายในโรงงานอุตสาหกรรมและจากกระบวนการผลิต เช่น อุตสาหกรรมผลิตกรดดินประสิว จากการศึกษาปริมาณก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X) ซึ่งเป็นก๊าซที่ก่อให้เกิดไนโตรเจนออกไซด์พบว่าร้อยละ 75 ของปริมาณก๊าซ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ไนโตรเจนออกไซด์ที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์จากการปล่อยของยานพาหนะและการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า ขณะที่ร้อยละ 30-40 มาจากสารประกอบไนโตรเจนในกระบวนการเกษตรกรรม

ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่มีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจเนื่องจากมีคุณสมบัติ oxidizing agent ก๊าซไนโตรเจนสามารถเข้าไปสู่ส่วนลึกของระบบทางเดินหายใจได้ง่ายและส่งผลกระทบต่อส่วนล่างของระบบทางเดินหายใจรวมทั้งหลอดลมเล็กและถุงอากาศ alveoll ของปอดนำไปสู่การอักเสบภายในปอดและจะเกิดผลร้ายแรงเมื่อก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์อยู่รวมกับอนุภาคหรือก๊าซอื่นเกิดฝนกรดซึ่งสงผลกระทบต่อแหล่งน้ำ วัสดุก่อสร้าง พืช ถ้าพืชได้รับในปริมาณสูงจะทำให้น้ำหนักของพืชลดลง เส้นใยมีสีซีด พืชหยุดการเจริญเติบโตและใบเหี่ยว อีกทั้งก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ยังก่อให้เกิด photochemical smog เนื่องมาจากออกไซด์ของไนโตรเจนเมื่อได้รับแสงจะเกิดปฏิกิริยาที่ซับซ้อนและเกิดเป็นสารพิษที่เป็นพิษร้ายแรง

ตารางที่ 2.2 ผลกระทบของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลารับสัมผัส	ผลกระทบต่อสุขภาพ
300	-	เสียชีวิตอย่างเฉียบพลัน
150	-	เสียชีวิตภายใน 2-3 สัปดาห์ด้วยโรคหลอดลมฝอยอุดตัน
50	-	หลอดลมทำงานผิดปกติ,เป็นโรคหลอดลมฝอยอักเสบ
10	-	ความสามารถในการรับรู้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลง
5	15 นาที	ความสามารถในการลำเลียงก๊าซระหว่างเม็ดเลือดและปอดในผู้ใหญ่ ณ สภาวะร่างกายปกติลดลง
2.5	2 ชั่วโมง	เพิ่มความต้านทานของทางเดินหายใจในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพแข็งแรง
1.0	15 นาที	เพิ่มความต้านทานของทางเดินหายใจในหลอดลม
0.1	1 ชั่วโมง	เพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศและเพิ่มความตีบตันของทางเดินหายใจของผู้ป่วยหอบหืด
0.12	-	เริ่มรับรู้กลิ่นไนโตรเจนไดออกไซด์
2.0	4 ชั่วโมง	ใบพืชได้รับความเสียหาย
1.0	48 ชั่วโมง	เกิดจุดเล็กๆบริเวณใบของ pinto bean, endive and cotton
0.3	-	สีของวัตถุในระยะ 1 กิโลเมตรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
0.25	-	ลดการเจริญเติบโตของมะเขือเทศและส้ม

ตารางที่ 2.2 ผลกระทบของก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (ต่อ)

ความเข้มข้น (ppm)	ระยะเวลารับสัมผัส	ผลกระทบต่อสุขภาพ
0.2	8 ชั่วโมง	ผ้าสีขาวเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
0.1	12 สัปดาห์	สีของฝ้ายและใยสังเคราะห์จางลง
0.1	20 สัปดาห์	ลดการเจริญเติบโตของหญ้า Kentucky blue grass
0.05	12 สัปดาห์	สีของฝ้ายและใยสังเคราะห์จางลง
0.03	-	สีของวัตถุในระยะ 10 กิโลเมตรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล
0.003	-	สีของวัตถุในระยะ 10 กิโลเมตรเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

ที่มา: Utah Air Monitoring Center,2001

2.2.5 ฝุ่นละออง (Total Particular Matter : TPM)

PM หมายถึง อนุภาคของแข็งและหยดละอองของเหลวที่แขวนลอยกระจายในอากาศโดยอนุภาคที่กระจายในอากาศบางชนิดมีขนาดใหญ่และมีสีดำจนมองเห็นเป็นเขม่าและควัน แต่บางชนิดมีขนาดเล็กมากจนมองด้วยตาเปล่าไม่เห็น ฝุ่นละอองที่แขวนลอยในบรรยากาศโดยทั่วไปมีขนาดตั้งแต่ 100 ไมครอน ลงมาในประเทศไทยมีการให้ความหมายของคำว่า ฝุ่นละออง (PM) หมายถึง ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate: TSP) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ส่วน PM_{10} หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมา (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547) ขณะที่ US.EPA กล่าวว่า PM ประกอบด้วย PM_{10} ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ X ไมครอนลงมา (PM-X) ฝุ่นละอองทุกขนาด (Total Particulate) TSP หรือฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ฝุ่นละอองปฐมภูมิ ฝุ่นละอองทุติยภูมิฝุ่นละอองที่สามารถผ่านกระดาษกรองได้ (Filterable Particulate) และฝุ่นละอองที่ทำให้เป็นของเหลวได้ (Condensable particulate) (US.EPA, 2005) ส่วน PM จากยานพาหนะ คือ มวลของอนุภาค (Particle) ที่รวบรวมได้บนกระดาษกรอง ในระหว่างการเก็บตัวอย่างจากท่อไอเสียภายใต้อุณหภูมิ 52 °C ซึ่งมีความสอดคล้องกันกับ $PM_{2.5}$ เนื่องจากฝุ่นละอองหยาบ (เส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2.5 ไมครอน) มีน้อยจนสามารถมองข้ามไปได้ ดังนั้น PM เท่ากับ $PM_{2.5}$ (EEA, 2009)

ฝุ่นละอองสามารถก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของคน สัตว์ พืช เกิดความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือน ทำให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญต่อประชาชน บดบังทัศนวิสัย ทำให้เกิด

อุปสรรคในการคมนาคมขนส่ง นานาประเทศจึงได้มีการกำหนดมาตรฐานฝุ่นละอองในบรรยากาศขึ้น สำหรับในประเทศสหรัฐอเมริกา US. EPA (United state Environmental Protection Agency) ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานของฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) และฝุ่น PM 10 แต่เนื่องจากมีการศึกษาวิจัย ฝุ่นขนาดเล็กนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม เนื่องจากสามารถผ่านเข้าไประบบทางเดินหายใจส่วนในและมีผลต่อสุขภาพมากกว่าฝุ่นรวม ดังนั้น US. EPA จึงได้มีการยกเลิกค่ามาตรฐานฝุ่นรวม และกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นขนาดเล็กเป็น 2 ชนิด คือ PM_{10} และ $PM_{2.5}$

PM_{10} ตามคำจำกัดความของ US. EPA หมายถึง ฝุ่นหยาบ (Course Particle) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-10 ไมครอน มีแหล่งกำเนิดจากการจราจรบนถนนที่ไม่ได้ลาดยาง ตามการขนส่งวัสดุฝุ่นจากกิจกรรมบด ย่อย หิน

$PM_{2.5}$ ตามคำจำกัดความของ US. EPA หมายถึง ฝุ่นละเอียด (Final Particles) เป็นอนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 2.5 ไมครอน ฝุ่นละเอียดที่มีแหล่งกำเนิดจากควันเสียของรถยนต์ โรงไฟฟ้า โรงงานอุตสาหกรรม ควันที่เกิดจากการหุงต้มอาหารโดยใช้ฟืน นอกจากนี้ก๊าซ SO_2 NO_x และ สาร VOC จะทำปฏิกิริยากับสารอื่นในอากาศทำให้เกิดฝุ่นละเอียดได้

ฝุ่นละอองขนาดเล็กจะมีผลกระทบต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก เมื่อหายใจเข้าไปในปอดจะเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินหายใจส่วนล่าง ในสหรัฐอเมริกาพบว่า ผู้ที่ได้รับฝุ่น PM_{10} ในระดับหนึ่งจะทำให้เกิดโรค Asthma และ ฝุ่น $PM_{2.5}$ ในบรรยากาศจะมีความสัมพันธ์กับอัตราการเพิ่มของผู้ป่วยที่เป็นโรคหัวใจและโรคปอด และเกี่ยวโยงกับการเสียชีวิตก่อนวัยอันควรโดยเฉพาะผู้ป่วยสูงอายุ ผู้ป่วยโรคหัวใจ โรคหืดหอบ และเด็กจะมีอัตราเสี่ยงสูงกว่าคนปกติด้วย

ในประเทศไทยมีการให้ความหมายของคำว่าฝุ่นละอองไว้ดังนี้ ฝุ่นละอองหมายถึง ฝุ่นรวม (Total Suspended Particulate) ซึ่งเป็นฝุ่นขนาดใหญ่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง ตั้งแต่ 100 ไมครอนลงมา ส่วนฝุ่นขนาดเล็ก (PM_{10}) หมายถึง ฝุ่นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 10 ไมครอนลงมาฝุ่นละอองที่เป็นปัญหามลพิษ สำคัญอันดับหนึ่งของกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ. 2541 ธนาคารทั่วโลก (World Bank) ได้ให้ทุนสนับสนุนการศึกษาเรื่องผลกระทบของฝุ่นละอองที่มีต่อสุขภาพอนามัยของคนในกรุงเทพมหานคร พบว่าฝุ่นละอองในกรุงเทพมหานครมีผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย โดยมีระดับความรุนแรงใกล้เคียงกับผลการศึกษาจากเมืองต่างๆทั่วโลก โดยระดับของฝุ่นขนาดเล็กอาจทำให้คนในกรุงเทพมหานครตายก่อนเวลาอันควร ถึง 4,000 - 5,500 รายในแต่ละปี นอกจากนี้ยังพบว่าการเข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลมีความสัมพันธ์กับปริมาณฝุ่นขนาดเล็ก และจากการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์แสดงให้เห็นว่าสมารถลดปริมาณ PM_{10} ในบรรยากาศลงได้ 10 ลูกบาศก์เมตร จะช่วยลดผลกระทบต่อสุขภาพ คิดเป็นจำนวนเงิน 35,000 - 88,000 ล้านบานต่อปี

2.2.5.1 แหล่งที่มาของฝุ่นละอองในบรรยากาศ

โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. ฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ (Natural Particle)

เกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านตามธรรมชาติ ทำให้เกิดฝุ่น เช่น ดิน ทราย ละอองน้ำ เขม่าควันจากไฟป่า ฝุ่นเกลือจากทะเล เป็นต้น

2. ฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (Man-made Particle)

2.1 การคมนาคมขนส่ง

- รถบรรทุกหิน ดิน ทราย ซีเมนต์หรือวัตถุที่ทำให้เกิดฝุ่นหรือดินโคลนที่ติดอยู่ที่ล้อรถ ขณะแล่นจะมีฝุ่นตกอยู่บนถนนแล้วกระจายตัวอยู่ในอากาศ
- ไอเสียจากรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซลปล่อยเขม่า ฝุ่น ควันดำออกมา
- ถนนที่สกปรก มีดินทรายตกค้างอยู่มาก หรือมีกองวัสดุข้างถนนเมื่อรถแล่นจะทำให้เกิดฝุ่นปลิวอยู่ในอากาศ
- การก่อสร้างถนนใหม่ หรือการปรับปรุงผิวจราจร ทำให้เกิดฝุ่นมาก
- ฝุ่นที่เกิดจากยางรถยนต์ และผ้าเบรค

2.2 การก่อสร้าง

- การก่อสร้างหลายชนิด มักมีการเปิดหน้าดินก่อนการก่อสร้าง ซึ่งทำให้เกิดฝุ่นได้ง่าย เช่น อาคาร สิ่งก่อสร้าง การปรับปรุงสาธารณูปโภค
- การก่อสร้างอาคารสูง ทำให้ฝุ่นปูนซีเมนต์ถูกลมพัดออกมาจากอาคาร
- การรื้อถอน ทำลาย อาคารหรือสิ่งก่อสร้าง

2.3 ฝุ่นจากการประกอบการอุตสาหกรรม เช่น การทำปูนซีเมนต์ โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับหิน กรวด ทราย หรือดิน สำหรับใช้ในการก่อสร้างอย่างใดอย่างหนึ่งการโม่บดหรือย่อยหิน การร่อนหรือการคัดกรวดหรือทราย

2.4 ฝุ่นจากการประกอบกิจกรรมอื่นๆ เช่น จากการเผาพื้นที่เกษตรกรรม การทำความสะอาด การทำอาหาร การทาสี เป็นต้น

2.2.5.2 ค่ามาตรฐานเกี่ยวกับฝุ่นละออง

1. มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สำหรับมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปและพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองโดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.12 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของสารดังกล่าวในเวลา 1 ปี จะต้องไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

1.2 ค่าเฉลี่ยฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 100 ไมครอน ในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องไม่เกิน 0.33 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเฉลี่ยเรขาคณิตของสารดังกล่าวในเวลา 1 ปี จะต้องไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2. มาตรฐานฝุ่นละอองในชุมชน

อาศัยตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 10 (พ.ศ.2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละออง โดยมีสาระสำคัญในการกำหนดค่ามาตรฐานฝุ่นละอองในชุมชนไว้ดังนี้

2.1 ฝุ่นละอองรวม (TSP) ไม่เกิน 330 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.2 ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอน (PM_{10}) ไม่เกิน 120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.3 การเผาในที่โล่ง

การเผาในที่โล่ง (Open Burning) หมายความว่า ไฟไหม้ การเผาไหม้ หรือไฟคุกรุ่นใดๆ หรือการเผาวัสดุใดๆ ที่เกิดขึ้นในที่โล่ง โดยที่ฝุ่น ควัน ก๊าซ และสารพิษอื่นจากการเผาไหม้ สามารถแพร่กระจายไปได้ในบรรยากาศ ดังนั้น การเผาในที่โล่ง จึงเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศหลักแหล่งหนึ่งที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ได้แก่ ก๊าซต่างๆ ที่เกิดจากการเผาไหม้ อาทิ คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ สารอินทรีย์ระเหย รวมทั้งฝุ่นละออง ควัน เถ้า เขม่า ซึ่งล้วนแต่มีผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญเป็นสาเหตุของการเกิดอุบัติเหตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาหญ้าหรือขยะริมเส้นทางจราจรจะเป็นสาเหตุของอุบัติเหตุบนท้องถนนทำให้สูญเสียชีวิตและทรัพย์สินมากมายเนื่องจากหมอกควันที่เกิดไม่สามารถควบคุมได้ นอกจากนี้การเผากลางแจ้งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดไฟป่าเผาไหม้แหล่งทรัพยากรธรรมชาติในพื้นที่กว้าง(กรมควบคุมมลพิษ,2548) ซึ่งการเผาในที่โล่งเกิดจาก 3 กิจกรรมหลัก อันได้แก่

2.3.1 การเผาเศษพืชวัสดุภาคการเกษตร

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ต่างๆ ทั่วประเทศ พืชเศรษฐกิจสำคัญ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น ในการทำการเกษตรให้ได้ผลผลิตสูง สิ่งสำคัญที่สุดคือการเตรียมดินที่จะทำการเพาะปลูก ซึ่งจะต้องทำการถากถางพื้นที่เพื่อกำจัดเศษวัชพืช วิธีการที่ง่าย สะดวกและประหยัด สำหรับเกษตรกรที่นิยมใช้กันมาก คือ การเผา เช่น การเผาฟางข้าว แม้ว่าในปัจจุบันการนำเครื่องจักรมาใช้ในระบบการผลิตข้าว ได้แก่ การเตรียมดิน ด้วยรถไถแทนแรงงานสัตว์ การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักร โดยเฉพาะข้าวนาปรังที่มีการปลูกข้าวติดต่อกันอย่างน้อยปีละ 2-3 ครั้ง ต้องใช้ความเร่งรีบในการเตรียมดิน ไม่สามารถรอเวลาในการหมักฟางในนาให้นุ่มย่อยสลายก่อนก็ไถกลบ ปัญหาที่เกิดจากรถไถนาไม่สามารถตัดบดฟางข้าวและไถกลบในนาได้ง่าย ทำให้เกษตรกรหันมาใช้วิธีการเผาฟางในนาให้หมดไปหรือเบาบางลงก่อนที่จะใช้รถไถนาไถกลบเตรียมดินปลูกข้าวฤดูต่อไป นอกจากนี้ในการเก็บเกี่ยวผลผลิตภาคการเกษตรบางชนิด เช่น อ้อย เกษตรกรต้องทำการเผาใบอ้อยให้มีปริมาณน้อยลงเพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยวอีกด้วย สำหรับการกำจัดเศษพืชประเภทอื่นๆ เกษตรกรมักจะใช้ในการเผาเช่นเดียวกัน

จากผลการติดตามตรวจสอบคุณภาพอากาศของกรมควบคุมมลพิษตั้งแต่ปี 2536 เป็นต้นมา พบว่ามีปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศในปริมาณสูงในช่วงฤดูแล้ง ในพื้นที่จังหวัดที่มีการทำการเกษตรมาก เนื่องจากในช่วงเวลาดังกล่าวเกษตรกรจะทำการเผาพืชเพื่อเตรียมดินสำหรับปลูกพืชในฤดูฝนที่กำลังจะมาถึง ประกอบกับอากาศในช่วงฤดูแล้งมักมีสภาพที่แห้งและนิ่ง ฝุ่นละอองสามารถแขวนลอยอยู่ในบรรยากาศได้นานไม่ตกสู่พื้น จึงทำให้มีปริมาณฝุ่นในบรรยากาศสูง การเผาเศษวัสดุในพื้นที่ทำการเกษตรทั่วประเทศนั้นจะก่อให้เกิดสารมลพิษเป็นจำนวนมากทั้งก๊าซเรือนกระจกด้วย (กรมควบคุมมลพิษ,2548) ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ปริมาณการปล่อยสารมลพิษและก๊าซเรือนกระจกจากการเผาเศษวัสดุในพื้นที่การเกษตรในประเทศไทย

พืช	พื้นที่	ปริมาณ (ล้านกิโลกรัม/ปี)			
	(ล้านไร่)	ฝุ่น	ก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์	ก๊าซมีเทน	ก๊าซที่ไม่ใช่มีเทน
ข้าวนาปี	56.9	191.2	1,959.6	57.4	191.2
ข้าวนาปรัง	9.5	11.0	113.0	3.3	11.0
อ้อย	7.1	24.0	306.3	7.0	22.0
ข้าวโพด	7.3	46.0	354.8	13.1	39.4
รวม	80.8	272.2	2,733.7	80.8	236.6

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ,2548

2.3.2 การเผาขยะมูลฝอยจากชุมชน

จากการศึกษาพบว่าการเผาขยะ 1 กิโลกรัม ทำให้เกิดฝุ่นขนาดเล็กที่มีอันตรายต่อสุขภาพ 19 กรัม หรือเท่ากับ 45.7 กรัมต่อครัวเรือนต่อวัน (อัตราการผลิตของครัวเรือน 2-5 กิโลกรัมต่อวัน) นอกจากนี้ในขยะมูลฝอยที่มีพลาสติกปนอยู่ หากมีการเผาในที่โล่งจะก่อให้เกิดสารอินทรีย์ระเหยประมาณ 14 กรัมต่อขยะมูลฝอย 1 กิโลกรัม หรือประมาณ 35 กรัมต่อครัวเรือนต่อวัน โดยสารพิษที่พบ ได้แก่ เบนซิน ไดออกซิน ซึ่งสารทั้งสองดังกล่าวเป็นสารก่อมะเร็ง (กรมควบคุมมลพิษ,2548)

2.3.3 ไฟป่า

ปัญหาไฟป่าที่เกิดขึ้นในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่สาเหตุเกิดจากไฟป่าเกิดจากคนที่จุดไฟเผาป่าด้วยวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น เผาไร่หาของป่า ล่าสัตว์ และเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น หรืออาจเกิดจากความประมาท เลินเล่อ ขาดความรับผิดชอบหรือทัศนคติที่ไม่ถูกต้องต่อปัญหาไฟป่า ซึ่งการเกิดไฟป่าจะก่อให้เกิดความสูญเสียทางเศรษฐกิจปีละหลายพันล้านบาทได้ (กรมควบคุมมลพิษ,2548)

2.4 ข้อมูลการเพาะปลูก

2.4.1 ข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย เพราะเป็นทั้งอาหารหลักและสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ข้าวเป็นพืชระยะสั้นใช้เวลาปลูก 3-4 เดือน ไทยมีการทำนา 2 แบบ คือ การทำนาในช่วงที่เหมาะสม คือ ฤดูฝน ซึ่งมีฤดูนี้ปีละครั้งเรียกว่า นาปี เป็นข้าวที่เกษตรกรทำการเพาะปลูกในช่วงฤดูฝน คือตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคม ของทุกปี ส่วนการทำนาในฤดูอื่นเพิ่มขึ้นคือทำในฤดูแล้ง จึงเรียกว่านาปรัง

2.4.1.1 พื้นที่เพาะปลูกข้าว

จากสถิติการเพาะปลูกและผลผลิตข้าว (นาปีและนาปรัง) ในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าว (นาปีและนาปรัง) ทั่วประเทศประมาณ 62.31 ล้านไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมากถึง 36.82 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 59.08 รองลงมาคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ 14.46 , 9.86 และ 1.17 ล้านไร่ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าว (นาปี+นาปรัง) มากที่สุด คือ จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าว 3.98 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 6.39 เทียบกับพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย รองลงมาคือ จังหวัดนครราชสีมา และ

จังหวัดร้อยเอ็ด คิดเป็นร้อยละ 5.34 และ 5.10 ตามลำดับ รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2.4 และรูปที่ 2.2

ตารางที่ 2.4 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
รวมทั้งประเทศ	**62,314,940**	**59,307,989**	**27,060,195**	**501**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**36,819,240**	**34,660,778**	**12,343,095**	**422**
ภาคเหนือ	**14,456,320**	**14,019,032**	**8,169,302**	**585**
ภาคกลาง	**9,864,745**	**9,474,024**	**5,998,923**	**618**
ภาคใต้	**1,174,635**	**1,154,155**	**548,875**	**380**
เชียงราย	1,618,939	1,607,616	991,090	638
พะเยา	655,547	640,756	362,052	600
ลำปาง	376,560	370,775	191,038	520
ลำพูน	125,417	122,117	74,359	631
เชียงใหม่	476,631	468,939	299,132	644
แม่ฮ่องสอน	92,898	91,917	39,660	506
ตาก	184,970	176,022	80,807	504
กำแพงเพชร	1,467,590	1,406,372	811,896	588
สุโขทัย	1,090,770	1,058,713	592,457	573
แพร่	290,624	288,356	161,507	581
น่าน	158,750	156,040	79,687	532
อุตรดิตถ์	597,113	580,755	374,751	657
พิษณุโลก	1,613,985	1,584,705	911,413	595
พิจิตร	1,755,407	1,731,001	1,060,141	613
นครสวรรค์	2,438,110	2,291,014	1,338,180	598
อุทัยธานี	413,075	388,661	240,198	623

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
เพชรบูรณ์	1,099,934	1,055,273	560,934	541
เลย	317,185	310,112	114,418	367
หนองบัวลำภู	686,157	660,555	213,480	421
อุดรธานี	1,619,930	1,572,402	584,651	416
หนองคาย	526,425	513,952	201,171	446
บึงกาฬ	460,340	452,294	133,298	400
สกลนคร	1,868,824	1,815,104	580,678	392
นครพนม	1,315,575	1,291,847	471,573	418
มุกดาหาร	476,383	466,469	176,521	403
ยโสธร	1,386,130	1,315,334	461,246	433
อำนาจเจริญ	947,976	917,793	302,469	403
อุบลราชธานี	3,980,448	3,769,672	1,235,068	374
ศรีสะเกษ	3,058,948	2,943,519	1,036,402	408
สุรินทร์	3,081,812	2,979,396	1,112,319	401
บุรีรัมย์	2,741,244	2,575,311	958,258	428
มหาสารคาม	2,151,076	2,064,104	766,772	481
ร้อยเอ็ด	3,176,962	2,961,210	1,108,445	452
กาฬสินธุ์	1,650,113	1,625,552	640,452	483
ขอนแก่น	2,404,712	2,116,780	732,117	433
ชัยภูมิ	1,642,420	1,447,053	526,260	438
นครราชสีมา	3,326,580	2,862,319	987,497	446
สระบุรี	353,308	343,122	214,027	631
ลพบุรี	562,949	509,322	276,031	574
สิงห์บุรี	303,405	294,303	193,621	638

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

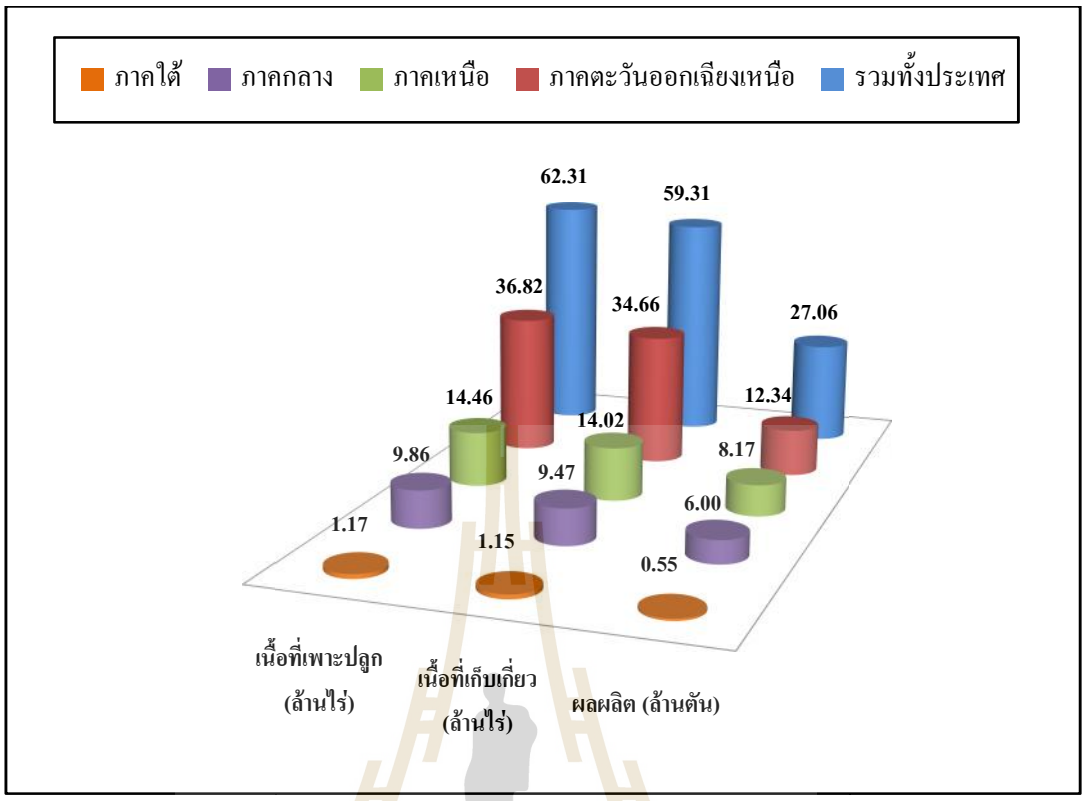
ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
ชัยนาท	799,826	763,282	501,433	652
สุพรรณบุรี	1,509,562	1,447,059	1,039,272	720
อ่างทอง	349,378	326,030	206,516	633
พระนครศรีอยุธยา	1,075,088	1,016,273	658,484	655
นนทบุรี	167,989	165,463	115,235	697
กรุงเทพฯ	185,669	183,261	123,312	673
ปทุมธานี	483,720	465,600	331,834	714
นครนายก	441,173	433,898	253,573	590
ปราจีนบุรี	444,232	424,611	206,259	526
ฉะเชิงเทรา	780,001	763,604	507,725	667
สระแก้ว	645,816	612,657	198,555	426
จันทบุรี	20,768	20,145	7,476	186
ตราด	19,212	19,041	7,880	446
ระยอง	24,020	23,332	11,532	513
ชลบุรี	117,590	114,440	62,787	575
สมุทรปราการ	49,749	49,195	38,182	765
สมุทรสาคร	13,133	12,767	8,975	699
นครปฐม	561,549	557,937	421,026	755
กาญจนบุรี	317,045	304,760	189,073	659
ราชบุรี	297,666	288,885	199,630	695
สมุทรสงคราม	3,904	3,873	2,752	695
เพชรบุรี	271,120	265,759	186,715	714
ประจวบคีรีขันธ์	66,873	65,405	37,018	567
ชุมพร	5,983	5,890	2,418	448

