NUEJ
NARESUAN UNIVERSITY
ENGINEERING JOURNAL

ผลของการเผาอ้อยต่อคุณภาพอากาศและสมบัติของอ้อย
Effect of Sugar Cane Burning on Air Quality and Cane Properties

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง[1] และ ปาจรีย์ ทองสนิท[2]

[1]อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, E-mail: chaiwat_z@hotmail.com
[2]ผู้ช่วยศาตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, E-mail: pajareethongsanit@hotmail.com

บทคัดย่อ **– การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเผาอ้อยต่อคุณภาพอากาศ ในรูปของฝุ่นละอองรวม (TSP) และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน (PM10) และศึกษาผลของการเผาอ้อยต่อความสกปรกของอ้อย และค่าบริกซ์ของน้ำอ้อย โดยทำการศึกษาบริเวณพื้นที่ปลูกอ้อยหนาแน่นในเขตภาคเหนือในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อย จำนวน 6 จุด ประกอบด้วย พื้นที่บริเวณอำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ และพื้นที่รอยต่อระหว่างอำเภอสวรรคโลกและศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย จากการศึกษาองค์ประกอบไร่อ้อยเบื้องต้น พบว่า ไร่อ้อยประกอบด้วยใบสดและใบแห้ง 1.56 และ 2.45 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2554 และ ธันวาคม 2554 - มกราคม 2555 มีค่าระหว่าง 17-121 และ 27-64 มคก./ลบ.ม. ขณะที่มาตรฐานคุณภาพอากาศ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) กำหนดค่าฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ไม่เกิน 330 และ 120 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ จากการศึกษามลพิษจากการเผาใบอ้อยแห้งด้วยวิธีการกองเผาบนพื้นดินปริมาณ 0.5-1.5 กก./ตร.ม. พบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงสุด 165 และ 0.73 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ และการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวส่งผลทำให้อ้อยมีความสกปรกสูงขึ้นถึง 4 เท่า เมื่อเทียบกับการเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดสด และค่าบริกซ์ของน้ำอ้อยที่เก็บเกี่ยวด้วยวิธีการเผามีค่าสูงขึ้นเล็กน้อย ซึ่งอาจส่งผลทำให้คุณภาพของอ้อย (Commercial cane sugar, CCS) ลดลง**

Abstract **– This study aimed to investigate the effect of sugar cane burning on air quality in form of total suspended particle (TSP) and particulate matter (PM10) and the effects of pre-harvest burning on the sugar cane dirtiness and the brix of cane juice. The 6 locations were study during harvest period in Amphoe Phayuha Khiri, Nakhon Sawan province and Amphoe Sawankhalok and Si Satchanalai, Sukhothai province. The initial study showed that the cane planting area consisted of dry and fresh leaves of 1.56 and 2.45 ton/rai, respectively. The TSP and PM10 during the harvest period in January-February 2011 and December 2011-January 2012 in the study areas were 17-121 and 27-64 $\mu g/m^3$, while air quality standards of Notification of National Environmental Board No.24 (2004), the average of TSP and PM10 during 24 hours does not exceed 330 and 120 $\mu g/m^3$, respectively. The results of the simulated burning of 0.5-1.5 kg/m^2 of dry leaves showed that the maximum concentration of CO and NO_2 were 165, 0.73 ppm, respectively. The dirtiness of burnt cane increased 4 times compared with unburnt cane and the brix of burnt cane was slightly higher than unbernt cane that may reduce commercial cane sugar (CCS).**

Keywords – Air Pollution, Sugar Cane Burning, Agricultural Waste Burning

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญหลายชนิด ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย และมันสำปะหลัง โดยเฉพาะอ้อย ในปี 2553 มีพื้นที่ปลูกทั่วประเทศประมาณ 7.13 ล้านไร่ มีอ้อยเข้าสู่โรงงานกว่า 68 ล้านตัน [1] อ้อยที่เก็บเกี่ยวเกือบทั้งหมดจะถูกส่งเข้าโรงงานผลิตน้ำตาลและแอลกอฮอล์เป็นหลัก ฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยมักเริ่มในช่วงฤดูหนาวจนถึงฤดูแล้ง ซึ่งอาจยาวนานถึง 5-6 เดือน ปัจจุบัน

ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่มักเลือกใช้วิธีการเผาก่อนเก็บเกี่ยวหรือที่เรียกว่า “อ้อยไฟไหม้” กว่าร้อยละ 63 ของน้ำหนักอ้อยทั้งหมดที่ส่งเข้าโรงงาน [1] การเผาอ้อยและวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรเป็นแหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศที่สำคัญ ทั้ง ฝุ่นละอองขนาดเล็ก หมอกควัน และก๊าซพิษต่างๆ เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ รวมทั้งสารพิษบางชนิดในบรรยากาศมีแนวโน้มสูงขึ้น เช่น Polychlorinated dibenzo-p-dioxins และ Dibenzofurans [3] สารประกอบในรูปของ Cristobalite ในเถ้าที่จากการเผาไหม้เพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งปอด [2] สารอินทรีย์ละลายในน้ำฝนมีค่าสูงขึ้นกว่าช่วงปกติ [4] ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของเกษตรกร แรงงานตัดอ้อย และชุมชนใกล้เคียง ก่อให้เกิดสกปรกความรำคาญจากเศษขี้เถ้า และเกิดหมอกควันบดบังทัศนวิสัย การเผาอ้อยก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ส่งผลต่อสภาพภูมิอากาศ และเป็นสาเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อน นอกจากนั้นยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อเกษตรกรเจ้าของกิจการไร่อ้อยในด้านต่างๆ เช่น ทำให้ตออ้อยถูกทำลาย รวมทั้งยังทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินในไร่อ้อยลดลง ทำลายระบบนิเวศน์ในไร่ เกิดการการสูญเสียน้ำหนักอ้อย อ้อยมีความสกปรกมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลเสียต่อกระบวนการผลิต อาจทำให้เครื่องจักร ใบมีดลูกหีบ เกิดการสึกหลอชำรุดเสียหาย รวมทั้งการสูญเสียคุณภาพของอ้อยในรูปของ CCS ทำให้อ้อยไฟไหม้ถูกตัดราคาเกษตรกรมีรายได้ลดลง [5], [6], [7]

ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ฉบับที่ 4 พ.ศ.2535 ได้กำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการซื้อขายและชำระราคาอ้อยตามคุณภาพ ตาม [8] ซึ่งกำหนดให้ Commercial Cane Sugar (CCS) หมายถึง ค่าคุณภาพของอ้อยที่ได้มาจากร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลบริสุทธิ์ที่ผลิตได้จากอ้อยในสภาวะการผลิตมาตรฐานของโรงงานน้ำตาล ตัวแปรที่เกี่ยวข้องในวิเคราะห์ค่า CCS ประกอบด้วย ค่าบริกซ์ (Brix, B_1) ในน้ำอ้อย, ค่าโพล (Pol, P_1) ในน้ำอ้อยจากลูกหีบแรก และค่าร้อยละของชานอ้อยหรือเส้นใย (Fiber, F) การเปลี่ยนของพารามิเตอร์ดังกล่าวจะส่งผลโดยตรงต่อค่า CCS แสดงดังสมการ (1)

$$CCS = 0.9433P_1\frac{(100-F)}{100} - \frac{1}{2}\left[0.9660B_1\frac{(100-F)}{100} - 0.9433P_1\frac{(100-F)}{100}\right] \quad (1)$$

เมื่อ

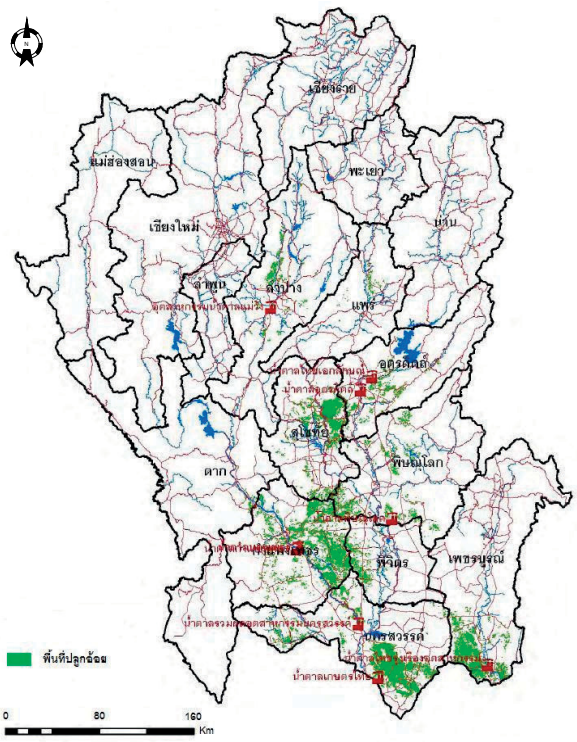
P_1 = โพล คือ ร้อยละของน้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อยที่ได้จากหีบชุดแรก วัดด้วยโพลาริมิเตอร์ (Polarimeter)

B_1 = บริกซ์ คือ ร้อยละของของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำอ้อยที่ได้จากหีบชุดแรก วัดด้วยรีแฟรกโตมิเตอร์ (Refractometer)

F = เส้นใย คือ ร้อยละของส่วนประกอบของอ้อยที่เข้าหีบที่ไม่ละลายน้ำ

ภาคเหนือของไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยกว่า 1.48 ล้านไร่ ในปี 2553 หรือคิดเป็นร้อยละ 20.7 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ ปลูกหนาแน่นในเขตจังหวัด สุโขทัย กำแพงเพชร เพชรบูรณ์ และนครสวรรค์ ดังรูปที่ 1 ซึ่งจากรายงานข้อมูลอ้อยที่เข้าสู่โรงงานของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ปี 2552/53 พบว่ากว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่ปลูกอ้อยในเขตภาคเหนือ เกษตรกรใช้วิธีการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว [1] แรงงานตัดอ้อยส่วนใหญ่มาจากภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้ผลตอบแทนตามจำนวนมัดหรือจ้างเหมาตามน้ำหนักอ้อยที่ตัดได้ หรือจ้างเหมาตามขนาดของพื้นที่ปลูกอ้อย สาเหตุหลักที่สำคัญที่แรงงานเลือกใช้วิธีการเผาอ้อยก่อนตัด คือ สามารถตัดอ้อยได้สะดวกรวดเร็วและได้ปริมาณต่อวันมากกว่า ทำให้ได้ค่าตอบแทนสูงกว่าการตัดอ้อยแบบตัดสด [7] การตัดอ้อยสดต้องใช้พลังงานและมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าการตัดอ้อยไฟไหม้ และได้ปริมาณที่ตัดต่อหน่วยเวลาน้อยกว่าการตัดอ้อยไฟไหม้ [9]

การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเผาอ้อยต่อคุณภาพอากาศในรูปของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว ในพื้นที่บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย และศึกษาผลของการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวต่อค่าความสกปรกของอ้อยและผลต่อค่าบริกซ์ของน้ำอ้อย เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการจัดการมลพิษในภาคการเกษตรและเพื่อให้เกษตรกรทราบและตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดจากการเผาอ้อย



รูปที่ 1 พื้นที่ปลูกอ้อยในเขตภาคเหนือ [1]

2. วัสดุและแผนการศึกษา

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) พื้นที่ศึกษาองค์ประกอบของไร่อ้อยเบื้องต้น เพื่อศึกษาปริมาณและร้อยละของอ้อยและใบอ้อยต่อหน่วยพื้นที่ปลูกอ้อย เพื่อใช้ประกอบการคำนวณหาปริมาณใบอ้อยที่คาดว่าจะถูกเผาใน ไร่อ้อย ซึ่งในที่นี้แบ่งองค์ประกอบของอ้อยออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ใบสด ใบแห้ง และลำต้นของอ้อย โดยทำการสุ่มตัดในพื้นที่ขนาดที่กำหนด บริเวณบ้านหนองมะคัง ตำบลทับยายเชียง อำเภอพรหมพิราม ในเขตจังหวัดพิษณุโลก และ 2) การกำหนดพื้นที่ศึกษามลพิษอากาศจากการเผาอ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อย โดยพิจารณาจากข้อมูลรายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปี 2552/2553 [1] ซึ่งเลือกศึกษาในพื้นที่ปลูกอ้อยเขตจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดนครสวรรค์ ซึ่งเป็นจังหวัดที่มีการปลูกอ้อยมากและมีหนาแน่นสูง โดยเลือกบริเวณรอยต่อระหว่างอำเภอศรีสัชนาลัยและอำเภอสวรรคโลก ของจังหวัดสุโขทัย และบริเวณอำเภอพยุหะคีรี ของจังหวัดนครสวรรค์ ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกร ระบุค่าพิกัดของแต่ละพื้นที่ที่ทำการตรวจวัดด้วยเครื่องระบุพิกัด GPS Garmin III plus

2.1 การศึกษาองค์ประกอบของไร่อ้อยเบื้องต้น

การศึกษาองค์ประกอบของไร่อ้อย ทำโดยสุ่มตัดตัวอย่างตัดอ้อยในไร่ บริเวณพื้นที่ศึกษาขนาด 2.5x3.0 ตร.ม. จำนวน 2 จุด ในแปลงที่ปลูกอ้อยรอบแรก และแปลงที่ปลูกอ้อยรอบที่สาม ของอ้อยสายพันธุ์เดียวกัน แล้วทำการตัดแยกองค์ประกอบออกเป็นใบแห้ง ใบสด และลำต้นอ้อย ใส่ในถุงพลาสติก แล้วชั่งน้ำหนัก คำนวณน้ำหนักเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัม/ไร่) ขององค์ประกอบต่างๆ เพื่อใช้ในการคาดคะเนปริมาณใบอ้อยที่ถูกเผาในช่วงฤดูการเก็บเกี่ยวอ้อย

2.2 การศึกษามลพิษอากาศ

ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน บริเวณกึ่งกลางพื้นที่ปลูกอ้อยหนาแน่น และบริเวณชุมชนที่ใกล้เคียง ในเขตจังหวัดสุโขทัย และนครสวรรค์ โดยอาศัยข้อมูลพื้นที่ปลูกอ้อย [1] โดยใช้เครื่องวัดฝุ่นละอองรวม ของ TISCH Air Environment Equipment และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน แบบ High Volume Air Sampler และใช้กระดาษกรอง Whatman Grade G653 ขนาด 8x10 นิ้ว ทำการตรวจวัดในพื้นที่ศึกษา ในช่วงเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2554 และธันวาคม 2554 มกราคม-2555 และทำการศึกษาลักษณะสัณฐานและวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างเถ้าใบอ้อยไหม้, ฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ที่เก็บได้บนกระดาษกรอง ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope SEM รุ่น Leo1455VP) ที่ติดตั้งอุปกรณ์ EDAX (Energy Dispersive Spectroscopy)

2.3 การศึกษามลพิษจากกองเผาใบอ้อยจำลอง

ทำการศึกษามลพิษจากการกองเผาใบอ้อยแห้ง โดยการกองเผาบนพื้นดิน โดยการสุ่มเก็บใบอ้อยแห้งจากไร่อ้อยมากองเผาในปริมาณที่ใกล้เคียงกับปริมาณที่พบในพื้นที่ปลูกอ้อย อย่างละ 3 ตัวอย่าง จัดวางใบอ้อยบนพื้นที่ขนาด 1.0x1.0 ตร.ม. โดยเกลี่ยให้สม่ำเสมอกัน ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดก๊าซแบบพกพา (Gas Alert Micro 5) บริเวณใต้ลมเพื่อตรวจวัดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเผาไหม้ และเครื่องมือวัดความเร็วลม(Anemometer Plus AR836) ที่ระยะห่างจากกองใบอ้อย 2 ม. สูงจากพื้น 0.5 ม. จำลองความเร็วลม 1-2 ม./วินาที ให้ใกล้เคียงกับสภาพการเผาในพื้นที่ด้วยพัดลมไฟฟ้า บันทึกความเข้มของก๊าซในระหว่างที่เกิดการเผาไหม้ต่อเนื่องจนกระทั่งใบอ้อยไหม้หมด

2.4 การศึกษาผลของการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวต่อค่าความสกปรกและค่าบริกซ์ของน้ำอ้อย

การวิเคราะห์ความสกปรกของอ้อย ทำโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยที่ตัดสดและอ้อยไฟไหม้ในแปลงเดียวกัน ใส่ถุงพลาสติก แล้วมาทำการวิเคราะห์ความสกปรกแบบเปียกด้วยวิธีการวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric Method) โดยทำการแยกเศษสิ่งสกปรก ได้แก่ เศษใบ กาบใบไหม้ ฉีดล้างด้วยน้ำกลั่นในปริมาตรที่เท่ากัน และนำน้ำและเศษวัสดุที่ได้จากการล้างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 103±2°C ชั่งน้ำหนักแห้ง แล้วคำนวณค่าความสกปรกเป็น กรัม/กิโลกรัมอ้อย

การวิเคราะห์ค่าบริกซ์ของน้ำอ้อย ทำโดยการสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยไฟไหม้และอ้อยสดในพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์เดียวกัน มาอย่างละ 6 ลำ ที่มีขนาดและความยาวของลำใกล้เคียงกัน โดยแต่ละลำจะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปลาย ส่วนกลาง และส่วนโคน ความยาวประมาณ 0.4-0.5 ม. นำอ้อยที่ได้มาทำความสะอาด แล้วนำไปหีบด้วยเครื่องหีบสแตนเลส แบบ 3 ลูกกลิ้ง ขนาด 3.5 แรงม้าในท้องถิ่น ทิ้งน้ำอ้อยส่วนแรกที่หีบได้ และแล้วจึงเก็บน้ำอ้อยที่เหลือใส่หลอดพลาสติกขนาด 30 มล.นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 20 นาที เพื่อกำจัดตะกอน แล้วนำสารละลายที่ได้มาวัดค่าบริกซ์ด้วยเครื่อง Brix Refractometer HANNA รุ่น HI96801 ที่อุณหภูมิห้อง จำนวน 3 ซ้ำ

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาองค์ประกอบของไร่อ้อยเบื้องต้น

เพื่อศึกษาองค์ประกอบเบื้องต้นของไร่อ้อย ได้แก่ ปริมาณใบอ้อยสด ใบอ้อยแห้ง และลำอ้อย ต่อหน่วยพื้นที่ปลูก โดยการสุ่มตัดตัวอย่างอ้อยในพื้นที่ขนาด 2.5x3.0 ตร.ม. จำนวนแปลงละ 2 จุด ในแปลงปลูกอ้อย ที่ทำการปลูกอ้อยรอบแรกและรอบที่สาม ของอ้อยพันธุ์ LK92-11 เนื่องจากอ้อยที่ปลูกแต่ละรอบมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันมาก เก็บรวบรวมใบอ้อยและลำต้นอ้อยทั้งหมดใส่ในถุงพลาสติก แล้วทำการตัดแยกองค์ประกอบออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ใบแห้ง ใบสด และลำต้นอ้อย ชั่งน้ำหนักแต่ละส่วน คำนวณน้ำหนักเฉลี่ยต่อหน่วยพื้นที่ ได้ผลดังตารางที่ 1 พบว่า องค์ประกอบทางกายภาพของอ้อย เมื่อคำนวณในพื้นที่ปลูกอ้อย 1ไร่ จะประกอบด้วย ใบอ้อยแห้ง 905-2,218 กก./ไร่ ใบอ้อยสด 1,419-3,477 กก./ไร่ และลำต้น 4,014-19,968 กก./ไร่ เมื่อเฉลี่ยแล้วพบว่าในพื้นที่ปลูกอ้อย ประกอบด้วยใบอ้อยแห้ง ใบอ้อยสด และลำต้นอ้อย เท่ากับ 1.56, 2.45 และ12.0 ตัน/ไร่ ตามลำดับ หรือคิดเป็นร้อยละของใบแห้งและใบสดต่อน้ำหนักอ้อยทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 13 และ 20 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของพื้นที่ปลูกอ้อย

การปลูก	องค์ประกอบ (กิโลกรัม/ไร่)		
	ใบอ้อยแห้ง	ใบอ้อยสด	ลำต้นอ้อย
ปลูกรอบที่ 1	2,218	3,477	19,968
ปลูกรอบที่ 3	905	1,419	4,014
เฉลี่ย	1,562	2,448	11,991

จากข้อมูลพื้นที่การปลูกอ้อยและร้อยละของอ้อยไฟไหม้จากรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ปี 2552/2553 [1] พบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคตะวันออก มีค่าเท่ากับ 1.48, 2.35, 2.85 และ 0.45 ล้านไร่ ตามลำดับ มีปริมาณอ้อยที่เข้าสู่โรงงาน 19.16, 21.98, 23.79 และ 3.54 ล้านตัน ตามลำดับ เป็นอ้อยไฟไหม้ถึงร้อยละ 73.9, 61.3, 58.0 และ 66.7 โดยน้ำหนักตามลำดับ ค่าเฉลี่ยร้อยละของอ้อยไฟไหม้ที่เข้าสู่โรงงานทั้งประเทศคิดเป็นร้อยละ 63.9 ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับองค์ประกอบของใบอ้อยในไร่ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่าภูมิภาคที่คาดว่ามีปริมาณใบอ้อยแห้งถูกเผาก่อนเก็บเกี่ยวมากที่สุดได้แก่ ภาคเหนือ รองลงมาได้แก่ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก มีค่าประมาณ 1.84, 1.79, 1.75 และ 0.31 ล้านตัน/ปี (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ รวมใบอ้อยแห้งที่ถูกเผาก่อนเก็บเกี่ยวทั้งประเทศประมาณ 5.69 ล้านตัน/ปี (น้ำหนักเปียก)

หากพิจารณาว่าเกษตรกรจะทำการกำจัดใบอ้อยทั้งหมดที่เหลือทิ้งในไร่อ้อยหลังการเก็บเกี่ยวในรูปแบบของวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรด้วยวิธีการเผาทิ้งทั้งหมด ก่อนที่จะทำการปลูกอ้อยในรอบถัดไป จากการศึกษาครั้งนี้สามารถคาดคะเนได้ว่าจะมีปริมาณใบอ้อยถูกเผาทิ้งในภูมิภาคต่างๆ ทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ปริมาณมากถึง 6.32, 7.85, 7.25 และ 1.17 ล้านตัน/ปี (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ คาดว่าจะมีใบอ้อยทั้งหมดที่ถูกเผาหลังการเก็บเกี่ยวทั้งประเทศมากถึง 22.60 ล้านตัน/ปี (น้ำหนักเปียก) ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การคาดคะเนปริมาณใบอ้อยที่ถูกเผา

ภูมิภาค	ปริมาณใบอ้อย (ล้านตัน)		
	ใบแห้ง	ใบสด	รวม
เหนือ	2.49	3.83	6.32
กลาง	2.86	4.40	7.25
ตะวันออกเฉียงเหนือ	3.09	4.76	7.85
ตะวันออก	0.46	0.71	1.17
รวม	8.90	13.69	22.60

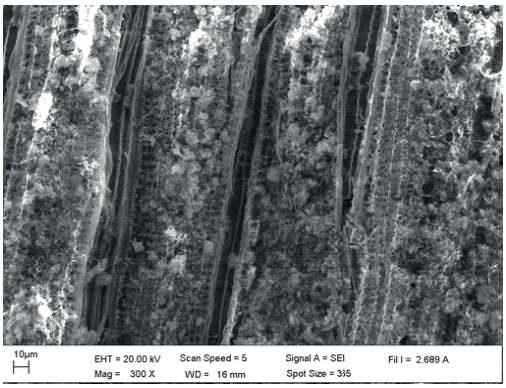
3.2 ผลการศึกษามลพิษอากาศ

ทำการติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนบริเวณพื้นที่ศึกษา โดยอาศัยเครื่องวัดฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน แบบ High Volume Air Sampler ในพื้นที่ศึกษาแต่ละจุด ซึ่งประกอบด้วย อำเภอพยุหะคีรี จังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 3 จุด และพื้นที่รอยต่อระหว่างอำเภอสวรรคโลกและศรีสัชนาลัย จำนวน 3 จุด รวม 6 จุด ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกอ้อยหนาแน่นในเขตภาคเหนือ ในช่วงมกราคม-กุมภาพันธ์ 2554 และช่วงธันวาคม 2554 – มกราคม 2555 ดังตารางที่ 3 ฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนในพื้นที่ 6 จุดของทั้ง 2 จังหวัด ในช่วงเวลาที่ศึกษา มีปริมาณฝุ่นละอองรวมอยู่ในช่วง 17-121 มคก./ลบ.ม. และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนอยู่ในช่วง 27-64 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป คือ ค่าเฉลี่ยของฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน ในเวลา 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 330 และ 120 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ [10] ซึ่งผลการตรวจวัดฝุ่นละอองที่ได้มีค่าน้อย อาจเกิดจากปริมาณฝนที่ตกยาวนานในช่วงฤดูฝนถึงปลายปี 2554 เป็นปีที่ประเทศไทยประสบอุทกภัย รวมทั้งการปรับเปลี่ยนรูปแบบการเก็บเกี่ยวอ้อยของเกษตรกรในช่วงที่เกิดฝนตกและมีน้ำท่วมขังในพื้นที่ปลูกอ้อย อาจส่งผลทำให้ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศที่ตรวจวัดได้มีค่าน้อยและไม่เกินเกณฑ์คุณภาพอากาศที่กำหนด

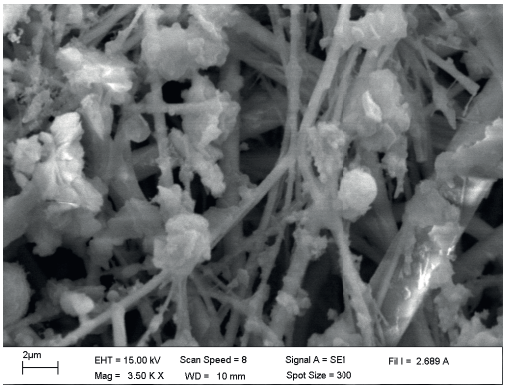
การเผาวัสดุเหลือใช้จากการเกษตรส่งผลทำให้ปริมาณฝุ่นละอองในบรรยากาศมีค่าสูงกว่าช่วงปกติ จากการศึกษาในพื้นที่การเกษตรของเกาหลี ในช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นฤดูการเผาวัสดุการเกษตร ในปี 2546 พบว่า ฝุ่นละอองขนาดไม่เกิน 10 ไมครอนและไม่เกิน 2.5ไมครอน มีค่าเฉลี่ยเป็น

ตารางที่ 3 ผลการตรวจวัดฝุ่นละอองรวม และฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน

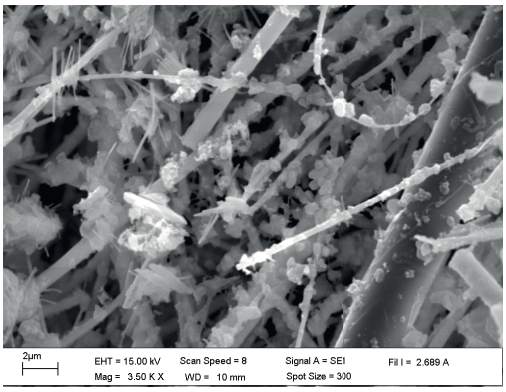
จังหวัด	สถานที่/ตำแหน่ง	TSP (มคก./ลบ.ม.)		PM10 (มคก./ลบ.ม.)	
สุโขทัย	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไผ่ตะล่อม ต.คลองยาง อ.สวรรคโลก	17 (28 ม .ค.54)	43 (9 ธ .ค.54)	34 (27 ม .ค.54)	32 (28 ม .ค.54)
	หน่วยส่งเสริมการปลูกอ้อยชัยคีรี อ.ศรีสัชนาลัย	50.0 (29 ม .ค.54)	38 (10 ธ .ค.54)	35 (27 ม .ค.54)	45 (28 ม .ค.54)
	สหกรณ์การเกษตรปฏิรูปที่ดิน ศรีสัชนาลัย จำกัด อ. ศรีสัชนาลัย	-	55 (11 ธ .ค.54)	36 (27 ม .ค.54)	41 (28 ม .ค.54)
นครสวรรค์	โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล บ้านทรัพย์ไพรวัลย์ ต.เขากะลา อ.พยุหะคีรี	95 (11 ม .ค.54)	121 (7 ม .ค.55)	39 (31 ม .ค.54)	34 (1 ก .พ.54)
	บ้านไร่สวนเกล็ดจีน ต.นิคมเขาบ่อแก้ว อ.พยุหะคีรี	85 (12 ม .ค.54)	119 (8 ม .ค.55)	27 (31 ม .ค.54)	35 (1 ก .พ.54)
	องค์การบริหารส่วนตำบลเขากะลา อ.พยุหะคีรี	-	-	64 (31 ม .ค.54)	50 (1 ก .พ.54)
มาตรฐาน	ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) [10]	330		120	



(a) เถ้าใบอ้อย



(b) ฝุ่นละอองรวม



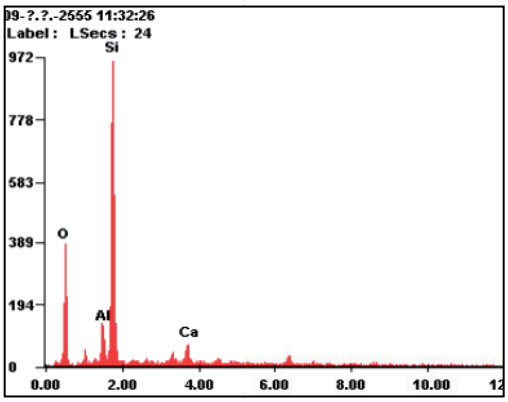
(c) ฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน

รูปที่ 2 ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

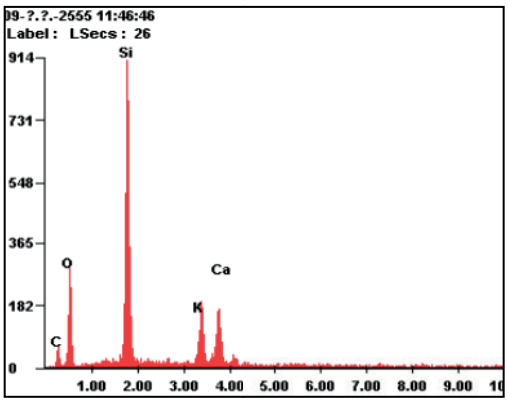
(a) เถ้าใบอ้อย (b) TSP และ (c) PM10

86.6 และ 67.9 มคก./ลบ.ม. ขณะที่ช่วงเวลาปกติมีค่าเท่ากับ 48.9 และ 35.6 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ [16]

รูปที่ 2 (a) แสดงลักษณะสัณฐานของเถ้าใบอ้อยที่ถูกเผาในพื้นที่ ที่กำลังขยาย 100 เท่า เปรียบเทียบกับฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอน บนกระดาษกรองของเครื่องเก็บฝุ่น ที่กำลังขยาย 3,500 เท่า ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) ดังรูปที่ 2 (b) และ 2 (c) ตามลำดับ และรูปที่3 (a) แสดงผลการวิเคราะห์ธาตุด้วย EDAX (Energy Dispersive Spectroscopy) ที่ติดตั้งร่วมกับจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ของตัวอย่างเถ้าใบอ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อย เปรียบเทียบกับตัวอย่างฝุ่นละอองรวมบนกระดาษกรองจากเครื่องเก็บฝุ่นรวม พบว่าเถ้าใบอ้อยไหม้มีธาตุ O, Si, C, Ca และ K เป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ที่สัดส่วนร้อยละ 40, 27, 16, 9 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Spectrum ของฝุ่นละอองรวมที่เก็บได้บนกระดาษกรองของเครื่องเก็บฝุ่นรวม ดังรูปที่ 3 (b)



(a) เถ้าใบอ้อย



(b) ฝุ่นละอองรวม

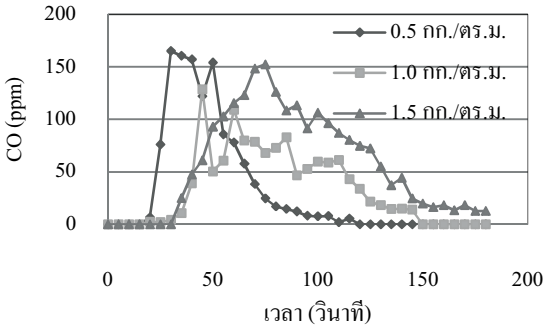
รูปที่ 3 Spectrum (a) เถ้าใบอ้อย และ (b) ฝุ่นละอองรวม

3.2 ผลการศึกษาการกองเผาใบอ้อยจำลอง

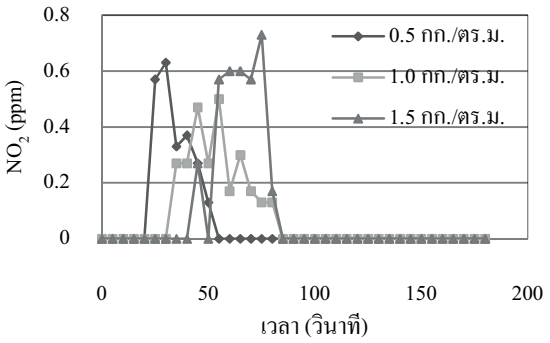
จากการนำใบอ้อยแห้ง มาทำการกองเผาจำลองบนพื้นดินที่ปริมาณใบอ้อยแห้ง 0.5, 1.0 และ 1.5 กก./ตร.ม. ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณใบอ้อยที่ตรวจวัดได้ในพื้นที่ปลูกอ้อย เพื่อศึกษาปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นระหว่างที่เกิดการเผาไหม้ โดยทำการตรวจวัดคาร์บอนมอนอกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ ตลอดช่วงเวลาที่เกิดการเผาไหม้ ได้ผลดังรูปที่ 4 และ 5 พบว่า การลุกไหม้ของใบอ้อยจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่กำหนด ขนาด 1.0x1.0 ตร.ม. ภายในระยะเวลา 3 นาที ค่าความเข้มข้นสูงสุดของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ที่ตรวจวัดได้ในช่วงที่เกิดการลุกไหม้ที่ห่างจากกองใบอ้อย 2 ม. มีค่าเป็น 165 และ 0.73 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับขณะที่มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไป ตามประกาศคณะกรรมการ

สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10(พ.ศ.2538) กำหนดค่าเฉลี่ยคาร์บอนมอนอกไซด์ในเวลา 1 ชั่วโมง ไม่เกิน 30 ส่วนในล้านส่วน[11] และประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2552) กำหนดค่าเฉลี่ยไนโตรเจนไดออกไซด์ ในเวลา 1 ชั่วโมง ไม่เกิน 0.17 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ [12]

จากการศึกษาในพื้นที่การเกษตรของเกาหลี ในช่วงฤดูร้อนซึ่งเป็นฤดูการเผาวัสดุการเกษตร ในปี 2546 พบว่า ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ ในบรรยากาศมีค่า 4.9 และ 0.03 ส่วนในล้านส่วน ขณะที่ค่าเฉลี่ยทั้งปี มีค่าเป็น 4.7 และ 0.03 ส่วนในล้านส่วน ตามลำดับ [16]



รูปที่ 4 คาร์บอนมอนอกไซด์จากการเผาใบอ้อย



รูปที่ 5 ไนโตรเจนไดออกไซด์จากการเผาใบอ้อย

นอกจากนั้นยังพบว่า ในระหว่างที่ทำการเผาไหม้ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะมีค่ามากและค่อยๆ ลดลงตลอดช่วงที่เกิดการเผาไหม้ ขณะที่ความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ จะมีค่าสูงเฉพาะในช่วงที่ใบอ้อยเกิดการติดไฟอย่างรุนแรง ดังรูปที่ 4 และ5 ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวและการเผาใบอ้อยของเกษตรกรในไร่ที่มีพื้นที่กว้าง จึงอาจก่อให้เกิดก๊าซมลพิษดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้นสูงต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ซึ่งอาจส่งผลกระทบโดยตรงต่อสุขภาพของเกษตรกร แรงงานตัดอ้อย และชุมชนในบริเวณใกล้เคียง

3.3 ผลการศึกษาผลของการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวต่อค่าความสกปรกและค่าบริกซ์ของน้ำอ้อย

การศึกษาผลของการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวต่อค่าความสกปรกของลำอ้อย เพื่อเปรียบเทียบความสกปรกของอ้อยที่เก็บเกี่ยวแบบตัดสดและแบบอ้อยไฟไหม้โดยสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยที่ตัดสดและอ้อยไฟไหม้ในแปลงเดียวกัน มาทำการวิเคราะห์ความสกปรก ได้ผลดังตารางที่ 4 พบว่าความสกปรกของอ้อยสดค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.92 กรัม/กิโลกรัม อ้อยไฟไหม้มีความสกปรกค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.53 กรัม/กิโลกรัม ความสกปรกของอ้อยไฟไหม้มีค่าสูงกว่าความสกปรกของอ้อยสด ความสกปรกของอ้อยที่เข้าสู่โรงงานน้ำตาลอาจส่งผลเสียต่อกระบวนการผลิตของโรงงาน ทำให้เครื่องจักร ลูกหีบ และใบมีด เกิดการสึกหลอและชำรุดเสียหายได้ ทำให้ต้องใช้เวลาปิดซ่อมบำรุงบ่อยครั้งมากขึ้น และเป็นระยะเวลานาน [7] อ้อยไฟไหม้จะมีสิ่งเจือปนที่ติดมาสูงกว่าอ้อยตัดสด [14] สิ่งเจือปนก่อให้เกิดการสูญเสียน้ำตาลไปกับกากอ้อย ประสิทธิภาพการผลิตลดลง ผลิตน้ำตาลได้ต่ำกว่ากำหนด อายุการใช้งานของเครื่องจักรลดลง [15]

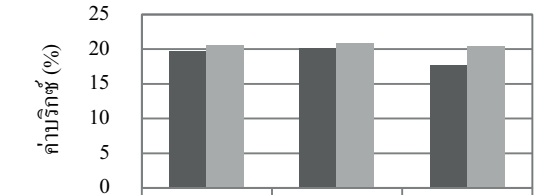
ตารางที่ 4 ความสกปรกของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้

อ้อย	ความสกปรก (กรัม/กิโลกัม)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
อ้อยสด	1.18	1.15	3.44	1.92
อ้อยไฟไหม้	13.18	4.87	4.55	7.53

การศึกษาผลของการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยวต่อค่าบริกซ์ของน้ำอ้อย โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างอ้อยไฟไหม้และอ้อยสดในพื้นที่ปลูกอ้อยพันธุ์ LK92-11 อย่างละ 6 ลำ โดยแต่ละลำจะถูกแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนปลาย ส่วนกลาง และส่วนโคน นำมาเข้าเครื่องหีบภายในระยะเวลาสั้นๆ ไม่เกิน 3 ชั่วโมง แล้วนำน้ำอ้อยที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าบริกซ์ทันที ได้ผลดังรูปที่ 6

จากการศึกษาพบว่า อ้อยไฟไหม้มีค่าบริกซ์ของน้ำอ้อยในส่วนโคน ส่วนกลาง และส่วนปลาย ของลำอ้อยสูงกว่าอ้อยสดเล็กน้อย ซึ่งค่าบริกซ์ของอ้อยส่วนโคนมีค่าเป็น 20.47 และ 19.73 อ้อยส่วนกลางมีค่าเป็น 20.83 และ 20.07 และอ้อย

ส่วนปลายมีค่าเป็น 20.46 และ 17.63 สำหรับอ้อยไฟไหม้และอ้อยสด ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของค่าบริกซ์ ของน้ำอ้อยอาจเป็นผลจากความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างการเผาไหม้ ทำให้เกิดการสูญเสียความชื้นของลำอ้อย ส่งผลให้ของแข็งละลายในน้ำอ้อยสูงขึ้น ทำให้ค่าบริกซ์ของอ้อยไฟไหม้มีค่าสูงกว่าอ้อยสด ขณะที่ส่วนปลายอาจเป็นส่วนที่ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้สูงกว่าส่วนอื่นๆ ของต้นอ้อย จึงทำให้ค่าบริกซ์ของส่วนปลายมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าสวนอื่นๆ อย่างชัดเจน ซึ่งสอดคล้องกับ มนต์ชัย ซึ่งพบว่าการเผาอ้อยทำให้น้ำหนักอ้อยลด ค่าคุณภาพอ้อยลดลง อ้อยไฟไหม้ที่ค้างไร่เป็นเวลานาน น้ำหนักอ้อยและคุณภาพอ้อยจะลดลงอย่างรวดเร็ว [7] อ้อยไฟไหม้ เพิ่มอัตราการสูญเสียน้ำตาลกลูโคสโดยจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนทำให้น้ำตาลกลูโคสเปลี่ยนเป็นแด็คแทรินที่มีลักษณะเป็นเมือกเหนียว ทำให้กระบวนการผลิตน้ำตาลมีประสิทธิภาพลดลง ผลิตน้ำตาลต่อตันอ้อยได้น้อยลง [13] อ้อยไฟไหม้ยืนต้นมีแนวโน้มที่ทำให้ CCS ลดลง [14]



	ส่วนโคน	ส่วนกลาง	ส่วนปลาย
อ้อยสด	19.73	20.07	17.63
อ้อยไฟไหม้	20.47	20.83	20.46

รูปที่ 6 ค่าบริกซ์ของอ้อยสดและอ้อยไฟไหม้

เนื่องจากปัจจุบันสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายได้กำหนดให้ค่า CCS เป็นตัวแปรที่ใช้ในการกำหนดราคารับซื้ออ้อยของโรงงานผลิตน้ำตาล อ้อยที่มีค่า CCS สูงจะขายได้ราคาสูงกว่าอ้อยที่มีค่า CCS ต่ำ ซึ่งจากความสัมพันธ์ดังสมการ (1) พบว่า การเพิ่มขึ้นของค่าบริกซ์ มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่าคุณภาพอ้อยในรูปของ CCS ที่คำนวณได้มีค่าลดลง

4. สรุปผลการวิจัย

ในปี 2552/53 พื้นที่ปลูกอ้อยทั่วประเทศกว่า 7.13 ล้านไร่ มีปริมาณอ้อยเข้าสู่โรงงานกว่า 68.47 ล้านตัน โดยเป็นอ้อยไฟไหม้เฉลี่ยร้อยละ 63.9 ของน้ำหนักอ้อยที่ส่งเข้าโรงงาน ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ประมาณได้ว่าจะมีใบอ้อยแห้งถูกเผาก่อนเก็บเกี่ยวในไร่อ้อยกว่า 5.69 ล้านตัน/ปี และอาจมีปริมาณสูงถึงกว่า 22.60 ล้านตัน/ปี หากเกษตรกรเลือกใช้วิธีการกำจัดใบอ้อยทั้งหมดที่เหลือทิ้งในไร่ด้วยวิธีการเผาใบทิ้งทั้งหมด หลังจากการเก็บเกี่ยวแม้ว่ามลพิษอากาศในรูปของฝุ่นละอองรวมและฝุ่นละอองขนาดเล็กไม่เกิน 10 ไมครอนในพื้นที่ปลูกอ้อยของจังหวัดสุโขทัยและนครสวรรค์ ในช่วงเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ 2554 และ ธันวาคม 2554 - มกราคม 2555 จากการศึกษาครั้งนี้ มีค่า 17-121 มคก./ลบ.ม. และ 27-64 มคก./ลบ.ม. ตามลำดับ ซึ่งแม้จะไม่เกินในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศโดยทั่วไปตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) แต่ผลการตรวจวัดครั้งในนี้เป็นเพียงข้อมูลจากการศึกษาในช่วงระยะเวลาสั้นๆ เท่านั้น อาจไม่สามารถสะท้อนให้เห็นมลพิษอากาศที่แท้จริงตลอดช่วงฤดูกาลเก็บเกี่ยวได้ รวมทั้งปี 2554 เป็นปีที่มีปริมาณฝนตกมาก จึงอาจส่งผลทำให้ฝุ่นละอองที่ตรวจวัดได้มีค่าต่ำ นอกจากนั้นยังพบว่า การเผาใบอ้อยก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และไนโตรเจนไดออกไซด์ความเข้มข้นสูงซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อเกษตรกรแรงงานตัดอ้อย และชุมชนใกล้เคียง และพบว่าอ้อยไฟไหม้มีความสกปรกมากกว่าอ้อยที่ตัดสด และมีค่าบริกซ์ของน้ำอ้อยสูงกว่าอ้อยตัดสด เนื่องจากค่าบริกซ์เป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการคำนวณค่าคุณภาพของอ้อยในรูปของ CCS ซึ่งถูกใช้สำหรับกำหนดราคารับซื้ออ้อยของโรงงานน้ำตาลในปัจจุบันตามที่สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายกำหนดไว้ ค่าบริกซ์สูงขึ้นส่งผลให้คุณภาพของอ้อยในรูปของ CCS ลดลง ดังนั้นหากอ้อยที่เก็บเกี่ยวเข้าสู่โรงงานของเกษตรกรมีความสกปรกมากขึ้นและค่าคุณภาพอ้อยในรูปของ CCS ลดลง จึงส่งผลโดยตรงต่อเกษตรกรผู้ปลูกอ้อย ทำให้โรงงานน้ำตาลรับซื้ออ้อยจากเกษตรกรในราคาที่ต่ำลง

การลดการเผาอ้อย จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือของทุกภาคส่วน ได้แก่ เกษตรกร แรงงานตัดอ้อย ภาคอุตสาหกรรมอ้อย และภาครัฐ โดยอาศัยกลไกและมาตรการต่างๆ ควบคู่กัน เช่น การปลูกสร้างจิตสำนึกและทัศนคติที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม การอาศัยกลไกทางการตลาดในการควบคุมอ้อยไฟไหม้สู่โรงงาน การพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สามารถกำจัดใบอ้อยหรือสามารถปรับเปลี่ยนเศษใบอ้อยที่ตกค้างในไร่ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ เช่น การหมักปุ๋ย การผลิตพลังงาน การจัดตั้งศูนย์กลางอบรมให้ความรู้และวาง

แผนการเก็บเกี่ยวอ้อยที่เหมาะสม รวมทั้งการส่งเสริมสนับสนุนการเช่าเครื่องตัดอ้อยในราคาที่เหมาะสม เป็นต้น จึงจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนสืบไป

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติผู้ให้การสนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่สนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณหน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่อนุญาตเก็บตัวอย่างอ้อยและติดตั้งเครื่องมือตรวจวัดในภาคสนาม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, *รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย ปีการผลิต 2552/2553*, 2554. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จาก http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-3376.pdf

[2] Blond J.S.L., Williamson B.J., Horwell C.J., Monro A.K., Kirk C.A. and Oppenheimer C, Production of potentially hazardous respirable silica airborne particulate from the burning of sugarcane. *Atmospheric Environment*. vol. 42, pp. 5558-5568, 2008.

[3] Lee J.J., Engling G., Lung S.C. and Lee K.Y, Particle size characteristic of levoglucosan in ambient aerosols from rice straw burning. *Atmospheric Environment*. vol. 42, pp. 8300-8308, 2008.

[4] Coelho C.H., Francisco J.G., Nogueira R.F.P. and Campos M.L.A.M, Dissolved organic carbon in rain water from areas heavily impacted by sugar cane burning. *Atmospheric Environment*. vol. 42, pp. 7115-7121, 2008.

[5] อรรถสิทธิ์ บุญธรรม ,*การเก็บเกี่ยวอ้อย เอกสารวิชาการ การปลูกดูแลรักษาพันธุ์อ้อย*, 2544.

[6] กรมพัฒนาที่ดิน, *เอกสารวิชาการ อ้อย*, 2546.

[7] มนต์ชัย หน่อสุวรรณ, *หยุดเผาอ้อย หยุดทำลายสิ่งแวดล้อม*. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จาก http://www.ocsf.or.th/Article/art-2.pdf

[8] สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย,*ประกาศคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ฉบับที่ 4 (พ.ศ.2535)*. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จาก http://oldweb.ocsb.go.th/uploads/contents/8/attachfiles/F6031_24.pdf

[9] Müller M. L. and Coetsee M. F. Physiological demands and working efficiency of sugarcane cutters in harvesting burnt and unburnt cane. *International Journal of Industrial Ergonomics*. vol. 38, pp. 314-320, 2008.

[10] กรมควบคุมมลพิษ, *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 24 (พ.ศ. 2547) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป*. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จาก http://infofile.pcd.go.th/law/2_51_air.pdf

[11] กรมควบคุมมลพิษ, *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2538) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป*.สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จาก http://infofile.pcd.go.th/law/2_36_air.pdf

[12] กรมควบคุมมลพิษ, *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2552) เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ในบรรยากาศโดยทั่วไป*. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จากhttp://infofile.pcd.go.th/law/2_91_air.pdf

[13] กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการดิน กรมพัฒนาที่ดิน .*เอกสารวิชาการ อ้อย*, 2546.

[14] ธวัช ตินนังวัฒนะ. *การทำไร่อ้อยยุคใหม่ บทที่ 5 การเก็บเกี่ยวและขนส่ง* ,2543. สืบค้นเมื่อ 15 มีนาคม 2554, จาก http://oldweb.ocsb.go.th/udon/All%20text/1.Article/01-Article%20P9.1.htm

[15] สุพรรณ ยั่งยืน. การทำความสะอาดอ้อยในกระบวนการผลิตน้ำตาล. *วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. ฉบับที่ 39 (2), 195-202, 2555.

[16] Ryu S.Y., Kwon B.G., Kim Y.J., Kim H.H. and Chum K.J. Characteristic of biomass burning aerosol and its impact on regional air quality in the summer of 2003 at Gwangju, Korea. *Atmospheric Research*. Vol. 84, pp. 362-373. 2007.

7. เกี่ยวกับผู้เขียน

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง
อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร.ปาจรีย์ ทองสนิท
ผู้ช่วยศาตราอาจารย์
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยนเรศวร