

อิทธิพลของการใช้เถ้าชีวมวลผสมจากการเผาเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรร่วมกับเปลือกไม้ที่มีต่อสมบัติดิน ผลผลิตและคุณภาพอ้อย

The influence of mixed biomass ashes from combustion of crop and bark residues on soil properties, sugarcane yield and quality

จรัณธร บุญญาภาพ^{1*}, ปัทมกร มุลทะลิตธิ¹, กัญจน์ชญา เมาลี², ภาวช วิจารัตน์³,
ภรภัทร สร้อยมี¹, ชุตินา สร้อยสนธิ¹ และ ธานีชนก มีเหลี่ยม¹

Jaruntorn Boonyanuphap^{1*}, Pathamakorn Moolthasit¹, Kanchaya Maosew²,
Ponphat Sroimee¹, Chutima Sroison¹ and Thanchanok Meeliam¹

บทคัดย่อ : การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้เถ้าชีวมวลผสมต่อสมบัติดินและคุณภาพผลผลิตอ้อย โดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินชั้นบนและผลผลิตอ้อยระหว่างชุดการทดลอง 3 วิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่เถ้าชีวมวล (A0) 2) ใส่เถ้าชีวมวลจำนวน 3 ตัน/ไร่ (A3) และ 3) ใส่เถ้าชีวมวลจำนวน 6 ตัน/ไร่ (A6) การใส่เถ้าชีวมวลในชุดการทดลอง A3 และ A6 ส่งผลให้อนุภาคทรายแป้ง แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณอนุภาคทรายลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ความเป็นกรดต่าง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ไนโตรเจนทั้งหมด และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้นในชุดการทดลอง A6 ขณะที่การนำไฟฟ้า ปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นในชุดการทดลอง A3 การใส่เถ้าชีวมวลผสมปริมาณ 3 และ 6 ตัน/ไร่ มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างของดินและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ชุดทดลอง A6 มีการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตมากกว่าของชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีผลผลิตอ้อย 19.09 ตัน/ไร่ และมีค่าปริกซ์ ค่าโพล ค่าความบริสุทธิ์ของน้ำตาล และค่าความหวานของอ้อยเท่ากับร้อยละ 21.12, 19.41, 91.87 และ 15.22 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณร้อยละของเส้นใยอ้อยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

คำสำคัญ : อ้อย, เถ้าชีวมวล, การใช้ประโยชน์จากของเสียเหลือทิ้ง

Received September 4, 2019

Accepted February 24, 2020

¹ ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand

² มูลนิธิสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย เมืองทองธานี ถนนบอนด์สตรีท ตำบลบางพูด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

Thailand Environment Institute Foundation (TEI), Bond Street, Bangpood, Pakkred, Nonthaburi 11120 Thailand

³ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand

* Corresponding author: charuntomb@nu.ac.th

ABSTRACT: This study aimed to investigate the influence of mixed biomass ash on soil properties and sugarcane yield quality by comparing topsoil properties, sugarcane yield, and quality between 3 treatments consist of planting sugarcane without applying mixed biomass ash (A0), planting sugarcane with 3 t/rai of mixed biomass ash (A3), and planting sugarcane with 6 t/rai of mixed biomass ash (A6). The results indicated that the increase of silt particle, exchangeable Ca, and CEC were found in A3 and A6 treatments, but on the contrary, the significantly (0.05) decrease in sand particle was also found in both treatments. Furthermore, clay particle, pH, total nitrogen, and exchangeable Mg were significantly ($P < 0.05$) increased for A6, while the increases in EC, exchangeable K, and exchangeable Na were found in A3. It appears that mixed biomass ashes application of 3 and 6 tons/rai can significantly ($P < 0.05$) influenced the change in soil pH and exchangeable Ca which treatment A6 showed higher growth and yield quality than other treatments with the yield of 19.09 tons/rai. The sugarcane yield of A6 showed the values of Brix, Pol, Purity, and C.C.S. as 21, 12, 19.41, 91.87, and 15.22 %, respectively. There was no statistically significant difference ($P > 0.05$) among the treatments with respect to fiber content.

Keywords: sugarcane, biomass ash, waste utilization

บทนำ

ปัจจุบันรัฐบาลมีนโยบายและยุทธศาสตร์ในการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานทดแทนที่มีอยู่ในธรรมชาติหรือจากของเหลือทิ้งจากทั้งภาคเกษตรกรรม ภาคอุตสาหกรรม และรวมถึงภาคครัวเรือนหรือชุมชน โดยเฉพาะพลังงานทดแทน ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าควรเป็นพลังงานทดแทนที่สะอาด ไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น ในประเทศไทยมีการใช้พลังงานทดแทน 2,895 พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (ktoe) ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.4 ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายจากช่วงเดียวกันของปีก่อน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2560) ขณะที่พลังงานชีวมวล (Biomass Energy) เป็นพลังงานที่ถูกเก็บสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตหรือสารอินทรีย์ทั่วไปตามธรรมชาติสามารถนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ แหล่งพลังงานชีวมวลอาจได้มาจากแหล่งธรรมชาติหรือเศษวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตในภาคเกษตรกรรมหรือภาคอุตสาหกรรม จนปัจจุบันเชื้อเพลิงชีวมวลบางประเภทมีการซื้อขาย และมีกลไกด้านการตลาดจนครบวงจรแล้ว หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นชีวมวลประเภทเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์

อย่างไรก็ตาม แถ้าชีวมวล ซึ่งเป็นแถ้าที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดที่เกิดจากการใช้วัสดุทางการเกษตรหรือวัสดุที่เกี่ยวข้อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเป็นเชื้อเพลิงให้ความ

ร้อนในโรงงานอุตสาหกรรม พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงหลายปีที่ผ่านมา และส่วนใหญ่ยังไม่ได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์แต่อย่างใด จึงต้องมีการนำไปกำจัดทิ้งในบ่อที่เตรียมไว้หรือใช้ในการถมที่ (ชัย, 2555) นอกจากการนำไปใช้ถมที่แล้ว ในปี 2531 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตได้นำแถ้าลอยลิกไนต์จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะไปใช้เป็นวัสดุถมสำหรับงานก่อสร้างและงานซ่อมแซมต่างๆ แทนวัสดุงานดินหลายประเภท เช่น งานก่อสร้างและงานซ่อมแซมฐานรากสถานีไฟฟ้าแรงสูงแม่เมาะ งานก่อสร้างชั้นพื้นทางถนน เป็นต้น ต่อมา ปี 2537 ได้นำแถ้าลอยลิกไนต์โรงไฟฟ้าแม่เมาะไปใช้ในงานก่อสร้างเขื่อนคอนกรีตบดอัด (RCC) ที่เขื่อนปากมูล และได้ทดลองใช้กับงานคอนกรีตอีกหลายประเภทในโครงการก่อสร้างต่างๆ เช่น งานก่อสร้างถนนคอนกรีตบดอัด (RCCP) รวมทั้งได้นำไปใช้ทดแทนซีเมนต์ในงานคอนกรีตทั่วไป และใช้ทดลองทำผลิตภัณฑ์คอนกรีตสำเร็จรูปอื่นๆ เช่น คอนกรีตตัวหนอนอนุพิวสวนาม (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแม่เมาะ, 2559) ปัจจุบันประเทศไทยจึงมีการนำแถ้าชีวมวลจากการเผาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมไม้ (Agricultural and forest residuals) ไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายมากขึ้น เช่น การใช้แถ้าแกลบ (Rice hush ash) หรือแถ้าจากการเผาขานอ้อย (Bagasse ash) ในงานคอนกรีตหรือนำไปทำอิฐบล็อกประสาน (กิตติชาติ และคณะ, 2562) อีกทั้ง สามารถนำไปใช้ในด้านเกษตรกรรม เช่น ใช้แถ้าแกลบเป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย (สุดชล และธีรยุทธ, 2558) หรือการใช้แถ้าไม้

ยางพาราเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวในดินกรด (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2558) เป็นต้น ทั้งนี้ การใช้ซ้ำ (Reuse) และการแปรรูปใช้ใหม่ (Recycling) ของเถ้าชีวมวล เพื่อใช้เป็นทรัพยากรใหม่ถือได้ว่าเป็นส่งเสริมการพัฒนาของเศรษฐกิจหมุนเวียน (Circular economy) ซึ่งเป็นแนวคิดการดำเนินธุรกิจที่ใช้ทรัพยากรที่มีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการใช้ทรัพยากรหมุนเวียน กระบวนการผลิตที่คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเน้นการนำวัสดุติดกลับมาใช้ใหม่เป็นวงจรไม่รู้จัก แทนการผลิต-ใช้-แล้วทิ้ง หรือระบบผลิตทางตรงแบบใช้แล้วทิ้ง (Linear: Make-Use-Dispose) ตามรูปแบบอุตสาหกรรมรูปแบบเดิมที่เน้นกำไรเป็นตัวตั้ง (เกศวดี และคณะ, 2561; Romero et al., 2017)

บริษัท สหกรีน พอเรสท์ จำกัด ประกอบกิจการประเภทการผลิตและการส่งไฟฟ้า โดยผลิตไฟฟ้าขนาดกำลังการผลิต 7.5 เมกะวัตต์จำหน่ายให้กับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ตั้งแต่วันที่ พ.ศ. 2555 ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ หมู่ที่ 6 ตำบลคูยบ้านโอง อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ทางบริษัทฯ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของการขยายธุรกิจด้านพลังงานซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของประชาชนและเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่ใช้เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้ามาจากเศษวัสดุเหลือทิ้งภาคเกษตรกรรมในท้องถิ่นของเขตอำเภอพรานกระต่าย ได้แก่ แกลบ ชัง ข้าวโพด ท่อนมันสำปะหลัง เปลือกและปลายไม้ที่เป็นเศษเหลือจากกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ รวมถึงใบอ้อย ซึ่งถือได้ว่าเป็นวัสดุติดเชื้อเพลิงทางการเกษตรที่มีปริมาณมากในท้องถิ่นสำหรับโรงงานไฟฟ้าชีวมวล ของบริษัทสหกรีน พอเรสท์ จำกัด โดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2561) รายงานว่า จังหวัดกำแพงเพชรมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากถึง 798,007 ไร่ ในปี พ.ศ. 2561 อย่างไรก็ตาม ปริมาณเถ้าชีวมวล (Biomass ash) จากกระบวนการผลิตไฟฟ้าของบริษัทมีปริมาณ 25 ตัน/วัน หรือ ปีละ 9,000 ตัน (360 วัน) อันส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการกำจัดทิ้งหรือการเก็บรักษาไว้ในพื้นที่ของโรงงาน แม้ว่าที่ผ่านมามีบริษัทมีการนำเถ้าลอย (Fly ash) บางส่วนไปใช้ประโยชน์ในการถมที่ และบางส่วนถูกนำไปขายเพื่อเป็นวัสดุผสมดินสำหรับผลิตดินปลูกต้นไม้ แต่ยังมีทั้งเถ้าลอยและเถ้าหนัก (Bottom ash) อีกปริมาณมากที่ยังไม่ได้ถูกนำไปใช้อย่างมี

ประสิทธิภาพ ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระยะยาวเพื่อเก็บรักษาไว้ในพื้นที่ ดังนั้น การวิจัยครั้งนี้ได้นำเถ้าชีวมวลผสม (Mixed biomass ashes) ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างเถ้าหนักร้อยละ 50 และเถ้าลอยร้อยละ 50 มาใช้ในการทดสอบอิทธิพลที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน พร้อมทั้งหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการนำเถ้าชีวมวลผสมไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตอ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อยบริเวณอำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร

วิธีการศึกษา

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้ดำเนินการศึกษาในพื้นที่หมู่ที่ 4 บ้านไร่ปรีอ ตำบลคูยบ้านโอง อำเภอพรานกระต่าย จังหวัดกำแพงเพชร ซึ่งเป็นเขตที่ทำไร่อ้อยเป็นบริเวณกว้างและเกษตรกรเจ้าของไร่อ้อยได้นำยอดและใบอ้อยที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตขายส่งเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลให้แก่โรงไฟฟ้าชีวมวล

ออกแบบชุดการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของเถ้าชีวมวลผสม

กำหนดขนาดของแปลงทดลอง 10 m x 10 m และวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) โดยทุกชุดการทดลองอยู่ในแปลงเดียวกัน โดยได้คัดเลือกแปลงทดลองที่มีสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และการปฏิบัติทางการเกษตรของเกษตรกรเจ้าของแปลงทดลองที่สม่ำเสมอทั้งหมดทุกแปลง อีกทั้งแปลงทดลองต้องไม่อยู่ในเขตพื้นที่เกิดน้ำท่วมเป็นประจำ เพื่อควบคุมความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดจากปัจจัยดังกล่าว นอกจากนี้ การกำหนดปริมาณการใส่เถ้าชีวมวลของแต่ละชุดการทดลองได้พิจารณาจากเงื่อนไข 1) ปริมาณสัดส่วนของธาตุและองค์ประกอบธาตุในตัวอย่างเถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าบริษัท สหกรีน พอเรสท์ จำกัด 2) ความต้องการธาตุอาหารของอ้อยที่สัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตของพื้นที่ศึกษา และ 3) ปริมาณธาตุอาหารในดินของแปลงทดลองในระยะก่อนไปร้อยเถ้าชีวมวล โดยรายละเอียดดังกล่าวแสดงใน Appendix 1 ทั้งนี้ ได้พิจารณาถึงโอกาสในการสูญเสียเถ้าชีวมวลอันเนื่องมาจากสภาพความลาดเทของพื้นที่และน้ำไหลบ่าหน้าดิน (Surface runoff) ในช่วงต้นฤดูฝน

อีกทั้งความไม่สม่ำเสมอของการกระจายเถ้าชีวมวลทั่วทั้งแปลงทดลอง (Heterogeneity of biomass ash distribution) อันเนื่องมาจากการใช้รถไถยนต์ไถเถ้าชีวมวลของการใช้รถไถยนต์ไถเถ้าชีวมวล ดังนั้น จึงกำหนดอัตราส่วนการใส่เถ้าชีวมวลของแต่ละชุดการทดลองในปริมาณที่สูงกว่าปริมาณการใช้เถ้าชีวมวลเพื่อสร้างมวลทั้งหมดของอ้อยที่สัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตโดยเฉลี่ยของพื้นที่ศึกษา (20 ตัน/ไร่) ดังแสดงใน Appendix 2

กำหนดจำนวนชุดการทดลองออกเป็น 3 ชุดการทดลอง ๆ ละ 3 ซ้ำ (Replication) หรือ 3 แปลงย่อย (Figure 1) โดยกำหนดปริมาณการใส่เถ้าชีวมวล 3 ตัน/ไร่ สำหรับชุดการทดลอง A3 และใส่เถ้าชีวมวล 6 ตัน/ไร่ สำหรับชุดการทดลอง A6 เพื่อลดการสูญเสียเถ้าชีวมวลอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมของพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

-ไม่ใส่เถ้าชีวมวลผสม (A0) : ปลูกอ้อยที่มีการปฏิบัติทางการเกษตรตามขั้นตอนและวิธีการของเกษตรกรเจ้าของแปลงทดลอง ได้แก่ การเตรียมแปลง การเตรียมท่อนพันธุ์ การปลูก ปริมาณและช่วงเวลาการใช้สารเคมีทางการเกษตรและสารปรับปรุงบำรุงดิน การดูแลรักษา ระบบการให้น้ำ และการเก็บเกี่ยวผลผลิต

-A3 : ปลูกอ้อยที่มีการปฏิบัติทางการเกษตรเหมือนกับกรรมวิธีที่ 1 (A0) และใส่เถ้าชีวมวลผสม ปริมาณ 3 ตัน/ไร่

-A6 : ปลูกอ้อยที่มีการปฏิบัติทางการเกษตรเหมือนกับกรรมวิธีที่ 1 (A0) และใส่เถ้าชีวมวลผสม ปริมาณ 6 ตัน/ไร่

ทั้งนี้ การเจริญเติบโตและน้ำหนักผลผลิต ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะปริมาณน้ำฝนและสภาพความแห้งแล้งของพื้นที่ศึกษา ภายใต้การปฏิบัติทางการเกษตรที่เหมือนกัน

การเตรียมแปลงทดลองและสมบัติของเถ้าชีวมวลผสม

ดำเนินการไถเตรียมดินขั้นแรกด้วยการไถบุกเบิกโดยใช้ไถจาน 7 ใบ จำนวน 1 ครั้ง เพื่อพลิกกลับดินและเพื่อนำเอารากอ้อยของตอเก่าที่ยังเล็กออกจากดิน การเตรียมดินขั้นที่สอง ดำเนินการไถด้วยผาน 4 จำนวน 1 ครั้ง เพื่อเป็นการย่อยดินให้มีความเหมาะสมสำหรับการงอกของรากท่อนพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นอ้อย จากนั้นขนย้ายเถ้าชีวมวลผสมจากโรงไฟฟ้าลงในกระบะของรถไถยนต์ไถเถ้าชีวมวล และดำเนินการใส่เถ้าชีวมวลผสมของแต่ละแปลงศึกษาตามปริมาณที่กำหนดไว้ของชุดการทดลอง จากนั้นไถอีกครั้งด้วยผาน 4 จำนวน 1 ครั้ง แล้วดำเนินการบ่มดินด้วยผาน 7 จำนวน 2 ครั้ง เพื่อให้ดินมีความร่วนซุยพร้อมปลูกอ้อย สำหรับตัวอย่างเถ้าชีวมวลผสมถูกนำไปวิเคราะห์ ณ สถาบันการตรวจสอบคุณภาพและมาตรฐานผลิตภัณฑ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ โดยสมบัติบางประการของเถ้าชีวมวลผสมแสดงใน Table 1

การปลูกพืชและบำรุงรักษา

ดำเนินการปลูกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 โดยใช้เครื่องปลูกอ้อยพันธุ์ที่พ่วงติดกับรถแทรกเตอร์ และใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 16-8-8 ปริมาณ 50 กก./ไร่ หลังจากวันที่ปลูกอ้อยไม่เกิน 7 วัน ดำเนินการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืชประเภทก่อนงอก ได้แก่ เพนดิเมทาลิน (Pendimethalin) หลังจากนั้น 2 เดือน ดำเนินการฉีดพ่นสารกำจัดวัชพืช ประเภทก่อนงอกและหลังงอก ได้แก่ เพนดิเมทาลิน และ อะมีทรีน (Ametryn) จากนั้นทำการกลบร่องดิน (กลบโคน) เพื่อไม่ให้ต้นอ้อยล้มง่ายและช่วยไม่ให้น้ำท่วมขังในแปลงเมื่อมีฝนตก เมื่ออ้อยอายุ 3 เดือน ดำเนินการใส่ปุ๋ยสูตร 28-11-5 ปริมาณ 50 กก./ไร่

Table 1 Fresh mixed biomass ash properties

Ash properties	Value	Ash properties	Value
Particle size distribution (%)		Organic matter (%)	2.29
>2 mm. (Gravel)	29.96	Organic carbon (%)	1.33
2-0.05 mm. (Sand)	65.11	Total Nitrogen (%)	0.32
0.05-0.002 mm. (Silt)	2.03	P (%)	0.76
<0.002 mm. (Clay)	2.90	C/N	27:1
Bulk density (g/cm ³)	0.54	Ca (%)	15.91
Particle density (g/cm ³)	2.24	K (%)	4.53
pH	9.74	Mg (%)	1.32
EC (dS/m)	1.16	Na (%)	0.46

การเก็บตัวอย่างอ้อย และการเก็บเกี่ยวผลผลิต

ดำเนินการเก็บตัวอย่างลำอ้อย เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตอ้อย เมื่ออ้อยอายุ 10 เดือน โดยดำเนินการสุ่มคัดเลือกต้นอ้อยที่มีลำต้นตั้งตรง สมบูรณ์ ปราศจากโรคและแมลง และไม่หักล้มกระจายทั่วทั้งแปลง ตัวอย่างแปลงทดลองละ 10 ต้น จากแถวที่ 2, 4 และ 6 ของแต่ละแปลง ตัวอย่างอ้อยจะถูกริดใบออก ตัดลำต้นชิดดิน แล้วตัดยอดก่อนทิ้งไป จากนั้นวัดความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางซึ่งนำหนักของลำอ้อยตัวอย่าง และนับจำนวนลำตอกอในแต่ละแถว ตัวอย่างอ้อยถูกนำส่งไปวิเคราะห์ค่าบrix หรือ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Brix) โดยวัดด้วยเครื่อง Brix refractometer ค่าโพลาไรเซชัน หรือ ร้อยละน้ำตาลซูโครสโดยน้ำหนัก (Polarization : Pol) วัดด้วยเครื่องโพลาริเมเตอร์ (Polarimeter) โดยใช้วิธีการใช้สาร Celite วิเคราะห์ พร้อมทั้งวัดค่าความบริสุทธิ์ของน้ำตาล (Purity) ร้อยละของเส้นใย หรือ ปริมาณของแข็งของอ้อยที่ไม่ละลายน้ำ (Fiber) และค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar : C.C.S.) ซึ่งคำนวณจากค่าบrix ค่าโพลาไรเซชัน และร้อยละของเส้นใย (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2548) ในห้องปฏิบัติการของศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย ภาคที่ 2 จังหวัดกำแพงเพชร เมื่ออ้อยมีอายุ 12 เดือน ได้ดำเนินการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในแปลงทดลอง โดยใช้รถตัดอ้อยขนาดใหญ่ (Sugarcane harvester : รุ่น CASE A8000) การเก็บเกี่ยว

ผลผลิตอ้อยจากแปลงทดลองใช้รถตัดอ้อยขนาดใหญ่ทำให้ไม่สะดวกในการตัดอ้อยแบบแยกผลผลิตในแต่ละแปลงย่อย จึงดำเนินการเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยของแต่ละชุดการทดลองทั้ง 3 แปลงย่อยในการตัดครั้งเดียวกัน ส่งผลให้ไม่สามารถคำนวณค่าเฉลี่ยของผลผลิตต่อไร่สำหรับแต่ละชุดการทดลองได้ จากนั้นขนส่งผลผลิตทั้งหมดของแต่ละกรรมวิธีไปยังน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งรถบรรทุก ณ สถานีตรวจสอบสวนน้ำหนัก ตำบลคูยบ้านโอง อำเภอพรานกระต่าย ขณะที่ใบอ้อยและยอดอ้อยที่เหลืออยู่ในแปลงหลังการเก็บเกี่ยว จะดำเนินการม้วนยอดและใบอ้อย เพื่อขนส่งเป็นเชื้อเพลิงเข้าสู่กระบวนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล บริษัท สหกรีน พอเรสท์ จำกัด

การเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร ดำเนินการเก็บตัวอย่างดิน 2 แบบ คือ 1) การเก็บตัวอย่างแบบไม่ทำลายโครงสร้างดิน โดยใช้กระบอเก็บดินขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 3 กระบอก (3 replications) เพื่อนำไปวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นรวมของดินแต่ละชั้น และ 2) การเก็บตัวอย่างแบบทำลายโครงสร้างของดิน ด้วยการเก็บตัวอย่างดินตัวอย่างแบบผสมรวม (Composite samples) จาก 5 ตำแหน่งบริเวณมุมและตรงกลางของแต่ละแปลงย่อย จากนั้นทำการบันทึกผล ระยะเวลาการเก็บ

ตัวอย่างดินครั้งที่ 1 เมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2561 และเก็บตัวอย่างดินครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 23 เมษายน 2561

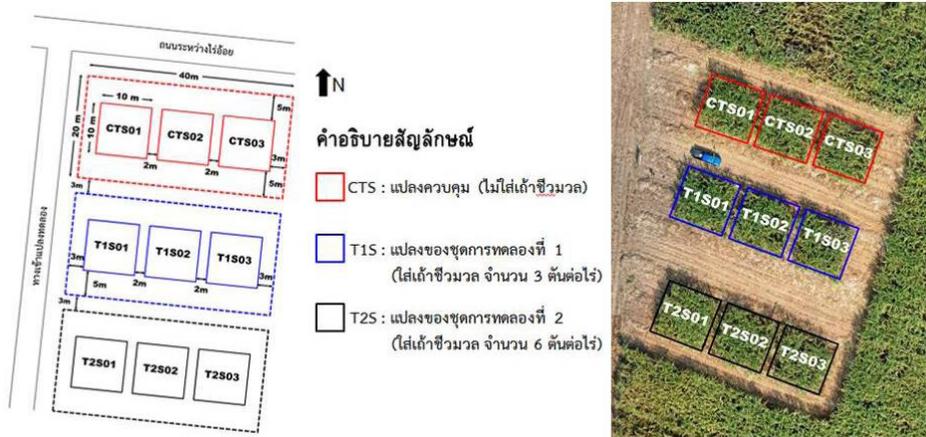


Figure 1 Layout of experimental plot and the location of the sugarcane planting

การศึกษาครั้งนี้ได้มีการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินในแต่ละชุดการทดลอง ได้แก่ ความหนาแน่นรวม โดยใช้วิธีของ Cresswell and Hamilton (2002) เนื้อดิน (Soil texture) ความเป็นกรดต่างของดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ใช้วิธีการของ Walkley and Black (1946) ไนโตรเจนทั้งหมด โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ Dry combustion method และ NC-Analyzer ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ Bray II method (Kuo, 1996) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดด้วย 1M ammonium acetate ที่ pH 7.0 จำนวน 3 ครั้ง และวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ด้วยวิธี Ammonium acetate 1 N pH 7.0 (Chapman, 1965)

การวิเคราะห์ทางสถิติของสมบัติดินและคุณภาพผลผลิตอ้อย

ดำเนินการการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรสมบัติดินระหว่างการเก็บตัวอย่างดิน 2 ช่วงเวลา สำหรับแต่ละชุดทดลอง ด้วยสถิติการทดสอบค่าที่แบบ Dependent samples (Paired-samples t-test) (Kohout, 1974) พร้อมทั้งวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรสมบัติดิน ตัวแปรการเจริญ

เติบโต และตัวแปรคุณภาพผลผลิตอ้อยระหว่างชุดทดลองกับชุดควบคุม ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) และทดสอบหลังการวิเคราะห์ (Post hoc test) ด้วยการเปรียบเทียบแบบพหุคูณวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics version 24

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินภายหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวมูล

การศึกษาสมบัติของดินภายหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวมูล พบว่า ปริมาณอนุภาคทรายของทุกชุดการทดลองมีมากกว่าร้อยละ 40 ขณะที่อนุภาคดินเหนียวมีน้อยกว่าร้อยละ 15 โดยเนื้อดินส่วนใหญ่จำแนกเป็น ดินร่วนปนทรายและดินร่วน อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยชีวมูลผสมในแปลงปลูกอ้อยส่งผลต่อสัดส่วนของปริมาณอนุภาคดิน โดยภายหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวมูล พบว่า สัดส่วนของปริมาณอนุภาคทรายแบ่งเพิ่มขึ้นของทั้งชุดการทดลอง A3 และ A6 ขณะที่สัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวมีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในชุดการทดลอง A6 ($P < 0.05$) แม้ว่าภายหลังจากการใส่ปุ๋ยชีวมูลสัดส่วนของปริมาณอนุภาคทราย

ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เนื่องจาก ภายหลังจากการไถปุ๋ยคอกชีวมวล ได้ดำเนินการไถตะกอก 1 ครั้ง ด้วยผาน 4 จากนั้นดำเนินการปรับหน้าดินด้วยรถแทรกเตอร์ต่อพ่วงจอบหมุนดิน จำนวน 1 ครั้ง ซึ่งการปฏิบัติทางการเกษตรภายหลังจากการไถปุ๋ยคอกชีวมวลดังกล่าวอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของอนุภาคดินแต่ละประเภทด้วยเช่นกัน

สำหรับความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างสูงและไม่เปลี่ยนแปลง ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยคอกชีวมวล ขณะที่ pH และ EC มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับชุดทดลอง A6 และ A3 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพิ่มขึ้น

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในชุดทดลอง A6) อย่างไรก็ตาม ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดภายหลังจากการใส่ปุ๋ยคอกชีวมวลของทุกแปลงทดลองมีระดับต่ำ ขณะที่ทุกชุดการทดลองมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินค่อนข้างสูง นอกจากนี้ ภายหลังจากการใส่ปุ๋ยคอกชีวมวลพบว่าปริมาณ Exchangeable K เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติสำหรับชุดการทดลอง A3 ($P < 0.01$) และปริมาณ Exchangeable Ca และ Exchangeable Mg มีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับชุดการทดลอง A6 ($P < 0.01$ และ $P < 0.05$ ตามลำดับ) ดังแสดงรายละเอียดใน Table 2

Table 2 Average values of soil properties and nutrient content in sugarcane plots before and after applying biomass ashes

Soil properties	A0				A3				A6			
	Before	After	T-test	%CV	Before	After	T-test	%CV	Before	After	T-test	%CV
Sand (%)	71.445	55.698	3.42	16.28	84.843	55.132	4.43*	24.74	63.554	44.985	8.62*	19.40
Silt (%)	22.598	35.303	-2.41	30.46	11.168	36.943	-5.14*	62.96	28.094	42.636	-5.56*	23.92
Clay (%)	5.957	8.999	-4.24	30.52	3.988	7.926	-1.96	48.36	8.352	12.379	-7.68*	23.27
BD (g/cm ³)	1.390	1.316	2.18	3.59	1.353	1.328	1.03	2.24	1.321	1.291	-0.06	5.12
pH	6.850	5.851	-0.50	6.59	7.108	7.400	1.06	4.45	7.077	7.387	-0.67*	3.53
EC (dS/m)	0.132	0.526	3.03	81.30	0.187	1.330	-0.64*	86.79	0.679	2.064	-7.93	80.89
OM (%)	0.549	0.827	-2.69	13.05	0.680	0.923	-5.09	24.75	0.786	1.115	-1.81	21.05
Total N (%)	0.027	0.034	-0.89	21.90	0.034	0.114	-2.41	95.99	0.039	0.045	-4.07*	16.97
Avail P (mg P kg ⁻¹)	31.200	32.919	-1.24	8.34	46.583	53.850	-1.69	11.77	32.575	44.220	-8.83	51.64
Exch.K (cmolc kg ⁻¹)	0.087	0.319	-0.60	12.80	0.128	0.405	-1.41**	57.74	0.104	0.433	-2.50	84.36
Exch.Ca (cmolc kg ⁻¹)	1.442	1.096	-2.19	29.25	0.996	1.273	-15.09*	19.61	1.509	1.725	-3.61**	16.81
Exch.Mg (cmolc kg ⁻¹)	0.307	0.476	0.04	17.33	0.447	0.615	-5.14	25.77	0.509	0.711	-11.01*	27.62
Exch.Na (cmolc kg ⁻¹)	0.969	1.169	-2.23	15.99	0.797	1.065	-3.83*	28.63	0.929	1.053	-5.41	13.39
CEC (cmolc kg ⁻¹)	6.482	6.483	-1.29	16.10	7.084	7.708	-10.06*	10.61	7.752	8.535	-1.35*	7.21

Note : A0 : planting sugarcane without applying biomass ash; A3 : planting sugarcane by applying biomass ashes of 3 tons per rai; A6 : planting sugarcane by applying biomass ashes of 6 tons per rai; * and ** indicate statistically significant difference after applying biomass ashes at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively

Table 3 Change values of soil properties and nutrient content after applying biomass ashes

Soil properties	A0			A3			A6			F-test	Signifi- cance	%CV*
	Before	After	Change	Before	After	Change	Before	After	Change			
Sand (%)	71.445	55.698	-15.75	84.843	55.132	-29.71	63.554	44.985	-18.57	2.310	ns	-
Silt (%)	22.598	35.303	12.71	11.168	36.943	25.77	28.094	42.636	14.54	2.514	ns	51.34
Clay (%)	5.957	8.999	3.04	3.988	7.926	3.94	8.352	12.379	4.03	0.184	ns	53.46
BD (g/cm ³)	1.390	1.316	-0.07	1.353	1.328	-0.02	1.321	1.291	-0.03	1.207	ns	-
pH	6.850	5.851	-1.00	7.108	7.400	0.15	7.077	7.387	0.31	18.274	p<0.01	43.05
EC (dS/m)	0.132	0.526	0.39	0.187	1.330	1.14	0.679	2.064	1.38	1.216	ns	85.42
OM (%)	0.549	0.827	0.28	0.680	0.923	0.24	0.786	1.115	0.33	0.272	ns	45.45
Total N (%)	0.027	0.034	0.01	0.034	0.114	0.08	0.039	0.045	0.01	2.427	ns	165.35
Avail P (mg P kg ⁻¹)	31.200	32.919	1.72	46.583	53.850	7.27	32.575	44.220	11.65	1.310	ns	86.59
Exch.K (cmolc kg ⁻¹)	0.087	0.319	0.23	0.128	0.405	0.28	0.104	0.433	0.33	0.246	ns	31.83
Exch.Ca (cmolc kg ⁻¹)	1.442	1.096	-0.35	0.996	1.273	0.28	1.509	1.725	0.22	6.753	p<0.05	71.96
Exch.Mg (cmolc kg ⁻¹)	0.307	0.476	0.17	0.447	0.615	0.17	0.509	0.711	0.20	0.127	ns	46.33
Exch.Na (cmolc kg ⁻¹)	0.969	1.169	0.20	0.797	1.065	0.27	0.929	1.053	0.12	0.306	ns	90.10
CEC (cmolc kg ⁻¹)	6.482	6.483	0.001	7.084	7.708	0.62	7.752	8.535	0.78	1.985	ns	46.17

Note : Different letters in same row indicate significant differences among treatments (Duncan's test); ns, no statistically significant difference;

*The hyphen indicates no valid cases were found for calculating coefficient of variation

อิทธิพลของเถ้าชีวมวลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน

การศึกษาอิทธิพลของเถ้าชีวมวลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารและสมบัติของดินในแปลงทดลองปลูกอ้อยระหว่างก่อนและหลังใส่เถ้าชีวมวลผสม พบว่าตัวแปรปริมาณธาตุอาหารและสมบัติของดินในแปลงทดลองปลูกอ้อย ส่วนใหญ่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ความเป็นกรด-ด่างของดิน และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของแต่ละชุดการทดลอง มีปริมาณการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณเถ้าชีวมวลที่ใส่ในแปลงทดลอง ดังแสดงใน Table 3

อิทธิพลของเถ้าชีวมวลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตด้านความโตหรือเส้นผ่านศูนย์กลาง (Diameter at Breast Height : DBH) ความสูง และน้ำหนักของลำต้นอ้อย โดยดำเนินการวัดข้อมูลก่อนเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยในวันที่ 17 มกราคม 2562 ภายหลังจากการปลูกอ้อย 10 เดือน (ปลูกอ้อยในวันที่ 7 มีนาคม 2561) ความโต ความสูง และน้ำหนักของลำต้นอ้อยของชุดทดลอง A6 มีค่ามากกว่าของชุดทดลองอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเฉลี่ย 3.30 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ยของลำต้น 341.01 เซนติเมตร ดังแสดงใน Table 4 สำหรับผลผลิตอ้อยของชุดทดลอง A6 มีปริมาณสูงที่สุด (19.09 ตัน/ไร่) ขณะที่ผลผลิตอ้อยของชุดทดลอง A3 และ A0 ที่มีปริมาณ 18.83 และ 16.50 ตัน/ไร่ ตามลำดับ

Table 4 Average values of growth per cane among treatments

Treatment	DBH (cm.)		Height (cm.)		Weight (kg.)		Sugarcane yield (ton/rai)
	Mean		Mean		Mean		
A0	2.71(0.26)	c	310.06(33.83)	b	2.09(0.49)	c	16.50
A3	3.15(0.30)	b	329.54(19.87)	a	2.87(0.49)	b	18.83
A6	3.30(0.20)	a	341.01(26.28)	a	3.12(0.32)	a	19.09
F-test	56.523		12.369		57.458		
Significance	P<0.05		P<0.05		P<0.01		
%CV	11.88		9.27		23.53		

Note : Parentheses indicate standard deviation; Different English characters in the same column show the average value with statistically significant differences

อิทธิพลของเถ้าชีวมวลต่อค่าบrix ค่าโพล ปริมาณร้อยละของไฟเบอร์ของอ้อย

ผลการศึกษาคุณภาพของอ้อย พบว่า ชุดการทดลอง A6 มีค่าเฉลี่ยของค่าบrix (Brix) ค่าโพล (Pol) ค่าความบริสุทธิ์ของน้ำตาล (Purity) และค่าความหวานของอ้อย (C.C.S.) สูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้ ชุดการทดลอง A3 มีค่าเฉลี่ยของค่าความบริสุทธิ์ของน้ำตาลและค่าความหวานของอ้อยมากกว่า A0 อย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P<0.001$ และ $P=0.011$ ตามลำดับ) ผลผลิตอ้อยจากชุดการทดลองที่ใส่เถ้าชีวมวล มีค่าความหวานมากกว่าแปลงควบคุม เนื่องจากการใส่เถ้าชีวมวลเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Table 2) ซึ่งธาตุโพแทสเซียมมีความสำคัญในการกระตุ้นการทำงานในกระบวนการสร้างและการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้งและน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโตของอ้อย ดังนั้น การขาดโพแทสเซียมหรือมีปริมาณที่ไม่เพียงพอ อ้อยจะมีการสะสมน้ำตาล

น้อยและทำให้ความหวานลดลง โดยโพแทสเซียมถือว่าเป็นธาตุที่ข้อยต้องการในปริมาณที่มากกว่าธาตุอาหารชนิดอื่น ซึ่งอาจต้องการในปริมาณมากถึง 145 กก./ไร่ (เกษม, 2515) นอกจากนี้ โพแทสเซียมยังจำเป็นต่อการสังเคราะห์คาร์โบไฮเดรต และน้ำตาลในใบ โพแทสเซียมจึงเป็นธาตุที่ข้อยต้องการตลอดระยะเวลาเจริญเติบโต (Barnes, 1953) ขณะที่ ค่าเฉลี่ยของค่าปริกซ์และค่าโพลไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง A3 และ A0 ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณร้อยละของเส้นใยข้อยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างชุดการทดลอง ($P>0.05$) (Table 5) เมื่อศึกษางานวิจัยของ สุตชล และ ธีรยุทธ (2558) ใช้วัสดุปรับปรุงดินจากขุยมะพร้าวและขี้เถ้าแกลบปริมาณอย่างละ 3 ตันต่อไร่ ในแปลงข้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่า มีค่า C.C.S. 13.03 และ 12.59 ตามลำดับ โดยมีค่ามากกว่าแปลงปลูกข้อยที่ไม่มีการใช้

วัสดุปรับปรุงดิน (ค่า C.C.S 12.63) นอกจากนี้ การใช้กากตะกอนหมักกรองสดในปริมาณ 1,200-1,600 กก./ไร่ ร่วมกับการลดปริมาณปุ๋ยเคมี 50% (100 กก./ไร่) ให้ค่า C.C.S. ระหว่าง 9.3-10.3 ซึ่งมากกว่าแปลงควบคุมและแปลงที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (7.1 และ 9.2 ตามลำดับ) (ณัฐวุฒิ และคณะ, 2561) จะเห็นได้ว่าจากงานวิจัยข้างต้น การใช้วัสดุปรับปรุงดินจากขุยมะพร้าวและขี้เถ้าแกลบหรือวัสดุเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรม ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบการใช้เถาชีวมวลในปริมาณ 3 ตันต่อไร่ ในแปลงปลูกข้อย ทำให้ผลผลิตมีค่า C.C.S ที่ใกล้เคียงกันกับงานวิจัยข้างต้น ขณะที่เมื่อใช้เถาชีวมวลในปริมาณ 6 ตันต่อไร่ ส่งผลให้ผลผลิตมีค่า C.C.S สูงขึ้น (C.C.S เท่ากับ 15.22) แสดงให้เห็นว่าการใช้เถาชีวมวลนั้นสามารถนำมาใช้ในด้านเกษตร และยังสามารถทำให้ผลผลิตมีค่าความหวานที่เพิ่มมากขึ้นได้

Table 5 Average value of sugarcane quality in each treatment (n=24)

Treatment	Brix (%)		Pol (%)		Fiber (%)		Purity (%)		C.C.S.	
	Mean		Mean		Mean		Mean		Mean	
A0	20.43(0.64)	b	17.35(0.92)	b	11.60(0.17)		84.88(1.89)	c	12.98(0.89)	c
A3	20.33(0.31)	b	17.96(0.12)	b	10.98(0.36)		88.36(1.16)	b	13.90(0.14)	b
A6	21.12(0.07)	a	19.41(0.14)	a	11.82(1.07)		91.87(0.57)	a	15.22(0.27)	a
F-test	6.700		22.915		2.629		42.072		25.643	
Significance	**		**		ns		**		**	
%CV	2.56		5.61		6.28		3.61		7.65	

Note : A0 : planting sugarcane without applying mixed biomass ash; A3 : planting sugarcane by applying mixed biomass ashes of 3 tons per rai; A6 : planting sugarcane by applying mixed biomass ashes of 6 tons per rai; Different English characters in the same row show the average with statistically significant differences; * and ** indicate statistically significant difference at $P<0.05$ and $P<0.01$, respectively

สรุป

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยชีวมูลผสมส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินชั้นบนในแปลงทดลองปลูกอ้อย โดยเฉพาะการเพิ่มขึ้นของปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ขณะที่ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ความเป็นกรดต่าง ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในการใส่ปุ๋ยชีวมูลผสมปริมาณ 6 ตันต่อไร่ นอกจากนี้ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยชีวมูลผสม ทั้งนี้ ปริมาณของการใส่ปุ๋ยชีวมูลผสมมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างและปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนของดินชั้นบนอย่างชัดเจน การเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองอันเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยชีวมูลผสมมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ส่งผลให้ความโต ความสูง และน้ำหนักของลำอ้อยเพิ่มขึ้น และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตอ้อย โดยมีค่าความหวานและความบริสุทธิ์ของน้ำตาลสูงขึ้นกว่าผลผลิตอ้อยที่ไม่ใส่ปุ๋ยชีวมูลผสม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท สหกรีน ฟอเรสต์ จำกัด สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) และสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรมแห่งชาติ (สวทน.) ที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณเกษตรกรเจ้าของพื้นที่แปลงพืชเศรษฐกิจที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่ดำเนินงานโครงการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2560. สถานการณ์พลังงานของประเทศไทย เดือนมกราคม-มีนาคม 2560. กระทรวงพลังงาน. แหล่งข้อมูล: http://www.dede.go.th/download/state_59/frontpage_jan_march.pdf. ค้นเมื่อ 20 มิถุนายน 2560.
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2559. การนำถ่านหิน

ลิกไนต์ไปใช้ประโยชน์. แหล่งข้อมูล: http://maemoh.egat.com/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=494. ค้นเมื่อ 21 มกราคม 2563.

กิตติชาติ เป่าพงษ์ไพบุลย์, กรรณก บุญเสริม, วีระ หอสกุลไท และปริญญา จินดาประเสริฐ. 2562. การพัฒนาปุ๋ยชีวภัณฑ์ปุ๋ยชีวมูลเพื่อใช้เป็นวัสดุคอกวนกันความชื้น. วิศวกรรมสารฉบับวิจัยและพัฒนา 30 : 95-105.

เกศวดี พึ่งเกษม, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิมา ธนะจิตต์, เถิบ เขียววีนรมณ์ และปรีชา เพชรประไพ. 2561. ผลของปุ๋ยเก่าเกลบและโพแทสเซียมต่อสมบัติดิน และมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตี๊ก. เกษตร 46: 911-920.

เกษม สุขสถาน. 2515. คำบรรยายอ้อย. ภาควิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัย จาตุรพิทักษ์กุล. 2555. ปุ๋ยชีวมูลจากโรงงานอุตสาหกรรม : ปัญหา ข้อจำกัด และการนำไปใช้งาน. แหล่งข้อมูล: <http://www.thaitca.or.th/images/journal/journal17/journal%2017-2.pdf>. ค้นเมื่อ 22 มิถุนายน 2560.

ณัฐวุฒิ เอ็งฉ้วน, สุรียา สาสนรักกิจ, จันท์จรัส วีรสสาร และอรุณศิริ กำลัง. 2558. ผลของการใส่ปุ๋ยไม่ยางพาราต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวในดินกรด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 4: 39-50.

ณัฐวุฒิ ปลื้มใจ, นิพนธ์ ตั้งคณานุรักษ์, คณิตา ตั้งคณานุรักษ์ และดาวจรัส เกตุโรจน์. 2561. การใช้ประโยชน์กากตะกอนหมักรองจากโรงงานน้ำตาล เพื่อเป็นปุ๋ยทางเลือกและลดการเสื่อมโทรมของดินหลังการปลูกอ้อย. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา). 18: 53-66.

ประสิทธิ์ ชุนสนธิ และ สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์. 2555. ปริมาณมหาธาตุของอ้อยพันธุ์ K95-84. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร. 43: 217-226.

- สุดซล วุ่นประเสริฐ และธีรยุทธ เกิดไทย. 2558. การจัดการดินและน้ำเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวตอในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. แหล่งข้อมูล: <http://sutir.sut.ac.th:8080/sutir/bitstream/123456789/5869/2/Full-text.pdf>. ค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2562.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2561. รายงานการผลิตอ้อยของประเทศไทย ประจำปีการผลิต 2560/61. แหล่งข้อมูล: <http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-3254.pdf>. ค้นเมื่อ 22 มกราคม 2561.
- Barnes, A.C. 1953. Agriculture of the sugar-cane. Leonard Hill, London.
- Chapman, H. D. 1965. Cation exchange capacity. P. 891-901. In: C. A. Black (ed.) Methods of soil analysis - Chemical and microbiological properties. Agronomy.
- Cresswell, H.P., and G.J. Hamilton. 2002. Bulk density and pore space relations. P. 35-58. In: McKenzie, N.J., H. Cresswell, and K. Coughlan (eds.) Soil Physical measurement and interpretation for land evaluation. A laboratory handbook. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia.
- Kohout, L. 1974. The Pinkava many-valued complete logic systems and their application to the design of manyvalued switching circuits. P. 261-284. In: Rine DC (ed) Proc.1974 Inter-nat. Symp. Multiple-Valued Logic (West Virginia Univ., May, 1974). IEEE, New York.
- Kuo, S. 1996. Phosphorus. P. 869-919. In: Sparks, D.L. Page, A.L. Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. & Sumner, M.E. (eds.) Method of soil analysis. Part 3 Chemical Methods. Soil. Sci. Soc. America, Inc. and American Soc. Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin.
- Romero, E., M. Quirantes, and R. Nogales. 2017. Characterization of biomass ashes produced at different temperatures from olive-oil-industry and greenhouse vegetable wastes. Fuel. 208: 1-9.
- Walkley, A., and C.A. Black. 1946. Organic carbon, and organic matter. In Sparks, D.L. Page, A.L. Helmke, P.A., Loeppert, R.H., Soltanpour, P.N., Tabatabai, M.A., Johnston, C.T. & Sumner, M.E. (eds.). Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods. Soil Sci. Am.J., Madison, WI, USA.