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : เนื้อที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
ระนอง	1,137	1,126	377	168
สุราษฎร์ธานี	10,558	10,426	4,572	456
พังงา	1,369	1,369	448	164
ภูเก็ต	61	60	30	250
กระบี่	6,658	6,591	2,057	156
ตรัง	12,136	12,136	4,641	462
นครศรีธรรมราช	409,415	401,994	192,457	493
พัทลุง	192,691	188,086	88,005	490
สงขลา	299,923	297,775	165,677	568
สตูล	25,943	25,864	10,290	419
ปัตตานี	113,113	110,126	43,459	409
ยะลา	41,337	41,096	14,881	453
นราธิวาส	54,311	51,616	19,563	383

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.2 แสดงพื้นที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตข้าว ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ในประเทศไทย

2.4.2 ข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชล้มลุก ใช้ระยะเวลาปลูก 3-4 เดือน ข้าวโพดที่ปลูกในประเทศไทยมี 2 ประเภท คือ ข้าวโพดหวานสำหรับบริโภคโดยตรงและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สำหรับผสมในอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นสัดส่วนการปลูกมากกว่าข้าวโพดหวานมากและมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ โดยทั่วไปการปลูกข้าวโพดมี 2 ช่วง รุ่นที่ 1 ปลูกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม เก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ รุ่นที่ 2 ปลูกในช่วง เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมีนาคม มีช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือนมิถุนายน

2.4.2.1 พื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด

จากสถิติการเพาะปลูกและผลผลิตข้าวโพดในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ รายงานว่า ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวโพด ประมาณ 7.16 ล้านไร่ พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ภาคเหนือ มากถึง 4.96 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 69.28 รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง 1.50 และ 0.70 ล้านไร่ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด มากที่สุด คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยมีพื้นที่

เพาะปลูกข้าวโพดคิดเป็นร้อยละ 13.22 เทียบกับพื้นที่เพาะปลูกในประเทศไทย รองลงมาคือ จังหวัดน่าน และจังหวัดนครราชสีมา คิดเป็นร้อยละ 11.86 และ 9.46 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.5 และรูปที่ 2.3

ตารางที่ 2.5 ข้าวโพด : เนื้อที่เพาะปลูกและพื้นที่ให้ผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
รวมทั้งประเทศ	**7,156,778**	**6,945,134**	**4,610,992**	**663**
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	**1,497,110**	**1,463,867**	**962,246**	**657**
ภาคเหนือ	**4,957,914**	**4,847,989**	**3,227,368**	**666**
ภาคกลาง	**701,754**	**633,278**	**421,378**	**665**
เชียงราย	513,449	500,694	338,526	676
พะเยา	308,196	298,077	210,548	706
ลำปาง	153,455	150,951	103,074	683
ลำพูน	98,521	96,323	66,009	685
เชียงใหม่	185,477	182,367	122,273	670
แม่ฮ่องสอน	62,710	61,303	38,316	625
ตาก	644,117	627,090	424,287	677
กำแพงเพชร	46,156	45,137	33,117	734
สุโขทัย	55,473	54,461	33,047	607
แพร่	318,175	313,086	192,231	614
น่าน	849,018	824,504	508,589	617
อุตรดิตถ์	192,523	189,586	121,154	639
พิษณุโลก	266,453	263,661	175,330	665
พิจิตร	15,847	15,457	10,373	671
นครสวรรค์	219,993	211,428	147,727	699

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

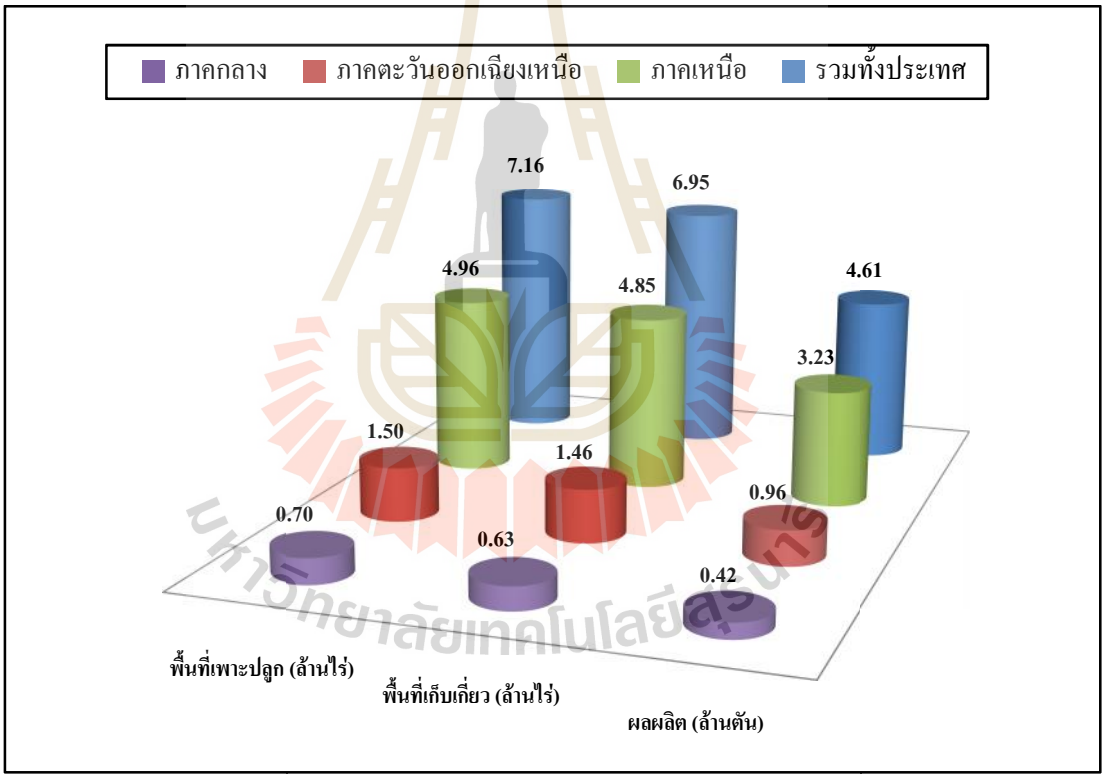
ตารางที่ 2.5 ข้าวโพด : เนื้อที่เพาะปลูกและพื้นที่ให้ผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
อุทัยธานี	82,469	81,793	64,195	785
เพชรบูรณ์	945,882	932,071	638,572	685
เลย	669,125	659,168	431,898	655
หนองบัวลำภู	21,168	20,426	13,531	662
อุดรธานี	1,017	1,003	617	615
หนองคาย	1,598	1,561	1,008	646
อุบลราชธานี	6,350	6,250	5,328	852
ศรีสะเกษ	3,406	3,392	2,668	787
กาฬสินธุ์	62	62	40	645
ขอนแก่น	11,793	11,599	7,259	626
ชัยภูมิ	105,272	102,723	65,058	633
นครราชสีมา	677,319	657,683	434,839	661
สระบุรี	195,936	156,818	118,431	755
ลพบุรี	216,891	196,089	112,566	574
ชัยนาท	5,570	5,014	2,723	543
สุพรรณบุรี	41,873	41,563	29,269	704
ปราจีนบุรี	17,489	17,073	11,507	674
ฉะเชิงเทรา	2,987	2,905	1,961	675
สระแก้ว	101,789	97,540	66,977	687
จันทบุรี	21,558	21,214	13,280	626
ชลบุรี	163	163	101	620
กาญจนบุรี	88,921	86,413	59,399	687

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.5 ข้าวโพด : เนื้อที่เพาะปลูกและพื้นที่ให้ผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
ราชบุรี	3,683	3,616	2,265	626
เพชรบุรี	4,184	4,160	2,473	594
ประจวบคีรีขันธ์	710	710	426	600



รูปที่ 2.3 แสดงพื้นที่เพาะปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตข้าวโพด ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ในประเทศไทย

2.4.3 อ้อย

อ้อยเป็นพืชล้มลุกใช้ระยะเวลาให้ผลผลิตประมาณ 1 ปี และมีช่วงเวลาเก็บเกี่ยวเพียง 6-7 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนพฤษภาคมของปีถัดไป ซึ่งต่างจากพืชอื่นๆ อ้อยเป็นพืชที่ปลูกง่าย เพียงแต่นำพันธุ์ (ส่วนที่เป็นลำต้น) มาปักลงในดินช่วงเวลาการเก็บเกี่ยวอ้อยที่เหมาะสมควรเก็บเกี่ยวที่อายุ 10-14 เดือน หลังจากเก็บเกี่ยวแล้วตอที่เหลืออยู่ยังสามารถเจริญเติบโตได้อีกในปีถัดไป

2.4.3.1 พื้นที่เพาะปลูกอ้อย

จากสถิติการเพาะปลูกอ้อยในปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวอ้อยประมาณ 9.59 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีพื้นที่มากถึงร้อยละ 44.23 รองลงมาคือ ภาคกลาง และภาคเหนือ 2.80 และ 2.55 ล้านไร่ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูก อ้อย มากที่สุด คือ จังหวัดนครสวรรค์โดยมีพื้นที่เพาะปลูกอ้อย 0.67 ล้านไร่ รองลงมาคือ จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดอุดรธานี 0.66 และ 0.64 ล้านไร่ ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.6 และรูปที่ 2.4

ตารางที่ 2.6 อ้อย : เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต ตัน	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
รวมทั้งประเทศ	**9,591,448**	**106,333,451**	**11,071**
เหนือ	**2,552,982**	**28,228,798**	**11,057**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**4,242,197**	**47,380,528**	**11,169**
กลาง	**2,796,269**	**30,724,125**	**10,988**
ตาก	9,271	103,280	11,140
กำแพงเพชร	660,177	7,374,194	11,170
สุโขทัย	250,239	2,800,175	11,190
แพร่	2,628	29,754	11,322
อุตรดิตถ์	91,003	1,026,510	11,280
พิษณุโลก	114,391	1,274,313	11,140
พิจิตร	62,563	703,837	11,250

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.6 อ้อย : เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

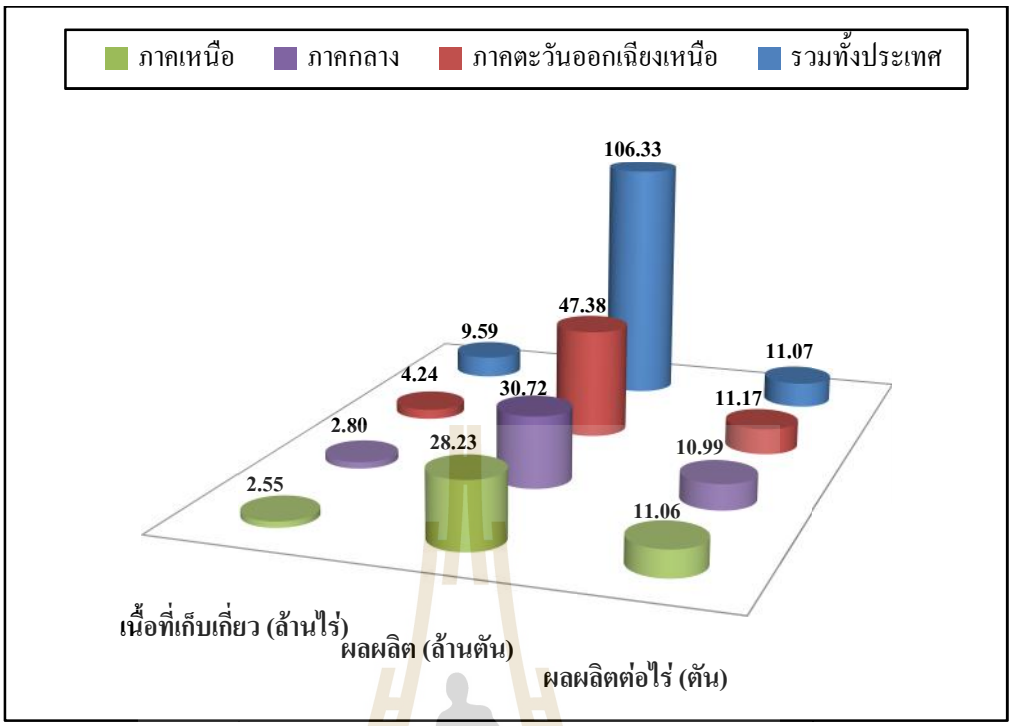
ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต ตัน	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
นครสวรรค์	673,697	7,484,777	11,110
อุทัยธานี	297,297	3,079,996	10,360
เพชรบูรณ์	391,716	4,351,962	11,110
เลย	236,116	2,679,911	11,350
หนองบัวลำภู	242,009	2,763,740	11,420
อุดรธานี	639,735	7,197,016	11,250
หนองคาย	51,253	578,137	11,280
บึงกาฬ	2,337	25,989	11,121
สกลนคร	59,872	664,578	11,100
นครพนม	3,090	34,358	11,119
มุกดาหาร	170,248	1,896,561	11,140
ยโสธร	43,377	484,088	11,160
อำนาจเจริญ	40,688	453,672	11,150
อุบลราชธานี	14,668	161,787	11,030
ศรีสะเกษ	20,438	226,043	11,060
สุรินทร์	196,390	2,195,638	11,180
บุรีรัมย์	186,755	2,071,108	11,090
มหาสารคาม	144,318	1,601,928	11,100
ร้อยเอ็ด	103,771	1,132,138	10,910
กาฬสินธุ์	371,954	4,158,440	11,180
ขอนแก่น	562,033	6,261,042	11,140
ชัยภูมิ	541,826	6,057,613	11,180
นครราชสีมา	611,319	6,736,741	11,020

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.6 อ้อย : เนื้อที่เก็บเกี่ยวและผลผลิต เป็นรายภาคและรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 (แหล่งที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)	ผลผลิต ตัน	ผลผลิตต่อไร่ (กก.)
สระบุรี	117,096	1,258,787	10,750
ลพบุรี	563,051	6,182,303	10,980
สิงห์บุรี	14,239	164,034	11,520
ชัยนาท	130,988	1,459,207	11,140
สุพรรณบุรี	540,109	5,892,600	10,910
อ่างทอง	18,361	213,538	11,630
ปราจีนบุรี	22,267	246,935	11,090
ฉะเชิงเทรา	24,618	274,489	11,150
สระแก้ว	301,652	3,372,473	11,180
จันทบุรี	4,301	48,126	11,189
ระยอง	1,644	18,282	11,120
ชลบุรี	114,605	1,275,548	11,130
นครปฐม	75,501	848,628	11,240
กาญจนบุรี	637,113	6,925,423	10,870
ราชบุรี	156,841	1,751,920	11,170
เพชรบุรี	33,534	356,462	10,630
ประจวบคีรีขันธ์	40,349	435,370	10,790

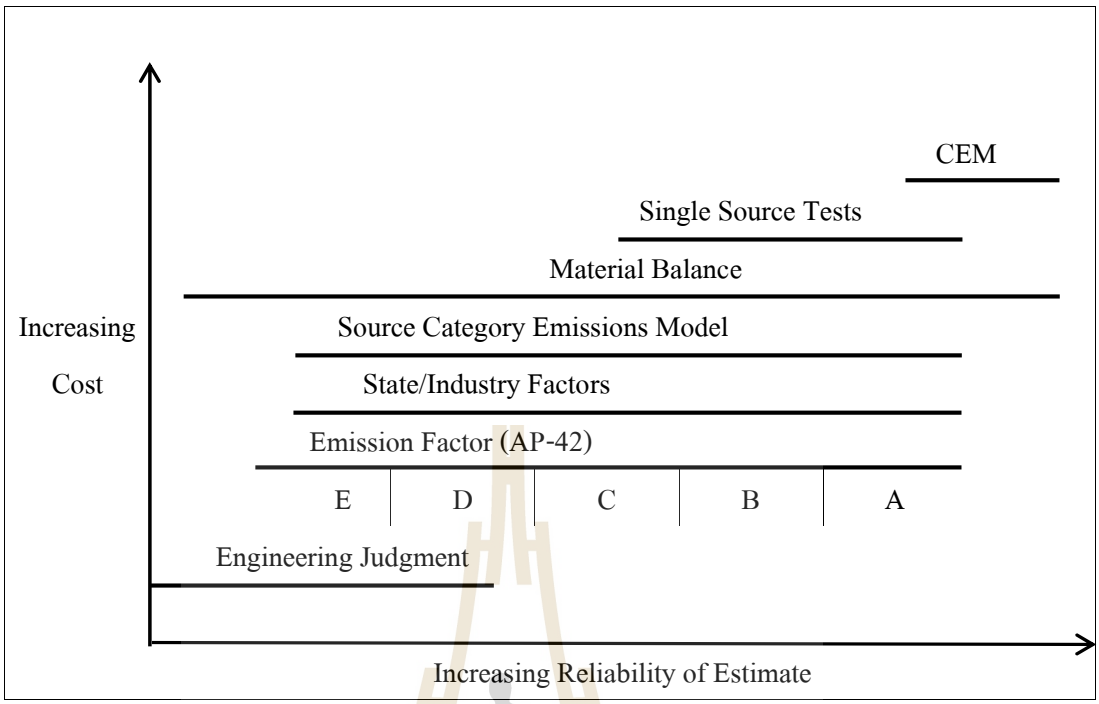
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 2.4 แสดงเนื้อที่เก็บเกี่ยว และผลผลิตอ้อย ปีเพาะปลูก พ.ศ. 2558 ในประเทศไทย

2.5 วิธีประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศ

ขั้นตอนที่สำคัญในการจัดทำบัญชีรายการการปลดปล่อยมลพิษอากาศ คือ การประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดมลพิษแต่ละประเภท โดยวิธีการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษมีด้วยกันหลายวิธี ดังรูปที่ 2.5 ซึ่งแต่ละวิธีมีความน่าเชื่อถือ ความยากง่ายค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรบุคคลที่แตกต่างกัน แต่วิธีที่ใช้กันมากที่สุด คือ การใช้ค่า EF เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นานและยอมรับให้ใช้ได้ (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547)



รูปที่ 2.5 การเปรียบเทียบวิธีการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ (US.EPA,2005)

จากรูปที่ 2.5 CEM ย่อมาจาก Continuous Emission Monitor หรือระบบติดตามตรวจสอบต่อเนื่อง คือ การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษโดยตรงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งให้ข้อมูลปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่มีความถูกต้องที่สุด แต่เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูง และผลการตรวจวัดจะใช้ได้เฉพาะกับสภาวะการทำงานในช่วงเวลาที่ตรวจวัดเท่านั้น หากจะนำผลมาใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษระยะยาว เช่น เฉลี่ยทั้งปี ช่วงเวลาการตรวจวัดต้องเป็นตัวแทนของการเดินเครื่องปกติของแหล่งกำเนิดนั้น ส่วน Source Test คือ การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษโดยตรง ซึ่งช่วงเวลาในการเก็บตัวอย่างอากาศจะใช้ระยะยาว โดยการเก็บข้อมูลจริง ทั้งข้อมูลปริมาณและอัตราความเร็วการไหลของก๊าซในปล่องควัน เช่น ปล่องควันของโรงงาน ท่อไอเสียของยานพาหนะที่มีเครื่องยนต์ประเภทต่าง ๆ และการใช้เชื้อเพลิงตามบ้านเรือนเพื่อนำมาคำนวณหาปริมาณการปล่อยมลพิษที่เกิดขึ้น ซึ่งให้ข้อมูลปริมาณการปล่อยสารมลพิษจากแหล่งกำเนิดที่มีความถูกต้องสูง แต่มีค่าใช้จ่ายสูงเช่นเดียวกัน วิธี Material Balance (การทำสมดุลมวล) คือ การประมาณค่าเฉลี่ยปริมาณการปล่อยมลพิษที่มีความน่าเชื่อถือสำหรับแหล่งกำเนิดบางประเภทโดยทั่วไปการทำสมดุลมวลเหมาะที่จะนำมาใช้ในกรณีที่มีการสูญเสียวัตถุดิบปริมาณมากสู่บรรยากาศ เช่น การสูญเสียสารละลายจากกระบวนการเคลือบผิวที่ไม่มีอุปกรณ์ควบคุม ในทางตรงกันข้ามการทำสมดุลมวลไม่เหมาะนำมาใช้หากสารนั้นถูกใช้หมดไปหรือทำปฏิกิริยาทางเคมี หรือสูญเสียสู่บรรยากาศเป็นสัดส่วนน้อยของปริมาณ

วัตถุดิบทั้งหมดที่ใช้ ซึ่งในการทำสมดุลมวลจำเป็นต้องทราบปริมาณสารทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการผลิตและที่ออกจากกระบวนการผลิต เพื่อใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษที่ถูกต้อง Emissions Models (แบบจำลองการปล่อยมลพิษ) คือ การพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาประมาณการปล่อยมลพิษ โดยมีความซับซ้อนมากจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณ ซึ่งความถูกต้องของการประมาณขึ้นอยู่กับความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่ใช้ นอกจากนี้การประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภท มีวิธีการประมาณแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.7

2.5.1 ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (EF : Emission Factor)

2.5.1.1 การใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

คำนิยามของ EF หรือ Emission Factor ในภาษาไทย คือ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย, 2544) ซึ่งการใช้ค่า EF ในการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศไม่ใช่วิธีการที่ถูกต้องที่สุด แต่เป็นวิธีที่ใช้กันมากที่สุด เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายต่ำ ทำได้ง่าย ใช้เวลาไม่นานและเป็นวิธีการที่ยอมรับให้ใช้ได้ แต่ต้องเลือกใช้ค่า EF จากเอกสารที่เป็นที่ยอมรับในวงการระหว่างประเทศ เนื่องจากความจำกัดด้านความถูกต้องของวิธีการ (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547) นอกจากนี้การประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษโดยใช้ค่า EF ต้องอาศัยสมการในการคำนวณ ดังนั้นในเอกสารที่รวบรวมค่า EF จึงได้ระบุสมการที่ใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยมลพิษจากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภทไว้ด้วย

ตารางที่ 2.7 วิธีการประมาณปริมาณการปล่อยสารมลพิษอากาศจากแหล่งกำเนิดแต่ละประเภท

แหล่งกำเนิดแบบจุด (Point Sources)	แหล่งกำเนิดแบบพื้นที่ (Area Source)	แหล่งกำเนิดแบบเคลื่อนที่ (Mobile Sources)
Continuous Emission Monitor	Surveys and questionnaires	Emission models
Source tests	Material balance	Emission factor[(1)]
Material balance	Emission models	
Fuel analysis	Emission factor	
Emission estimation models		
Emission factor		
Engineering judgment		

ที่มา จาก Friedrich (2006); [(1)] จาก US.EPA (2005); EEA (2009)

2.5.1.2 แหล่งข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศ

การจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ ได้รับการยอมรับว่ามีความสำคัญในการจัดการมลพิษอากาศ ทั้งในระดับท้องถิ่น ระดับภูมิภาคและระดับโลก มีหลายหน่วยงานในระดับประเทศและองค์กรระหว่างประเทศ จัดพิมพ์เอกสารข้อมูลค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษเผยแพร่สำหรับใช้ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ โดยเอกสารข้อมูลที่นิยมใช้กันทั่วไปมาจาก 4 แหล่ง (นพภาพร พานิช และคณะ, 2547) ซึ่งแต่ละแหล่งมีความเหมาะสมในการใช้งานแตกต่างกันไป สรุปได้ดังต่อไปนี้

1) United States of America Environmental Protection Agency (US.EPA)

องค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งสหรัฐอเมริกา ได้จัดทำเอกสารค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษอากาศครอบคลุมแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ (AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors) (US.EPA, 2005) เป็นเอกสารที่มีรายละเอียดมาก ใช้สำหรับประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษให้มีความถูกต้องที่สุด

2) European Environmental Agency (EEA)

องค์การสิ่งแวดล้อมแห่งสหพันธ์ยุโรป โดยโครงการจัดทำบัญชีมลพิษอากาศในยุโรป (The Core Inventory of Air Emissions in Europe-CORINAIR) ได้จัดทำคู่มือการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศ (Emission Inventory Guidebook) (EEA, 2009) ซึ่งประกอบด้วยวิธีการประมาณการปล่อยมลพิษหลายระดับตามความละเอียดของข้อมูลที่มี การใช้วิธีการระดับสูงทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องสูง แต่ต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดมาก วิธีการนี้จึงเป็นวิธีที่เหมาะกับประเทศที่พัฒนาแล้วในทวีปยุโรป แต่ถ้าพื้นที่ใดมีข้อมูลไม่มากนักก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้โดยเลือกใช้วิธีการในระดับที่ให้ความถูกต้องรองลงมา

3) World Health Organization (WHO)

องค์การอนามัยโลกร่วมกับหน่วยงานของสหประชาชาติ จัดทำคู่มือสำหรับใช้ประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษอย่างง่ายและจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษได้รวดเร็ว (Assessment of Sources of Air Water and Land Pollution Part One: Rapid Inventory Techniques in Environmental Pollution) (WHO, 1993) ครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลพิษอากาศ น้ำเสียและมูลฝอยโดยใช้วิธี EF ซึ่งต้องการข้อมูลเท่าที่จำเป็นในการประมาณปริมาณมลพิษอย่างถูกต้องพอสมควร

4) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

IPCC เป็นองค์กรหนึ่งของสหประชาชาติ ได้จัดทำคู่มือแนวทางการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจกแห่งชาติ (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory)

(IPCC, 2006) ซึ่งเป็นคู่มือที่ใช้ได้กับทุกประเทศทั่วโลก เพราะประเทศส่วนใหญ่จะมีข้อมูลน้อย และต้องใช้วิธีอย่างง่าย หรือที่เรียกว่า Tier 1 ในการประมาณปริมาณการปล่อยมลพิษ แต่ทำให้ผลการประมาณที่ได้มีความถูกต้องไม่มากนัก ส่วนประเทศที่มีข้อมูลรายละเอียดของแหล่งกำเนิดมากพอ สามารถใช้วิธีแบบระเอียด หรือที่เรียกว่า Tier 2 และ Tier 3 ซึ่งจะให้ค่าความถูกต้องมากกว่าการใช้วิธีอย่างง่าย

2.5.1.3 การพัฒนาค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ

ค่า EF สามารถพัฒนามาจากข้อมูลการทำ Source Test Modeling Mass Balance หรือข้อมูลอื่นๆ ซึ่งจำนวนครั้งในการทดสอบและคุณภาพของข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับความน่าเชื่อถือของค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ โดยค่า EF คือ ค่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารมลพิษที่ปล่อยสู่บรรยากาศกับกิจกรรมที่ปลดปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศ ดังสมการ 2.8 ทั่วไปจะแสดงในรูปน้ำหนักสามลพิษต่อหน่วยน้ำหนัก ปริมาตร ระยะทาง หรือเวลา ของกิจกรรมที่ปล่อยมลพิษ หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง ค่า EF คือ ค่าเฉลี่ยอย่างง่ายของข้อมูลทั้งหมดที่มีอยู่ ซึ่งคุณภาพของข้อมูลมีความถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้และโดยทั่วไปค่า EF จะแสดงถึงค่าเฉลี่ยในระยะยาวสำหรับข้อมูลทั้งหมดของแหล่งกำเนิดประเภทนั้น (US.EPA, 2005)

$$EF = E/A \qquad (2.8)$$

โดย EF คือ ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ
E คือ ปริมาณการปล่อยสารมลพิษสู่บรรยากาศ
A คือ อัตราการทำกิจกรรมที่ปล่อยมลพิษสู่บรรยากาศ

หมายเหตุ ใช้ในกรณีไม่มีการควบคุมมลพิษที่ปล่อยออกจากแหล่งกำเนิด

อัตราการปล่อยมลพิษจากการเผาชีวมวล ซึ่งได้แก่ การเผาป่าไม้ และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คำนวณตามสมการของ Giglio et al. (2006) ดังสมการที่ 1 การหามวลแห้งที่ถูกเผา แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ มวลแห้งที่ถูกเผาในพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่เกษตร ซึ่งใช้สมการต่างกันคือ พื้นที่ป่าไม้จะใช้สมการที่ 2 ส่วนพื้นที่เกษตรจะใช้สมการของ Streets et al. (2003) ดังสมการที่ 3 สมการที่ใช้ในการคำนวณแสดงในตารางที่ 2.8

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.8 แสดงสมการที่ใช้คำนวณมลพิษที่ปล่อยจากการเผา

สมการที่ 1	สมการที่ 2	สมการที่ 3
E = M x EF	M = A x B x C	R = P x N x D x B x F
โดย E = มลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผา (g) M = มวลแห้งที่ถูกเผา (kg) EF = ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ (Emission factor) (g/kg $_{dry\ mass}$)	โดย M = ปริมาณชีวมวลที่ถูกเผา (kg) A = พื้นที่ที่ถูกเผา (km^2) B = ความหนาแน่นของชีวมวล (kgdm biomass/km^2) C = ประสิทธิภาพของการเผาไหม้	โดย R = มวลรวมของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (kg) P = ผลผลิตพืช (kg) N = อัตราส่วนของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิตพืช D = สัดส่วนน้ำหนักแห้งของพืช B = สัดส่วนของพืชแห้งที่มีการเผา F = สัดส่วนประสิทธิภาพการเผาไหม้ของพืชแต่ละชนิด

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Andreae and Merlet (2001) ได้ศึกษาอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission Factor) ในรูปต่างๆ จากการเผาเชื้อเพลิงชีวมวลในพื้นที่โล่งแจ้งของภูมิภาคเอเชีย คือ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ตลอดจนฝุ่นละอองรวม (Total Suspended Particulate: TSP) ซึ่งมีค่า EF เท่ากับ 1,515±177, 92±84, 2.7, 0.07, 2.5±1.0 และ 10 g/kg $_{dry\ biomass}$ ตามลำดับ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่า ค่า EF นี้ถูกนำมาใช้เป็นตัวแทนของชีวมวลทุกชนิด แต่อย่างไรก็ดี ค่า EF ของชีวมวลแต่ละประเภทจะไม่เท่ากัน หากพิจารณาเปรียบเทียบกับ ค่า EF ของการเผาไหม้ฟางข้าว กับงานวิจัยของ Gadde et al.(2009) ดังนั้น การหาข้อมูลตัวแทนของค่า EF ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิดจึงมีความสำคัญตามที่กล่าวมาข้างต้น

U.S. Environmental Protection Agency (2000) กล่าวถึงการเผาในที่โล่งในพื้นที่เกษตรกรรม ไว้ว่าเกษตรกรในแถบตะวันตกเฉียงเหนือของคาบสมุทรแปซิฟิก ยังคงมีการเผาเศษพืชเศษวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ที่ตกค้างอยู่ในพื้นที่เพาะปลูก ภายหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกในรอบถัดไป พวกเขามีความเชื่อกันว่า การเผาเป็นเครื่องมือที่สำคัญสำหรับกำจัดซากพืช ทำให้การเพาะปลูกง่ายขึ้น ช่วยรักษาระดับปริมาณผลผลิตและช่วยให้มีการใช้ยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืชที่เป็นสารเคมีลดน้อยลง นอกจากนี้ การเผายังช่วยให้ไม่ต้องทำการ

ไถ ซึ่งเป็นต้นเหตุทำให้ดินมีแนวโน้มที่จะพังทลายและลดคุณภาพของน้ำและปัญหาฝุ่นละออง แม้ว่าการเผาจะมีประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น แต่ขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดผลกระทบอย่างร้ายแรงต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม การเผาก่อให้เกิดเขม่าควันที่สามารถฟุ้งกระจายไปได้ในระยะไกล แม้ว่าช่วงเวลาของการเผาจะมีระยะเพียงสั้นๆ กลุ่มควันที่เกิดขึ้นก็จะส่งผลต่อคุณภาพอากาศไปอย่างกว้างขวาง กลุ่มบุคคลที่ไม่เห็นด้วยกับการเผามีความเชื่อกันว่า ยังมีแนวทางเลือกอื่นที่จะสามารถทำการเกษตรได้โดยไม่ต้องมีการเผา มีการเสนอแนวทางต่างๆ ที่น่าจะทำได้ เช่นการปลูกพืชหมุนเวียน การไถกลบตอซัง-ฟางข้าว และการนำฟางข้าวไปใช้ผลิตกระดาษ วัตถุดิบในการก่อสร้างและการทอผ้า เป็นต้น

Gadde et al.(2009) ได้ทำการศึกษาการปล่อยมลพิษจากการเผาวัสดุฟางข้าวในที่โล่งในประเทศอินเดีย ไทย และฟิลิปปินส์ โดยใช้ค่า Emission Factor ซึ่งเป็นค่า default value จากฐานข้อมูลของ IPCC พบว่าปริมาณฟางข้าวที่ส่งผลกระทบต่อปัญหาการเผาในที่โล่งของประเทศไทยเท่ากับ 10.45 ล้านตัน โดยการเผาฟางข้าวในที่โล่งได้ปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ตลอดจนฝุ่นละอองขนาดเล็ก PM 2.5 และ PM10 สู่บรรยากาศ

Cao Guoliang et al. (2008) ได้ทำการทดลองหาค่าตัวคูณปริมาณการปล่อยมลพิษสำหรับฝุ่นละออง (PM) ธาตุคาร์บอน (EC) สารอินทรีย์คาร์บอน (OC) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_X) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)และไอออนที่ละลายน้ำได้ โดยจำลองการเผาคล้ายการเผาในเตาเผาของครัวเรือน โดยใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 4 ชนิด ในจีน ได้แก่ ฟางข้าว ฟางข้าวสาลี ซังข้าวโพด และต้นฝ้าย จากการทดลองพบว่าฟางข้าวสาลี มีค่า Emission Factor สำหรับฝุ่นละอองสูงที่สุด คือ 8.75 g/kg รองลงมา คือ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และต้นฝ้าย 6.28 , 5.31 และ 4.53 g/kg ตามลำดับ ในขณะที่ซังข้าวโพดและซากต้นฝ้ายมีค่า Emission Factor ของธาตุคาร์บอน (EC) สูงที่สุด คือ 0.95 g/kg และ 0.82 g/kg นอกจากนี้ซังข้าวโพดยังมีค่า Emission Factor ของ NO,NO_X และ CO_2 สูงที่สุด คือ 3.25, 3.60 และ 2,327.14 g/kg ตามลำดับ ในขณะที่ฟางข้าวสาลี ฟางข้าวและซังข้าวโพด มีค่า ค่า Emission Factor ของ NO_2,SO_2 และ CO สูงที่สุด คือ 0.35 , 0.18 และ 105.82 g/kg ตามลำดับ ส่วนไอออนที่ละลายน้ำได้ค่า Emission Factor ของ K^+ และ Cl^- มีค่าสูงที่สุด สูงกว่าเศษวัสดุเหลือใช้ชนิดอื่นๆ

Giglio (2006) ได้ศึกษาการเผาในที่โล่ง ซึ่งได้แก่ ไฟไหม้ป่า การเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร กล่าวถึงการคำนวณหาปริมาณของการเผาในที่โล่ง(M)ขึ้นอยู่กับชนิดของ biomass burned ที่อยู่ในพื้นที่ที่เกิดการไหม้โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ M = A x B x C โดย M = จำนวนชีวมวลที่ใช้ในการเผา (g), A = พื้นที่ที่เผา (m^2), B =ชีวมวล(ความหนาแน่นของชีวมวล

(kg_{dm} /m^2), C =ฟังก์ชันชีวมวลที่เผา (ประสิทธิภาพการเผาไหม้) การหาพื้นที่ที่ถูกเผา สามารถหาได้หลายวิธี โดยแบ่งตามลักษณะของเชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิงทางการเกษตร ไฟป่า เป็นต้น

Lemieux, Lutes และ Santoianni (2003) ศึกษาการปลดปล่อยสารอินทรีย์ที่เป็นพิษออกสู่บรรยากาศจากการเผาในที่โล่ง การปล่อยมลพิษจากการเผาในที่โล่งปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาในแต่ละครั้งมีจำนวนมลพิษที่เกิดจากการเผาจำนวนมาก ทั้งสารอินทรีย์ระเหยง่ายสารประกอบของสารอินทรีย์อื่นๆ สิ่งเหล่านี้จะเกิดจากการเผาพื้นที่เกษตรกรรม เบื้องต้นทำการสำรวจเก็บข้อมูลพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่จะใช้วิธีเผา ซึ่งในปัจจุบันมีพื้นที่การเผาเพิ่มมากขึ้น จากการศึกษาข้อมูลเหล่านี้ปัจจุบันยังไม่มีการบริหารจัดการอย่างจริงจัง รวมทั้งการศึกษาถึงความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์จากที่ดิน การนำเศษวัสดุมาใช้ประโยชน์ ซึ่งยังขาดข้อมูลที่จำเป็นอยู่มาก

ธนัตถ์พนันท์ เรืองเงิน (2555) ได้ทำการศึกษาการปล่อยมลพิษอากาศจากการเผาชีวมวลในจังหวัดพะเยา โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม การศึกษาการเผาชีวมวลในจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 พบว่าพื้นที่ที่ถูกเผามากที่สุดคือ อำเภอปง รองลงมาคือ อำเภอเชียงคำ, อำเภอเชียงม่วน, อำเภอเมือง, อำเภอภูซาง, อำเภอดอกคำใต้, อำเภอภูกามยาว, อำเภอจุน, และอำเภอแม่ใจ ตามลำดับ การปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้ ส่วนใหญ่มาจากการเผาในพื้นที่ป่าไม้ รองลงมาคือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ช่วงเวลาที่มีการเผาส่วนใหญ่จะมีการเผามากในเดือน มีนาคม เมษายน และกุมภาพันธ์ตามลำดับ จากการคำนวณปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผาชีวมวลจังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2553 พบว่ามีปริมาณ SO_2 1,336 ตัน/ปี, NOx 3,827 ตัน/ปี, CO 251,776 ตัน/ปี, NMVOC 45,261 ตัน/ปี, NH3 4,086 ตัน/ปี, $PM_{2.5}$ 21,554 ตัน/ปี, PM_{10} 43,578 ตัน/ปี, BC 1,618 ตัน/ปี, OC 12,074 ตัน/ปี และมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก CO_2 3,801,623 ตัน/ปี, CH4 16,448 ตัน/ปี ปัญหาหมอกควันเป็นปัญหาที่รุนแรงปัญหาหนึ่งในจังหวัดพะเยา ที่ควรได้รับการแก้ปัญหาอย่างเร่งด่วน การแก้ปัญหาควรมีการวางกลยุทธเพื่อให้การแก้ปัญหาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ จากข้อมูลการศึกษานี้การแก้ปัญหาควรเน้นแก้ปัญหาในพื้นที่อำเภอที่ปริมาณการเผาสูง และในพื้นที่ป่าไม้ ช่วงฤดูร้อนที่มีปริมาณการเผาเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

ละอองดาว แสงหล้า และ ธวัชชัย ศุภดิษฐ (2005) ได้ศึกษาผลกระทบจากการเผาใบอ้อย พบว่า ในปัจจุบันเกษตรกรผู้ผลิตอ้อยของประเทศไทย นิยมเผาใบอ้อยกันเป็นจำนวนมาก โดยมีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อเตรียมดินก่อนการเพาะปลูก ผลที่ตามมา คือ โครงสร้างของดินถูกทำลาย อินทรียวัตถุลดลง ดินอัดแน่น ไม่อุ้มน้ำ และน้ำซึมลงยาก 2) เพื่อให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว เนื่องจากทำให้ตัดได้รวดเร็วเพราะไม่ต้องลอกกาบใบ แต่ทำให้เกิดผลกระทบ คือ การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ทำให้อุณหภูมิของโลกสูงขึ้น ก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษ ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของคนและสัตว์ อีกทั้งยังทำให้บ้านเรือนสกปรกจากฝุ่นละอองเถ้าที่ปลิวมาตกตามอาคาร

บ้านเรือน ดังตัวอย่างในประเทศออสเตรเลีย ที่ในอดีตมีการเผาใบอ้อยก่อนตัดมาเป็นระยะเวลาประมาณ 80 ปี ทำให้ประชาชนในประเทศเกิดเป็นมะเร็งโรคผิวหนังมากกว่าชนชาติอื่น ๆ ซึ่งภายหลังมีการตรวจสอบแล้ว พบว่า ชั้นบรรยากาศใกล้กับประเทศเกิดเป็นช่องขนาดใหญ่ ทำให้แสงคอสมิคสามารถส่องลอดลงมาได้ ส่งผลให้ประชาชนเป็นโรคดังกล่าวกันมากขึ้น ด้วยเหตุนี้ออสเตรเลียจึงเลิกการเผาอ้อยก่อนตัด และหันมาพัฒนาเครื่องตัดอ้อยชนิดไม่ต้องเผาใบก่อนตัดแทนนอกจากนี้ยังมีผลกระทบทางอ้อม ในด้านการตกค้างของสารเคมีกำจัดวัชพืช เนื่องจากแปลงอ้อยที่มีการเผาใบจะมีวัชพืชขึ้นมากกว่าแปลงที่ตัดอ้อยสด ต้องมีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากขึ้นและเกิดการตกค้างของสารพิษในดินสูงขึ้น และ 3) เพื่อป้องกันไฟไหม้ตอที่มีหน่องอกใหม่

Muhammad Irfan et al. (2014) ได้ทำการศึกษาอัตราการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว ในเขตพื้นที่เมืองและเขตชุมชน ในประเทศปากีสถาน โดยจำลองการเผาในที่โล่ง อุณหภูมิในการเผาไหม้ 245.50 ˚C ระยะเวลาในการเผา 4.04 นาที ความเร็วแก๊สที่ระบายจากปล่อง 14.34 m/s โดยค่าอัตราการปลดปล่อยมลพิษ ค่า CO ,CO_2, NO_X และ SO_2 มีค่าเท่ากับ 17.19 ±0.28 ,1,090.07 ± 24.0,3.16 ± 0.08, 0.38 ± 0.03 g/kg ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

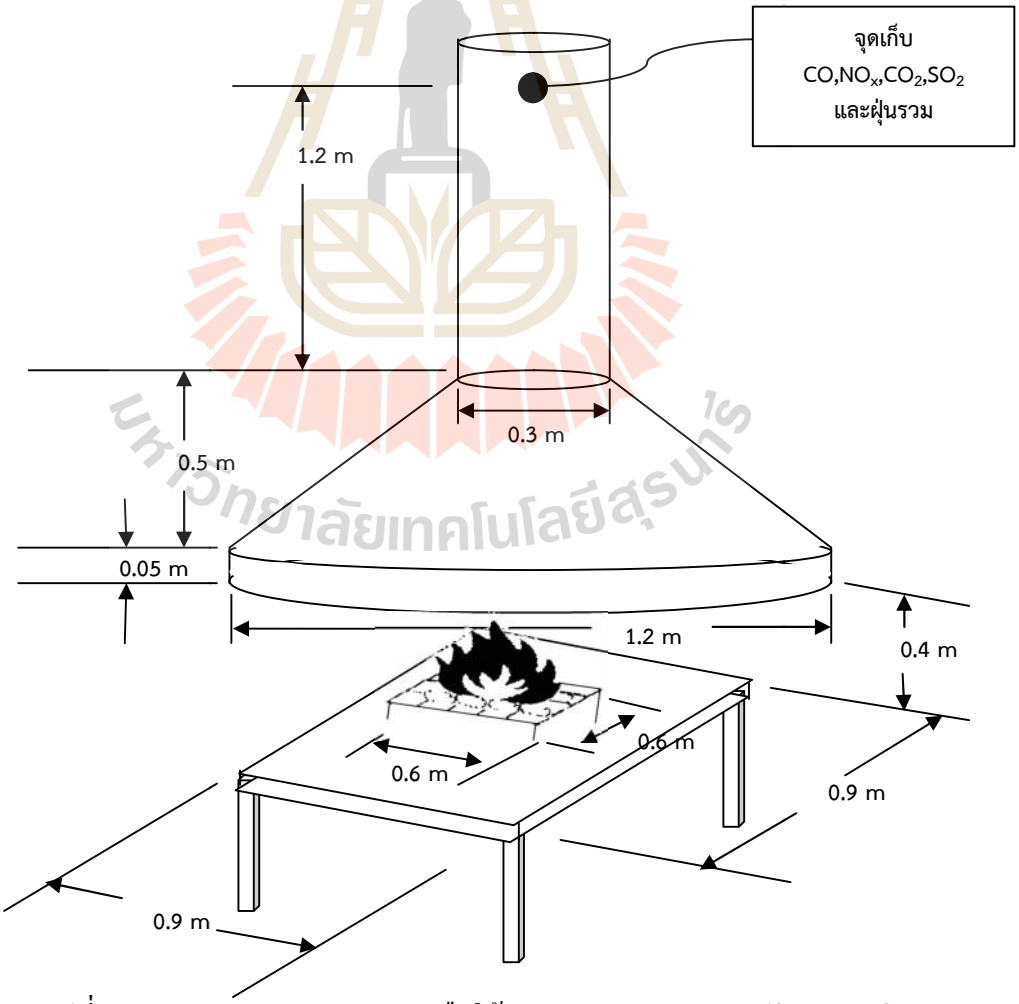
3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือวัด

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มีดังนี้

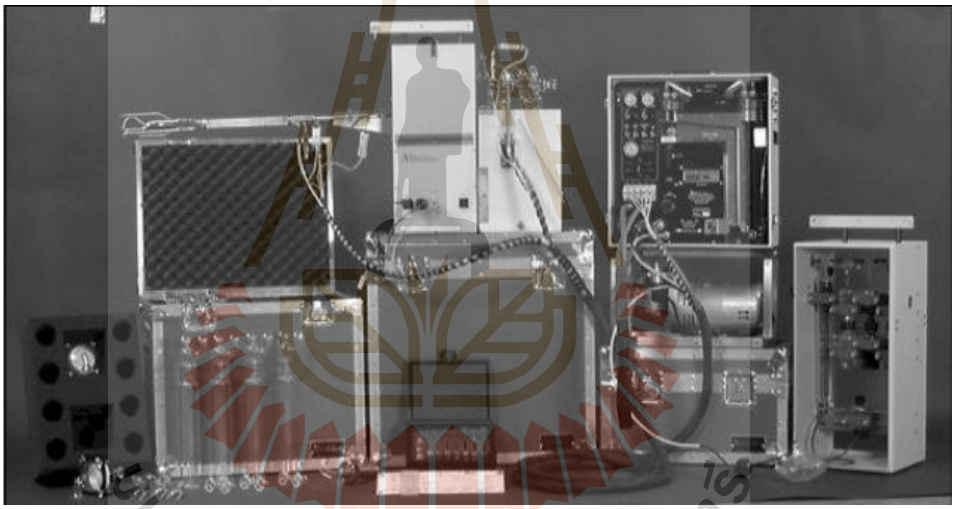
3.1.1 การออกแบบอุปกรณ์สำหรับเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ในงานวิจัยนี้ได้จำลองการเผาในที่โล่งแล้วเก็บข้อมูลก๊าซและฝุ่นที่เกิดขึ้น (CAO Guoliang,et al.(2008) , Daniela de Azeredo Franca (2012), Darley.(1977,1979),Venkataraman and Rao,(2001), K. Kanokkanjana (2012), Muhammad Irfan et al.(2014)) โดยอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับการเผาได้ออกแบบและสร้างขึ้นด้วยแผ่นแสตนเลสเป็นหลัก โดยมีเหล็กเป็นโครงยึดค้ำ ส่วนที่ใช้รองรับวัสดุในการเผาเป็นถาดแสตนเลสขนาด 0.9 เมตร x 0.9 เมตร พับขอบและยกขึ้น 0.06 เมตร ที่ขอบด้านนอกทั้งสี่ด้าน ด้านในเจาะเป็นช่องขนาดประมาณ 0.2 เมตร x 0.2 เมตร พับขอบและยกขึ้น 0.03 เมตร เพื่อใช้เป็นส่วนรองรับถาดแสตนเลส ขนาด 0.3 เมตร x 0.3 เมตร ที่วางซ้อนอยู่ซึ่งช่วยลดน้ำหนักของถาดจะวางบนขาตั้งสูงประมาณ 0.5 เมตร ซึ่งสามารถปรับความสูงเพิ่มขึ้นได้ หากก๊าซมีแนวโน้มจะเล็ดลอดออกจากกรวยแสตนเลส ถาดเล็กที่วางซ้อนด้านบน จะใช้รองรับวัสดุที่จะใช้เผา ส่วนของอุปกรณ์รวบรวมฝุ่นละอองและก๊าซที่เกิดจากการเผา ออกแบบเป็นรูปทรงกรวยคว่ำ ฐานทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.2 เมตร และมีปล่องระบายฝุ่นและก๊าซ 0.3 เมตร มีความสูงประมาณ 1.5 เมตร และยาวประมาณ 2.8 เมตร ออกแบบให้เป็นรูปตัว L ดังแสดงในรูปที่ 3.1

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.1 แบบจำลองการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และวัดปริมาณมลพิษ



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ลำดับ	อุปกรณ์และเครื่องมือวัด	ยี่ห้อ/รุ่น	พารามิเตอร์
1	เตาเผา Muffle Furnace	Carbolite	วิเคราะห์ปริมาณเถ้าและสารระเหย
2	เครื่อง CHNS Elemental Analyzer	CHNS Element Analyzer	วิเคราะห์ปริมาณธาตุ C H N S
3	เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง	Sartorious	น้ำหนัก
4	เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง	Sartorious	น้ำหนัก
5	Infrared Moisture Determination Balance	-	ความชื้น
6	เตาอบ Drying Oven	Binder	ความชื้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก. เตาอบ Drying Oven
(วิเคราะห์ความชื้น)

ข. เตาเผา Muffle Furnace
(วิเคราะห์ปริมาณเถ้า และสารระเหย)

ค. เครื่อง Infrared Moisture Determination Balance (วิเคราะห์ความชื้น)

ง. เครื่อง CHNS Elemental Analyzer
(วิเคราะห์ปริมาณธาตุ C H N S)

จ.เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง

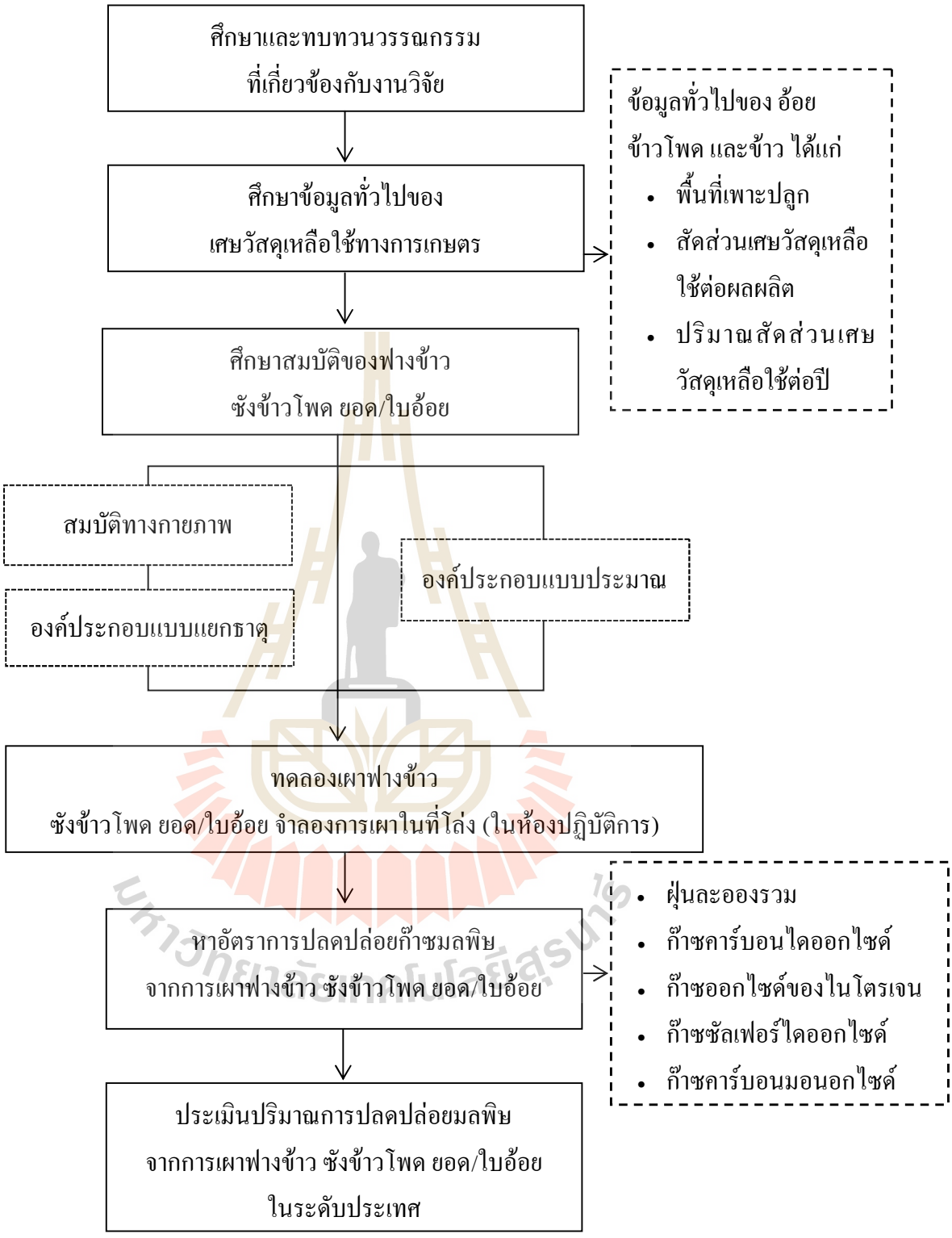
ฉ.เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประเมินการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือทางการเกษตร ในระดับห้องปฏิบัติการ และประเมินอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors :EF) อันประกอบด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Mater : TPM) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย และข้าวโพด ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนดังแสดงใน Flow chart รูปที่ 3.5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการศึกษา

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังนี้

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ทำการรวบรวมข้อมูลสำคัญต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ เช่น การตรวจสอบเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่ง ได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย พื้นที่ปลูก สัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต ปริมาณสัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้ต่อปี และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

1. ศึกษาวิธีในการพัฒนาฐานข้อมูลการระบายมลพิษอากาศจากการเผา และรวมถึงทบทวนหาค่าปัจจัยการระบาย (Emission Factors) ที่เหมาะสม

2. รวบรวมข้อมูลการเพาะปลูก

ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการเกษตรกรรมของประเทศไทย รวบรวมจากฐานข้อมูลเอกสารราชการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ และข้อมูลของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร ที่เป็นผู้รับผิดชอบข้อมูลด้านสถิติการเกษตรของประเทศไทย ซึ่งจะมีการรายงานข้อมูลเรื่องพื้นที่การผลิต ผลผลิตของพืชหลักที่ได้จำแนกรายปี เช่น ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกข้าว และผลผลิต พื้นที่เพาะปลูกอ้อย และพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด ศึกษาปริมาณเศษวัสดุที่นำไปใช้ประโยชน์ เป็นต้น

3. ศึกษาและรวบรวมสมการที่ใช้ในการคำนวณมลพิษที่ปล่อยจากการเผา และพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณการปล่อยมลพิษของการเผาในที่โล่งของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

4. รวบรวมข้อมูลสัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิตเฉลี่ย (Crop residue ratio; CRR) จากการลงพื้นที่เก็บตัวอย่างข้อมูลของพืช 3 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด และอ้อย และใช้สมการที่ 3.1 คำนวณหาอัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิตเฉลี่ย

$$\text{อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (CRR)} = \frac{\text{ปริมาณการเกิดชีวมวล/ไร่}}{\text{ผลผลิต/ไร่}} \qquad (3.1)$$

5. คำนวณปริมาณเศษวัสดุแหลือใช้ทางการเกษตร โดยใช้ข้อมูลปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี) ข้อมูลสัดส่วนเศษวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิตเฉลี่ย และสัดส่วนที่นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรไปใช้ประโยชน์ โดยการคำนวณปริมาณเศษวัสดุแหลือใช้ทางการเกษตร ดังสมการที่ 3.2 และสมการที่ 3.3 ดังนี้

$$\text{ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เกิด (ตัน/ปี)} = [\text{ปริมาณผลผลิต (ตัน/ปี)}] \times [\text{อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต}] \qquad (3.2)$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปริมาณคงเหลือของเศษวัสดุเหลือใช้แต่ละชนิด (ตัน/ปี) = [ปริมาณเศษวัสดุที่เกิด] – [ปริมาณที่นำไปใช้ประโยชน์] (3.3)

ก. ต้น/ใบข้าวโพดแห้ง

ข. ซัง/เปลือกข้าวโพดแห้ง

ค. ฟางข้าว

ง. ใบอ้อย

รูปที่ 3.6 วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่นำมาทดลอง

3.2.3 การศึกษาสมบัติของฟางข้าว ซังข้าวโพด และ ยอด/ใบอ้อย

1) สมบัติทางกายภาพ

■ ความชื้น มีความจำเป็นที่ต้องทราบ เพื่อนำมาใช้หาสัดส่วนน้ำหนักแห้งของพืช และหามวลรวมของวัสดุเหลือใช้ รวมทั้งใช้ประมาณการปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรให้เพียงพอต่อการศึกษา โดยวิธีการวิเคราะห์ความชื้นจะคิดเป็นเปอร์เซ็นต์มาตรฐานเปียก หรือ Wet Basis (ภาคผนวก ก)

2) การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Analysis)

เพื่อหาองค์ประกอบแบบประมาณของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาความสามารถในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

■ ความชื้น (Moisture) คือเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรซึ่งเป็นความชื้นที่ผ่านการอบแห้งด้วยความร้อน โดยทั่วไปเรียกว่าเปอร์เซ็นต์มาตรฐานแห้ง หรือ Dry basis การวิเคราะห์โดยใช้มาตรฐาน ASTM D1762-84 (ภาคผนวก ก)

■ เถ้า (Ash) คือปริมาณของแข็งอนินทรีย์ที่คงเหลืออยู่ ภายหลังการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่อุณหภูมิ 750°C การวิเคราะห์ใช้มาตรฐาน ASTM D1762-84 (ภาคผนวก ก)

■ ปริมาณสารระเหย (Volatile Matter) เพื่อหาองค์ประกอบที่สามารถระเหยได้โดยให้ความร้อนกับเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรการวิเคราะห์ใช้มาตรฐาน ASTM D1762-84 (ภาคผนวก ก)

■ ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) คือ ปริมาณองค์ประกอบคาร์บอนคงตัวที่มีอยู่ในเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คำนวณจากร้อยละกับผลต่างระหว่าง ความชื้น เถ้า และปริมาณสารระเหย (By difference)

3) การวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักทางเคมีของตัวอย่างเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นการใช้วิธีที่เรียกว่า Ultimate Analysis หาปริมาณคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ซัลเฟอร์ (S) และออกซิเจน (O) ด้วยเครื่องมือ การวิเคราะห์ใช้มาตรฐาน ASTM D5373 ด้วยการวิเคราะห์ประมาณธาตุ CHNS Element Analyzer (LECO Corp., U.S.A) แสดงในซึ่งตัวอย่างจะถูกเผาในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ภายในเครื่อง การเผาทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_X) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และน้ำ โดยที่ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์จะถูกรีดิวส์เป็นก๊าซไนโตรเจน (N_2) ส่วนปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไอน้ำถูกคำนวณเป็นปริมาณของ

คาร์บอน ซัลเฟอร์และไฮโดรเจน โดยมีตัวรับสัญญาณ (Detector) ที่เป็น Infrared cells สำหรับก๊าซไนโตรเจน(N_2) จะถูกตรวจสอบโดย TC (Thermal conductivity) cell แล้วคำนวณเป็นปริมาณไนโตรเจน ผลการวิเคราะห์หาปริมาณ CHNSO ได้ออกมาในหน่วยของร้อยละของน้ำหนักต่อน้ำหนัก (%w/w) ส่วนของเถ้า (Ash) ดำเนินการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบแยกธาตุ กับตัวอย่างเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับใช้ในการประเมินการปล่อยมลพิษในแนวทางปฏิบัติในการวิเคราะห์ (ภาคผนวก ก)

3.2.4 ศึกษาปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง (ระดับห้องปฏิบัติการ)

ทำการทดลองเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย และตรวจวัดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้น ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (TPM) วิเคราะห์ปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรแต่ละชนิด

3.2.4.1 การหาอัตราการปลดปล่อยก๊าซมลพิษ (Emission Factor)

ข้อมูลปริมาณ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ที่ได้จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดตัวอย่าง ก๊าซไอเสีย (Flue Gas Analyzer) Testo-350XL ขณะมีการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ใช้เป็นข้อมูลที่แสดงถึงปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจริงตามลักษณะของกิจกรรมแต่ศักยภาพการปล่อยก๊าซมลพิษในเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถประมาณการได้จากผลการวิเคราะห์ทางกายภาพและเคมี การวิเคราะห์ข้อมูลการปล่อยก๊าซมลพิษ จึงแบ่งเป็น 2 กรณี ดังนี้

1. การประมาณการศักยภาพการปล่อยก๊าซมลพิษจากการทำ Ultimate analysis

ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบธาตุ ใช้ประมาณการน้ำหนักของ ก๊าซมลพิษ ในพืชได้ด้วยการหาน้ำหนักของคาร์บอน ไฮโดรเจน ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน ในพืชจากร้อยละของน้ำหนักแห้งและปริมาณองค์ประกอบธาตุ และนำไปหาสัดส่วนและนำไปหาปริมาณสารมลพิษต่อองค์ประกอบธาตุต่อไป ดังนี้

สมการการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

1.1 น้ำหนักของคาร์บอนในพืช คำนวณได้จากสมการ

C	+	O_2	⟶	CO_2
12 kg		(2x16) kg		44 kg
1 kg		2.67 kg		3.67 kg
C kg		2.67C kg		3.67C kg

= ร้อยละน้ำหนักแห้ง x ร้อยละของปริมาณคาร์บอนเฉลี่ย

เมื่อ มวลโมเลกุลของคาร์บอน = 12

มวลโมเลกุลของออกซิเจน = 16

น้ำหนักของคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คือ 12 + 2(16) = 44

สัดส่วนของคาร์บอนไดออกไซด์ต่อคาร์บอน คือ 44/12 = 3.67

ดังนั้น

น้ำหนักของคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในพืช = น้ำหนักคาร์บอนในพืช x 3.67

การประเมินการปล่อยก๊าซมลพิษด้วยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการทดลองจริงจะนำไปคำนวณร่วมกับข้อมูลสถิติการเกษตรของพืชหลัก

2. ประเมินอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors: EF) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ 3 ชนิด คือ ข้าว อ้อย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยจะนำข้อมูลปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ ที่ได้มาประเมินอัตราการปลดปล่อยมลพิษในรูปต่างๆ ในหน่วยน้ำหนักมลพิษต่อน้ำหนักชีวมวล (g-emission/$kg_{dm\ biomass}$) ต่อไปนี้

- การปลดปล่อยมลพิษของปริมาณฝุ่นละอองรวม (g-TPM/kg-Biomass)
- การปลดปล่อยมลพิษในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (g-CO_2/kg-Biomass)
- การปลดปล่อยมลพิษในรูปก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (g-NOx/kg-Biomass)
- การปลดปล่อยมลพิษในรูปก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (g-SO_2/kg-Biomass)
- การปลดปล่อยมลพิษในรูปก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (g-CO/kg-Biomass)

การประมาณการค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมลพิษจากการตรวจวัดข้อมูลปริมาณก๊าซมลพิษที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซจากวัสดุเหลือใช้ทาง

การเกษตรแต่ละชนิดด้วยการคำนวณจากสมการของ Jenkins et al.(1996) และ Guoliang et al. (2008) ดังสมการที่ 3.3 ดังนี้

$$E_i = \frac{10^{-3}}{m_{fd}} \int_{t_0}^{t_f} A_s u C_i \frac{w_i}{22.4} dt \quad (3.3)$$

เมื่อ

E_i คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ i (g-emission/$kg_{dm\ biomass}$)

m_{fd} คือ มวลของเศษวัสดุที่ใช้ในการเผา

t_0 คือ เวลาเริ่มต้นของการเผาเศษวัสดุเหลือใช้

t_f คือ เวลาสิ้นสุดของการเผาเศษวัสดุเหลือใช้

A_s คือ พื้นที่หน้าตัดของปล่องระบายอากาศ

u คือ ความเร็วลมของก๊าซที่เคลื่อนที่ผ่านปล่อง

C_i คือ ความเข้มข้นของสารที่ทำการตรวจวัด

w_i คือ มวลโมเลกุลของสารที่ทำการตรวจวัด

การรายงานค่าการปล่อยก๊าซมลพิษใช้ค่าเฉลี่ยของแต่ละการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD)

3.2.4.2 การประเมินปริมาณฝุ่นละอองรวม จากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การประเมินฝุ่นละอองรวมของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่าง อนุภาคชนิด Flex Sampling Train System (RIGID) ความเข้มข้นของฝุ่นละอองรวมหาได้จากสมการที่ 3.4

$$E_{i,j} = \frac{1}{m_{fd}} A_s \bar{u} \frac{m_{k,i}}{V_0} \eta \frac{T_i}{T_s} \quad (3.4)$$

เมื่อ

$E_{i,j}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยฝุ่นละออง (g-emission/$kg_{dm\ biomass}$)

m_{fd} คือ มวลของเศษวัสดุที่ใช้ในการเผา

$m_{k,i}$ คือ น้ำหนักของตัวอย่าง i ที่ตรวจวัดได้

V_0 คือ อัตราไหลของปั๊มดูดอากาศ

η คือ ปริมาตรความจุของฝุ่นละออง

T_i คือ อุณหภูมิบรรยากาศภายนอกปล่องระบายอากาศ

T_s คือ อุณหภูมิของก๊าซภายในปล่องระบายอากาศ

3.2.6 การประมาณปริมาณการปลดปล่อยก๊าซมลพิษ ในระดับประเทศ

เมื่อได้ค่าอัตราการปลดปล่อยมลพิษจาก ข้อ 3.2.4 คือ อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (TPM) จากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย แล้วจึงนำข้อมูลมาประมาณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษดังกล่าวในระดับประเทศ โดยการคำนวณใช้สมการอ้างอิงตามงานวิจัยของ Seiler and Crutzen (2003) ดังแสดงในสมการที่ 3.5

$$\text{Emission} = M \times EF \tag{3.5}$$

เมื่อ

Emission คือ ปริมาณมลพิษที่ปลดปล่อยต่อปี g-emission/year

M คือ ปริมาณวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อพื้นที่ต่อปีในประเทศไทย ($kg_{\text{dry biomass}}$/year/rai)

EF คือ อัตราปลดปล่อยมลพิษ g-emission/$kg_{\text{dm biomass}}$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

4.1 ปริมาณสัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้

ผลผลิตทางการเกษตรโดยรวมของแต่ละปีนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ฤดูกาลเพาะปลูกและฤดูกาลเก็บเกี่ยวผลผลิตที่แตกต่างกัน ซึ่งจากกระบวนการเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืชแต่ละชนิดมักจะเกิดวัสดุเหลือใช้จำนวนมาก ซึ่งอัตราส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิต (Crop to Residue Ratio : CRR) ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างข้อมูลเพื่อหาอัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (CRR) ของพืชทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด และอ้อย (ดังแสดงในภาคผนวก ค) และสัดส่วนการนำวัสดุเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์ ผู้วิจัยได้ศึกษารวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลทางสถิติของหน่วยงานทางราชการ และบทความวิจัยต่าง ๆ เพื่อนำมาใช้ในการคำนวณหาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่เกิดขึ้นจริง ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และการหาสัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต ดังแสดงในรูปที่ 4.1-4.3

ตารางที่ 4.1 ผลการศึกษาอัตราส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิต และสัดส่วนการนำเศษวัสดุเหลือใช้ไปใช้ประโยชน์

ชนิด	วัสดุเหลือใช้	อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต	สัดส่วนการนำไปใช้ (ร้อยละ)
ข้าว	ฟางข้าว	0.38	31.6
ข้าวโพด	ซังข้าวโพด	0.19	33
อ้อย	ยอด/ใบ	0.30	10

หมายเหตุ: สัดส่วนการนำไปใช้ประโยชน์ จากกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รูปที่ 4.1 การหาสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตเฉลี่ย (CRR) ของฟางข้าว

รูปที่ 4.2 การหาสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตเฉลี่ย (CRR) ของซังข้าวโพด

รูปที่ 4.3 การหาสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิตเฉลี่ย (CRR) ของยอด/ใบอ้อย

4.2 ผลการประเมินเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

การประเมินเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร สามารถประมาณค่าได้จากค่าอัตราส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรต่อผลผลิต (Crop to Residue Ratio :CRR) จะบอกถึงปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นจากจากข้าว ข้าวโพดและอ้อย 1 กิโลกรัม และสัดส่วนหรือปริมาณของวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ การประเมินเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลพื้นที่เพาะปลูกพืช และข้อมูลผลผลิตเฉลี่ย จากฐานข้อมูลสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (ดังแสดงไว้ในบทที่ 2) ข้อมูลสัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต (Crop to Residue Ratio : CRR) จากการลงพื้นที่ศึกษา ดังตารางที่ 4.1 ทำการประเมินเศษวัสดุเหลือใช้ของพืช 3 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด และอ้อย เศษวัสดุเหลือใช้ที่ทำการประเมิน ได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย ผลการประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการประเมินในระดับภาคและระดับจังหวัดโดยผลการประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร จะนำไปใช้ในการประเมินอัตราการเกิดมลพิษในระดับประเทศต่อไป

4.2.1 การประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ของข้าว

การประเมินเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (CRR) ของฟางข้าวเท่ากับ 0.38 และสัดส่วนการนำฟางข้าวไปใช้ประโยชน์ ร้อยละ 31.6 จากประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในประเทศไทย พบว่า เศษวัสดุจากข้าวในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 มีอยู่ทั้งสิ้น 10,282,874.10 ตัน ถูกนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 3,249,388.22 ตัน และยังมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ จำนวน 7,033,485.88 ตัน โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากที่สุดรองลงมาคือภาคเหนือและภาคกลาง มีปริมาณร้อยละ 45.61, 30.19 และ 22.17 ตามลำดับ และจังหวัดที่มีปริมาณวัสดุเหลือใช้ยังไม่มีการนำไปใช้มากที่สุด คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสุรินทร์ โดยมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากถึง 347,819.75, 321,018.87 และ 289,113.95 ตัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของฟางข้าว

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการเกิดวัสดุเหลือใช้ (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
รวมทั้งประเทศ	**27,060,195**	**10,282,874.10**	**3,249,388.22**	**7,033,485.88**
เหนือ	**8,169,302**	**3,104,334.76**	**980,969.78**	**2,123,364.98**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**12,343,095**	**4,690,376.10**	**1,482,158.85**	**3,208,217.25**
กลาง	**5,998,923**	**2,279,590.74**	**720,350.67**	**1,559,240.07**
ใต้	**548,875**	**208,572.50**	**65,908.91**	**142,663.59**
เชียงราย	991,090	376,614.20	119,010.09	257,604.11
พะเยา	362,052	137,579.76	43,475.20	94,104.56
ลำปาง	191,038	72,594.44	22,939.84	49,654.60
ลำพูน	74,359	28,256.42	8,929.03	19,327.39
เชียงใหม่	299,132	113,670.16	35,919.77	77,750.39
แม่ฮ่องสอน	39,660	15,070.80	4,762.37	10,308.43
ตาก	80,807	30,706.66	9,703.30	21,003.36
กำแพงเพชร	811,896	308,520.48	97,492.47	211,028.01
สุโขทัย	592,457	225,133.66	71,142.24	153,991.42
แพร่	161,507	61,372.66	19,393.76	41,978.90
น่าน	79,687	30,281.06	9,568.81	20,712.25
อุตรดิตถ์	374,751	142,405.38	45,000.10	97,405.28
พิษณุโลก	911,413	346,336.94	109,442.47	236,894.47
พิจิตร	1,060,141	402,853.58	127,301.73	275,551.85
นครสวรรค์	1,338,180	508,508.40	160,688.65	347,819.75
อุทัยธานี	240,198	91,275.24	28,842.98	62,432.26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของฟางข้าว (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการเกิดวัสดุเหลือใช้ (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
เพชรบูรณ์	560,934	213,154.92	67,356.95	145,797.97
เลย	114,418	43,478.84	13,739.31	29,739.53
หนองบัวลำภู	213,480	81,122.40	25,634.68	55,487.72
อุดรธานี	584,651	222,167.38	70,204.89	151,962.49
หนองคาย	201,171	76,444.98	24,156.61	52,288.37
บึงกาฬ	133,298	50,653.24	16,006.42	34,646.82
สกลนคร	580,678	220,657.64	69,727.81	150,929.83
นครพนม	471,573	179,197.74	56,626.49	122,571.25
มุกดาหาร	176,521	67,077.98	21,196.64	45,881.34
ยโสธร	461,246	175,273.48	55,386.42	119,887.06
อำนาจเจริญ	302,469	114,938.22	36,320.48	78,617.74
อุบลราชธานี	1,235,068	469,325.84	148,306.97	321,018.87
ศรีสะเกษ	1,036,402	393,832.76	124,451.15	269,381.61
สุรินทร์	1,112,319	422,681.22	133,567.27	289,113.95
บุรีรัมย์	958,258	364,138.04	115,067.62	249,070.42
มหาสารคาม	766,772	291,373.36	92,073.98	199,299.38
ร้อยเอ็ด	1,108,445	421,209.10	133,102.08	288,107.02
กาฬสินธุ์	640,452	243,371.76	76,905.48	166,466.28
ขอนแก่น	732,117	278,204.46	87,912.61	190,291.85
ชัยภูมิ	526,260	199,978.80	63,193.30	136,785.50
นครราชสีมา	987,497	375,248.86	118,578.64	256,670.22

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) :ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของฟางข้าว (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการเกิดวัสดุเหลือใช้ (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
สระบุรี	214,027	81,330.26	25,700.36	55,629.90
ลพบุรี	276,031	104,891.78	33,145.80	71,745.98
สิงห์บุรี	193,621	73,575.98	23,250.01	50,325.97
ชัยนาท	501,433	190,544.54	60,212.07	130,332.47
สุพรรณบุรี	1,039,272	394,923.36	124,795.78	270,127.58
อ่างทอง	206,516	78,476.08	24,798.44	53,677.64
พระนครศรีอยุธยา	658,484	250,223.92	79,070.76	171,153.16
นนทบุรี	115,235	43,789.30	13,837.42	29,951.88
กรุงเทพฯ	123,312	46,858.56	14,807.30	32,051.26
ปทุมธานี	331,834	126,096.92	39,846.63	86,250.29
นครนายก	253,573	96,357.74	30,449.05	65,908.69
ปราจีนบุรี	206,259	78,378.42	24,767.58	53,610.84
ฉะเชิงเทรา	507,725	192,935.50	60,967.62	131,967.88
สระแก้ว	198,555	75,450.90	23,842.48	51,608.42
จันทบุรี	7,476	2,840.88	897.72	1,943.16
ตราด	7,880	2,994.40	946.23	2,048.17
ระยอง	11,532	4,382.16	1,384.76	2,997.40
ชลบุรี	62,787	23,859.06	7,539.46	16,319.60
สมุทรปราการ	38,182	14,509.16	4,584.89	9,924.27
สมุทรสาคร	8,975	3,410.50	1,077.72	2,332.78
นครปฐม	421,026	159,989.88	50,556.80	109,433.08

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.2 ข้าวรวม (นาปีและนาปรัง) : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของฟางข้าว (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการเกิดวัสดุเหลือใช้ (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
กาญจนบุรี	189,073	71,847.74	22,703.89	49,143.85
ราชบุรี	199,630	75,859.40	23,971.57	51,887.83
สมุทรสงคราม	2,752	1,045.76	330.46	715.30
เพชรบุรี	186,715	70,951.70	22,420.74	48,530.96
ประจวบคีรีขันธ์	37,018	14,066.84	4,445.12	9,621.72
ชุมพร	2,418	918.84	290.35	628.49
ระนอง	377	143.26	45.27	97.99
สุราษฎร์ธานี	4,572	1,737.36	549.01	1,188.35
พังงา	448	170.24	53.80	116.44
ภูเก็ต	30	11.40	3.60	7.80
กระบี่	2,057	781.66	247.00	534.66
ตรัง	4,641	1,763.58	557.29	1,206.29
นครศรีธรรมราช	192,457	73,133.66	23,110.24	50,023.42
พัทลุง	88,005	33,441.90	10,567.64	22,874.26
สงขลา	165,677	62,957.26	19,894.49	43,062.77
สตูล	10,290	3,910.20	1,235.62	2,674.58
ปัตตานี	43,459	16,514.42	5,218.56	11,295.86
ยะลา	14,881	5,654.78	1,786.91	3,867.87
นราธิวาส	19,563	7,433.94	2,349.13	5,084.81

4.2.2 การประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ของข้าวโพด

การประเมินเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (CRR) ของซังข้าวโพดเท่ากับ 0.19 และสัดส่วนการนำซังข้าวโพดไปใช้ประโยชน์ ร้อยละ 33 เศษ

วัสดุเหลือใช้ของข้าวโพด คือ ต้น/ใบ และซังข้าวโพด จากการประเมินเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดในประเทศไทย พบว่า เศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 มีอยู่ทั้งสิ้น 876,088.48 ตัน นำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 289,109.20 ตัน และมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ จำนวน 586,979.28 ตัน โดยภาคเหนือมีปริมาณวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากที่สุดรองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง มีปริมาณร้อยละ 69.99, 20.87 และ 9.14 ตามลำดับ และจังหวัดที่มีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากที่สุด คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดน่าน และจังหวัดนครราชสีมา โดยมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากถึง 81,290.22 , 64,743.38 และ 55,355 ตัน ตามลำดับ ดังแสดงใน ตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ข้าวโพด:ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของซังข้าวโพด

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	การเกิดวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
รวมทั้งประเทศ	**4,610,992**	**876,088.48**	**289,109.20**	**586,979.28**
เหนือ	**3,227,368**	**613,199.92**	**202,355.97**	**410,843.95**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**962,246**	**182,826.74**	**60,332.82**	**122,493.92**
กลาง	**421,378**	**80,061.82**	**26,420.40**	**53,641.42**
เชียงราย	338,526	64,319.94	21,225.58	43,094.36
พะเยา	210,548	40,004.12	13,201.36	26,802.76
ลำปาง	103,074	19,584.06	6,462.74	13,121.32
ลำพูน	66,009	12,541.71	4,138.76	8,402.95
เชียงใหม่	122,273	23,231.87	7,666.52	15,565.35
แม่ฮ่องสอน	38,316	7,280.04	2,402.41	4,877.63
ตาก	424,287	80,614.53	26,602.79	54,011.74
กำแพงเพชร	33,117	6,292.23	2,076.44	4,215.79
สุโขทัย	33,047	6,278.93	2,072.05	4,206.88
แพร่	192,231	36,523.89	12,052.88	24,471.01

ตารางที่ 4.3 ข้าวโพด:ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของซังข้าวโพด (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	การเกิดวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
น่าน	508,589	96,631.91	31,888.53	64,743.38
อุตรดิตถ์	121,154	23,019.26	7,596.36	15,422.90
พิษณุโลก	175,330	33,312.70	10,993.19	22,319.51
พิจิตร	10,373	1,970.87	650.39	1,320.48
นครสวรรค์	147,727	28,068.13	9,262.48	18,805.65
อุทัยธานี	64,195	12,197.05	4,025.03	8,172.02
เพชรบูรณ์	638,572	121,328.68	40,038.46	81,290.22
เลย	431,898	82,060.62	27,080.00	54,980.62
หนองบัวลำภู	13,531	2,570.89	848.39	1,722.50
อุดรธานี	617	117.23	38.69	78.54
หนองคาย	1,008	191.52	63.20	128.32
อุบลราชธานี	5,328	1,012.32	334.07	678.25
ศรีสะเกษ	2,668	506.92	167.28	339.64
กาฬสินธุ์	40	7.60	2.51	5.09
ขอนแก่น	7,259	1,379.21	455.14	924.07
ชัยภูมิ	65,058	12,361.02	4,079.14	8,281.88
นครราชสีมา	434,839	82,619.41	27,264.41	55,355.00
สระบุรี	118,431	22,501.89	7,425.62	15,076.27
ลพบุรี	112,566	21,387.54	7,057.89	14,329.65
ชัยนาท	2,723	517.37	170.73	346.64
สุพรรณบุรี	29,269	5,561.11	1,835.17	3,725.94

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.3 ข้าวโพด:ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และราย จังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของซังข้าวโพด (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	การเกิดวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
ปราจีนบุรี	11,507	2,186.33	721.49	1,464.84
ฉะเชิงเทรา	1,961	372.59	122.95	249.64
สระแก้ว	66,977	12,725.63	4,199.46	8,526.17
จันทบุรี	13,280	2,523.20	832.66	1,690.54
ชลบุรี	101	19.19	6.33	12.86
กาญจนบุรี	59,399	11,285.81	3,724.32	7,561.49
ราชบุรี	2,265	430.35	142.02	288.33
เพชรบุรี	2,473	469.87	155.06	314.81
ประจวบคีรีขันธ์	426	80.94	26.71	54.23

4.2.3 การประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ของอ้อย

การประเมินเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อย อัตราส่วนวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (CRR) ของ ยอด/ใบอ้อย เท่ากับ 0.30 และสัดส่วนการนำ ยอด/ใบอ้อย ไปใช้ประโยชน์ ร้อยละ 10 สำหรับเศษวัสดุเหลือใช้อ้อย ประกอบด้วย ยอด/ใบอ้อย และชานอ้อย จากการประเมินเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อย ในประเทศไทย พบว่า เศษวัสดุจากยอด/ใบอ้อย ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 เศษวัสดุเหลือใช้จากใบ/ยอดอ้อย มีอยู่ทั้งสิ้น 31,900,035.30 ตัน มีการนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 3,190,003.53ตัน และปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ จำนวน 28,710,031.77 ตัน

โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากที่สุด รองลงมาคือภาคกลางและภาคเหนือ มีปริมาณร้อยละ 44.56, 28.89 และ 26.55 ตามลำดับ และจังหวัดที่มีปริมาณวัสดุเหลือใช้ยังไม่มีการนำไปใช้มากที่สุด คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดอุดรธานี โดยมีปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำไปใช้มากถึง 2.02, 1.99 และ 1.94 ล้านตัน ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 อ้อย : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของ ยอด/ใบอ้อย

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการเกิดวัสดุเหลือใช้ (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
รวมทั้งประเทศ	**106,333,451**	**31,900,035.30**	**3,190,003.53**	**28,710,031.77**
เหนือ	**28,228,798**	**8,468,639.40**	**846,863.94**	**7,621,775.46**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**47,380,528**	**14,214,158.40**	**1,421,415.84**	**12,792,742.56**
กลาง	**30,724,125**	**9,217,237.50**	**921,723.75**	**8,295,513.75**
ตาก	103,280	30,984.00	3,098.40	27,885.60
กำแพงเพชร	7,374,194	2,212,258.20	221,225.82	1,991,032.38
สุโขทัย	2,800,175	840,052.50	84,005.25	756,047.25
แพร่	29,754	8,926.20	892.62	8,033.58
อุตรดิตถ์	1,026,510	307,953.00	30,795.30	277,157.70
พิษณุโลก	1,274,313	382,293.90	38,229.39	344,064.51
พิจิตร	703,837	211,151.10	21,115.11	190,035.99
นครสวรรค์	7,484,777	2,245,433.10	224,543.31	2,020,889.79
อุทัยธานี	3,079,996	923,998.80	92,399.88	831,598.92
เพชรบูรณ์	4,351,962	1,305,589	130,559	1,175,030
เลย	2,679,911	803,973	80,397	723,576
หนองบัวลำภู	2,763,740	829,122	82,912	746,210
อุดรธานี	7,197,016	2,159,105	215,910	1,943,194
หนองคาย	578,137	173,441	17,344	156,097
บึงกาฬ	25,989	7,797	780	7,017
สกลนคร	664,578	199,373	19,937	179,436
นครพนม	34,358	10,307	1,031	9,277

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 อ้อย : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของ ยอด/ใบอ้อย (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	การเกิดวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
มุกดาหาร	1,896,561	568,968	56,897	512,071
ยโสธร	484,088	145,226	14,523	130,704
อำนาจเจริญ	453,672	136,102	13,610	122,491
อุบลราชธานี	161,787	48,536	4,854	43,682
ศรีสะเกษ	226,043	67,813	6,781	61,032
สุรินทร์	2,195,638	658,691	65,869	592,822
บุรีรัมย์	2,071,108	621,332	62,133	559,199
มหาสารคาม	1,601,928	480,578	48,058	432,521
ร้อยเอ็ด	1,132,138	339,641	33,964	305,677
กาฬสินธุ์	4,158,440	1,247,532	124,753	1,122,779
ขอนแก่น	6,261,042	1,878,313	187,831	1,690,481
ชัยภูมิ	6,057,613	1,817,284	181,728	1,635,556
นครราชสีมา	6,736,741	2,021,022	202,102	1,818,920
สระบุรี	1,258,787	377,636	37,764	339,872
ลพบุรี	6,182,303	1,854,691	185,469	1,669,222
สิงห์บุรี	164,034	49,210	4,921	44,289
ชัยนาท	1,459,207	437,762	43,776	393,986
สุพรรณบุรี	5,892,600	1,767,780	176,778	1,591,002
อ่างทอง	213,538	64,061	6,406	57,655
ปราจีนบุรี	246,935	74,081	7,408	66,672
ฉะเชิงเทรา	274,489	82,347	8,235	74,112
สระแก้ว	3,372,473	1,011,742	101,174	910,568

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 อ้อย : ผลการศึกษาศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ เป็นรายภาค และรายจังหวัด ปี พ.ศ. 2558 ของ ยอด/ใบอ้อย (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	การเกิดวัสดุเหลือใช้ต่อผลผลิต (ตัน)	การนำไปใช้ประโยชน์ (ตัน)	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)
จันทบุรี	48,126	14,438	1,444	12,994
ระยอง	18,282	5,485	548	4,936
ชลบุรี	1,275,548	382,664	38,266	344,398
นครปฐม	848,628	254,588	25,459	229,130
กาญจนบุรี	6,925,423	2,077,627	207,763	1,869,864
ราชบุรี	1,751,920	525,576	52,558	473,018
เพชรบุรี	356,462	106,939	10,694	96,245
ประจวบคีรีขันธ์	435,370	130,611	13,061	117,550

จากการประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ยังไม่มีการนำมาใช้ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 พบว่าเศษวัสดุเหลือใช้จาก ยอด/ใบอ้อย มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้มากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 79.02 รองลงมาคือ ฟางข้าว คิดเป็นร้อยละ 19.36 และซังข้าวโพด คิดเป็นร้อยละ 1.62 ของปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการนำมาใช้ทั้งหมด ซึ่งเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้เมื่อมีการเผาจะทำให้เกิดปัญหามลพิษ ซึ่งเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ประเมินได้นี้จะนำไปคำนวณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในลำดับต่อไป

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเศษวัสดุเหลือใช้

ในการศึกษานี้ใช้ตัวอย่างเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร คือ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย โดยศึกษาองค์ประกอบแบบประมาณ และองค์ประกอบแบบแยกธาตุ ซึ่งสมบัติและองค์ประกอบที่มีอยู่ในเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรนั้นจะสามารถอธิบายลักษณะหรือการปลดปล่อยมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นได้

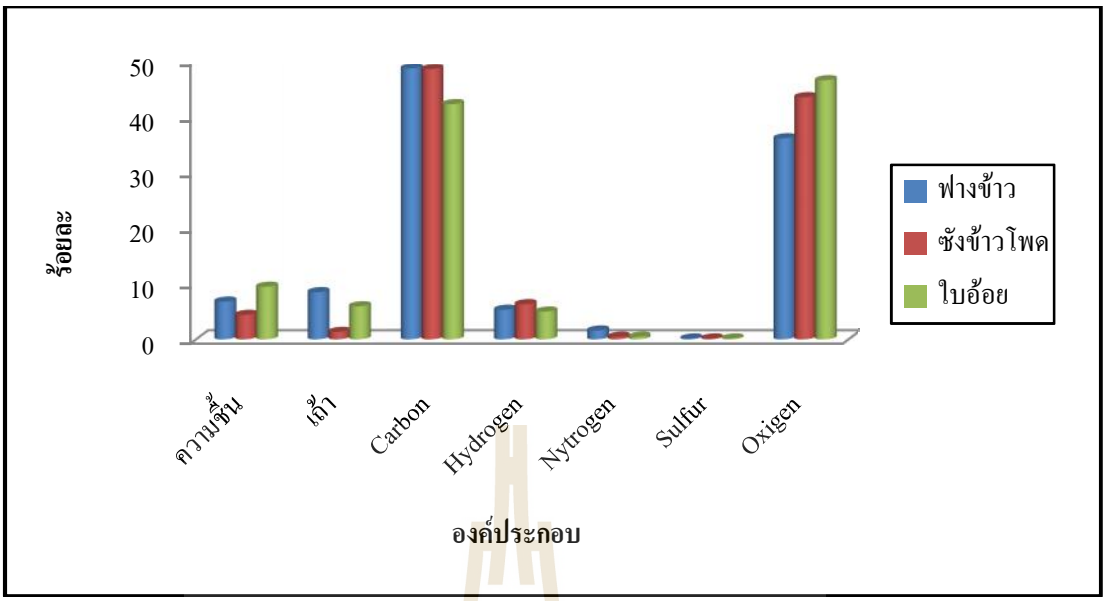
4.3.1 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ผลการวิเคราะห์หาความชื้นและธาตุองค์ประกอบหลักของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ผลที่ได้รายงานเป็นค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ในแต่ละองค์ประกอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 4.5 และรูปที่ 4.4 จากผลการวิเคราะห์ตัวอย่างฟางข้าวมีร้อยละของเถ้า และคาร์บอนสูงกว่าเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทอื่น โดยปริมาณคาร์บอนมีมากถึงร้อยละ 48.53 และเป็นองค์ประกอบหลัก ปริมาณไฮโดรเจนมีประมาณร้อยละ 5.30 ในขณะที่ปริมาณไนโตรเจนมีประมาณร้อยละ 1.58 และซัลเฟอร์ มีอยู่ค่อนข้างต่ำกว่าร้อยละ 1 ตัวอย่างซังข้าวโพดมีร้อยละของคาร์บอนเป็นอันดับสองโดยปริมาณคาร์บอนมีมากถึงร้อยละ 48.41 และตัวอย่าง ยอด/ใบอ้อย มีร้อยละของคาร์บอนเป็นอันดับสามโดยปริมาณคาร์บอนมีมากถึงร้อยละ 42.11 และตัวอย่าง ยอด/ใบอ้อย มีร้อยละของความชื้น สูงกว่าเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทอื่น ซึ่งข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักนี้ จะทำไปคำนวณหาอัตราการปล่อยมลพิษในทางทฤษฎีต่อไป

ตารางที่ 4.5 ค่าความชื้นและธาตุองค์ประกอบที่พบในวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

พารามิเตอร์	**ชนิดของเศษวัสดุเหลือใช้**		
	ฟางข้าว	**ซังข้าวโพด**	**ยอด/ใบอ้อย**
ความชื้น (%MC)	6.76	4.39	9.41
เถ้า (%Ash)	8.45	1.33	5.92
วิเคราะห์ปริมาณธาตุ (Ultimate analysis)			
คาร์บอน (%C)	48.53	48.41	42.11
ไฮโดรเจน (%H)	5.30	6.29	4.97
ไนโตรเจน (%N)	1.58	0.46	0.46
ซัลเฟอร์ (%S)	0.15	0.16	0.16
ออกซิเจน (%O)	35.99	43.35	46.38

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบหลักในเศษวัสดุเหลือใช้

4.4 ผลการประเมินปริมาณมลพิษจากเศษวัสดุเหลือใช้

การตรวจวัดปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นกับการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นการจำลองการเผาแล้วทำการตรวจวัดด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซ Testo-350XL และตรวจวัดฝุ่นละอองด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคชนิด Flex Sampling Train System (RIGID) โดยตัวอย่างที่ทำการตรวดวัด ได้แก่ ฟางข้าว ยอด/ใบอ้อย และซังข้าวโพด ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำสำหรับแต่ละตัวอย่าง (ดังแสดงไว้ในภาคผนวก ค) ผลที่ได้รายงานเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และค่ามัธยฐาน (Median) ของปริมาณการปล่อยก๊าซมลพิษที่เกิดขึ้น ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.4.1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ ทางทฤษฎี

ข้อมูลจากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ (Ultimate analysis) จากห้องปฏิบัติการ (คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และออกซิเจน) ช่วยให้สามารถระบุสูตรเคมีอย่างง่ายของตัวอย่างเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด ยอด/ใบอ้อย ดังนี้

1. สูตรเคมีของตัวอย่างเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร
   - ฟางข้าว $C_{1.46}H_{1.91}S_{0.002}O$
   - ซังข้าวโพด $C_{1.45}H_{2.25}S_{0.002}O$
   - ยอด/ใบอ้อย $C_{1.07}H_{1.52}S_{0.002}O$

2. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาร่วมกับความเป็นไปได้ในการเผาวัสดุเหลือใช้ พบว่าสมการการเผาไหม้เชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาในส่วนองค์ประกอบของการเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คือ ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน ดังสมการที่ 4.1

C	+	O_2	⟶	CO_2	(4.1)
12 kg		(2x16) kg		44 kg	
1 kg		2.667 kg		3.667 kg	
C kg		2.667C kg		3.667C kg	

เมื่อ

C มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 12 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

O_2 มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 32 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

CO_2 มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 44 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

แสดงวิธีคำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตามทฤษฎี

1 kg C จะปล่อย CO_2 ตามทฤษฎี 3.667 kg

ฟางข้าวที่เรานำมาทดสอบมี คาร์บอน (C) = 48.53 % หรือ 0.4853 kg C

ฟางข้าว 1 kg จะมี คาร์บอน (C) = 0.4853 kg

ดังนั้น

$$1\ kg\ C = 3.667\ kgCO_2$$

$$0.4853\ kg\ C = XCO_2$$

$$CO_2 = \frac{3.667\ kgCO_2 \times 0.4853\ kg\ C}{1\ kg\ C}$$

$$CO_2 = 1.779\ kgCO_2 \text{ หรือ } 1,779\ gCO_2$$

ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทางทฤษฎีจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ 1,779 กรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นการคำนวณทางทฤษฎีพบว่าการเผาไหม้วัสดุเหลือใช้ที่ทำการศึกษามีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ฟางข้าว 1,779 กรัมต่อกิโลกรัม
- ซังข้าวโพด 1,775 กรัมต่อกิโลกรัม
- ยอด/ใบอ้อย 1,544 กรัมต่อกิโลกรัม

3. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาร่วมกับความเป็นไปได้ในการเผาวัสดุเหลือใช้ พบว่าสมการการเผาไหม้เชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาในส่วนองค์ประกอบของการเกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คือ ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซออกซิเจน ดังสมการที่ 4.2

C	+	$1/2O_2$	⟶	CO	(4.2)
12 kg		16 kg		28 kg	
1 kg		1.333 kg		2.333 kg	
C kg		1.333 C kg		2.333 C kg	

เมื่อ

C มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 12 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

O_2 มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 32 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

CO มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 28 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

แสดงวิธีคำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ตามทฤษฎี

1 kg C จะปล่อย CO ตามทฤษฎี 2.333 kg

ฟางข้าวที่เรานำมาทดสอบมี คาร์บอน (C) = 48.53 % หรือ 0.4853 kg C

ฟางข้าว 1 kg จะมี คาร์บอน (C) = 0.4853 kg

ดังนั้น

$$1\ kg\ C = 2.333\ kgCO$$

$$0.4853\ kg\ C = XCO$$

$$CO = \frac{2.333\ kgCO \times 0.4853\ kg\ C}{1\ kg\ C}$$

$$CO = 1.132\ kgCO \quad \text{หรือ } 1{,}132\ gCO$$

ในการเผาไหม้ทางทฤษฎีจะทำให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์(CO) 1,132 กรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นการคำนวณทางทฤษฎีพบว่าการเผาไหม้วัสดุเหลือใช้ที่ทำการศึกษามีการปลดปล่อยปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ฟางข้าว 1,132 กรัมต่อกิโลกรัม
- ซังข้าวโพด 1,129 กรัมต่อกิโลกรัม
- ยอด/ใบอ้อย 982 กรัมต่อกิโลกรัม

4. ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2)

เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาร่วมกับความเป็นไปได้ในการเผาวัสดุเหลือใช้ พบว่าสมการการเผาไหม้เชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาในส่วนองค์ประกอบของการเกิดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คือ ปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์และก๊าซออกซิเจน ดังสมการที่ 4.3

S	+	O_2	⟶	SO_2	(4.3)
32 kg		(2X16)kg		64 kg	
1 kg		1 kg		2 kg	
S kg		1 S kg		2S kg	

เมื่อ

S มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 32 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

O_2 มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 32 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

SO_2 มีน้ำหนักโมเลกุล คือ 64 กิโลกรัมต่อกิโลกรัมโมล

แสดงวิธีคำนวณอัตราการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ตามทฤษฎี

1 kg S จะปล่อย SO_2 ตามทฤษฎี 2 kg

ฟางข้าวที่เรานำมาทดสอบมี ซัลเฟอร์ (S) = 0.15 % หรือ 0.0015 kg S

ฟางข้าว 1 kg จะมี ซัลเฟอร์ (S) = 0.0015 kg

ดังนั้น

$$1 \text{ kg S} = 2 \text{ kg} SO_2$$

$$0.0015 \text{ kg S} = X \, SO_2$$

$$SO_2 = \frac{2 \text{ kg } SO_2 \text{ x } 0.0015 \text{ kg S}}{1 \text{ kg S}}$$

$$SO_2 = 0.003 \text{ kg } SO_2 \text{ หรือ } 3 \text{ g } SO_2$$

ในการเผาไหม้ทางทฤษฎีจะทำให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์(SO_2) 3 กรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นการคำนวณทางทฤษฎีพบว่าการเผาไหม้วัสดุเหลือใช้ที่ทำการศึกษามีการปลดปล่อยปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนี้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- ฟางข้าว 3.0 กรัมต่อกิโลกรัม
- ซังข้าวโพด 3.2 กรัมต่อกิโลกรัม
- ยอด/ใบอ้อย 3.2 กรัมต่อกิโลกรัม

จากการคำนวณ ทางทฤษฎีพบว่าการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในกรณีที่เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ทางทฤษฎี ฟางข้าว 1 กิโลกรัม จะมีการปล่อยปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ สูงที่สุด ปริมาณ 1,779 กรัม รองลงมาคือ ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย ปริมาณ 1,775 และ 1,554 กรัม ตามลำดับ ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซังข้าวโพด ยอด/ใบอ้อย มีในปริมาณเท่ากัน คือ 3.2 กรัม รองลงมาคือ ฟางข้าวมีปริมาณ 3.0 กรัม ในกรณีที่เกิดการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ฟางข้าว 1 กิโลกรัม จะมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 1,132 รองลงมาคือ ซังข้าวโพด และยอด/ใบอ้อย มีปริมาณ 1,129 และ 982 กรัม ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากเศษวัสดุเหลือใช้ทางทฤษฎี

ชนิดเศษวัสดุเหลือใช้	อัตราการปล่อยมลพิษตามทฤษฎี (g/kg)		
	CO_2	CO	SO_2
ฟางข้าว	1,779	1,132	3.0
ซังข้าวโพด	1,775	1,129	3.2
ยอด/ใบอ้อย	1,544	982	3.2

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.2 ปริมาณมลพิษจากการเผาฟางข้าว

การทดลองเผาตัวอย่างฟางข้าว ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,118.47 ± 11.43 g/kg_{dm} ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 78.86 ± 7.47 g/kg_{dm} ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.44 ± 0.07 g/kg_{dm}ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.56 ± 0.05 g/kg_{dm} และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม (TPM) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 6.69 ± 0.02 g/kg_{dm} ดังแสดงในตารางที่ 4.7 และรูปที่ 4.5 แสดงการตรวจวัดมลพิษจากการเผาฟางข้าว

จากการจำลองการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ในห้องปฏิบัติการพบว่าฟางข้าวมีปริมาณการปล่อยมลพิษต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีประมาณ 1.6 เท่า ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีประมาณ 5.4 เท่า ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีมาก ประมาณ 14.4 เท่า อาจเนื่องจากปัจจัยของประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency) ที่เกิดขึ้นโดยประสิทธิภาพการเผาไหม้ของฟางข้าวในการทดลองนี้ มีค่าร้อยละ 92 ซึ่งอยู่ในย่านการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีมาก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยมลพิษจากผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่า ค่าการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว จากผลการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาฟางข้าวในการศึกษานี้เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

ผลงานวิจัยของ	CO_2	CO	NO_X	SO_2	ปริมาณฝุ่นรวม (TPM)
	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	$g/kg_{dry\ fuel}$
ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้	1,118.47±11.43	78.86±7.47	1.44±0.07	0.56±0.05	6.69±0.02
อัตราการปล่อยมลพิษตามทฤษฎี	1,779.00	1,132.00	-	3.00	-
Thongchai et al (2010)	1,177.00	93.00	2.28	0.18	-
Jenkins et al., (1996)	1,162.15	31.39	2.84	0.62	3.49
Cao et al.,(2007)	1,674.12	67.98	3.43	0.18	6.28
Gadde et al.,(2009)	1,460.00	34.70	3.10	2.00	13.00
Muhammad Irfan et al. (2014)	1,090.07	17.19	24.00	0.38	-

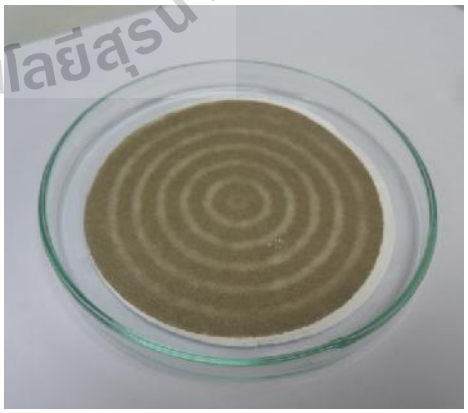
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก. ตัวอย่างฟางข้าว

ข.จำลองการเผาในที่โล่งของฟางข้าว

ค.การตรวจวัดมลพิษจากการเผาฟางข้าว

ง.ลักษณะเถ้าของฟางข้าว



จ.ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการเผาฟางข้าว

รูปที่ 4.5 การตรวจวัดมลพิษจากการเผาฟางข้าว

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.3 ปริมาณมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด

การทดลองเผาตัวอย่างซังข้าวโพด ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่วัดได้มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,219.13 ± 151.24 g/kg_{dm} ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 111.02 ± 8.55 g/kg_{dm} ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 1.58 ± 0.28 g/kg_{dm} ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 0.54 ± 0.10 g/kg_{dm} และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม (TPM) มีค่าเฉลี่ยประมาณ 4.09±0.06 g/kg_{dm} ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปที่ 4.6 แสดงการตรวจวัดมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด

จากการจำลองการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ในห้องปฏิบัติการพบว่าซังข้าวโพดมีปริมาณการปล่อยมลพิษต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีประมาณ 1.5 เท่า ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีประมาณ 5.9 เท่า ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีมาก ประมาณ 10.2 เท่า อาจเนื่องจากปัจจัยของประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency) ที่เกิดขึ้นโดยประสิทธิภาพการเผาไหม้ของซังข้าวโพดในการทดลองนี้มีค่าร้อยละ 93 ซึ่งอยู่ในย่านการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีมาก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยมลพิษจากผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่า ค่าการปล่อยมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด จากผลการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ

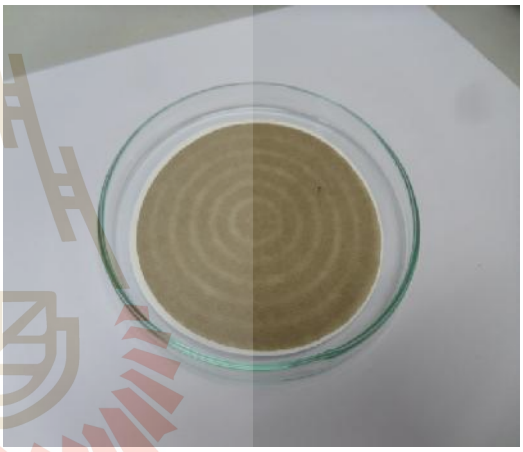
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยของ	CO_2	CO	NO_X	SO_2	ปริมาณฝุ่นรวม (TPM)
	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	$g/kg_{dry\ fuel}$
ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้	1,219.13±151.24	111.02±8.55	1.58±0.28	0.54±0.10	4.09±0.06
อัตราการปล่อยมลพิษตามทฤษฎี	1,775.00	1,129.00	-	3.20	-
Thongchai et al (2010)	2,327.00	114.70	1.27	0.44	-
Jenkins et al., (1996)	1,313.71	38.78	0.75	0.20	6.31
Cao et al.,(2007)	2,327.14	67.64	3.60	0.04	5.31
Zhang et al.,(2000)	1,160.00	40.30	1.27	0.015	1.68
Li J J et al.,(1998)	1,350.00	53.00	4.30	0.44	-

ก. ตัวอย่างซังข้าวโพด

ข. จำลองการเผาในที่โล่งของซังข้าวโพด

ค.ลักษณะเถ้าของซังข้าวโพด



ง.ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการเผาซังข้าวโพด

รูปที่ 4.6 การตรวจวัดมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด

จากการจำลองการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ในห้องปฏิบัติการพบว่า ยอด/ใบอ้อย มีปริมาณการปล่อยมลพิษต่ำกว่าค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี ซึ่งปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีประมาณ 1.6 เท่า ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีประมาณ 11.4 เท่า ส่วนปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่าต่ำกว่าทางทฤษฎีมาก ประมาณ 40.8 เท่า อาจเนื่องจากปัจจัยของประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Combustion efficiency) ที่เกิดขึ้นโดยประสิทธิภาพการเผาไหม้ของยอด/ใบอ้อย ในการทดลองนี้ มีค่าร้อยละ 98 ซึ่งอยู่ในย่านการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้ค่าปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำกว่าค่าทางทฤษฎีมาก อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบอัตราการปล่อยมลพิษจากผลการศึกษากับงานวิจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง พบว่าค่าการปล่อยมลพิษจากการเผา ยอด/ใบอ้อย จากผลการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับงานวิจัยอื่นๆ

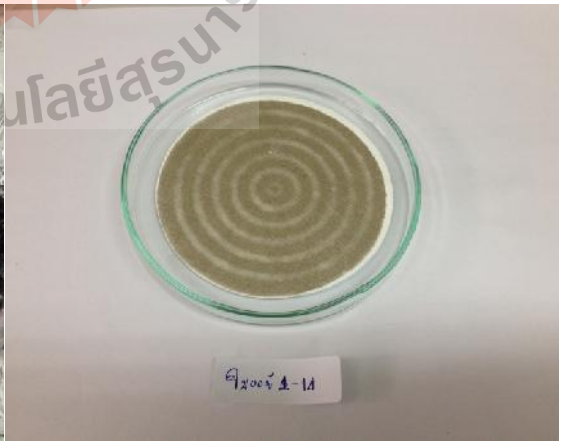
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผายอด/ใบอ้อย ในการศึกษานี้เทียบกับงานวิจัยอื่นๆ

ผลงานวิจัยของ	**CO_2**	**CO**	**NO_X**	**SO_2**	**ปริมาณฝุ่นรวม (TPM)**
	g/kg_{dm}	**g/kg_{dm}**	**g/kg_{dm}**	**g/kg_{dm}**	**$g/kg_{dry\ fuel}$**
ผลการศึกษาในงานวิจัยนี้	993.05±9.44	24.07±0.89	2.71±0.33	0.28±0.04	3.85±0.06
อัตราการปล่อยมลพิษตามทฤษฎี	1,544.00	982.00	-	3.20	-
Thongchai Kanabkaew et al., (2010)	1,130.00	34.70	2.60	0.22	-
Yokelson et al.,(2008)	1,838.00	28.30	-	-	-
Lopes and Carvalho. (2009)	1,288.00	28.00	-	-	-
Dennis et al.,(2002)	-	34.70	2.60	-	4.10
Daniela de Azeredo Franca.(2012)	1,303.00	65.00	1.50	-	-
K.Kanokkanjana .(2012)	1,449.85	161.80	-	-	-
Penner et al.,(1996)	-	-	-	-	7.00

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก. ตัวอย่างใบอ้อย

ข. จำลองการเผาในที่โล่งของใบอ้อย



ค.ลักษณะเถ้าของใบอ้อย ง.ตัวอย่างฝุ่นละอองจากการเผาใบอ้อย

รูปที่ 4.7 การตรวจวัดมลพิษจากการเผา ยอด/ใบอ้อย (ต่อ)

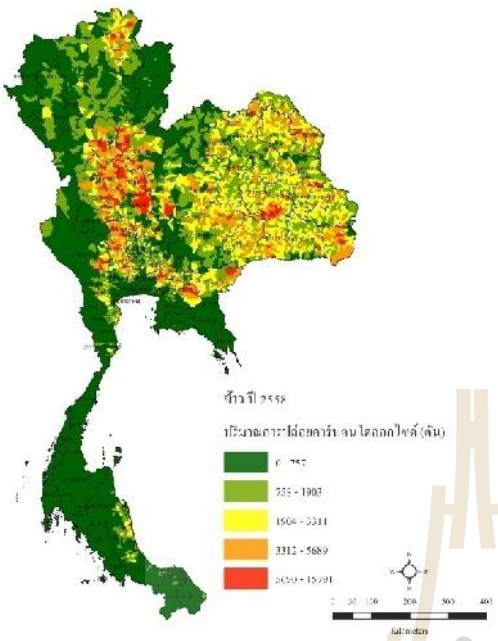
4.5 ผลการประเมินมลพิษที่เกิดจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในระดับประเทศ

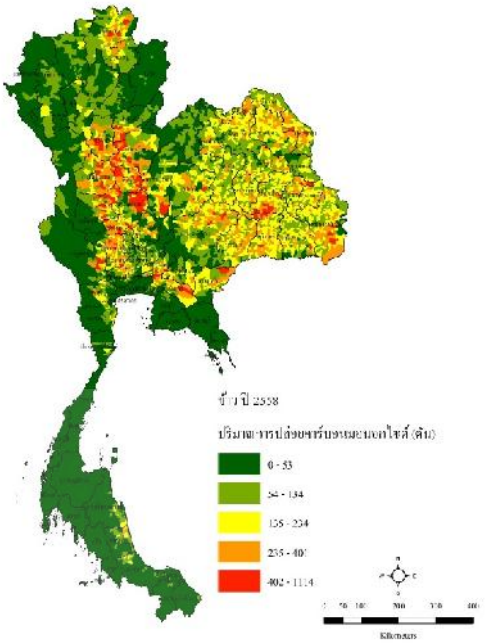
การเมินปริมาณการปลดปล่อยมลพิษ จากการเผาฟางข้าว ในระดับประเทศ ซึ่งแสดงเป็นรายภาค และรายจังหวัด โดยการคำนวณใช้สมการอ้างอิงตามงานวิจัยของ Seiler and Crutzen (2003) สมการที่ 3.5 ดังแสดงไว้ในบทที่ 3 ใช้ข้อมูลจากปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งได้ทำการประเมินไว้แล้วใน หัวข้อที่ 4.1 และใช้ค่าเฉลี่ยอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors : EF) ของการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ได้จากการทดลอง จากนั้นนำค่าที่ได้ไปประมาณปริมาณการปลดปล่อยมลพิษในระดับประเทศ

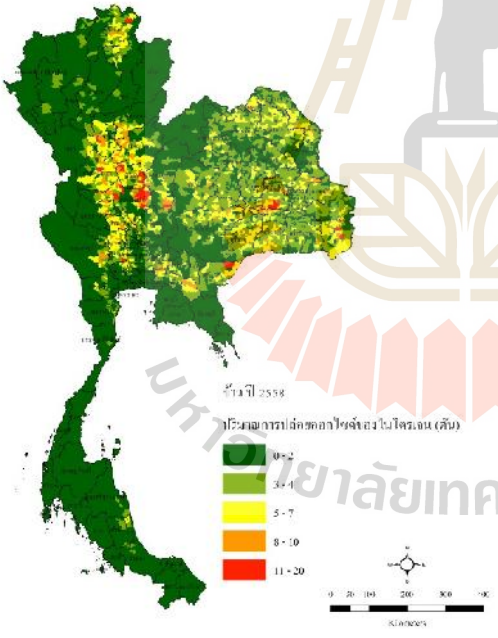
4.5.1 ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2558

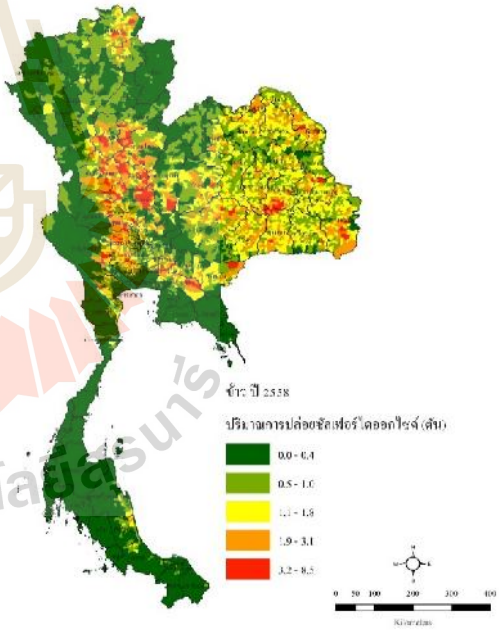
ปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ดังแสดงในตารางที่ 4.10 ซึ่งพบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ดังนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 7,866,953.96 ตัน/ปี , ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 554,942.04 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 9,846.88 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 4,220.09 ตัน/ปี และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม 47,124.36 ตัน/ปี และแสดงเป็นแผนภาพปริมาณการปล่อยมลพิษแต่ละชนิด ซึ่งสีแดงแสดงการปล่อยมลพิษที่สูง รองลงมาคือ สีส้ม สีเหลือง และสีเขียว จนถึงสีเขียวเข้มแสดงปริมาณการปล่อยมลพิษที่ต่ำสุด ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.8-4.9 แสดงปริมาณการปล่อย CO_2,CO,NO_x,SO_2 และTPM ซึ่งส่วนใหญ่มีการปล่อยมลพิษปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณการปล่อยมลพิษสูงที่สุด รองลงมาคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการปล่อยมลพิษสูงสุด คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสุรินทร์ ตามลำดับ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

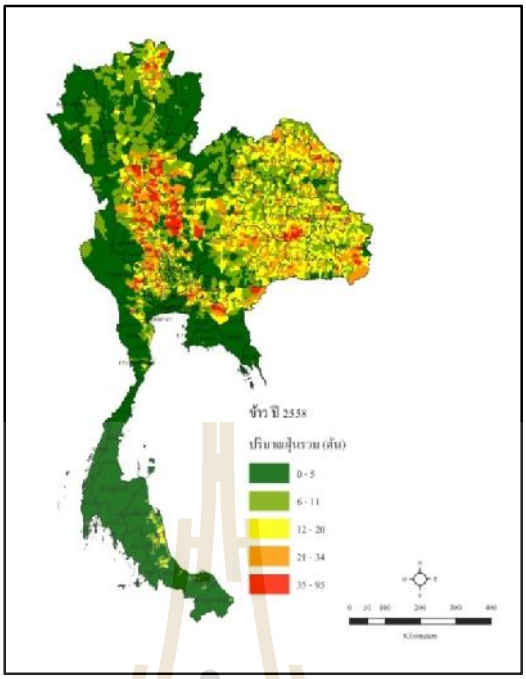








มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองรวม (TPM)

จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558

ภาค/ จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
รวมทั้งประเทศ	**7,033,485.88**	**7,866,953.96**	**554,942.04**	**9,846.88**	**4,220.09**	**47,124.36**
เหนือ	**2,123,364.98**	**2,374,983.73**	**167,533.50**	**2,972.71**	**1,274.02**	**14,226.55**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**3,208,217.25**	**3,588,391.00**	**253,128.34**	**4,491.50**	**1,924.93**	**21,495.06**
กลาง	**1,559,240.07**	**1,744,010.01**	**123,024.04**	**2,182.94**	**935.54**	**10,446.91**
ใต้	**142,663.59**	**159,569.23**	**11,256.16**	**199.73**	**85.60**	**955.85**

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
เชียงราย	257,604.11	288,130.20	20,324.96	360.65	154.56	1,725.95
พะเยา	94,104.56	105,255.95	7,424.85	131.75	56.46	630.50
ลำปาง	49,654.60	55,538.67	3,917.75	69.52	29.79	332.69
ลำพูน	19,327.39	21,617.69	1,524.93	27.06	11.60	129.49
เชียงใหม่	77,750.39	86,963.81	6,134.51	108.85	46.65	520.93
แม่ฮ่องสอน	10,308.43	11,529.98	813.33	14.43	6.19	69.07
ตาก	21,003.36	23,492.25	1,657.16	29.40	12.60	140.72
กำแพงเพชร	211,028.01	236,034.83	16,650.11	295.44	126.62	1,413.89
สุโขทัย	153,991.42	172,239.41	12,149.92	215.59	92.39	1,031.74
แพร่	41,978.90	46,953.40	3,312.14	58.77	25.19	281.26
น่าน	20,712.25	23,166.65	1,634.20	29.00	12.43	138.77
อุตรดิตถ์	97,405.28	108,947.81	7,685.28	136.37	58.44	652.62
พิษณุโลก	236,894.47	264,966.46	18,690.97	331.65	142.14	1,587.19
พิจิตร	275,551.85	308,204.74	21,741.04	385.77	165.33	1,846.20
นครสวรรค์	347,819.75	389,036.39	27,442.98	486.95	208.69	2,330.39
อุทัยธานี	62,432.26	69,830.49	4,925.91	87.41	37.46	418.30
เพชรบูรณ์	145,797.97	163,075.02	11,503.46	204.12	87.48	976.85
เลย	29,739.53	33,263.66	2,346.45	41.64	17.84	199.25
หนองบัวลำภู	55,487.72	62,063.02	4,377.98	77.68	33.29	371.77
อุดรธานี	151,962.49	169,970.04	11,989.84	212.75	91.18	1,018.15

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_x	SO_2	TPM
หนองคาย	52,288.37	58,484.54	4,125.55	73.20	31.37	350.33
บึงกาฬ	34,646.82	38,752.46	2,733.63	48.51	20.79	232.13
สกลนคร	150,929.83	168,815.01	11,908.36	211.30	90.56	1,011.23
นครพนม	122,571.25	137,095.95	9,670.87	171.60	73.54	821.23
มุกดาหาร	45,881.34	51,318.28	3,620.04	64.23	27.53	307.40
ยโสธร	119,887.06	134,093.68	9,459.09	167.84	71.93	803.24
อำนาจเจริญ	78,617.74	87,933.94	6,202.94	110.06	47.17	526.74
อุบลราชธานี	321,018.87	359,059.61	25,328.39	449.43	192.61	2,150.83
ศรีสะเกษ	269,381.61	301,303.33	21,254.21	377.13	161.63	1,804.86
สุรินทร์	289,113.95	323,373.96	22,811.09	404.76	173.47	1,937.06
บุรีรัมย์	249,070.42	278,585.26	19,651.66	348.70	149.44	1,668.77
มหาสารคาม	199,299.38	222,916.35	15,724.72	279.02	119.58	1,335.31
ร้อยเอ็ด	288,107.02	322,247.71	22,731.64	403.35	172.86	1,930.32
กาฬสินธุ์	166,466.28	186,192.54	13,134.19	233.05	99.88	1,115.32
ขอนแก่น	190,291.85	212,841.43	15,014.03	266.41	114.18	1,274.96
ชัยภูมิ	136,785.50	152,994.58	10,792.38	191.50	82.07	916.46
นครราชสีมา	256,670.22	287,085.64	20,251.28	359.34	154.00	1,719.69
สระบุรี	55,629.90	62,222.04	4,389.20	77.88	33.38	372.72
ลพบุรี	71,745.98	80,247.88	5,660.76	100.44	43.05	480.70
สิงห์บุรี	50,325.97	56,289.60	3,970.72	70.46	30.20	337.18
ชัยนาท	130,332.47	145,776.86	10,283.23	182.47	78.20	873.23

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
สุพรรณบุรี	270,127.58	302,137.70	21,313.07	378.18	162.08	1,809.85
อ่างทอง	53,677.64	60,038.44	4,235.17	75.15	32.21	359.64
พระนครศรีอยุธยา	171,153.16	191,434.81	13,503.98	239.61	102.69	1,146.73
นนทบุรี	29,951.88	33,501.18	2,363.20	41.93	17.97	200.68
กรุงเทพฯ	32,051.26	35,849.33	2,528.84	44.87	19.23	214.74
ปทุมธานี	86,250.29	96,470.95	6,805.15	120.75	51.75	577.88
นครนายก	65,908.69	73,718.87	5,200.20	92.27	39.55	441.59
ปราจีนบุรี	53,610.84	59,963.72	4,229.90	75.06	32.17	359.19
ฉะเชิงเทรา	131,967.88	147,606.08	10,412.27	184.76	79.18	884.18
สระแก้ว	51,608.42	57,724.01	4,071.90	72.25	30.97	345.78
จันทบุรี	1,943.16	2,173.43	153.32	2.72	1.17	13.02
ตราด	2,048.17	2,290.88	161.60	2.87	1.23	13.72
ระยอง	2,997.40	3,352.59	236.49	4.20	1.80	20.08
ชลบุรี	16,319.60	18,253.47	1,287.62	22.85	9.79	109.34
สมุทรปราการ	9,924.27	11,100.29	783.02	13.89	5.95	66.49
สมุทรสาคร	2,332.78	2,609.22	184.06	3.27	1.40	15.63
นครปฐม	109,433.08	122,400.90	8,634.27	153.21	65.66	733.20
กาญจนบุรี	49,143.85	54,967.40	3,877.45	68.80	29.49	329.26
ราชบุรี	51,887.83	58,036.54	4,093.95	72.64	31.13	347.65
สมุทรสงคราม	715.30	800.06	56.44	1.00	0.43	4.79

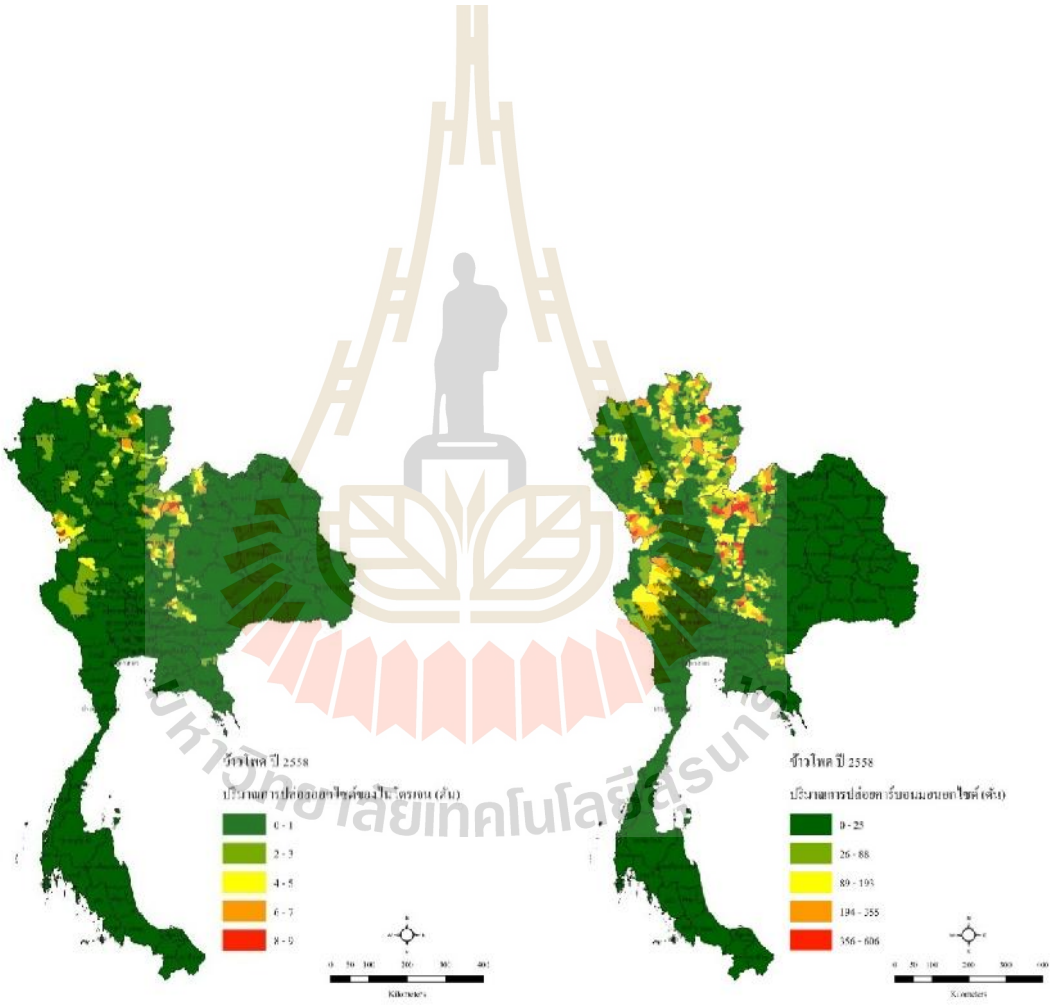
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
เพชรบุรี	48,530.96	54,281.88	3,829.09	67.94	29.12	325.16
ประจวบคีรีขันธ์	9,621.72	10,761.89	759.15	13.47	5.77	64.47
ชุมพร	628.49	702.96	49.59	0.88	0.38	4.21
ระนอง	97.99	109.60	7.73	0.14	0.06	0.66
สุราษฎร์ธานี	1,188.35	1,329.17	93.76	1.66	0.71	7.96
พังงา	116.44	130.24	9.19	0.16	0.07	0.78
ภูเก็ต	7.80	8.72	0.62	0.01	0.00	0.05
กระบี่	534.66	598.01	42.18	0.75	0.32	3.58
ตรัง	1,206.29	1,349.23	95.18	1.69	0.72	8.08
นครศรีธรรมราช	50,023.42	55,951.20	3,946.85	70.03	30.01	335.16
พัทลุง	22,874.26	25,584.86	1,804.78	32.02	13.72	153.26
สงขลา	43,062.77	48,165.70	3,397.65	60.29	25.84	288.52
สตูล	2,674.58	2,991.51	211.02	3.74	1.60	17.92
ปัตตานี	11,295.86	12,634.42	891.24	15.81	6.78	75.68
ยะลา	3,867.87	4,326.21	305.17	5.42	2.32	25.91
นราธิวาส	5,084.81	5,687.37	401.19	7.12	3.05	34.07

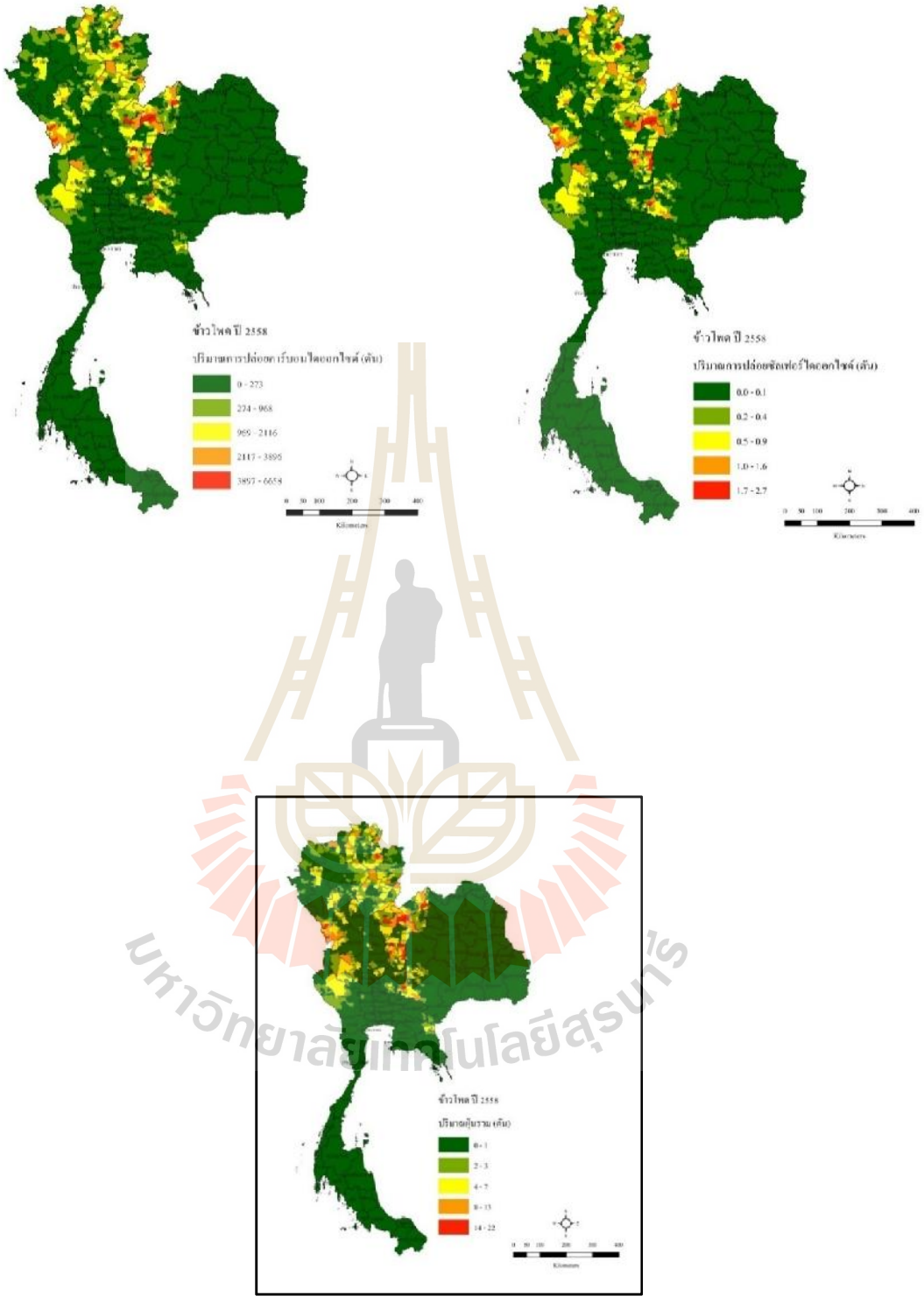
4.5.2 ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2558

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ 4.10 แสดงปริมาณการปล่อยมลพิษ CO_2, CO, NO_X และ SO_2

จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558



รูปที่ 4.11 แสดงปริมาณการปล่อยฝุ่นละอองรวม (TPM)

จากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด เป็นรายภาค และรายจังหวัดในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
รวมทั้งประเทศ	**586,979.28**	**715,586.44**	**65,154.70**	**939.17**	**293.49**	**2,406.62**
เหนือ	**410,843.95**	**500,859.86**	**45,603.68**	**657.35**	**205.42**	**1,684.46**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**122,493.92**	**149,332.33**	**13,596.82**	**195.99**	**61.25**	**502.23**
กลาง	**53,641.42**	**65,394.25**	**5,954.20**	**85.83**	**26.82**	**219.93**
เชียงราย	43,094.36	52,536.33	4,783.47	68.95	21.55	176.69
พะเยา	26,802.76	32,675.25	2,975.11	42.88	13.40	109.89
ลำปาง	13,121.32	15,996.20	1,456.47	20.99	6.56	53.80
ลำพูน	8,402.95	10,244.03	932.73	13.44	4.20	34.45
เชียงใหม่	15,565.35	18,975.72	1,727.75	24.90	7.78	63.82
แม่ฮ่องสอน	4,877.63	5,946.31	541.42	7.80	2.44	20.00
ตาก	54,011.74	65,845.71	5,995.30	86.42	27.01	221.45
กำแพงเพชร	4,215.79	5,139.47	467.95	6.75	2.11	17.28
สุโขทัย	4,206.88	5,128.61	466.96	6.73	2.10	17.25
แพร่	24,471.01	29,832.60	2,716.28	39.15	12.24	100.33
น่าน	64,743.38	78,928.65	7,186.52	103.59	32.37	265.45
อุตรดิตถ์	15,422.90	18,802.06	1,711.94	24.68	7.71	63.23
พิษณุโลก	22,319.51	27,209.71	2,477.47	35.71	11.16	91.51
พิจิตร	1,320.48	1,609.80	146.57	2.11	0.66	5.41
นครสวรรค์	18,805.65	22,925.96	2,087.43	30.09	9.40	77.10
อุทัยธานี	8,172.02	9,962.51	907.09	13.08	4.09	33.51

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

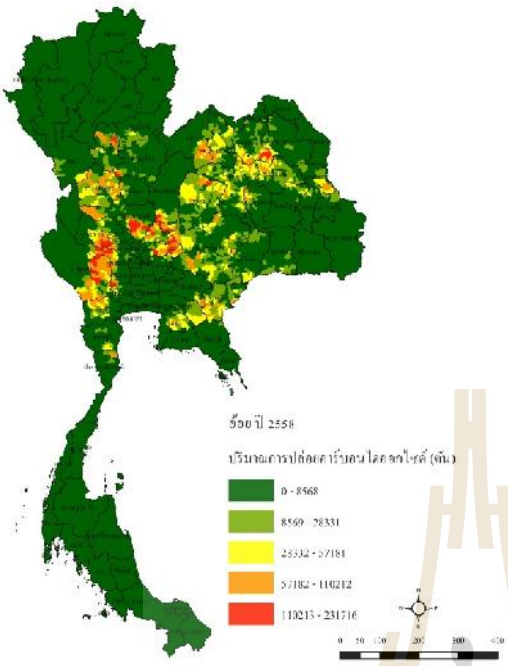
ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
เพชรบูรณ์	81,290.22	99,100.90	9,023.21	130.06	40.65	333.29
เลย	54,980.62	67,026.87	6,102.85	87.97	27.49	225.42
หนองบัวลำภู	1,722.50	2,099.90	191.20	2.76	0.86	7.06
อุดรธานี	78.54	95.75	8.72	0.13	0.04	0.32
หนองคาย	128.32	156.43	14.24	0.21	0.06	0.53
อุบลราชธานี	678.25	826.86	75.29	1.09	0.34	2.78
ศรีสะเกษ	339.64	414.05	37.70	0.54	0.17	1.39
กาฬสินธุ์	5.09	6.21	0.57	0.01	0.00	0.02
ขอนแก่น	924.07	1,126.53	102.57	1.48	0.46	3.79
ชัยภูมิ	8,281.88	10,096.44	919.29	13.25	4.14	33.96
นครราชสีมา	55,355.00	67,483.29	6,144.41	88.57	27.68	226.96
สระบุรี	15,076.27	18,379.48	1,673.47	24.12	7.54	61.81
ลพบุรี	14,329.65	17,469.28	1,590.59	22.93	7.16	58.75
ชัยนาท	346.64	422.59	38.48	0.55	0.17	1.42
สุพรรณบุรี	3,725.94	4,542.30	413.58	5.96	1.86	15.28
ปราจีนบุรี	1,464.84	1,785.79	162.60	2.34	0.73	6.01
ฉะเชิงเทรา	249.64	304.33	27.71	0.40	0.12	1.02
สระแก้ว	8,526.17	10,394.26	946.41	13.64	4.26	34.96
จันทบุรี	1,690.54	2,060.94	187.65	2.70	0.85	6.93
ชลบุรี	12.86	15.67	1.43	0.02	0.01	0.05
กาญจนบุรี	7,561.49	9,218.22	839.33	12.10	3.78	31.00
ราชบุรี	288.33	351.51	32.01	0.46	0.14	1.18

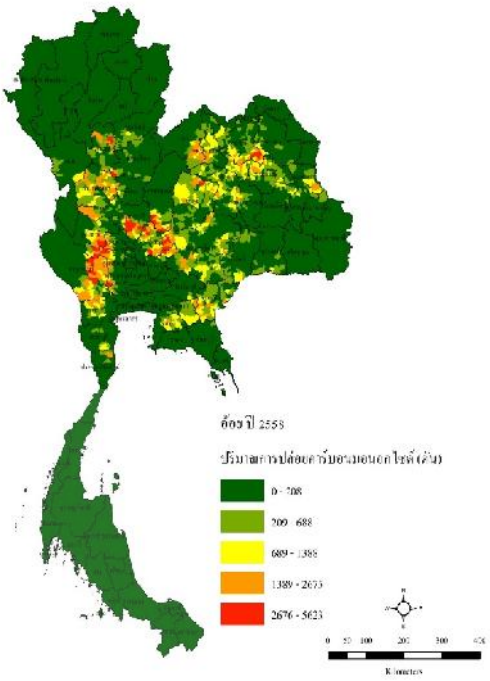
ตารางที่ 4.11 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

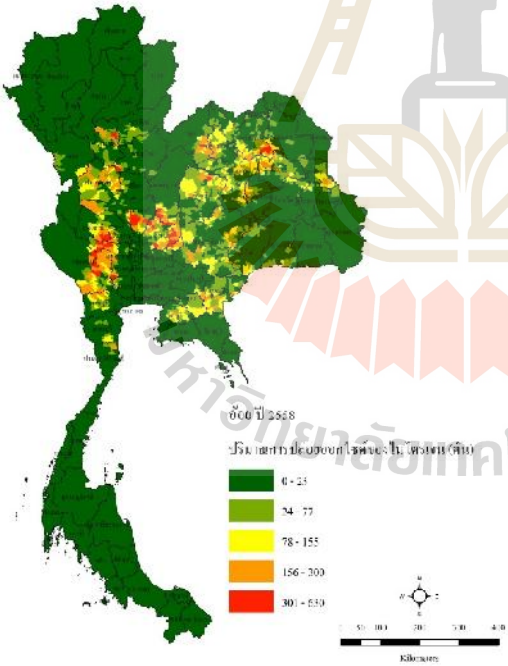
ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
เพชรบุรี	314.81	383.79	34.94	0.50	0.16	1.29
ประจวบคีรีขันธ์	54.23	66.11	6.02	0.09	0.03	0.22

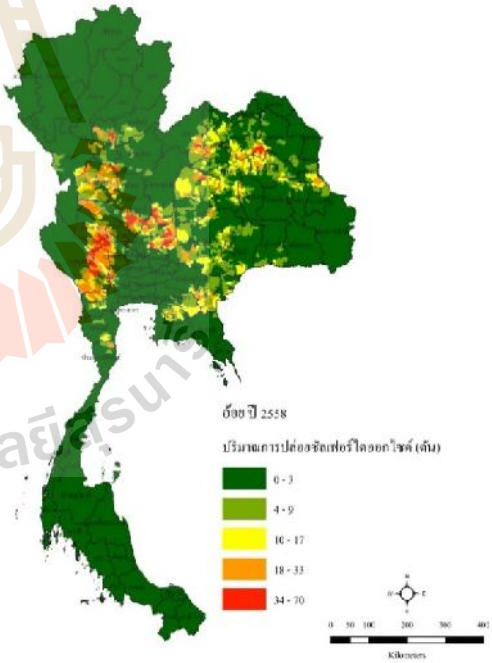
4.5.3 ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อย ในระดับประเทศ ปี พ.ศ. 2558

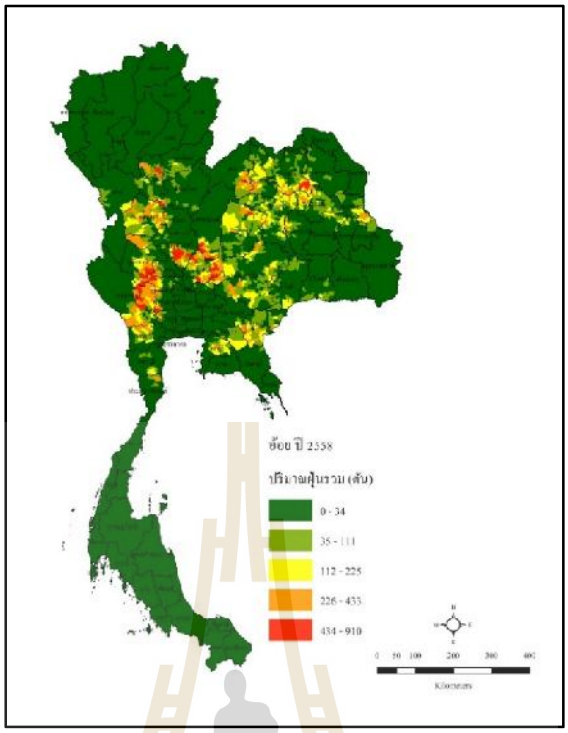
ปริมาณมลพิษอากาศที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก ยอด/ใบอ้อย ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ดังแสดงในตารางที่ 4.12 ซึ่งพบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อย ดังนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 23,564,198.32 ตัน/ปี , ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 571,159.81 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 64,305.90 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 6,644.15 ตัน/ปี และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม 91,357,095.34 ตัน/ปี และแสดงเป็นแผนภาพปริมาณการปล่อยมลพิษแต่ละชนิด ซึ่งสีแดงแสดงการปล่อยมลพิษที่สูง รองลงมาคือ สีส้ม สีเหลือง และสีเขียว จนถึงสีเขียวเข้มแสดงปริมาณการปล่อยมลพิษที่ต่ำสุด ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.12-4.13 แสดงปริมาณการปล่อย CO_2,CO,NO_x,SO_2 และTPM ซึ่งส่วนใหญ่มีการปล่อยมลพิษปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก ยอด/ใบอ้อย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณการปล่อยมลพิษสูงที่สุด รองลงมาคือ ภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการปล่อยมลพิษสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดกาญจนบุรี


ปี ค.ศ. 2558
ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน)
0 - 8568
8569 - 28331
28332 - 57181
57182 - 110212
110213 - 231716
Kilometers


ปี ค.ศ. 2558
ปริมาณการปล่อยคาร์บอนมอนอกไซด์ (ตัน)
0 - 208
209 - 688
689 - 1388
1389 - 2675
2676 - 5623
Kilometers


ปี ค.ศ. 2558
0 - 23
24 - 77
78 - 155
156 - 300
301 - 530


ปี ค.ศ. 2558
ปริมาณการปล่อยซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ตัน)
0 - 3
4 - 9
10 - 17
18 - 33
34 - 70
Kilometers



ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
รวมทั้งประเทศ	**28,710,031.77**	**28,511,932.55**	**691,911.77**	**77,517.09**	**8,613.01**	**111,969.12**
เหนือ	**7,621,775.46**	**7,569,185.21**	**183,684.79**	**20,578.79**	**2,286.53**	**29,724.92**
ตะวันออกเฉียงเหนือ	**12,792,742.56**	**12,704,472.64**	**308,305.10**	**34,540.40**	**3,837.82**	**49,891.70**
กลาง	**8,295,513.75**	**8,238,274.71**	**199,921.88**	**22,397.89**	**2,488.65**	**32,352.50**
ตาก	27,885.60	27,693.19	672.04	75.29	8.37	108.75
กำแพงเพชร	1,991,032.38	1,977,294.26	47,983.88	5,375.79	597.31	7,765.03

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผายอด/ใบอ้อย เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
สุโขทัย	756,047.25	750,830.52	18,220.74	2,041.33	226.81	2,948.58
แพร่	8,033.58	7,978.15	193.61	21.69	2.41	31.33
อุตรดิตถ์	277,157.70	275,245.31	6,679.50	748.33	83.15	1,080.92
พิษณุโลก	344,064.51	341,690.46	8,291.95	928.97	103.22	1,341.85
พิจิตร	190,035.99	188,724.74	4,579.87	513.10	57.01	741.14
นครสวรรค์	2,020,889.79	2,006,945.65	48,703.44	5,456.40	606.27	7,881.47
อุทัยธานี	831,598.92	825,860.89	20,041.53	2,245.32	249.48	3,243.24
เพชรบูรณ์	1,175,029.74	1,166,922.03	28,318.22	3,172.58	352.51	4,582.62
เลย	723,575.97	718,583.30	17,438.18	1,953.66	217.07	2,821.95
หนองบัวลำภู	746,209.80	741,060.95	17,983.66	2,014.77	223.86	2,910.22
อุดรธานี	1,943,194.32	1,929,786.28	46,830.98	5,246.62	582.96	7,578.46
หนองคาย	156,096.99	155,019.92	3,761.94	421.46	46.83	608.78
บึงกาฬ	7,017.03	6,968.61	169.11	18.95	2.11	27.37
สกลนคร	179,436.06	178,197.95	4,324.41	484.48	53.83	699.80
นครพนม	9,276.66	9,212.65	223.57	25.05	2.78	36.18
มุกดาหาร	512,071.47	508,538.18	12,340.92	1,382.59	153.62	1,997.08
ยโสธร	130,703.76	129,801.90	3,149.96	352.90	39.21	509.74
อำนาจเจริญ	122,491.44	121,646.25	2,952.04	330.73	36.75	477.72
อุบลราชธานี	43,682.49	43,381.08	1,052.75	117.94	13.10	170.36
ศรีสะเกษ	61,031.61	60,610.49	1,470.86	164.79	18.31	238.02

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผายอด/ใบอ้อย เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
สุรินทร์	592,822.26	588,731.79	14,287.02	1,600.62	177.85	2,312.01
บุรีรัมย์	559,199.16	555,340.69	13,476.70	1,509.84	167.76	2,180.88
มหาสารคาม	432,520.56	429,536.17	10,423.75	1,167.81	129.76	1,686.83
ร้อยเอ็ด	305,677.26	303,568.09	7,366.82	825.33	91.70	1,192.14
กาฬสินธุ์	1,122,778.80	1,115,031.63	27,058.97	3,031.50	336.83	4,378.84
ขอนแก่น	1,690,481.34	1,678,817.02	40,740.60	4,564.30	507.14	6,592.88
ชัยภูมิ	1,635,555.51	1,624,270.18	39,416.89	4,416.00	490.67	6,378.67
นครราชสีมา	1,818,920.07	1,806,369.52	43,835.97	4,911.08	545.68	7,093.79
สระบุรี	339,872.49	337,527.37	8,190.93	917.66	101.96	1,325.50
ลพบุรี	1,669,221.81	1,657,704.18	40,228.25	4,506.90	500.77	6,509.97
สิงห์บุรี	44,289.18	43,983.58	1,067.37	119.58	13.29	172.73
ชัยนาท	393,985.89	391,267.39	9,495.06	1,063.76	118.20	1,536.54
สุพรรณบุรี	1,591,002.00	1,580,024.09	38,343.15	4,295.71	477.30	6,204.91
อ่างทอง	57,655.26	57,257.44	1,389.49	155.67	17.30	224.86
ปราจีนบุรี	66,672.45	66,212.41	1,606.81	180.02	20.00	260.02
ฉะเชิงเทรา	74,112.03	73,600.66	1,786.10	200.10	22.23	289.04
สระแก้ว	910,567.71	904,284.79	21,944.68	2,458.53	273.17	3,551.21
จันทบุรี	12,994.02	12,904.36	313.16	35.08	3.90	50.68
ระยอง	4,936.14	4,902.08	118.96	13.33	1.48	19.25
ชลบุรี	344,397.96	342,021.61	8,299.99	929.87	103.32	1,343.15

ตารางที่ 4.12 ปริมาณการปล่อยมลพิษจากการเผายอด/ใบอ้อย เป็นรายภาค และรายจังหวัด ในประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 (ต่อ)

ภาค/จังหวัด	ปริมาณวัสดุเหลือใช้ที่ยังไม่มีการใช้ (ตัน)	ปริมาณการปล่อย (ตัน)				
		CO_2	CO	NO_X	SO_2	TPM
นครปฐม	229,129.56	227,548.57	5,522.02	618.65	68.74	893.61
กาญจนบุรี	1,869,864.21	1,856,962.15	45,063.73	5,048.63	560.96	7,292.47
ราชบุรี	473,018.40	469,754.57	11,399.74	1,277.15	141.91	1,844.77
เพชรบุรี	96,244.74	95,580.65	2,319.50	259.86	28.87	375.35
ประจวบคีรีขันธ์	117,549.90	116,738.81	2,832.95	317.38	35.26	458.44

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการปลดปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง โดยจะศึกษาพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทย 3 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย และข้าวโพด โดยมลพิษที่ทำการศึกษา ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Matter : TPM) โดยการทดสอบการเผาไหม้ในระดับห้องปฏิบัติการ แล้วนำผลการศึกษาที่ได้มาประเมินอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors :EF) จากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรทั้ง 3 ชนิด ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย โดยผลการศึกษาที่ได้ มีดังต่อไปนี้

5.1.1 ผลการประเมินปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

1. ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์มีจำนวน 7,033,485.88 ตัน/ปี โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าวสูงสุด จำนวน 3,208,217.25 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 45.61 รองลงมาคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ จำนวน 2,123,364.98, 1,559,240.07 และ 142,663.59 ตัน/ปี ตามลำดับ

2. ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์มี จำนวน 586,979.28 ตัน/ปี ภาคเหนือ มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพดสูงสุด จำนวน 410,843.95 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 69.99 รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 122,493.92 ตัน/ปี และภาคกลาง จำนวน 53,641.42 ตัน/ปี

3. ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อย ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 ที่ยังไม่มีการใช้ประโยชน์มี จำนวน 28,710,031.77 ตัน/ปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากยอด/ใบอ้อย สูงสุด จำนวน 12,792,742.56 ตัน/ปี คิดเป็นร้อยละ 44.56 รองลงมาคือ ภาคกลางจำนวน 8,295,513.75 ตัน/ปี และภาคเหนือ จำนวน 7,621,775.46 ตัน/ปี

5.1.2 สมบัติและองค์ประกอบของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

ตัวอย่างฟางข้าวมีร้อยละคาร์บอนสูงกว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทอื่น โดยมีปริมาณคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมีมากถึงร้อยละ 48.53 และปริมาณไฮโดรเจนมี

ประมาณร้อยละ 5.3 ในขณะที่ไนโตรเจนมีประมาณร้อยละ 1.58 และซัลเฟอร์มีค่อนข้างต่ำประมาณร้อยละ 0.16 ตัวอย่างซังข้าวโพดมีร้อยละของคาร์บอนเป็นอันดับสองมีมากถึงร้อยละ 48.41 ตัวอย่างยอด/ใบอ้อย มีร้อยละของคาร์บอนเป็นอันดับสามมีมากถึงร้อยละ 42.11 และยอด/ใบอ้อย มีร้อยละของความชื้นสูงกว่าวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรประเภทอื่น

5.1.3 อัตราการปล่อยก๊าซมลพิษจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

จากการจำลองการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง และทำการตรวจวัดมลพิษเพื่อประเมินอัตราการปล่อยมลพิษ (Emission factors :EF) ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และฝุ่นละอองรวม (Total Particulate Mater : TPM) สามารถสรุปได้ดังนี้

1. อัตราการปล่อยมลพิษจากการเผาฟางข้าว

อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่วัดได้มีค่า 1,118.47 ± 11.43 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่า 78.86 ± 7.47 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) มีค่า 1.44 ± 0.07 g/kg_{dm}อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่า 0.56 ± 0.05 g/kg_{dm} และปริมาณฝุ่นละอองรวม (TPM) มีค่า 6.69 ± 0.02 g/kg_{dm}

2. อัตราการปล่อยมลพิษจากการเผาซังข้าวโพด

อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่วัดได้มีค่า 1,219.13 ± 151.24 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่า 111.02 ± 8.55 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) มีค่า 1.58 ± 0.28 g/kg_{dm}อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่า 0.54 ± 0.1 g/kg_{dm} และปริมาณฝุ่นละอองรวม (TPM) มีค่า 4.09 ± 0.06 g/kg_{dm}

3. อัตราการปล่อยมลพิษจากการเผายอด/ใบอ้อย

อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่วัดได้มีค่า 993.05 ±9.44 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีค่า 24.07 ± 0.89 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) มีค่า 2.71±0.04 g/kg_{dm} อัตราการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) มีค่า 0.28±0.04 g/kg_{dm} และปริมาณฝุ่นละอองรวม (TPM) มีค่า 3.85±0.06 g/kg_{dm}

5.1.4 ผลการประเมินการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย

เมื่อนำอัตราการปล่อยมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และนำข้อมูลปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ได้มาประมาณการปล่อยมลพิษจากการเผาไหม้เศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย พบว่า

1. ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 พบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากฟางข้าว ดังนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 7,866,953.96 ตัน/ปี , ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 554,942.04 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 9,846.88 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 4,220.09 ตัน/ปี และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม 47,124.36 ตัน/ปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณการปล่อยมลพิษสูงที่สุด เนื่องจากมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวมาก รองลงมาคือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการปล่อยมลพิษสูงสุด คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสุรินทร์ ตามลำดับ

2. ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2558 พบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จากซังข้าวโพด ดังนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 715,586.44 ตัน/ปี , ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 65,154.70 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 939.17 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 293.49 ตัน/ปี และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม 2,406.62 ตัน/ปี ภาคเหนือ มีปริมาณการปล่อยมลพิษสูงที่สุด เนื่องจากมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดมาก รองลงมาคือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการปล่อยมลพิษสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ จังหวัดเพชรบูรณ์ จังหวัดน่าน และจังหวัดนครราชสีมา

3. ปริมาณมลพิษที่ปล่อยจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก ยอด/ใบอ้อย ในพื้นที่การเกษตรของประเทศไทย ปี พ.ศ.2558 พบว่ามีการปล่อยปริมาณมลพิษจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้จาก ยอด/ใบอ้อย ดังนี้ ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) 28,511,932.55 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) 691,911.77 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) 77,517.09 ตัน/ปี, ปริมาณการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) 8,613.01 ตัน/ปี และมีปริมาณฝุ่นละอองรวม 111,969.12 ตัน/ปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีปริมาณการปล่อยมลพิษสูงที่สุด รองลงมาคือ ภาคกลาง และภาคเหนือ ตามลำดับ และจังหวัดที่มีการปล่อยมลพิษสูงสุด 3 ลำดับแรก คือ จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดกำแพงเพชร และจังหวัดกาญจนบุรี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าหากลดการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ก็จะสามารถลดปริมาณมลพิษที่ถูกปล่อยออกมาด้วย ดังนั้นเกษตรกรจึงควรกำจัดเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยวิธีอื่นแทนการเผา เพื่อเป็นการลดปริมาณมลพิษที่จะเกิดขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดภาวะโลกร้อนและลดปัญหาหมอกควันได้อีกแนวทางหนึ่ง

5.2 การนำผลการศึกษาไปใช้ประโยชน์

1. ผลการศึกษานี้สามารถเป็นฐานข้อมูลการปลดปล่อยมลพิษที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้ง และเป็นฐานข้อมูลในการทำนายการปลดปล่อยมลพิษจากพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศได้ ตลอดจนสามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการประยุกต์ใช้งานด้านกลไกการพัฒนาที่สะอาดด้านเกษตรกรรม อาทิ การจัดทำแผนที่ฐานข้อมูลการปลดปล่อยสารมลพิษ (Emission Maps) การประเมินวัฏจักรชีวิต (LCA) หรือการจัดทำรอยเท้าคาร์บอน (Carbon Footprint) ในด้านเกษตรกรรมสำหรับประเทศไทยต่อไป

2. การตรวจวัดปริมาณมลพิษและปริมาณฝุ่นละออง จะเป็นประโยชน์ในการตรวจสอบคุณภาพอากาศ แนวโน้มและแหล่งที่มาของมลพิษฝุ่นละออง รวมทั้งวิกฤตของมลภาวะอากาศต่อไป

3. ผลการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ที่เกิดจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ซึ่งเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก

5.3 ข้อเสนอแนะและงานวิจัยในอนาคต

1. ควรมีการพัฒนาค่า EF ของกิจกรรมต่าง ๆ ที่เหมาะสำหรับประเทศไทยและเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ ให้ครอบคลุมและปรับให้เป็นปัจจุบันอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยให้ค่าประมาณที่ได้จากการศึกษามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้อาจช่วยให้หลายพื้นที่หันมาสนใจการจัดทำบัญชีรายการการปล่อยมลพิษอากาศด้วยวิธีการใช้ค่าปัจจัยการปล่อยมลพิษ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายน้อยแต่นำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ได้จริง

2. ค่าปัจจัยการระบายและค่าปัจจัยที่ใช้ในการประมาณปริมาณชีวมวลแห้งที่ถูกเผา ซึ่งค่าปัจจัยเหล่านี้มีค่าไม่เท่ากันของพืชต่างสายพันธุ์ สภาพการปลูกที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณหาปริมาณมลพิษและการเลือกใช้ค่าปัจจัยการระบายที่ทำการทดลองในทวีปอื่น หรือในประเทศอื่น ก็มีผลต่อความไม่แน่นอนในการคำนวณการปล่อยมลพิษอากาศด้วย เนื่องจากสภาพภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และปัจจัยอื่นๆที่แตกต่างกัน เพื่อลดความ

คลาดเคลื่อนของการทำบัญชีการปล่อยมลพิษที่มาจากค่าปัจจัยการระบายควรใช้ค่าปัจจัยการระบายในภูมิภาค หรือภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ศึกษา การปรับปรุงคุณภาพการคำนวณปริมาณมลพิษจากการเผาชีวมวลควรมีการพัฒนาเพื่อได้ข้อมูลพื้นที่เผาไหม้ที่มีความละเอียดถูกต้องมากขึ้น และควรพัฒนาข้อมูลปัจจัยสำหรับการคำนวณที่เป็นค่าของประเทศ (Country specific value) ที่สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทย

3. ควรมีการส่งเสริมการนำชีวมวลไปใช้ประโยชน์ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558 – 2579 (Alternative Energy Development Plan: AEDP 2015) ของประเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

รายการอ้างอิง

กมลพรรณ โคตรมณี (2551). **สถานการณ์การเผาในที่โล่งและสภาวะฝุ่นละอองในสิ่งแวดล้อมจากการเผาพื้นที่เกษตรกรรม กรณีศึกษาอำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอาชีวอนามัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

กรมควบคุมมลพิษ (2548). **แผนแม่บทแห่งชาติว่าด้วย การควบคุมการเผาในที่โล่ง.** สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ (2553). **รายงานสถานการณ์และการจัดการคุณภาพอากาศและเสียงปี 2553.** สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ (2554). **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2554.** สำนักจัดการคุณภาพ อากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ (2554). **รู้รอบทิศมลพิษทางอากาศ บทเรียน แนวคิด และการจัดการ.** สำนักจัดการคุณภาพอากาศและเสียง กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กรมควบคุมมลพิษ (2555). **การคำนวณการปลดปล่อยมลพิษจากข้อมูลการตรวจวัด. ส่วนสารอันตราย สำนักจัดการกากของเสียและสารอันตราย** กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

ธนัตถ์นพนันท์ เรือนเงิน (2555). **การระบายมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ในที่โล่งในจังหวัดพะเยา.** การศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเอง วศ.ม. สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยพะเยา

ละอองดาว แสงหล้า,ธวัชชัย ศุภดิษฐ. (2005). **ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยและแนวทางการแก้ไข.** THAI JOURNAL OF ENVIROMENTAL MANAGEMENT., NIDA THAILAND.Vol.2 No.1, 85-102.

นพภาพร พานิช และคณะ. (2547). **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นงนภัส โฆษวิฑิตกุล (2553). **การพัฒนาค่าสัมปสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาวัสดุเหลือใช้ระดับภาคตามการจำแนกกลุ่มของไอพีซีซี: กรณีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**

(ระยะที่ 2). ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

วรพจน์ ชำพิศ, วีรชัย อาจหาญ (2553). **โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน).** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

กฤษพนธิ์เพี้ยนศรี. (2546). **ฐานข้อมูลศักยภาพพลังงานจากชีวมวล.** วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2545**). รายงานพลังงานของประเทศไทย 2545**. [ออนไลน์] : แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/dede/_ index.php?id=96

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). **การผลิตสินค้าเกษตรที่สำคัญ.** [ออนไลน์] : www.aoe.go.th.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2558). **สถิติการเกษตรของประเทศไทยปี 2558.** [ออนไลน์] : www.aoe.go.th.

Andreae, M. O. and Merlet, P. (2001), **Emission of trace gases and aerosols from biomass burning.** Global Biogeochemical Cycles, 15, pp. 955-966.

CAO Guoliang,et al.(2008). **Investigation on emission factors of particulate matter and gaseous pollutants from crop residue burning.** Journal of Environmental Sciences. 20(1),50–55.

Celeste Yarn Moreira dos Santos,et al.(2002). **Selected organic compounds from biomass burning found in the atmospheric particulate matter over sugarcane plantation areas.** Atmospheric Environment, Volume 36,p.3009-3019.

Choudhury AH,et al.(1997). **Associations between respiratory illness and PM10 airpollution.** Arch Environ Health.Mar-Apr;52 (2):113-7.

Daniela de Azeredo Franca.(2012). **Pre-Harvest Sugarcane Burning: Determination of Emission Factors through Laboratory Measurements**. Atmosphere 3, 164-180; doi:10.3390/atmos3010164

Dennis, A., Fraser, M., Anderson, S., & Allen, D. (2002). **Airpollutant emissions associated with forest, grassland, and agricultural burning in Texas.** Atmospheric Environment, 36(23), 3779–3792.

EEA. (2009). **EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook-2009**. [On-line]. Available:http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-emission-inventory-guidebook-2009.

Gadde, B., et al. (2009). **Air pollutant emissions from rice straw open field burning in India, Thailand and the Philippines.** Environmental Pollution. 157 (5) 1554-1558.

Gadde,B.,et al.(2009). **Rice Straw as a renewable energy source in India, Thailand, and the Philippines: overall potential and limitations for energy contribution and greenhouse gas mitigation.** Biomass and Bioenergy 33(11): 1532-1546.

Giglio, L., Werf, G. R. van der, Randerson, J. T., Collatz, G. J. and Kasibhatla,P., **Global estimation of burned area using MODIS active fire observations.** Atmospheric, Chemistry, Physics, 2006. 6: p. 957-974.

Jacobs, J., Kreutzer, R., & Smith, D. (1997). **Rice burning and asthma hospitalizations, Butte County, California, 1983–1992.** Environmental Health Perspectives, 105(9), 980–985.

Jenkins, B. M., Turn, S. Q., Williams, R. B., Goronea, M., & Abd-el-Fattah, H. (1996). **Atmospheric pollutant emission factors from open burning of agricultural and forest biomass by wind tunnel simulations.** Volume 1. California: California State Air Resources Board.

K.Kanokkanjana and S.Garivait.(2012). **Estimation of Emission from Open Burning of Sugarcane Residues before Harvesting**. GMSARN International Journal 157 - 162

Kim Oanh, N. T., Thuy, L. B., Tipayarom, D., Manadhar, D. R., Pongkiatkul, P., Simpson, C. D., Liu, S. L-J. (2010). **Characterization of particulate matter emission from open burning of rice straw.** Atmospheric Environment. (in press).

Lemieux P.M.; Lutes C.C.; Santoianni D.A. (2004). **Emissions of organic air toxics from open burning: a comprehensive review.** Progress in Energy and Combustion Science. Volume 30, Number 1, pp. 1-32(32)

Lopes, M.L.A.; Carvalho, L.R.F. **Estimativas de Emissao de Gases Provenientes da Queima de cana-de-açucar em Escala Regional.** In Proceedings of the 32a Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Quimica, Fortaleza, CE, Brazil, 30 May–2 June 2009.

Li, X., Wang, S., Duan, L., Hao, J., Li, C., Chen, Y., et al. (2007). **Particulate and trace gas emissions from open burning of wheat straw and corn stover in China.** Environmental Science & Technology, 41(17), 6052–6058.

Penner, J.E., Chuang, C.C., Liousse, C. (1996). **The contribution of carbonaceous aerosols to climate change.** 14th International Conference on Nucleation and Atmospheric Aerosols, 26–30 August 1996, Helisinki, Finland

Schneider,V.,Thomas, H., , Ganopolski, R.,2006.**"Climate sensitivity estimated from ensemble simulations of glacial climate".** Climate Dynamics. organic agriculture, 2004. FØJO report nr. 19/2004.

Seiler, W. and Crutzen P.J. (1980). **Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning.** Climatic Change, 2, pp. 207-247.

Streets, D.G., Yarber, K.F., Woo, J.-H., Carmichael, G.R., **Biomass burning in Asia: annual and seasonal estimates and atmospheric emissions.** Global Biogeochemical Cycles 2003. 17(4): p. 1099-1118.

Tipayarom, D. (2004). **Source characterization for air pollution emission from open rice-straw burning in Thailand.** M. Eng.Thesis, Asian Institute of Technology, Thailand

Tipayarom, D., & Kim Oanh, N. T. (2007). **Effects from open rice straw burning emission on air quality in the Bangkok Metropolitan Region.** Science Asia, 33(3), 339–345.

US.EPA. (2005). **AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors, 5th edition**. [On-line].Available: http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/index.html

US.EPA. (1983). **Introduction to ambient air monitoring. Air Pollution Training Institute,** United State Environmental Protection Agency. North Carolina.

US.EPA. (1997). **Introduction to the emission inventory improvement program.** United State Environmental Protection Agency. North Carolina.

Yokelson, R.J.; Christian, T.J.; Karl, T.G.; Guenther, A. **The tropical forest and fire emissions experiment: Laboratory fire measurements and synthesis of campaign data**. Atmos. Chem. Phys. 2008, 8, 3509–3527.

Zhang, J., Smith, K. R., Ma, Y., Ye, S., Jiang, F., Qi, W., et al. (2000). **Greenhouse gases and other airborne pollutants from household stoves in China: a database for emission factors.** Atmospheric Environment, 34(26), 4537–4549.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ

ก.1 การหาคุณสมบัติทางกายภาพของเศษวัสดุเหลือใช้

ก1.1 ความหนาแน่น

วิธีการทดลองนำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ซังข้าวโพด และ ยอด/ใบอ้อย มาจัดเรียงให้ชิดกันที่สุดในภาชนะขนาด 50x50x50 cm^3 นำไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกผล ค่ามวลของเศษวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวต่อหน่วยปริมาตรที่แน่นอน แล้วนำค่าที่ได้จากการทดลอง มาคำนวณตามสมการที่ (ก1)

$$Density = \frac{Mass\,(kg)}{Volume\,(m^3)} \qquad (ก1)$$

ก1.2 ความชื้น

คือเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยหาเป็นร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis) โดยใช้วิธีการตามมาตรฐานของ ASTM E871-82 ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

- อบถาดอลูมิเนียมในเตาอบ (Drying Oven) ที่อุณหภูมิ 104-110 ^{o}C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเข้าเดสิเคเตอร์ (Desicator) ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งและบันทึกน้ำหนัก
- ชั่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองลงในถาดอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก จากนั้นบันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
- นำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 104-110 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักของตัวอย่างคงที่
- นำถาดอลูมิเนียมเข้าเดสิเคเตอร์ทิ้งให้เย็น จากนั้นจึงทำการชั่งน้ำหนักถาดอลูมิเนียมที่มีตัวอย่างที่ทำการอบแล้วอยู่ภายใน ทำการบันทึกผล จากนั้นนำผลการทดลองมาคำนวณตามสมการที่ (ก2)

$$M(wb) = 100 \frac{(W_1 - W_2)}{W} \qquad (ก2)$$

เมื่อ

M (wb)	คือ	ร้อยละของความชื้นมาตรฐานเปียก (Wet basis)
W_1	คือ	น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมกับน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการอบ (กรัม)
W_2	คือ	น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมกับน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองหลังทำการอบ (กรัม)
W	คือ	น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (กรัม)

ก.2 การหาองค์ประกอบแบบประมาณและเถ้า (Proximate Analysis)

การหาองค์ประกอบประมาณ ได้แก่ ความชื้น เถ้า (Ash) ปริมาณสารระเหย (Volatile Mater) และปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) โดยใช้วิธีการตามมาตรฐานของ ASTM D1762-84 ซึ่งมีวิธีการดังนี้

ก2.1 ความชื้น

คือเปอร์เซ็นต์ของน้ำต่อน้ำหนักเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยหาเป็นร้อยละของความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis) ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังนี้

- อบถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาในเตาอบ (drying oven) ที่อุณหภูมิ 104-110°C เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำเข้าเดสิเคเตอร์ (desicator) ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที จากนั้นนำไปชั่งและบันทึกน้ำหนัก
- ชั่งตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองประมาณ 1 กรัม ลงในถาด อลูมิเนียมพร้อมฝาที่ทราบน้ำหนัก จากนั้นบันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง
- นำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 104-110 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงหรือจนกว่าน้ำหนักตัวอย่างคงที่
- นำถาดอลูมิเนียมมาทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำเข้าเดสิเคเตอร์ จากนั้นทิ้งไว้ประมาณ นาที จึงทำการชั่งน้ำหนักถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาที่มีตัวอย่าง ที่ทำการอบแล้วอยู่ภายในและทำการบันทึกจากนั้นนำผลการทดลองมาคำนวณตามสมการที่ (ก3)

$$M(db) = 100 \frac{(W_1 - W_2)}{W_2 - W_0} \qquad \text{(ก3)}$$

เมื่อ

M (db)	คือ	ร้อยละของความชื้นมาตรฐานแห้ง (Dry basis)
W_0	คือ	น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาที่ใช้ในการทดลอง (กรัม)
W_1	คือ	น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมพร้อมฝารวมกับน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการอบ (กรัม)
W_2	คือ	น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมพร้อมฝารวมกับน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองหลังทำการอบ (กรัม)

ก2.2 เถ้า (Ash)

- เผาครูซิเบลพอร์ชเลน (Porcelain Crucible) พร้อมฝาในเตาเผา (Muffle Furnace) ที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นนำออกมาทำให้เย็นในเดสิเกเตอร์แล้วทำการชั่งน้ำหนักครูซิเบลพอร์ชเลนพร้อมฝา
- ชั่งน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใส่ครูซิเบลพอร์ชเลนประมาณ 1 กรัม
- นำไปเผาบนตะเกียงบุนเซน รอจนควันระเหยออกหมด
- ใส่ครูซิเบลพอร์ชเลนพร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750°C ทิ้งไว้เป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมงหรือรอจนน้ำหนักเถ้าคงที่
- นำครูซิเบลพอร์ชเลนออกจากเตาเผาแล้วนำทิ้งไว้ให้เย็นลง จากนั้นนำไปใส่ในเดสิเกเตอร์ ทำการชั่งน้ำหนักและบันทึกผล แล้วทำการคำนวณตามสมการที่ (ก 4)

$$A = 100 \frac{(W_3 - W_4)}{W} \qquad \text{(ก4)}$$

เมื่อ

A	คือ	ร้อยละของเถ้า
W_3	คือ	น้ำหนักของครูซิเบลพอร์ชเลนพร้อมฝาที่มีเถ้า (กรัม)
W_4	คือ	น้ำหนักของครูซิเบลพอร์ชเลนพร้อมฝา (กรัม)
W	คือ	น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (กรัม)

ก2.3 ปริมาณสารระเหย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

- เผาครูซิเบิลพร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 950 °C ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำออกจากเตาเผา ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิเกเตอร์ หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของครูซิเบิลพร้อมฝาและทำการบันทึกผล
- ชั่งตัวอย่างตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองใส่ในครูซิเบิลประมาณ 1 กรัม
- ปิดฝาครูซิเบิลให้เรียบร้อย จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 °C เป็นเวลาประมาณ 7 นาที
- นำครูซิเบิลออกมาทิ้งไว้ให้เย็นลง จากนั้นนำไปใส่ไว้ในเดสิเกเตอร์ประมาณ 15 นาที จากนั้นจึงนำไปชั่งน้ำหนักและทำการบันทึกผล แล้วทำการคำนวณตามสมการที่ (ก5)

$$V = 100 \frac{(W_5 - W6)}{W} \qquad \text{(ก5)}$$

เมื่อ

V คือ ร้อยละของสารระเหย

W_5 คือ น้ำหนักของครูซิเบิลพร้อมฝารวมกับนำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองก่อนทำการเผา (กรัม)

W_6 คือ น้ำหนักของครูซิเบิลพร้อมฝารวมกับนำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองหลังทำการเผา (กรัม)

W คือ นำหนักของตัวอย่างตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (กรัม)

M คือ ร้อยละของความชื้น

ก2.4 ปริมาณคาร์บอนคงตัว

ปริมาณคาร์บอนคงตัว สามารถคำนวณ ได้ตามสมการที่ (ก6)

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100-ร้อยละของความชื้น-ร้อยละของเถ้า -ร้อยละของสารระเหย (ก6)

ก.3 การหาคุณสมบัติแบบแยกธาตุ (Ultimate Analysis)

ก3.1 องค์ประกอบของธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สามารถทำได้โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ C H N S Elemental Analyzer นำตัวอย่างตัวอย่างบดให้ละเอียด ชั่งปริมาณที่แน่นอนประมาณ 1-2 mg ใส่ภาชนะ นำไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 925°C ภายใต้ออกซิเจนบริสุทธิ์ ผ่านเข้าไปใน Reagion CO_2 H_2O N_2 ความคุมความดันอุณหภูมิ ปริมาตรให้คงที่

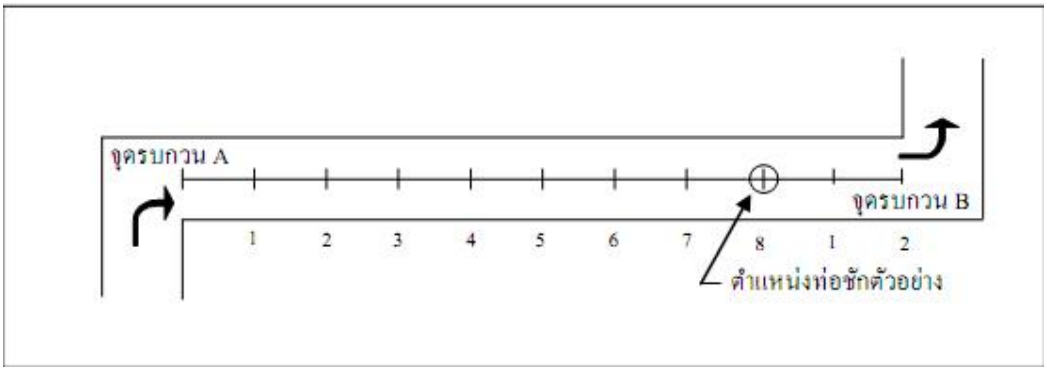
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ภาคผนวก ข

การตรวจวัดอนุภาคจากกระแสอากาศด้วย วิธีมาตรฐาน (U.S.EPA. Method 5)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



หากไม่สามารถกำหนดจุดเจาะปล่องได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ อาจเลือกจุดเจาะปล่อง ที่อยู่ปลายทางการไหลของอากาศ จากจุดรบกวนการไหล อย่างน้อย 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางในปล่อง หรือต้องอยู่ต้นทางการไหลของอากาศ จากจุดรบกวนการไหลอย่างน้อย 0.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางปล่อง

ข2. การหาความเร็ว และอัตราการไหลของอากาศในปล่อง (U.S.EPA. Method 2)

การหาความเร็วเฉลี่ยของอากาศในปล่อง หาได้จากความหนาแน่นของอากาศและค่าความแตกต่างของความดัน มีอุปกรณ์ประกอบด้วย Pitot Tube เกจวัดความแตกต่างของความดัน เกจวัดอุณหภูมิของอากาศในปล่อง เกจวัดความดันสถิตย์ของอากาศในปล่อง เครื่องวัดความดันบรรยากาศ และเครื่องวิเคราะห์ส่วนประกอบของอากาศในปล่อง โดยขั้นตอนการตรวจวัดดังนี้

1. การประกอบเครื่องมือ และตรวจสอบรอยรั่วของชุดเก็บตัวอย่าง
2. ตั้งระดับ และตั้งศูนย์ของเครื่องวัดค่าความดันแตกต่าง และหมั่นตรวจสอบให้อยู่ในระดับคงที่ตลอดระยะที่ทำการตรวจสอบ
3. สอด Pitot Tube เข้าไปในปล่อง แล้ววัดค่าความดันแตกต่าง และอุณหภูมิ
4. วัดค่าความดันสถิตย์ในปล่องจากเกจความดันสถิตย์
5. อ่านค่าความดันบรรยากาศจากเครื่องวัดความดันบรรยากาศ
6. หาน้ำหนักโมเลกุลแห้ง จากอากาศในปล่อง ตามด้วยวิธี U.S.EPA Method 3 หรืออาจจะใช้ค่า 29 กรัมต่อกรัม-โมล สำหรับกระบวนการที่ระบายอากาศ
7. หาความชื้นของอากาศจากปล่อง ตามด้วยวิธี U.S.EPA Method 4
8. หาพื้นที่หน้าตัดของปล่อง โดยตรวจวัดจากสภาพของปล่องตามความเป็นจริง
9. คำนวณความเร็วอากาศในปล่อง

ข3. วิธีการหาน้ำหนักโมเลกุลของอากาศ (U.S.EPA. Method 3)

เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศเพื่อหาค่าความเข้มข้นเป็นร้อยละโดยปริมาตรของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซออกซิเจน ในตัวอย่างอากาศในปล่อง โดยวิเคราะห์ด้วยชุดวิเคราะห์ Orsat Analyzer หรือ Fyrite Analyzer หรือชุดวิเคราะห์แบบอื่น ๆ โดยมีวิธีการตรวจวัดดังนี้

1. ประกอบชุดชักตัวอย่างอากาศ ตรวจสอบจุดต่อ และบริเวณท่อที่เชื่อมต่อทุกจุดให้แน่นสนิทเพื่อป้องกันรอยรั่ว
2. สอดท่อชักตัวอย่างอากาศเข้าไปในปล่อง โดยให้ตำแหน่งของปลายท่อ อยู่ที่จุดชักตัวอย่างอากาศ ดำเนินการเก็บตัวอย่าง อย่างน้อย 5 ครั้ง เพื่อให้อากาศจากปล่องเข้ามาแทนที่อากาศที่ค้างอยู่ในท่อชักตัวอย่างอากาศ

3. ชักตัวอย่างอากาศเข้าไปในชุดวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศ แล้ววิเคราะห์หาร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซออกซิเจน และก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในตัวอย่างอากาศทันที

ข4. การหาปริมาณความชื้นของอากาศภายในปล่อง (U.S.EPA. Method 4)

เป็นการดึงตัวอย่างอากาศจากปล่อง ด้วยอัตราคงที่ผ่านเครื่องควบแน่นเพื่อหาปริมาณความชื้นด้วยวิธีชั่งน้ำหนักโดยมีวิธีการตรวจวัดดังนี้

1. เตรียมเครื่องควบแน่นให้ Impinger ที่ 1 และ 2 เติมน้ำกลั่นประมาณ 100 มม. Impinger ที่ 3 ปล่อยว่างไว้ และImpinger ที่ 4 ใส่สารดูดความชื้นประเภท ซิลิกาเจลที่มีขนาด 6-16 Mesh ประมาณ 200-300 กรัม กรณี สารดูดความชื้นผ่านการใช้งานแล้ว ให้นำไปอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนนำมาใช้

2. ชั่งน้ำหนัก Impinger ให้มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 กรัม

3. ประกอบชุดเก็บตัวอย่างอากาศ และตรวจสอบรอยรั่วก่อนการชักตัวอย่าง

4. ชักตัวอย่างด้วยอัตราคงที่ (คลาดเคลื่อนไม่เกินร้อยละ10) โดยให้ปลายท่อชักตัวอย่างอยู่ที่จุดชักตัวอย่างบนพื้นที่ภาคตัดขวางของปล่อง

5. เมื่อเสร็จสิ้นการชักตัวอย่างให้ชั่งน้ำหนักของแต่ละ Impinger (จำนวน 4 ใบ) โดยคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 กรัม

6. คำนวณหาปริมาณความชื้นของอากาศ

ข5. วิธีการเก็บตัวอย่างเพื่อหาปริมาณอนุภาคในปล่อง (U.S.EPA. Method 5)

เก็บตัวอย่าง แบบไอโซไคเนติก (Isokinetic sampling) ผ่านกระดาษกรองใยแก้วที่อุณหภูมิ 120±14 องศาเซลเซียส และเครื่องควบแน่น เพื่อหาปริมาณอนุภาคที่กรอง และเก็บได้โดยวิธีการชั่งน้ำหนักหลังจากระเหยความชื้นออกหมดแล้ว โดยมีขั้นตอนการตรวจวัดดังนี้

1. อบกระดาษกรองในตู้ดูดความชื้นที่อุณหภูมิ 20±5.6 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 24 ชั่วโมง

2. ชั่งน้ำหนักกระดาษกรองทุก ๆ 6 ชั่วโมง จนกระทั่งน้ำหนักคงที่ (เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.5 มก. จากน้ำหนักที่ชั่งได้ครั้งก่อน) ให้บันทึกผลน้ำหนักที่ความเคลื่อนไม่เกิน 0.1 มก. ในการชั่งน้ำหนักแต่ละครั้ง กระดาษกรองต้องไม่สัมผัสอากาศภายนอกนานเกิน 2 นาที

3. เลือกขนาดหัวเก็บตัวอย่าง โดยสามารถคำนวณหาขนาดหัวเก็บตัวอย่าง ซึ่งขึ้นกับ Velocity Head เพื่อให้การเก็บตัวอย่าง อนุภาคเป็นแบบไอโซไคเนติก ทั้งนี้ห้ามเปลี่ยนขนาดหัวเก็บตัวอย่างในขณะเก็บตัวอย่าง

4. ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง แต่ละจุดต้องเท่ากัน โดยไม่น้อยกว่า 2 นาที และปริมาตรอากาศของตัวอย่างอากาศทั้งหมด ต้องมีค่าไม่น้อยกว่าปริมาตรต่ำสุดของตัวอย่างอากาศที่ได้กำหนดไว้สำหรับแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

5. เตรียมชุดควบแน่นโดย Impinger ใบที่ 1 และ 2 ให้เติมน้ำกลั่นใบละ 100 มม. Impinger ใบที่ 3 ให้ปล่อยว่างไว้ และ Impinger ใบที่ 4 ให้ใส่ซิลิกาเจล ประมาณ 200-300 กรัม ชั่งน้ำหนัก Impinger แต่ละใบที่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 กรัม

6. ประกอบชุดเก็บ ตัวอย่างอากาศ โดยใช้ไขข้นซิลิโคนทาบางๆ ที่ข้อต่อแก้ว โดยให้ทาบริเวณด้านนอก เพื่อหลีกเลี่ยงการปนเปื้อนของซิลิโคน ทั้งนี้อาจใช้ไซโคลนทำด้วยแก้วประกอบระหว่างท่อชักตัวอย่างกับ Filter Holder เพื่อใช้ดักอนุภาคกรณีที่คาดว่าจะมีปริมาณอนุภาคเกิน 100 มก. หรือกรณีมีหยดน้ำปนอยู่ในตัวอย่างอากาศที่ชักออกจากปล่อง

7. ใส่น้ำแข็งบดรอบๆ Impinger ตรวจสอบรอยรั่วของระบบเครื่องตรวจวัด โดยให้ตรวจสอบตั้งแต่เครื่องสูบอากาศจนถึงเครื่องวัดค่าความแตกต่างของ ความดันตกคร่อมออริฟิส

8. ชักตัวอย่างอากาศ โดยคงอัตราการชักตัวอย่างแบบไอโซไคเนติก โดยมีค่าคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 10 และในขณะที่ชักตัวอย่างอากาศ ให้รักษาระดับอุณหภูมิรอบ ๆ Filter Holder ไว้ที่ 120±14 องศาเซลเซียส

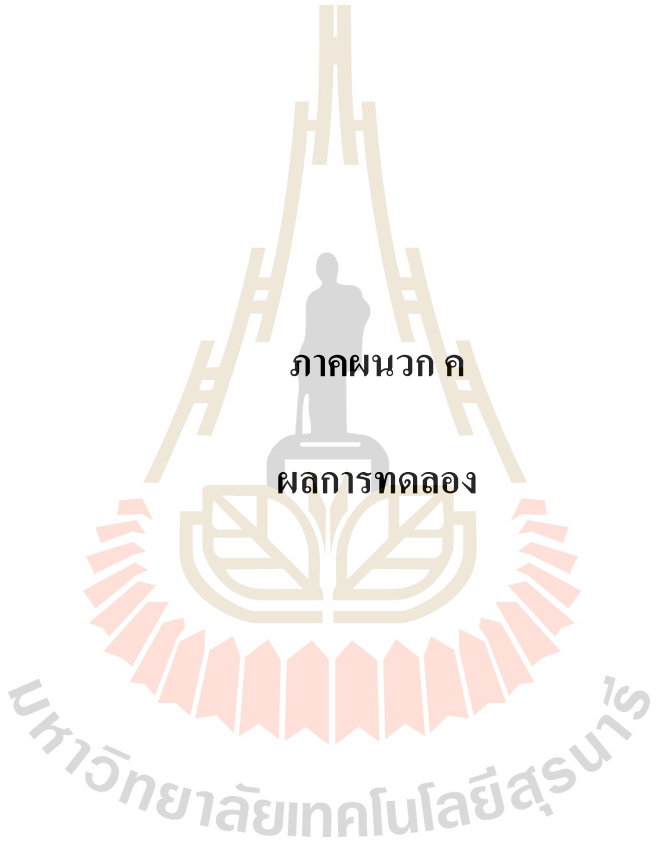
9. เมื่อสิ้นสุดการชักตัวอย่างให้บันทึกค่าปริมาตรอากาศสุดท้ายที่อ่านได้จากเครื่องวัดปริมาตรอากาศแห้ง

10. ชั่งน้ำหนัก Impinger แต่ละใบใหม่ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.5 กรัม เพื่อใช้ในการคำนวณหาปริมาณความชื้นของตัวอย่างอากาศต่อไป

11. อบแห้ง Petri Dish ที่เก็บตัวอย่างในตู้ดูดความชื้นที่ใช้แคลเซียมซัลเฟต ชนิดปราศจากน้ำ (Anhydrous Calcium Sulfate) เป็นสารดูดความชื้น เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักรวมของกระดาษกรองและ อนุภาคจนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกิน 0.5 มก. หรือไม่เกินร้อยละ 1 จากน้ำหนักที่ชั่งครั้งก่อน โดยในระหว่างการชั่งแต่ละครั้งควรห่างกันไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง กระดาษกรองที่เก็บอนุภาคจะต้องอยู่ในตู้ดูดความชื้นตลอดเวลา

ภาคผนวก ค

ผลการทดลอง



ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ ค1 สรุปข้อมูลการเก็บตัวอย่างสัดส่วนฟางข้าวต่อผลผลิต

ตัวอย่าง	น้ำหนักฟางข้าว	น้ำหนักเมล็ดข้าว	สัดส่วนฟางข้าว/ผลผลิต
	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	
แปลงที่ 1	175.48	448	0.392
แปลงที่ 2	170.38	445	0.383
แปลงที่ 3	157.80	422	0.374
เฉลี่ย	167.89	438	0.383

ตารางที่ ค2 สรุปข้อมูลการเก็บตัวอย่างสัดส่วนซังข้าวโพดต่อผลผลิต

ตัวอย่าง	น้ำหนักซังข้าวโพด	น้ำหนักผลผลิต	สัดส่วนซังข้าวโพด/ผลผลิต
	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	
แปลงที่ 1	124.38	661	0.188
แปลงที่ 2	125.20	657	0.191
แปลงที่ 3	126.10	625	0.202
เฉลี่ย	125.23	647	0.193

ตารางที่ ค3 สรุปข้อมูลการเก็บตัวอย่างสัดส่วนยอด/ใบอ้อยต่อผลผลิต

ตัวอย่าง	น้ำหนักยอด/ใบอ้อย	น้ำหนักผลผลิต	สัดส่วนยอด/ใบอ้อย/ผลผลิต
	(กก./ไร่)	(กก./ไร่)	
แปลงที่ 1	3,328.70	11,169.00	0.298
แปลงที่ 2	3,185.94	11,020.00	0.289
แปลงที่ 3	3,427.64	11,060.00	0.310
เฉลี่ย	3,314.09	11,083.00	0.299

ตารางที่ ค4 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและองค์ประกอบแบบแยกธาตุ ของฟางข้าว

ตัวอย่าง	ความชื้น	น้ำหนักแห้ง	เถ้า	องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%)				
	%	%	%	%C	%H	%N	%S	%O
ฟางข้าว 1	6.60	93.40	8.47	48.56	5.39	1.56	0.16	35.86
ฟางข้าว 2	7.36	92.64	8.42	48.48	5.16	1.60	0.14	36.20
ฟางข้าว 3	6.23	93.77	8.36	48.46	5.26	1.58	0.15	36.19
ฟางข้าว 4	6.83	93.17	8.55	48.61	5.38	1.59	0.16	35.71
ค่าเฉลี่ย	6.76	93.25	8.45	48.53	5.30	1.58	0.15	35.99
SD	0.47	0.47	0.08	0.07	0.11	0.02	0.01	0.24
ค่าต่ำสุด	6.23	92.64	8.36	48.46	5.16	1.56	0.14	35.71
ค่าสูงสุด	7.36	93.77	8.55	48.61	5.39	1.60	0.16	36.20

ตารางที่ ค5 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและองค์ประกอบแบบแยกธาตุ ของซังข้าวโพด

ตัวอย่าง	ความชื้น	น้ำหนักแห้ง	เถ้า	องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%)				
	%	%	%	%C	%H	%N	%S	%O
ซังข้าวโพด 1	4.23	95.77	1.36	48.62	6.53	0.46	0.14	42.89
ซังข้าวโพด 2	4.65	95.35	1.30	48.30	5.68	0.48	0.16	44.08
ซังข้าวโพด 3	4.26	95.74	1.33	48.11	6.41	0.44	0.19	43.52
ซังข้าวโพด 4	4.43	95.57	1.33	48.61	6.54	0.46	0.15	42.91
ค่าเฉลี่ย	4.39	95.61	1.33	48.41	6.29	0.46	0.16	43.35
SD	0.19	0.19	0.02	0.25	0.41	0.02	0.02	0.57
ค่าต่ำสุด	4.23	95.35	1.30	48.11	5.68	0.44	0.14	42.89
ค่าสูงสุด	4.65	95.77	1.36	48.62	6.54	0.48	0.19	44.08

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค6 ข้อมูลผลการวิเคราะห์ค่าความชื้นและองค์ประกอบแบบแยกธาตุ ของยอด/ใบอ้อย

ตัวอย่าง	ความชื้น	น้ำหนักแห้ง	เถ้า	องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (%)				
	%	%	%	%C	%H	%N	%S	%O
ยอด/ใบอ้อย 1	9.2	90.80	5.36	42.63	5.41	0.41	0.18	46.01
ยอด/ใบอ้อย 2	9.31	90.69	5.83	42.26	4.66	0.42	0.15	46.68
ยอด/ใบอ้อย 3	9.12	90.88	6.26	41.79	5.4	0.52	0.17	45.86
ยอด/ใบอ้อย 4	10.02	89.98	6.23	41.75	4.42	0.49	0.15	46.96
ค่าเฉลี่ย	9.41	90.59	5.92	42.11	4.97	0.46	0.16	46.38
SD	0.41	0.41	0.42	0.42	0.51	0.05	0.02	0.53
ค่าต่ำสุด	9.12	89.98	5.36	41.75	4.42	0.41	0.15	45.86
ค่าสูงสุด	10.02	90.88	6.26	42.63	5.41	0.52	0.18	46.96

ตารางที่ ค7 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาฟางข้าว

ตัวอย่าง	CO_2	CO	NO_X	SO_2	ปริมาณฝุ่นรวม (TPM)
	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	$g/kg_{dry\ fuel}$
ฟางข้าว 1	1,125.49	79.18	1.51	0.50	6.70
ฟางข้าว 2	1,124.64	86.16	1.43	0.61	6.67
ฟางข้าว 3	1,105.28	71.24	1.38	0.56	6.70
ค่าเฉลี่ย	1,118.47	78.86	1.44	0.56	6.69
SD	11.43	7.47	0.07	0.05	0.02
ค่าต่ำสุด	1,105.28	71.24	1.38	0.50	6.67
ค่าสูงสุด	1,125.49	86.16	1.51	0.61	6.70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ ค8 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผาซังข้าวโพด

ตัวอย่าง	CO_2	CO	NO_X	SO_2	ปริมาณฝุ่นรวม (TPM)
	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	$g/kg_{dry\ fuel}$
ซังข้าวโพด 1	1,044.72	120.55	1.71	0.44	4.07
ซังข้าวโพด 2	1,298.65	108.51	1.76	0.62	4.16
ซังข้าวโพด 3	1,314.02	104.02	1.25	0.56	4.05
ค่าเฉลี่ย	1,219.13	111.02	1.58	0.54	4.09
SD	151.24	8.55	0.28	0.10	0.06
ค่าต่ำสุด	1,044.72	104.02	1.25	0.44	4.05
ค่าสูงสุด	1,314.02	120.55	1.76	0.62	4.16

ตารางที่ ค9 แสดงค่าปัจจัยการระบาย (emission factor) จากการเผา ยอด/ใบอ้อย

ตัวอย่าง	CO_2	CO	NO_X	SO_2	ปริมาณฝุ่นรวม (TPM)
	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	g/kg_{dm}	$g/kg_{dry\ fuel}$
ยอด/ใบอ้อย 1	982.26	24.94	2.53	0.23	3.84
ยอด/ใบอ้อย 2	997.12	24.12	3.09	0.31	3.91
ยอด/ใบอ้อย 3	999.77	23.17	2.51	0.30	3.80
ค่าเฉลี่ย	993.05	24.07	2.71	0.28	3.85
SD	9.44	0.89	0.33	0.04	0.06
ค่าต่ำสุด	982.26	23.17	2.51	0.23	3.80
ค่าสูงสุด	999.77	24.94	3.09	0.31	3.91

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัติผู้เขียน

นางสาวกิตติยาภรณ์ รองเมือง เกิดเมื่อวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2527 ที่อำเภอโนนคูณ จังหวัดศรีสะเกษ สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนโคกสะอาดวิทยาคม จังหวัดศรีสะเกษ จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อระดับอุดมศึกษา ในสาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา หลังจากสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าทำงานที่ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ในตำแหน่งนักวิจัย

ในปี พ.ศ. 2554 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยขณะศึกษาได้รับทุนประเภททุนการศึกษาแก่นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาที่คณาจารย์ได้รับทุนวิจัยจากแหล่งทุนภายนอก (OROG) จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี และได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี