อนุมัติทุนการวิจัย

สัญญาเลขที่ R2561B108

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

Land use assessment of energy crops plantation for renewable energy utilization

ผู้ช่วยศาสจตราจารย์ ดร. ประพิธาริ์ ธนารักษ์
ผู้ช่วยศาสจตราจารย์ ดร. พิสิษฏ์ มณีโชติ
ดร. บงกช ประสิทธิ์
ดร. ธีรารัตน์ จิระมะกร

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 05 ส.ค. 2564
เลขทะเบียน 163/1992
เลขเรียกหนังสือ อ TJ 870 ป3275 2561

สนับสนุนโดย

งบประมาณแผ่นดิน มหาวิทยาลัยนเรศวร

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

บทสรุปผู้บริหาร (Executive Summary)

การนำพืชอาหารไปใช้เป็นพืชพลังงานมีการกล่าวถึงในวงกว้าง นัยหนึ่งก็เพื่อช่วยลดการพึ่งพิงพลังงานฟอสซิลซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ สนับสนุนการสร้างอุปสงค์เพิ่มขึ้นของพืชอาหารที่มีคุณสมบัตินำมาใช้ในการผลิตพลังงานทดแทน และดึงราคาพืชอาหารเหล่านั้นให้ปรับตัวสูงขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างโอกาสเชิงเศรษฐกิจต่อการประหยัดการนำเข้าพลังงานฟอสซิลและสร้างรายได้จากการปลูกพืชพลังงานทดแทนดังกล่าวให้กับเกษตรกร แต่อีกนัยก็คือการสร้างผลกระทบต่อโครงสร้างการผลิตทางการเกษตร ทั้งในด้านการจัดสรรทรัพยากรที่ดิน แรงงาน ทุน และปัจจัยการผลิตอื่นๆ และก่อให้เกิดการขาดความสมดุลของการผลิตพืชอาหารตามมา

การผลิตพลังงานชีวภาพทดแทนพลังงานจากฟอสซิล โดยนำพืชอาหารมาใช้ในการผลิตพลังงานชีวภาพของหลายประเทศรวมถึงของประเทศไทยนั้น ได้ส่งผลต่อการนำพืชอาหารบางชนิดที่เป็นพืชอาหารหลัก เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด และพืชอื่นๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นพลังงานชีวภาพ และเรียกพืชในกลุ่มนี้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นพืชพลังงาน เพราะนอกจากจะเป็นพืชอาหารแล้วยังมีคุณสมบัติต่อการนำไปผลิตเป็นส่วนประกอบของพลังงานชีวภาพ การที่พืชในกลุ่มนี้มีอุปสงค์เพิ่มขึ้นในอนาคตจากการใช้เป็นพืชพลังงาน อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านราคาและสร้างผลกระทบสืบเนื่องไปสู่การเปลี่ยนแปลงในด้านการใช้ที่ดิน และโครงสร้างของภาคเกษตรในอนาคตตามมา การอภิปรายผลกระทบทั้งด้านบวกและลบของการผลิตพืชพลังงาน โดยเฉพาะประเด็นระหว่าง“อาหารและพลังงาน” เป็นผลมาจากพืชพลังงานส่วนหนึ่งก็คือพืชที่ใช้เป็นอาหารหลัก เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด เมื่อมีการนำพืชดังกล่าวมาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตพลังงานจำนวนมาก ก็อาจจะสร้างผลกระทบต่อการแย่งชิงการใช้ปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ที่ดิน แหล่งน้ำ แรงงานและทรัพยากรอื่นๆ เฉกเช่นเดียวกับการผลิตพืชที่ใช้เป็นอาหาร อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อการปรับตัวด้านราคาของพืชเหล่านั้นตามมาด้วย แม้พืชพลังงานจะมีประโยชน์ในแง่ช่วยลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิลและการนำเข้าน้ำมันของประเทศ ก่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชทดแทน สร้างรายได้แก่เกษตรกร รวมถึงลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง จนมาสู่ความพยายามในการหาคำตอบจากหน่วยงานและนักเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง พบว่า อุตสาหกรรมการผลิตพืชพลังงานขนาดใหญ่ทำให้ราคาอาหารสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อประชากรที่ยากจนทั่วโลก [1] โดยราคาอาหารที่สูงขึ้นมีผลให้ราคาอาหารที่นำเข้าในประเทศกำลังพัฒนาสูงขึ้นถึงร้อยละ 10 ประเทศกำลังพัฒนาจึงลดการนำเข้าสินค้าอาหารลง ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศเหล่านั้น [2] ดังนั้น ประเด็น “อาหารและพลังงาน” ได้กลายเป็นความขัดแย้งในระดับสากลที่ทุกประเทศต่างมีส่วนเกี่ยวข้อง และให้ความสนใจเนื่องจากการนำทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตอาหารเพื่อไปผลิตพืชพลังงานนั้นส่งผลกระทบต่อประชากรทั้งในระดับประเทศและระดับโลกจากการเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินใน 2 ช่วงเวลาข้างต้น สะท้อนให้เห็นผลการผลิตเอทานอลที่เพิ่มขึ้นของไทย ยังไม่ส่งผลกระทบถึงโครงสร้างทางการผลิตข้าว ธัญพืชและพืชอาหารอื่นๆ มากนัก การ

เปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ที่ดิน พบว่า กลับนำไปใช้ในการผลิตพืชอาหารจานหลัก ได้แก่ ข้าว เป็นสำคัญเพราะมีการทำนามากกว่า 1 ครั้งในรอบปีขยายตัวออกไปในพื้นที่ชลประทาน ส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ปรับตัวลดลงบ้าง เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชไร่ พื้นที่ที่ลดลงของข้าวโพดส่วนหนึ่งจะถูกทดแทนการปลูกพืชไร่อื่นๆ อย่างไรก็ตาม ผลจากการผลิตเอทานอล และความต้องการพืชพลังงานที่เพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ยังไม่เห็นความชัดเจนของผลกระทบต่อสัดส่วนการใช้ที่ดินสำหรับ ข้าว ธัญพืช และพืชอาหาร ในการตอบคำถามดังกล่าวจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืนของการประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน เพื่อใช้อธิบายผลการขยายตัวของความต้องการพลังงานทดแทนต่อภาคการเกษตรไทย โดยการพยากรณ์และหาแนวโน้ม รวมถึงการประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน ทั้งนี้เพื่อเป็นกรอบความรู้ในการวางแผนการจัดการในภาคการเกษตรและการผลิตพืชต่อไป โดยโครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน
2. เพื่อจัดทำแบบจำลองใช้เป็นแนวทางในการจัดการประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง เพื่อผลิตพลังงาน 1โดยการวิเคราะห์สมดุลพลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งขอบเขตของการวิเคราะห์ในพื้นที่ 1 ไร่ที่เท่ากันในระยะเวลา ปี 6อ้อยโรงงานได้ผลผลิต 15 ตัน/ปี และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้ผลผลิต 26.68 ตัน/ปี ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน มีการใช้พลังงานในการผลิตอ้อยโรงงานเท่ากับ 2133.88 MJ และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง มีการใช้พลัง 1งานเท่ากับ 4304.01 MJ ในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณพลังงานที่ผลิตได้สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 85,038.51 MJ และ 1,447.27 MJ ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตเอทานอลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตเอทานอลที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 18,399.99 MJ และ 5,100.68 MJ ตามลำดับ และสุดท้ายขั้นตอนการไฟฟ้าของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 4,128.00 MJ และ 3,747.60 MJ ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงานตลอดวัฏจักรชีวิตให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 91.411kgCO_2eq และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่าเท่ากับ 14.880kgCO_2eq จะเห็นได้ว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอ้อยโรงงาน ดังนั้นเมื่อต้องการเลือกปลูกพืชเพื่อผลิตพลังงานควรพิจารณาปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 เนื่องจาก มีปริมาณของการผลิตพลังงานสูงกว่าอ้อยโรงงานถึง 10เท่า อย่างไรก็ตามหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 มี

การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูงกว่าอ้อยโรงงาน แต่ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ได้จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง หากพื้นที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติและอยู่นอกเขตชลประทาน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการเกษตรได้ปีละ 4 เดือนเท่านั้น และเป็นพื้นที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 17.6 MW/m^2.d จะมีความเหมาะสมต่อการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. เป็นกรอบข้อความรู้ในการวางแผนการจัดการในภาคการเกษตรและการผลิตพืชต่อได้

2. ได้แบบจำลองใช้เป็นแนวทางในการจัดการประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

3. สามารถใช้ในการอธิบายผลการขยายตัวของความต้องการพลังงานทดแทนต่อภาคการเกษตรไทย โดยการพยากรณ์และหาแนวโน้มรวมถึงการประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

งานวิจัยนี้ได้รับการเผยแพร่

- **การเผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ**
  Prapita Thanarak, Teerarat Chiramakara, (2019), GHG emission and cost performance of life cycle energy on agricultural land used for photovoltaic power plant, International Journal of Energy Economics and Policy, 9 (2), 156-165. (Impact Factor: 0.465)

- **การเผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการระดับนานาชาติ**
  Tanyaluk Chidkokruad, Sirinuch Chindaruksa and Prapita Thanarak. (23-27 October 2017). (Proceeding). Comparative study on energy balance and greenhouse gas emission of sugar cane industry and napier grass pakchong 1 for electricity production. **Global for Local, Local for Global, Global University Network for Sustainable Development Goals.** Tri University, International Joint Seminar and Symposium 2017, Mie University, Japan.

- **การเผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการระดับชาติ**
  ธัญลักษณ์ ชิดโคกกรวด, ศิรินุช จินดารักษ์ และ ประพิธาริ์ ธนารักษ์. (2560). การประเมินพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการผลิตเอทานอล. **การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่** 13. 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560. โรงแรมดิเอ็มเพลส เชียงใหม่.

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง เพื่อผลิตพลังงาน 1โดยการวิเคราะห์สมดุลพลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1ด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งขอบเขตของการวิเคราะห์ในพื้นที่ 1 ไร่ที่เท่ากันในระยะเวลา6 ปี อ้อยโรงงานได้ผลผลิต 15 ตัน/ปี และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้ผลผลิต 26.68 ตัน/ปี ในการประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน มีการใช้พลังงานในการผลิตอ้อยโรงงานเท่ากับ 2133.88 MJ และหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 มีการใช้พลังงานเท่ากับ 4304.01 MJ ในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณพลังงานที่ผลิตได้สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 85,038.51 MJ และ 1,447.27 MJ ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตเอทานอลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตเอทานอลที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 18,399.99 MJ และ 5,100.68 MJ ตามลำดับ และสุดท้ายขั้นตอนการไฟฟ้าของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตไฟฟ้าที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 4,128.00 MJ และ 3,747.60 MJ ตามลำดับ และจากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงานตลอดวัฏจักรชีวิตให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพ มีค่าเท่ากับ 411.91kgCO_2eq และปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ตลอดวัฏจักรชีวิตมีค่าเท่ากับ 880.14kgCO_2eq จะเห็นได้ว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 มีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอ้อยโรงงาน ดังนั้นเมื่อต้องการเลือกปลูกพืชเพื่อผลิตพลังงานควรพิจารณาปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 เนื่องจาก มีปริมาณของการผลิตพลังงานสูงกว่าอ้อยโรงงานถึง 10เท่า อย่างไรก็ตามหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 มีการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณที่สูงกว่าอ้อยโรงงาน แต่ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ได้จะส่งผลให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง หากพื้นที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติและอยู่นอกเขตชลประทาน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการเกษตรได้ปีละ 4 เดือนเท่านั้น และเป็นพื้นที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 17.6 MW/m^2.d จะมีความเหมาะสมต่อการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

คำสำคัญ: การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดิน, การประเมินวัฏจักรชีวิต, คาร์บอนไดออกไซด์, พลังงานทดแทน

Abstract

The comparative study of land use of the planting sugarcane in the cultivation area with Napier grass Pak Chong 1 for energy production in energy balance and carbon dioxide emission. The yield analysis of the one rai land in six-year crops of sugarcane is 15 tons/year, and Pak Chong 1 is 26.28 tons/year. In the life cycle assessment for the plant production process, sugar cane used energy 2,133.88 MJ and Napier grass Pak Chong 1 used 4,304.01 MJ. In the energy generation process of the biogas, Napier grass Pak Chong 1 has a higher production volume than sugarcane at 85,038.51 MJ and 1,447.27 MJ, respectively. The ethanol production process of Napier grass Pak Chong 1 has a higher production volume than the sugarcane at 18,399.99 MJ and 5,100.68 MJ. Moreover, the electricity generation process of Napier grass Pak Chong 1 has a higher production volume than the sugarcane at 4,128.00 MJ and 3,747.6 MJ, respectively. Throughout the life cycle of carbon dioxide assessment for sugarcane, the raw materials used in the production of electricity, ethanol, and biogas is 411.91 kgCO_2eq and 880.14 kgCO_2eq for Napier grass Pak Chong 1. It showed that Napier grass Chong 1 has a higher amount of carbon dioxide emissions than sugarcane. Therefore, when choosing to plant crops for energy production, consider planting Napier grass Pak Chong 1, because the amount of energy production is ten times higher than the sugarcane. However, Napier Grass 1 has energy use and carbon dioxide emissions that are higher than the sugarcane. If able to increase the yield of Napier grass Pak Chong 1, the amount of carbon dioxide emissions will be less. However, the area to be moderately abundant clay, outside the irrigated area, the average rainfall was 1, 100mm./year whereas agriculture can make four months per year only. The average solar irradiance was 17.6MW/m.^{2}d for this area which was suitable to build a photovoltaic power plant.

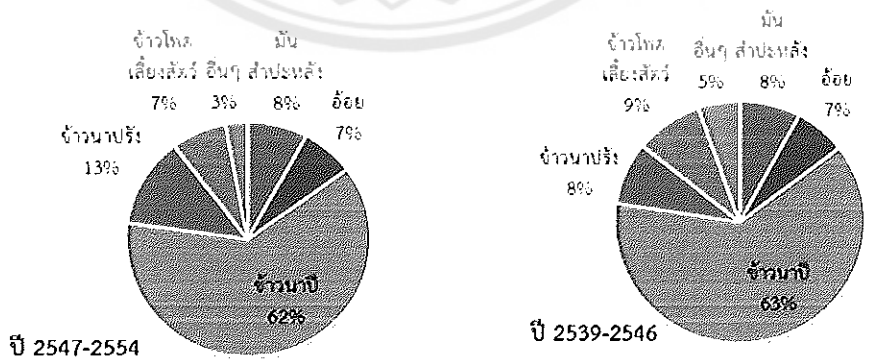
Keywords: Land Use assessment, Life Cycle Assessment, Carbon dioxide, Renewable Energy

1. บทนำ

การนำพืชอาหารไปใช้เป็นพืชพลังงานมีการกล่าวถึงในวงกว้าง นัยหนึ่งก็เพื่อช่วยลดการพึ่งพิงพลังงานฟอสซิลซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ สนับสนุนการสร้างอุปสงค์เพิ่มขึ้นของพืชอาหารที่มีคุณสมบัตินำมาใช้ในการผลิตพลังงานทดแทน และดึงราคาพืชอาหารเหล่านั้นให้ปรับตัวสูงขึ้น อีกทั้งเป็นการสร้างโอกาสเชิงเศรษฐกิจต่อการประหยัดการนำเข้าพลังงานฟอสซิลและสร้างรายได้จากการปลูกพืชพลังงานทดแทนดังกล่าวให้กับเกษตรกร แต่อีกนัยก็คือการสร้างผลกระทบต่อโครงสร้างการผลิตทางการเกษตร ทั้งในด้านการจัดสรรทรัพยากรที่ดิน แรงงาน ทุน และปัจจัยการผลิตอื่นๆ และก่อให้เกิดการขาดความสมดุลของการผลิตพืชอาหารตามมา

การผลิตพลังงานชีวภาพทดแทนพลังงานจากฟอสซิล โดยนำพืชอาหารมาใช้ในการผลิตพลังงานชีวภาพของหลายประเทศรวมถึงของประเทศไทยนั้น ได้ส่งผลต่อการนำพืชอาหารบางชนิดที่เป็นพืชอาหารหลัก เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด และพืชอื่นๆ มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ซึ่งเป็นพลังงานชีวภาพ และเรียกพืชในกลุ่มนี้อีกนัยหนึ่งว่าเป็นพืชพลังงาน เพราะนอกจากจะเป็นพืชอาหารแล้วยังมีคุณสมบัติต่อการนำไปผลิตเป็นส่วนประกอบของพลังงานชีวภาพ การที่พืชในกลุ่มนี้มีอุปสงค์เพิ่มขึ้นในอนาคตจากการใช้เป็นพืชพลังงาน อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านราคาและสร้างผลกระทบสืบเนื่องไปสู่การเปลี่ยนแปลงในด้านการใช้ที่ดิน และโครงสร้างของภาคเกษตรในอนาคตตามมา การอภิปรายผลกระทบทั้งด้านบวกและลบของการผลิตพืชพลังงาน โดยเฉพาะประเด็นระหว่าง“อาหารและพลังงาน” เป็นผลมาจากพืชพลังงานส่วนหนึ่งก็คือพืชที่ใช้เป็นอาหารหลัก เช่น อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด เมื่อมีการนำพืชดังกล่าวมาเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตพลังงานจำนวนมาก ก็อาจจะสร้างผลกระทบต่อการแย่งชิงการใช้ปัจจัยการผลิตต่างๆ เช่น ที่ดิน แหล่งน้ำ แรงงานและทรัพยากรอื่นๆ เฉกเช่นเดียวกับการผลิตพืชที่ใช้เป็นอาหาร อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อการปรับตัวด้านราคาของพืชเหล่านั้นตามมาด้วย แม้พืชพลังงานจะมีประโยชน์ในแง่ช่วยลดการพึ่งพาพลังงานฟอสซิลและการนำเข้าน้ำมันของประเทศ ก่อให้เกิดการเพิ่มมูลค่าให้กับพืชทดแทน สร้างรายได้แก่เกษตรกร รวมถึงลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่ง จนมาสู่ความพยายามใน การหาคำตอบจากหน่วยงานและนักเศรษฐศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง พบว่า อุตสาหกรรมการผลิตพืชพลังงานขนาดใหญ่ทำให้ราคาอาหารสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อประชากรที่ยากจนทั่วโลก [1] โดยราคาอาหารที่สูงขึ้นมีผลให้ราคาอาหารที่นำเข้าในประเทศกำลังพัฒนาสูงขึ้นถึงร้อยละ 10 ประเทศกำลังพัฒนาจึงลดการนำเข้าสินค้าอาหารลง ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางด้านอาหารของประเทศเหล่านั้น [2] ดังนั้น ประเด็น “อาหารและพลังงาน” ได้กลายเป็นความขัดแย้งในระดับสากลที่ทุกประเทศต่างมีส่วนเกี่ยวข้อง และให้ความสนใจเนื่องจากการนำทรัพยากรที่ใช้ในการผลิตอาหารเพื่อไปผลิตพืชพลังงานนั้นส่งผลกระทบต่อประชากรทั้งในระดับประเทศและระดับโลก

ภาคการเกษตรของไทยมีองค์ประกอบในการใช้ปัจจัยการผลิตทั้งที่ดิน แรงงาน และทุน เพื่อกิจกรรมการผลิตพืชและสัตว์อย่างหลากหลาย การเกษตรเป็นทั้งที่มาของสินค้าเกษตรและแปรรูปส่งออก เป็นแหล่งประกอบอาชีพของประชากรในประเทศจำนวนมาก อีกทั้งเป็นแหล่งผลิตอาหารที่สำคัญของประชากรทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ อนาคตอันใกล้นี้ หากสถานการณ์ด้านความต้องการพลังงานของประเทศเปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องจากความต้องการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการใช้แก๊สโซฮอล์ซึ่งมีส่วนผสมของเอทานอล สถานการณ์ดังกล่าวจะกระตุ้นให้การผลิตพืชอาหารที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนเกิดการขยายตัวในลักษณะใด และจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของภาคการเกษตรไทยอย่างไร การสำรวจบทบาทพืชพลังงานในโครงสร้างการผลิตพืชของไทย แม้ภาคเกษตรกรรมจะลดบทบาทในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ แต่ก็ยังถือว่ามีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาและการกระจายรายได้ของประเทศเป็นอย่างมาก เพราะแรงงานส่วนใหญ่ของประเทศในปีพ.ศ. 2554 ร้อยละ 38.2 ก็ยังคงอยู่ในภาคการเกษตร [3] ที่ผ่านมาภาคเกษตรมีการปรับตัวเพื่อสนองตอบต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โครงสร้างการผลิตสินค้าเกษตรยังคงให้ความสำคัญกับการผลิตข้าวเป็นอันดับแรก รวมถึงกลุ่มธัญพืชและพืชอาหารที่ครอบคลุมพื้นที่ทางการเกษตรมากกว่าร้อยละ 70 ของพื้นที่ทางการเกษตรประเทศ ดังนั้นการผลิตข้าว ธัญพืชและพืชอาหารจึงมีบทบาทและผลกระทบต่อการใช้ที่ดินทางการเกษตรอย่างมากในภาคการผลิตพืชของไทย แม้ว่าความต้องการใช้กากอ้อยและมันสำปะหลังเพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลจะมีเพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา นับตั้งแต่เริ่มมีการผลิตและใช้เอทานอลใน ปี พ.ศ. 2547 แต่เมื่อเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินใน 2 ช่วงเวลา คือ ช่วงก่อนและหลังมีการผลิตเอทานอลในประเทศไทยพบว่า การผลิตพืชอาหารโดยเฉพาะข้าว ซึ่งเป็นพืชอาหารหลักของคนไทยและสินค้าส่งออกที่สำคัญ ยังคงเป็นพืชหลักที่มีสัดส่วนการใช้ที่ดินสูงสุดและเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะข้าวนาปรัง ในขณะที่มันสำปะหลังและอ้อยยังมีสัดส่วนคงเดิม สำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีสัดส่วนการใช้ที่ดินลดลง แสดงดังรูปที่ 1



ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555 [4]

รูปที่ 1 สัดส่วนการใช้ที่ดินเพื่อผลิตข้าว ธัญพืชและพืชอาหาร

จากการเปรียบเทียบสัดส่วนการใช้ที่ดินใน 2 ช่วงเวลาข้างต้น สะท้อนให้เห็นผลการผลิตเอทานอลที่เพิ่มขึ้นของไทย ยังไม่ส่งผลกระทบถึงโครงสร้างทางการผลิตข้าว ธัญพืชและพืชอาหารอื่นๆ มากนัก การเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ที่ดิน พบว่า กลับนำไปใช้ในการผลิตพืชอาหารจานหลัก ได้แก่ ข้าว เป็นสำคัญ เพราะมีการทำนามากกว่า 1 ครั้งในรอบปีขยายตัวออกไปในพื้นที่ชลประทาน ส่วนการใช้ที่ดินเพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ปรับตัวลดลงบ้าง เนื่องจากข้าวโพดเป็นพืชไร่ พื้นที่ที่ลดลงของข้าวโพดส่วนหนึ่งจะถูกทดแทนการปลูกพืชไร่อื่นๆ อย่างไรก็ตาม ผลจากการผลิตเอทานอล และความต้องการพืชพลังงานที่เพิ่มขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ยังไม่เห็นความชัดเจนของผลกระทบต่อสัดส่วนการใช้ที่ดินสำหรับ ข้าว ธัญพืช และพืชอาหาร ในการตอบคำถามดังกล่าวจะนำไปสู่การแก้ไขปัญหาอย่างยั่งยืนของการประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน เพื่อใช้อธิบายผลการขยายตัวของความต้องการพลังงานทดแทนต่อภาคการเกษตรไทย โดยการพยากรณ์และหาแนวโน้ม รวมถึงการประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน ทั้งนี้เพื่อเป็นกรอบความรู้ในการวางแผนการจัดการในภาคการเกษตรและการผลิตพืชต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

2.1 เพื่อประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

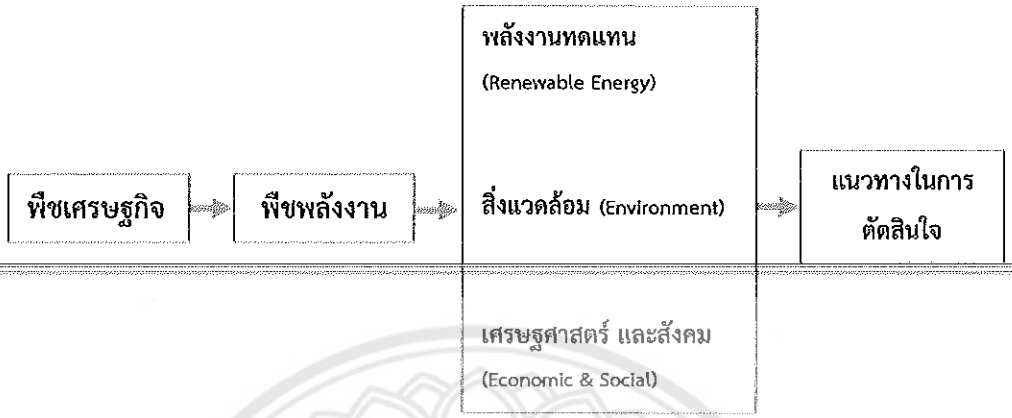
2.2 เพื่อจัดทำแบบจำลองใช้เป็นแนวทางในการจัดการประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน

3. ขอบเขตของโครงการวิจัย

3.1 ประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทนในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง

3.2 พืชเศรษฐกิจที่สนใจศึกษาและใช้เป็นพืชพลังงาน คือ หญ้าเนเปียร์ อ้อย มันสำปะหลัง

4. ทฤษฎี และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย



รูปที่ 2 กรอบแนวความคิดโครงการวิจัย

การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน เพื่อใช้อธิบายผลการขยายตัวของความต้องการพลังงานทดแทนต่อภาคการเกษตรไทย โดยการพยากรณ์และหาแนวโน้ม รวมถึงการประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทนทั้งนี้เพื่อเป็นกรอบข้อความรู้ในการวางแผนการจัดการในภาคการเกษตรและการผลิตพืชต่อไป และเพื่อจัดทำแบบจำลองใช้เป็นแนวทางในการจัดการประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจการใช้ที่ดินต่อไป

5. การทบทวนวรรณกรรม/ สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

ผลกระทบจากการเพิ่มการผลิตพืชพลังงานต่อภาคการเกษตร

การศึกษาผลกระทบของการเพิ่มการผลิตพืชเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานต่อภาคการเกษตร ส่วนมากเป็นการศึกษาผลกระทบจากการขยายการผลิตพืชพลังงาน อาทิ [1], [5],[6] ได้ชี้ว่าการขยายการผลิตพืชพลังงานมีผลต่อการกระตุ้นทางเศรษฐกิจและรายได้แก่เกษตรกร ลดภาวะความยากจน ราคาผลผลิตทางการเกษตรสูงขึ้น เกษตรกรได้ผลตอบแทนมากขึ้น มีการลงทุนใช้ที่ดินเพิ่มขึ้น ลดการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ มีการผลิตและใช้พลังงานสะอาดเพิ่มมากขึ้น ในขณะเดียวกันการขยายการผลิตพืชพลังงานก็ได้ส่งผลกระทบอย่างกว้างขวาง โดยเป็นสาเหตุให้ราคาอาหารสูงขึ้น เนื่องจากการแข่งขันใช้ปัจจัยการผลิตร่วมกัน การขยาย

พื้นที่การผลิตจากการทำลายป่าไม้หรือเปลี่ยนการปลูกพืชชนิดอื่นมาปลูกพืชพลังงาน อีกทั้งยังส่งผลให้ต้นทุนการผลิตทางการเกษตรอื่นๆ ปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นคุณภาพดินเสื่อมโทรมลงอันเป็นผลจากการเพาะปลูกแบบเข้มข้น (Intensive) เกิดการเปลี่ยนแปลงจากระบบการปลูกพืชผสมผสานมาเป็นรูปแบบการปลูกพืชเชิงเดี่ยวขนาดใหญ่ [7], [8], [9], [10]ได้ชี้ไว้เช่นกันว่า การขยายการผลิตพืชพลังงานที่ใช้สำหรับการผลิตเอทานอล มีผลต่อการแข่งขันการใช้ที่ดินการปรับตัวสูงขึ้นของราคาพืชพลังงานชนิดนั้นๆ รวมถึงราคาพืชทดแทนด้วยเช่นกันด้านความสัมพันธ์ของราคาพลังงานกับการตัดสินใจผลิตพืชพลังงาน [11] พบว่า มีการจัดสรรที่ดินไปใช้ผลิตพืชพลังงานเพิ่มขึ้นเมื่อราคาพลังงานสูงขึ้น และที่ดินที่เคยใช้ผลิตอาหารจะเปลี่ยนมาใช้เพื่อผลิตพืชพลังงานแทน ในกรณีข้าวโพด [12] ได้ชี้ว่าราคาข้าวโพดเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการผลิตเอทานอล ส่งผลต่อโครงสร้างในอุตสาหกรรมข้าวโพด แม้การผลิตข้าวโพดจะเพิ่มขึ้น แต่ภาคการส่งออกข้าวโพดกลับลดลง ส่งผลให้การผลิตปศุสัตว์ลดลงเนื่องจากอาหารสัตว์มีราคาแพงขึ้น ราคาพืชอื่นๆ เช่น ถั่วเหลือง ธัญญาพืช รวมทั้งราคาอาหารที่ทำจากข้าวโพดก็จะเพิ่มสูงขึ้นด้วย สรุปว่า ปรากฏการณ์จากการเพิ่มการผลิตพืชพลังงานทดแทนที่ผ่านมาได้ส่งผลกระทบต่อภาคเกษตร ทั้งในด้านการจัดสรรการใช้ที่ดิน ปริมาณผลผลิตพืชอาหารและพืชพลังงาน ราคาพืช รวมทั้งต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์ ซึ่งเป็นผลกระทบหลักที่เกิดขึ้นกับภาคการเกษตร

ข้อสรุปจากการทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้องกับนโยบายเชื้อเพลิงชีวภาพ

นโยบายเชื้อเพลิงชีวภาพทั้งในสหภาพยุโรป สหรัฐอเมริกา และบราซิล นับเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์และสะท้อนให้เห็นการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชว่าในแต่ละภูมิภาคต่างก็มีมาตรการที่แตกต่างกัน อาทิ การบริโภคหรือการออกคำสั่ง การจูงใจทางภาษี และการปกป้องการนำเข้าเพื่อส่งเสริมการผลิตภายในประเทศ รวมทั้งการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ

ในสหภาพยุโรปนั้น มีนโยบายสนับสนุนเชื้อเพลิงชีวภาพอย่างชัดเจน มีการส่งเสริมการผลิต การใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะเชื้อเพลิงชีวภาพเพื่อลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ อย่างไรก็ตาม การใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในภาคคมนาคมมีความแตกต่างอย่างมากระหว่างประเทศสมาชิกในสหภาพยุโรป เช่น นโยบายปลอดภาษีไบโอดีเซลบริสุทธิ์จนถึงปี 2004 ของเยอรมนี ทำให้เกิดความได้เปรียบในการแข่งขัน มีการเก็บภาษีในอัตราต่ำจากการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับน้ำมัน และไม่มีการเก็บค่าสัมปทานเชื้อเพลิงชีวภาพ ในสหราชอาณาจักรพบว่า ช่วงก่อนปี 2002 ไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงชีวภาพอย่างเดียวที่ไม่มีการเก็บค่าสัมปทาน ต่อมาในปี 2005 จึงได้รวมเอทานอลเข้าไว้ด้วย ส่วนสหภาพยุโรปได้มีการกำหนดเป้าหมายการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพรวมกันในปี 2003 เรียกว่า The EU Directive 2003 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงสำหรับการส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพในประเทศสมาชิก โดยตั้งเป้าหมายการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพไว้ที่ร้อยละ 2 ของปริมาณน้ำมันปิโตรเลียมและไบโอดีเซลที่ใช้ในภาคคมนาคมภายในปี 2005 และร้อยละ 5.75 ภายในปี 2010 นอกจากนี้

สหภาพยุโรปยังทดลองใช้มาตรการระดับฟาร์ม คือ การอนุญาตให้ปลูกพืชพลังงานในพื้นที่ที่จัดเตรียมไว้ให้และจ่ายเงินอุดหนุนต่อพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด แต่ 2 มาตรการนี้ได้ยกเลิกไปในภายหลัง [13] ปัจจุบันสหภาพยุโรปได้กำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนคิดเป็นร้อยละ 20 ของการใช้พลังงานทั้งหมดในสหภาพยุโรปภายในปี 2020 ตามข้อตกลง The Renewable Energy Directive 2009 ซึ่งกำหนดว่าภายในปี 2020 แต่ละประเทศสมาชิกจะต้องมีสัดส่วนขั้นต่ำของการใช้พลังงาน Renewable อยู่ที่ร้อยละ10 ของการใช้พลังงานในภาคขนส่ง [14] ขณะเดียวกันการดำเนินนโยบายของสหภาพยุโรปยังประสบความล่าช้าและยังไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ เนื่องจากการแก้ไขปัญหาของภาครัฐไม่จริงจังประกอบกับเกิดคำวิพากษ์วิจารณ์ถึงผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น อาทิ การเปลี่ยนแปลงทางอ้อมของการใช้ที่ดินการลดก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas : GHG) ได้ไม่มากนัก รวมถึงความเป็นไปได้จากผลกระทบต่อราคาอาหาร [15] ในสหรัฐอเมริกา นโยบายเกี่ยวกับเชื้อเพลิงชีวภาพส่วนใหญ่เน้นไปที่การผลิตเอทานอลจากข้าวโพดไบโอดีเซลจากถั่วเหลือง และเชื้อเพลิงชีวภาพบางชนิดที่ได้รับการสนับสนุนเอทานอลเป็นพลังงานทดแทนที่ได้รับการสนับสนุนอย่างมากจากภาครัฐ เนื่องจากราคาน้ำมันเบนซินสูงขึ้น และการห้ามใช้ Methyl Tertiary-Butyl Ether (MTBE) เป็นสารเพิ่มออกซิเจน เนื่องจากเกิดความกังวลเรื่องการปนเปื้อนของแหล่งน้ำผิวดิน ปี2011 สหรัฐอเมริกานับเป็นประเทศผู้นำในการผลิตเอทานอล คิดเป็นปริมาณมากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณการผลิตโลก นโยบายเชื้อเพลิงชีวภาพของสหรัฐอเมริกาจึงมีผลกระทบอย่างมากต่อทั้งตลาดเอทานอลและตลาดข้าวโพดโลก [13]

มาตรการด้านนโยบายที่สหรัฐอเมริกานำมาใช้เพื่อส่งเสริมการใช้เอทานอลจากข้าวโพด ได้แก่ (1) การอุดหนุนการผลิตเอทานอล (Blenders' Tax Credits) โดยผู้ผลิตสามารถเรียกร้องเงินอุดหนุนสำหรับการผสมเชื้อเพลิงชีวภาพกับน้ำมันปิโตรเลียมได้ (2) การกีดกันการนำเข้า (Import Tariffs) เพื่อส่งเสริมการใช้เอทานอลภายในประเทศ โดยเก็บภาษีแบบ Ad Valorem MFN Tariff ในอัตราร้อยละ 2.5 และเก็บภาษีแบบ SpecificTariff ในอัตรา 54 เซ็นต่อแกลลอนในประเทศแถบแคริบเบียน ภายใต้ข้อตกลงร่วมกัน ในเดือนธันวาคม 2010ได้ออกกฎหมายการจ่ายคืนภาษีสรรพสามิต โดยจ่ายคืนเงินภาษีในอัตรา 45 เซ็นต่อแกลลอนสำหรับเอทานอลและ 1 ดอลลาร์ต่อแกลลอนสำหรับไบโอดีเซล รวมถึงภาษี Specific Tariff สำหรับการนำเข้าเอทานอล และ (3) การออกคำสั่ง (Mandates) The Renewable Fuel Standard (RFS) ซึ่งถูกกำหนดขึ้นเป็นครั้งแรกโดยThe Energy Policy Act 2005 และขยายต่อเนื่องโดย The Energy Independence and Security Act2007 ซึ่งเป็นกฎหมายกำหนดระดับการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพขั้นต่ำจนถึงปี 2022 ถึงแม้ว่าจะไม่มีการออก กฎหมายพิเศษเกี่ยวกับการผลิตเอทานอลจากข้าวโพดก็ตาม ในอนาคต The Renewable Fuel Standard (RFS) ได้กำหนดเป้าหมายให้ปริมาณเชื้อเพลิง Renewable เพิ่มขึ้นอย่างมีเสถียรภาพจาก 14 พันล้านแกลลอนในปี 2011 เป็น 36 พันล้านแกลลอนในปี 2022 [16] ในจำนวนนี้ได้รวมปริมาณเชื้อเพลิงชีวภาพจากเซลลูโลซิกไว้ด้วยในระยะยาวสถานการณ์เชื้อเพลิงชีวภาพของสหรัฐอเมริกายังคงไม่แน่นอน

เนื่องจากผลกระทบการผลิตเอทานอลจากข้าวโพดต่อราคาอาหารได้กลายมาเป็นประเด็นขัดแย้ง แรงกดดันดังกล่าวเริ่มมีมากขึ้นเรื่อยๆและต้องการให้ยกเลิกการจ่ายเงินอุดหนุน นับเป็นหนึ่งในมาตรการที่ทำให้งบประมาณขาดดุล ทั้งยังเกิดแรงกดดันให้ลดหรือยกเลิกการกีดกันการนำเข้า รวมถึงความกังวลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ และปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Green House Gas : GHG) ที่ลดลงสุทธิจากการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ [17] บราซิลถือเป็นประเทศที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดในการผลิตและใช้เชื้อเพลิงชีวภาพจากอ้อย ทั้งการผลิต Hydrated Ethanol และ Anhydrous Alcohol การพัฒนาอุตสาหกรรมเอทานอลในบราซิลเริ่มในปี 1933 ตั้งแต่ The Institute of Sugar and Alcohol (IAA) ก่อตั้งขึ้น ต่อมาในปี 1975 The National Program of Alcohol (Proalcool) ได้ส่งเสริมการผลิตพลังงานภายในประเทศและลดการนำเข้าน้ำมันปิโตรเลียม Proalcool ทำหน้าที่สนับสนุนผู้ผลิตเอทานอลและผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมเอทานอลมากกว่า 15 ปี ในขณะที่อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลในบราซิลดำเนินการมากว่า 30 ปี ช่วงระยะเวลาดังกล่าวบราซิลประสบกับอุปสรรคจำนวนมาก กว่าจะได้รับความสำเร็จเช่น ในกรณีของบราซิลกลายเป็นตัวอย่างของการพัฒนาในหลายๆ ประเทศ จากการที่รัฐบาลบราซิลมีนโยบายและใช้มาตรการต่างๆ อย่างจริงจัง แสดงให้เห็นถึงความพยายามและความต่อเนื่องที่จะสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมเอทานอลอย่างแท้จริง มาตรการที่สำคัญก็คือ การออกคำสั่งเกี่ยวกับการผสม Anhydrous Ethanol กับน้ำมันเบนซินนับตั้งแต่ช่วงต้นปี 1990 สัดส่วนการผสมเอทานอลกับน้ำมันเบนซินกำหนดอยู่ที่ร้อยละ 20-25 และอีกหนึ่งมาตรการสำคัญคือ การเก็บค่าบริการน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งเอทานอลได้รับการยกเว้น โดยการจัดเก็บค่าบริการมีอัตราการจัดเก็บที่แตกต่างกัน เพื่อต้องการลดผลกระทบราคาน้ำมันในตลาดโลกที่มีต่อตลาดพลังงานภายในประเทศ ในอนาคตบราซิลยังได้พิจารณาความเป็นไปได้ที่จะขยายการผลิตเอทานอลจากน้ำตาล แม้ว่าการขยายการผลิตจะได้รับอิทธิพลจากราคาพลังงาน และการจัดหาแหล่งเงินทุน โดยเอทานอลจากน้ำตาลมีความแตกต่างจากเอทานอลที่ผลิตจากข้าวโพด การใช้ข้าวโพดจะทำให้เกิดผลกระทบต่อราคาอาหาร แต่การใช้น้ำตาลเป็นวัตถุดิบจะมีปัญหาที่เกี่ยวข้องน้อยกว่า [18] จะเห็นได้ว่า นโยบายเชื้อเพลิงชีวภาพของทั้ง 3 ประเทศดังกล่าวล้วนมีบทบาทสำคัญต่อการกำหนดทิศทางของตลาดเอทานอลโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา สำหรับบราซิลนั้นมีความได้เปรียบในการส่งออกเนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ แม้จะต้องเผชิญกับมาตรการกีดกันการนำเข้าก็ตาม ก้าวต่อไปของเชื้อเพลิงชีวภาพในสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกายังคงมีการถกเถียงเรื่องผลประโยชน์ที่ได้จากการนำพืชอาหารมาผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ และเกิดความกังวลเกี่ยวกับประสิทธิภาพการดำเนินนโยบายเชื้อเพลิงชีวภาพในปัจจุบันซึ่งมีอนาคตที่ไม่แน่นอนในบทต่อไปจะนำเสนอค่าพยากรณ์พลังงานทั้งจากงานศึกษาวิจัยที่ผ่านมา และจากสมการประมาณค่า เพื่อใช้เป็นข้อความรู้สำหรับการพยากรณ์ความต้องการพลังงานเอทานอล รวมทั้งพืชพลังงานที่จะใช้เป็นวัตถุดิบตามสถานการณ์ทางเลือกต่างๆ

พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวล คือ พลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ รวมไปถึงกากของเสียอินทรีย์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ใบไม้ มูลสัตว์ และขยะชุมชน ชีวมวลจัดเป็นพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียน เพราะสามารถผลิตขึ้นมาใหม่ได้ ซึ่งแตกต่างกันกับน้ำมันปิโตรเลียมที่ใช้แล้วหมดไป รูปแบบของการใช้ประโยชน์จากชีวมวลแบ่งได้เป็น 3 แบบ [19] คือ

1. ชีวมวลของแข็ง (Solid Biomass) เช่น เศษไม้ เศษกระดาษ และเปลือกเมล็ดพืชต่างๆ

2. ชีวมวลของเหลว (Liquid Biofuel) คือ เชื้อเพลิงเหลวที่ผลิตจากชีวมวลของแข็ง เช่น เอทานอล และน้ำมันไบโอดีเซล

3. ก๊าซชีวมวล (Biogas) คือ เชื้อเพลิงที่มีสถานะเป็นก๊าซที่ผลิตได้จากกระบวนการที่มีการควบคุมอุณหภูมิ และความดัน

การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากชีวมวล มีหลายรูปแบบ โดยมี 3 กระบวนการที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การเผาไหม้โดยตรง (Direct Combustion) เป็นการนำชีวมวลไปเผาโดยตรง ความร้อนที่ได้นำไปใช้ในการผลิตไอน้ำในการขับกังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้าต่อไป ตัวอย่างชีวมวลที่เหมาะสม ได้แก่ เศษวัสดุทางการเกษตร และเศษไม้

2. กระบวนการเคมีความร้อน (Thermalchemical conversion) เป็นกระบวนการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ โดยการเผาในห้องเผาไหม้ที่ควบคุมอากาศในปริมาณจำกัด เพื่อผลิตก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) เรียกกระบวนการที่เกิดขึ้นนี้ว่า แก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) เป็นกระบวนการที่ทำให้องค์ประกอบไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ในเชื้อเพลิงเปลี่ยนรูปไปเป็นก๊าซเชื้อเพลิงที่จุดไฟติดและมีค่าความร้อนสูง โดยอาศัยอุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องผลิตก๊าซ มีก๊าซที่ผลิตได้ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไฮโดรเจน และมีเทน ซึ่งก๊าซดังกล่าวอยู่ในสภาวะการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ เป็นการเผาไหม้ที่มีการจำกัดปริมาณอากาศหรือก๊าซออกซิเจน มีค่า ความร้อนสูงโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี (Thermo-chemical Reaction) แบ่งโซนการเกิดปฏิกิริยาของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นได้ 4 โซน [40] ได้แก่ โซนเผาไหม้ (Combustion Zone) โซนรีดักชั่น (Reduction Zone) โซนกลั่นตัว (Pyrolysis Zone) และโซนอบแห้ง (Drying Zone)

3. กระบวนการชีวเคมี (Biochemical Conversion) แบ่งออกเป็น 2 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการหมัก (Fermentation) คือ กระบวนการทางชีวเคมีที่ไม่ใช้อากาศเข้าไปเกี่ยวข้อง (Anaerobic Biological Process) กระบวนการหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยจุลินทรีย์หรือยีสต์ แอลกอฮอล์

ที่ได้โดยส่วนใหญ่คือ เอทานอล (C_2H_5OH) ซึ่งสามารถใช้ผสมกับน้ำมันเบนซินเพื่อผลิตเป็นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ โดยทั่วไปพืชที่ใช้เป็นวัสดุตั้งต้นของกระบวนการหมักจะเป็นวัสดุประเภทที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์โบไฮเดรต หรือมีปริมาณน้ำตาลที่มากพอ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักจะมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีองค์ประกอบของเอทานอลประมาณ 10% ดังนั้นจึงต้องมีการกลั่นแยกเอทานอลออกก่อนที่จะนำไปใช้งาน และการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) [20,21] การย่อยสลายแบบไร้อากาศเกิดขึ้นในสภาวะที่ไม่มีอากาศโดยการใช้แบคทีเรียในการย่อยสลาย กระบวนการนี้เกิดขึ้นกับวัสดุชีวภาพ เชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนการนี้ส่วนใหญ่คือ ก๊าซชีวภาพ สามารถเขียนสมการได้ดังสมการ 1 ซึ่งได้จากมูลสัตว์และขยะต่างๆ ที่ถูกป้อนเข้าถังย่อย (Digester) โดยปกติแล้วแบคทีเรียย่อยสลายขยะและมูลสัตว์จะทำงานได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 35 °C ดังนั้นในสภาวะที่อากาศหนาว ระบบจะต้องมีการรักษาอุณหภูมิเพื่อให้แบคทีเรียสามารถทำงานได้ ในระบบถังย่อยที่มีการออกแบบอย่างดีจะสามารถผลิตก๊าซมีเทนได้มากถึง 50-70% ของสารตั้งต้นแห้ง 1 ตัน หรือคิดเป็นพลังงานเท่ากับ 11 จิกะจูล (Gigajoule: GJ)

$$OrganicMatter \xrightarrow{AnaerobicDigestion} CH_4 + CO_2 + H_2 + NH_3 + H_2S \qquad (1)$$

แบ่งขั้นตอน การย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนได้เป็น 4 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolytic Stage)

แบคทีเรียจะย่อยสลายสารอินทรีย์ (Hydrolysis) ที่มีโมเลกุลใหญ่ เช่น คาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน ให้เป็นโมเลกุลเล็กละลายน้ำได้ เช่น กลูโคส กรดอะมิโน กลีเซอรอล เป็นต้น ในขณะเดียวกันผลจากปฏิกิริยาการย่อยสลายนี้จะเกิดก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และแอลกอฮอล์ จากนั้นปฏิกิริยานี้จะทำให้สภาพในบ่อหมักหรือถังหมักมีสภาพความเป็นกรด (ค่า pH ต่ำลง) และแบคทีเรียที่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพความเป็นกรดจะทำหน้าที่ต่อไป

2. ขั้นตอนการเปลี่ยนสารอินทรีย์เป็นกรดอินทรีย์ (Acidogenic Stage)

ในขั้นตอนนี้เป็นการเปลี่ยนสารอินทรีย์ขนาดเล็กให้เป็นกรดอินทรีย์ ซึ่งจะกลายเป็นสารอินทรีย์ที่มีขนาดโมเลกุลที่เล็กลงจนสามารถผ่านเข้าผนังเซลล์ได้ แบคทีเรียจึงดูดซึมสารอินทรีย์โมลกุลเล็กเข้าสู่เซลล์ และให้เอนไซม์ออกมาเพื่อย่อยสลายสารอินทรีย์ภายในเซลล์ให้กลายเป็นกรดอะซิติกและไฮโดรเจนในขั้นตอนต่อไป กระบวนการนี้เป็นการลดขนาดและทำการเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นกรดอินทรีย์ แต่ไม่มีหน้าที่ในการสร้างก๊าซมีเทน เรียกแบคทีเรียกลุ่มนี้ว่า กลุ่มไม่สร้างก๊าซมีเทน (Non-methanogenic bacteria)

3. ขั้นตอนการสร้างกรดอะซิติก (Acetogenic Stage)

ในขั้นตอนนี้สารอินทรีย์ที่มีโมเลกุลเดี่ยวในขั้นตอนแรกจะถูกแบคทีเรียชนิดสร้างกรด (Acidogenesis Bacteria) ดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าสู่เซลล์ และใช้เป็นแหล่งคาร์บอนแหล่งพลังงานโดยกระบวนการหมัก (Fermentation) ผลของปฏิกิริยาจะได้กรดอินทรีย์ระเหยที่มีคาร์บอนไม่เกิน 5 อะตอม เช่น กรดอะซิติก กรดฟอร์มิค กรดบิวทิริค กรดโพรพิโอนิค กรดไอโซบิวทิริค กรดวาเลอริค กรดไอโซวาเลริค เป็นต้น นอกจากนี้ยังได้แอลกอฮอล์ ก๊าซไฮโดรเจน และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสารประกอบสำคัญในการสร้างก๊าซมีเทน ขั้นตอนนี้ถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการหลีกเลี่ยงการสะสมของกรดอินทรีย์ระเหยและไฮโดรเจนในปริมาณที่สูงพอที่จะยับยั้งกระบวนการสร้างก๊าซมีเทนได้

4. ขั้นตอนการสร้างก๊าซมีเทน (Methanogenic Stage)

ปฏิกิริยาการสร้างก๊าซมีเทนโดยแบคทีเรียชนิดที่ผลิตก๊าซมีเทน (Methane Producing หรือ Methanogenic Microorganism) ซึ่งมีอยู่หลายชนิดและเป็นแบคทีเรียที่ต้องอยู่ในสภาวะที่ปราศจากออกซิเจน ถ้ามีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยก็จะทำให้แบคทีเรียพวกนี้หยุดการเจริญเติบโต ก๊าซมีเทนอาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างกรดอินทรีย์ระเหย (ส่วนใหญ่เป็นกรดอะซิติก) กับน้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ กับไฮโดรเจน ก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นนี้ไม่ละลายน้ำ จึงสามารถเก็บและนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงที่เป็นประโยชน์ได้ ส่วนคาร์บอนไดออกไซด์บางส่วนจะออกไปในรูปของก๊าซ และบางส่วนก็ละลายน้ำแล้วทำปฏิกิริยากับไฮดรอกไซด์ไอออน (OH^-) ในระบบเกิดเป็นคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) ผลจากการหมุนเวียนคาร์บอนไดออกไซด์นี้ทำให้เกิดมีผลต่อองค์ประกอบต่างๆ ในระบบ เช่น pH ความเข้มข้นของไบคาร์บอเนต อุณหภูมิ และความเข้มข้นของสารอาหาร เป็นต้น

การประเมินวัฏจักรชีวิต

ประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA) เป็นกระบวนการวิเคราะห์ และประเมินค่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์ที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดช่วงชีวิตของผลิตภัณฑ์ ตั้งแต่การสกัดหรือการได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่งและการแจกจ่าย การใช้งาน และการจัดการของผลิตภัณฑ์หลังจากการใช้งาน โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัตถุดิบที่ใช้ รวมถึงผลเสียที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม เพื่อหาวิธีลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์ องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยการมาตรฐาน (International Organization for Standardization: ISO) ได้นิยามความหมายว่า “เป็นการเก็บรวบรวมและการประเมินค่าของสารขาเข้าและสารขาออก รวมถึงผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในระบบผลิตภัณฑ์ตลอดวัฏจักรชีวิต” ซึ่งเป็นองค์กรเอกชนที่เป็นผู้ให้การรับรองด้านมาตรฐานที่เป็นที่รู้จักและได้รับการยอมรับทั่วโลกโดยที่เรารู้จักกันดี สำหรับ

การประเมินวัฏจักรชีวิตนั้นจัดอยู่เป็นหนึ่งในอนุกรมมาตรฐานการจัดการสิ่งแวดล้อม ISO 14040 ซึ่งมีด้วยกัน 7 ฉบับ ดังนี้

1. ISO 14040 – Life Cycle Assessment-Principles and Framework เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงหลักการ นิยามศัพท์ และกรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

2. ISO 14041 – Life Cycle Assessment-Goal and scope definition and Life Cycle Inventory analysis (LCI) เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตการวิเคราะห์ และการจัดทำบัญชีรายการด้านสิ่งแวดล้อมของผลิตภัณฑ์

3. ISO 14042 – Life Cycle Assessment-Life Cycle Impact Assessment (LCIA) ซึ่ง เป็นมาตรฐานที่กล่าวถึงการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์

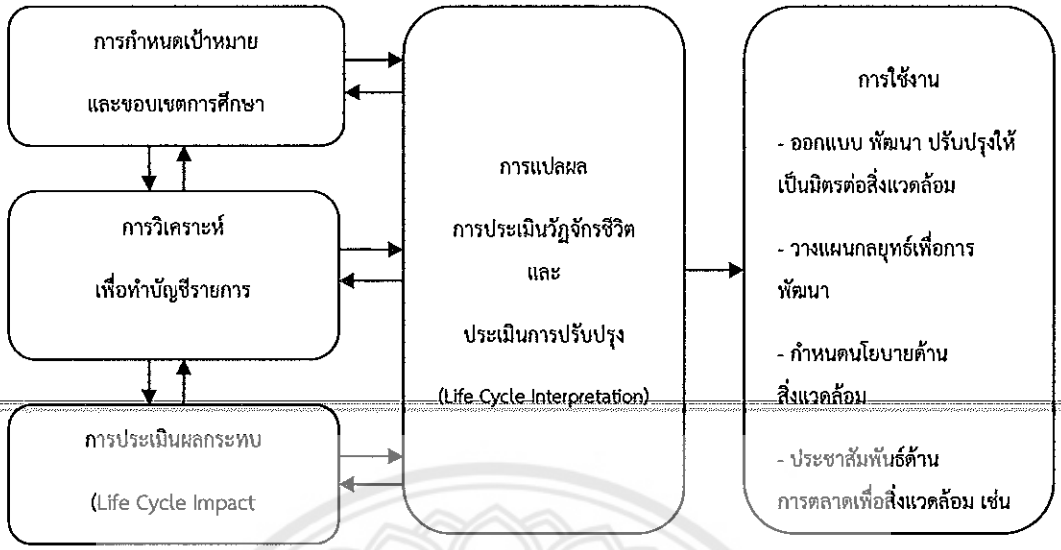
4. ISO 14043 – Life Cycle Assessment-Life Cycle Interpretation เป็นมาตรฐานกล่าวถึงการแปลผลข้อมูลที่ได้จากการทำ LCI และ LCIA

5. ISO 14047 เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน ISO 14042 สำหรับวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์

6. ISO 14048 – Life Cycle Assessment-LCA Data documentation format เป็นการรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างรูปแบบเอกสารของขอมูลด้านการประเมินวัฏจักรชีวิต

7. ISO 14049 – Life Cycle Assessment-Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis เป็นรายงานวิชาการแสดงตัวอย่างของการประยุกต์ใช้อนุกรมมาตรฐาน

การประเมินวัฏจักรชีวิต ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน [22] ได้แก่ 1) การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา (Goal and Scope Definition) 2) การวิเคราะห์บัญชีรายการ (Life Cycle Inventory Analysis: LCI) 3) การประเมินผลกระทบ (Life Cycle Impact Assessment: LCIA) 4) การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Interpretation) แสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 กรอบการดำเนินงานการประเมินวัฏจักรชีวิต [22]

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Cost: LCC) คือ การประเมินต้นทุนที่เกิดขึ้นตลอดช่วงชีวิตหรืออายุการใช้งานของระบบที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบ ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา รวมถึงค่าใช้จ่ายทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการปล่อยสารพิษหรือมลพิษของกระบวนการต่างๆในระบบ ตลอดช่วงชีวิตของระบบนั้น เช่น การผลิตกระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากมาย ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน การเกิดภาวะ ฝนกรด เป็นต้น ในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตจะรวมต้นทุนทางสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย ขั้นตอนการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตแบ่งขั้นตอนในการประเมินวัฏจักรชีวิตออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่

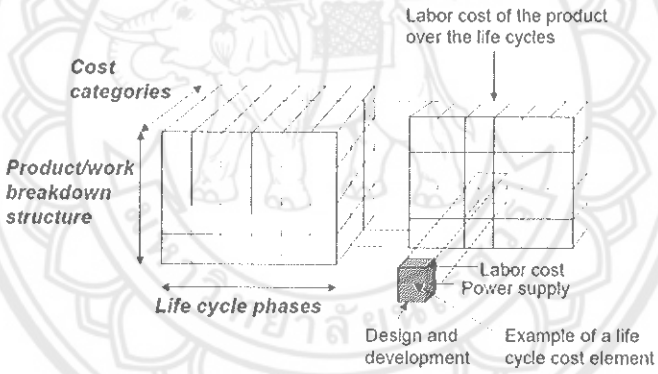
1. การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา (Problem definition)

ขั้นตอนแรกของการวิเคราะห์การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของกระบวนการหรือบริการใดๆจะต้องเริ่มต้นจากการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษาก่อน โดยมีการกล่าวถึงลักษณะของสิ่งที่ทำการศึกษา เงื่อนไขของระบบ ลักษณะของกิจกรรม รวมถึงวัสดุอุปกรณ์ที่เราต้องการศึกษาหรือสิ่งที่ไม่ต้องการศึกษาด้วย ในการกำหนดเป้าหมายและขอบเขตจะต้องอธิบายเงื่อนไขของสิ่งที่กำลังศึกษาอย่างละเอียดและชัดเจน และจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

ว่าจะนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์ไปใช้ทางด้านใด ไม่ว่าจะเป็นการประกอบการตัดสินใจในการเลือกปรับปรุงประสิทธิภาพหรือปรับเปลี่ยนต้นทุนให้มีความเหมาะสม

2. การกำหนดองค์ประกอบของต้นทุน (Cost element definition)

เป็นการมองภาพรวมของระบบว่าในระบบที่ศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนหรือกระบวนการใดบ้าง และในแต่ละขั้นตอนมีต้นทุนย่อยๆอะไรบ้าง แสดงหลักการแบ่งต้นทุนย่อยตามกลุ่มต้นทุนหลัก (Cost element concept) ดังรูปที่ 4 จะเห็นว่าระบบหรือบริการที่เรากำลังศึกษาคือ รูปทรงสี่เหลี่ยมทางด้านซ้ายมือ แกน X เป็นระยะเวลาตลอดวัฏจักรชีวิต (Life cycle phases) แกน Y เป็นผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการหลักของระบบ (Product/work breakdown structure) และแกน Z เป็นต้นทุนหลักหรือต้นทุนทั้งหมดของระบบที่เกิดขึ้น (Cost categories) จากรูปทรงสี่เหลี่ยมด้านขวามือเป็นตัวอย่างการพิจารณาต้นทุนที่เกิดขึ้นในส่วนของค่าแรงงานทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Labor cost of product over the life cycle) ไม่ได้มีเฉพาะค่าแรงงานในการผลิตเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงค่าแรงงานในการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ค่าแรงคนงานในระบบการจ่ายพลังงาน



รูปที่ 4 หลักการแบ่งต้นทุนย่อยตามกลุ่มต้นทุนหลัก [40]

3. การกำหนดรูปแบบของระบบ (System modeling)

การกำหนดรูปแบบของระบบนั้นเปรียบเหมือนการวางแผนหรือการกำหนดกลยุทธ์ในการดำเนินการของเรานั่นเอง ซึ่งตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์หนึ่งๆนั้นจำเป็นที่จะต้องมีความสอดคล้องในการดำเนินไปของกิจกรรมในทั้งสามระยะดังที่กล่าวมาแล้วเพื่อให้การผลิตดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง ยกตัวอย่างเช่น ในการดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายปัจจัยอันได้แก่ กำลังการผลิต ความต้องการวัตถุดิบ ระยะเวลาการผลิต ความน่าเชื่อถือของระบบการบำรุงรักษาเครื่องจักรเครื่องมือ การจัดเก็บและกระจายสินค้า เป็นต้น ซึ่งขั้นตอนหรือกิจกรรมเหล่านี้ล้วนส่งเสริมการผลิตทั้งสิ้น ถ้ากิจกรรมใดกิจกรรม

หนึ่งเกิดการขัดข้องหรือไม่สอดคล้องกันก็อาจทำให้การผลิตนั้นหยุดลงได้ จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดรูปแบบของระบบขึ้น เช่น การกำหนดรูปแบบในการบำรุงรักษาเครื่องจักร (Maintenance modeling) โดยใช้วิธีให้ทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม (Total preventive maintenance) และกำหนดให้มีการตรวจสอบเครื่องจักรทุกครั้งหลังใช้งานประจำวันเป็นต้น รูปแบบของระบบอื่นๆที่ควรมีการกำหนดนั้นอาจ ได้แก่ การกำหนดรูปแบบความพอเพียงในการใช้งานของวัสดุหรือสิ่งบริการ (Availability modeling) การกำหนดรูปแบบการจัดการสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้า (Logistic modeling) การกำหนดรูปแบบการทำงานของระบบ (Production regularity modeling) การกำหนดรูปแบบการจัดการความเสี่ยง (Risk hazard, warranty modeling) และการกำหนดรูปแบบการจัดการความผิดพลาดที่เกิดจากมนุษย์ (Human error modeling) หรือการจัดการระบบนิเวศอุตสาหกรรม (Industrial ecology modeling) เป็นต้น

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection)

ในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตนั้นจำเป็นต้องทราบข้อมูลของราคา หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของระบบเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรซึ่งค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถทราบได้จากขั้นตอนที่ 2 ของการทำการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต ทั้งนี้ประเภทของข้อมูลด้านราคาแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

ข้อมูลที่แท้จริง (Actual Data) เป็นข้อมูลของราคาที่แท้จริงซึ่งทราบค่าแน่นอน เช่น ราคาของเครื่องจักร ราคาอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตได้เลย

ข้อมูลที่ได้จากการประมาณ (Estimating Data) ในบางค่าเราไม่สามารถทราบค่าที่แท้จริงได้ เนื่องจากมีปัจจัยทางเศรษฐกิจเข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น อัตราดอกเบี้ย ค่าเชื้อเพลิง การได้มาของข้อมูลเหล่านี้สามารถทำได้โดยการประมาณค่า (Cost estimating) โดย Cost Estimating Relationships (CERs) คือ ประมาณราคาจากข้อมูลในอดีตที่มีอยู่หรือเชื่อมโยงราคากับสิ่งที่เราประมาณหรือทราบค่าแล้ว และ Expert opinion คือ ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมินราคาที่เราต้องการให้

5. การกำหนดรูปแบบการวิเคราะห์ระบบ (Cost profile development) และการประเมินต้นทุน (Evaluation)

เป็นวิธีการที่ผสมผสานกันระหว่างความรู้เชิงเศรษฐศาสตร์และความรู้เชิงวิศวกรรม โดยจะพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วงอายุการใช้งานของระบบหนึ่งๆอันได้แก่ เงินลงทุนในการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ (Capital Cost) ค่าแรงในการติดตั้งระบบ (Labor and Installation Costs) ค่าบำรุงรักษาระบบ (Maintenance Costs) ค่าใช้จ่ายในการเดินระบบ (Running Costs) และค่าใช้จ่ายในการ

เปลี่ยนอุปกรณ์ในระบบ (Replacement Costs) การประเมินค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานสามารถเขียนอธิบายให้อยู่ในรูปของสมการ 2

$$LCC = C_C + C_O + C_M + C_F - S \qquad (2)$$

เมื่อ C_C = ต้นทุนคงที่ (บาท)

C_O = ต้นทุนในการดำเนินการ (บาท)

C_M = ต้นทุนในการซ่อมบำรุง (บาท)

C_F = ต้นทุนเชื้อเพลิงหรือพลังงาน (บาท)

S = มูลค่าซาก (บาท)

1. ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากเงินลงทุนระบบ (C)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระยะเริ่มต้นโครงการ ดังนั้นหากต้องการทราบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดต่อปี จะสามารถคำนวณได้ดังสมการ 3

$$C = P\left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}\right] \qquad (3)$$

เมื่อ P = จำนวนเงินปัจจุบัน หรือ มูลค่าเริ่มต้น (บาท)

i = อัตราดอกเบี้ย (%) ต่อปี

n = อายุการใช้งานของระบบ (ปี)

2. เมื่อปรับมูลค่าของเงินในแต่ละปีให้เป็นมูลค่าปัจจุบัน สามารถคำนวณได้โดยสมการ 4

$$PW = F_n \times \frac{(1+e)^n}{(1+i)^n} \qquad (4)$$

เมื่อ F_n = จำนวนเงินอนาคต หรือ มูลค่าสุดท้าย (บาท)

e = escalation rate (อัตราส่วนลด) ของค่าใช้จ่ายนั้นๆ

ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าหาจากการนำต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตหรือ Life Cycle **Cost ในหน่วย บาท มาคำนวณต้**นทุนต่อหน่วยในการผลิตไฟฟ้า (kWh) สามารถคำนวณดังสมการ 5

$$\text{ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า} = \frac{\text{ต้นทุนรวม}}{\text{ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต}} \qquad (5)$$

พืชพลังงาน [8]

พืชพลังงาน หมายถึงพืชที่สามารถนำเอาส่วนใดส่วนหนึ่งมาใช้ผลิตเป็นพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นการใช้พลังงานจากพืชที่เป็นพลังงานสะอาด และมีการหมุนเวียนเกิดขึ้นใหม่ตลอดเวลา หรือที่เราเรียกว่าพลังงานชีวมวลเพื่อมาทดแทนพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป พืชเป็นพลังงานชีวมวลรูปแบบหนึ่ง เพราะเป็นพลังงานที่เกิดขึ้นเองโดยกลไกของธรรมชาติที่เรียกว่า "กระบวนการสังเคราะห์แสง" (Photosynthetic Process) ซึ่งพืชจะเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานสะสมในรูปของสารอินทรีย์ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช เมื่อคนหรือสัตว์กินพืชเป็นอาหารก็จะได้สารอินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายเรียกสารอินทรีย์จากสิ่งมีชีวิตทั้งหลายว่า ชีวมวล (Biomass) และเมื่อนำสารอินทรีย์เหล่านั้นมาผ่านกระบวนการที่เหมาะสมจะสามารถเปลี่ยนชีวมวลเหล่านั้นให้เป็นพลังงานที่เป็นประโยชน์

พลังงานชีวมวลอาจจะอยู่ในรูปต่างๆ เช่น เชื้อเพลิง ของเหลว หรือแก๊ส แก๊สที่ได้จากการเปลี่ยนรูปชีวมวลจะเรียกว่า แก๊สชีวภาพ (Biogas) มนุษย์เรียนรู้การใช้พลังงานจากชีวมวลตั้งแต่ครั้งอดีต เช่น การนำพืชมาเป็นไม้ฟืน เพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้ความร้อน ทำให้อาหารสุก หรือให้ความอบอุ่นแก่ร่างกาย อย่างไรก็ดีการ

ปลูกพืชโตเร็วบางชนิดอาจช่วยให้มีการหมุนเวียนใช้พลังงานในรูปนี้ได้มากขึ้น พืชพลังงานทดแทนสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

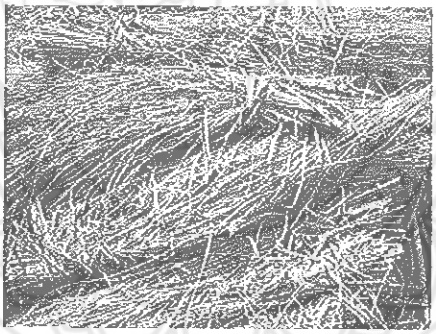
1. พืชน้ำมัน เช่น ปาล์มน้ำมัน ถั่วเหลือง มะพร้าว ทานตะวัน ละหุ่ง สบู่ดำ

2. พืชแป้งและน้ำตาล เช่น ข้าวโพด ข้าว ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง อ้อย แก่นทานตะวัน

3. มวลชีวภาพของพืช เช่น เศษซากพืชที่เหลือจากการเกษตร เศษซากที่เหลือจากอุตสาหกรรมการเกษตรที่ใช้พืชเป็นวัตถุดิบ

ตัวอย่างพืชพลังงาน

1. ฟางข้าว ลักษณะทั่วไปขนาดเล็กยาวแต่กลวงได้มาหลังการเกี่ยวข้าวแหล่ง ถ้าเกี่ยวข้าวด้วยแรงคน ฟางข้าวจะกองอยู่บริเวณลานตากข้าวตามหมู่บ้าน ถ้าเกี่ยวข้าวด้วยเครื่องจักรฟางข้าวจะถูกทิ้งไว้ในนาข้าว การนำไปใช้งานฟางข้าวมีประโยชน์หลายอย่าง เช่น เป็นอาหารสัตว์ คลุมดิน เพาะเห็ดฟาง ทำโครงพวงหรีดดอกไม้ และใช้ในอุตสาหกรรมทำกระดาษ เป็นต้น แต่ยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ คาดว่าประมาณ 1 ใน 3 ของส่วนที่เหลือถูกเผาทิ้ง จุดเด่นยังมีฟางข้าวอีกมากที่ไม่ได้นำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ จุดด้อยรวบรวมได้ยากถ้าใช้แรงคน เพราะอยู่กระจัดกระจาย ต้อง ใช้เครื่องทุ่นแรง (Straw baler) มาช่วยในการรวบรวม

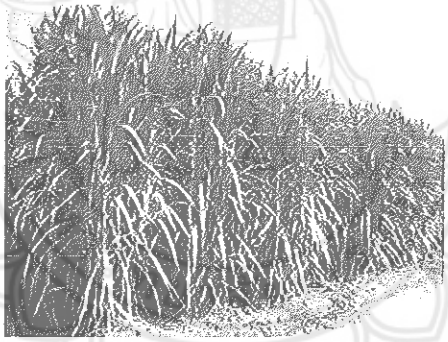


รูปที่ 5 ลักษณะของฟางข้าว

2. กากอ้อย ลักษณะทั่วไปมีลักษณะเป็นขุย ได้จากการผลิตน้ำตาลดิบ โดยนำอ้อยมาคั้นน้ำออก ส่วนที่เป็นน้ำนำไปผลิตเป็นน้ำตาลดิบ ส่วนที่เหลือคือกากอ้อยการนำไปใช้งาน ส่วนใหญ่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตน้ำตาลดิบประมาณ 80 % ส่วนที่เหลืออีก 20 % นำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษ และแผ่นใยไม้อัด (Medium Density Fiber Board) จุดเด่นยังมีกากอ้อยเหลืออีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่ได้นำไปใช้งาน จุดด้อยน้ำหนักเบาและความชื้นสูง

รูปที่ 6 ลักษณะของกากอ้อย

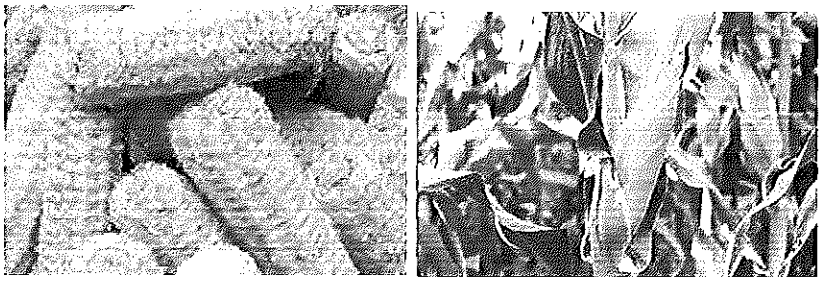
3. ใบอ้อยและยอดอ้อย ลักษณะทั่วไปมีลักษณะเรียวยาวจะถูกตัดออกจากลำต้นอ้อยก่อนส่งไปโรงงาน ช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายน ดังนั้นใบอ้อยและยอดอ้อยจะกระจายไปทั่วไร่อ้อย แต่บางครั้งชาวไร่อ้อยจะใช้วิธีการเผาแทนการตัด ซึ่งจะทำให้ไม่มีใบอ้อยและยอดอ้อยหลงเหลืออยู่ในแหล่งเพาะปลูกอ้อย ยอดอ้อยสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ จุดเด่น ใบอ้อยและยอดอ้อยส่วนใหญ่จะถูกเผาทิ้งในไร่ ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ จุดด้อย มีเฉพาะเดือนธันวาคมถึงเมษายนของทุกปี และการรวบรวมเก็บ ใช้แรงงานจำนวนมาก จึงต้องหาเครื่องทุ่นแรงมาช่วย



รูปที่ 7 ลักษณะของใบอ้อยและยอดอ้อย

4. ซังข้าวโพดและลำต้น ลักษณะทั่วไปซังข้าวโพดได้จากการสีข้าวโพดเพื่อนำ เมล็ดมาใช้งาน ส่วนใหญ่เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในส่วนของลำต้นจะถูกตัดหลังจากการเก็บเกี่ยวแล้ว ปัจจุบันการสีข้าวโพดจะใช้เครื่องจักรที่สามารถ เคลื่อนที่ไปตามไร่ข้าวโพด ดังนั้นจะสามารถหาซังข้าวโพดและต้นข้าวโพด ได้ตามไร่ข้าวโพดทั่วไป การนำไปใช้งาน ซังข้าวโพดมีประโยชน์หลายอย่าง นำไปเป็นวัตถุดิบผลิตอัลกอฮอล์ เป็นเชื้อเพลิง ผสมกับโมลาสเพื่อเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ส่วนลำต้น นำไปเลี้ยงสัตว์ได้เช่นกัน จุดเด่น ซังข้าวโพดมีค่าความร้อนสูง เมื่อเทียบกับชีวมวลอื่นๆ ส่วนลำต้นข้าวโพดมีส่วนหนึ่งที่ไม่ได้นำไปใช้งาน ชาวไร่ข้าวโพดจะไถฝังกลบในไร่ จุดด้อย ซังข้าวโพดมีการนำไปใช้ประโยชน์หลายอย่าง ดังนั้นต้องพิจารณาถึงแหล่งที่มีการนำไปใช้

งานน้อยที่สุด เพื่อไม่ให้มีการแก่งแย่งกันซึ่งทำให้เกิดการขาดแคลนวัตถุดิบ ส่วนลำต้น ข้าวโพดจะเก็บรวบรวมลำบาก ต้องใช้แรงคนมาก



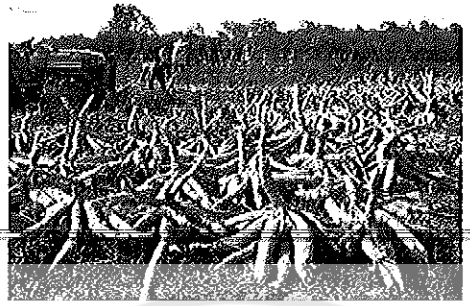
รูปที่ 8 ลักษณะของซังข้าวโพดและลำต้น

5. เศษไม้ยางพาราลักษณะโดยทั่วไปไม้ยางพาราเมื่อมีอายุ 20-25 ปีจะถูกตัดเพื่อปลูกใหม่ ไม้ยางพาราที่ถูกตัดจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ รากหรือตอไม้ ปลายไม้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วลงมา และไม้ท่อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 นิ้วขึ้นไปไม้ท่อนจะถูกตัดให้ได้ความยาว 1.05 เมตร เพื่อส่งโรงเลื่อยและโรงงานเฟอร์นิเจอร์ซึ่งจะได้เศษไม้หลายแบบคือ ปีกไม้ ตาไม้ (ส่วนที่มีตำหนิ) ขี้เลื่อย และขี้กบแหล่ง ปีกไม้และขี้เลื่อยจะหาได้จากโรงเลื่อยไม้ยางพารา ตาไม้และขี้กบจะหาได้จากโรงงานเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพารา ปลายไม้และรากไม้จะหาได้จากสวนยางพาราการนำไปใช้งาน ในส่วนของขี้เลื่อยจะนำไปเพาะเห็ด ทำธูป ใช้คลุมเผาถ่าน เศษไม้อื่นๆจะนำไปเป็นเชื้อเพลิงสำหรับโรงบ่มยางพารา เผาถ่าน ใช้ในกระบวนการผลิต ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับไม้อัดยางพารา (Plywood) Medium densityboard และ Chip board นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในงานก่อสร้าง เช่นเสาเข็ม ใช้ทำเป็นพาเล็ท ลังไม้ เป็นต้น จุดเด่นยังมีเศษไม้ยางพาราคือ รากไม้ และกิ่งไม้ เหลืออีกมากที่ยังไม่ได้นำไปใช้งาน จุดด้อยมีขนาดใหญ่และถ้าเป็นเศษไม้สดจะมีความชื้นค่อนข้างสูงประมาณ 50% ประสิทธิภาพในการเผาไหม้จึงไม่ค่อยสมบูรณ์ ดังนั้นอาจจะต้องเพิ่มขบวนการย่อยและลดความชื้นก่อนนำไปเผา

รูปที่ 9 เศษไม้ยางพารา

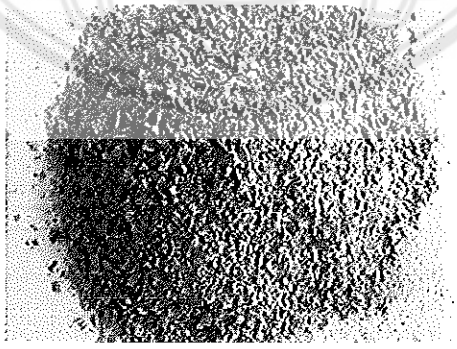
6. เหง้ามันสำปะหลังคือส่วนที่ถูกตัดออกจากหัวมันด้านบนมีลักษณะเป็นลำต้นค่อนข้างกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 15 มม. ยาวประมาณ 30 ซม. ส่วนอีกด้านหนึ่งมีรูปร่างไม่แน่นอนแหล่ง ตามไร่มัน

สำปะหลังการนำไปใช้งาน ปัจจุบันยังไม่ค่อยนำไปใช้งานจึงมักถูกเผาทิ้งตามไร่ จุดเด่นเนื่องจากส่วนมากยังไม่ได้นำไปใช้ให้เป็นประโยชน์จึงไม่มีคู่แข่งในการจัดหา จุดด้อยความชื้นโดยเฉลี่ย 60 % และมีขนาดรูปทรงไม่แน่นอนจึงต้องมีขบวนการทำให้เล็กลงก่อนนำไปเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 10 ลักษณะของมันสำปะหลัง

7. กากปาล์มลักษณะทั่วไปกากปาล์มเป็นเศษเหลือจากการสกัดน้ำมันปาล์มดิบจากทะลายปาล์มสด มี 3 แบบคือ ไฟเบอร์มีลักษณะเป็นซุย กะลามีลักษณะเป็นคล้ายกะลามะพร้าวแต่มีขนาดเล็กกว่ามาก โต ประมาณ 1-2 ซม. และทะลายปาล์มเปล่าจะได้จากแหล่งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบมาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ยังโรงงานสกัดอีกประเภทหนึ่งคือ นำเฉพาะผลปาล์มสดไม่รวมทะลายมาสกัด เศษที่ได้จะนำมาเป็นอาหารสัตว์ การนำไปใช้งาน ไฟเบอร์นำมาเป็นเชื้อเพลิง ในขบวนการผลิตน้ำมันปาล์มดิบ จึงมีเหลือไม่มาก ส่วนทะลายเปล่านำไปเพาะเห็ด จุดเด่น กะลาปาล์มมีค่าความร้อนสูงสุด เหมาะนำมาเป็นเชื้อเพลิง แต่ต้องระวังเศษน้ำมันที่ตกค้างอยู่ ส่วนทะลายปาล์มเปล่ามีเหลืออีกมากที่ยังไม่ได้นำมาใช้ และถ้านำมาเผา จะได้ขี้เถ้าที่มีแร่ธาตุโปตัสเซียมสูงมาก จุดด้อย การที่จะนำทะลายปาล์มเปล่ามา เป็นเชื้อเพลิง ต้องนำมาผ่านขบวนการย่อยหรือตัดก่อน เพราะมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ ยังมีสารประกอบอัลคาไลน์สูง จะทำให้ท่อน้ำในหม้อน้ำมียางเหนียวเกาะติดได้ง่าย



รูปที่ 11 ลักษณะของกากปาล์ม

8. ใบปาล์มและต้นปาล์มลักษณะทั่วไป ใบปาล์มหรือทางปาล์มจะถูกตัดออกเพื่อนำทะลาย ปาล์มสดลงจากลำต้น มีขนาดยาวประมาณ 2-3 เมตร ส่วนลำต้นจะถูกโค่นเมื่อมีอายุ 20-25 ปี หรือเมื่อไม่สามารถให้ผลผลิตได้ดีแหล่ง จากสวนปาล์มการนำไปใช้งาน ทางปาล์มใช้คลุมดิน ส่วนลำต้นเริ่มทยอยตัดในพื้นที่บางแห่ง

จุดเด่น ยังไม่มีการศึกษานำไปใช้ประโยชน์เป็นอย่างอื่นจุดด้อย ทางปาล์มมีความชื้นสูงถึง 80 % และมีขนาดใหญ่

รูปที่ 12 ลักษณะของใบและต้นปาล์ม

อ้อยโรงงาน [9]

อ้อยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Saccharum Officinarum L. มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชีย จัดเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวในตระกูลหญ้าที่มีความสำคัญต่อมนุษย์มากจัดเป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอันดับที่ 4 ของโลกรองจากข้าวสาลี ข้าวโพดและข้าว เนื่องจากอ้อยเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายเชื่อกันว่ามีการค้นพบอ้อยครั้งแรกในประเทศอินเดีย เมื่อประมาณ 300 ปีก่อนคริสตกาล ปัจจุบันอ้อยมักนิยมปลูกในแถบประเทศเขตร้อนและซุ่มซื้นระหว่างเส้นรุ้งที่ 35 องศาเหนือและ 35 องศาใต้ประเทศที่มีการปลูกอ้อยมาก ได้แก่ บราซิล อินเดีย จีน เม็กซิโก ไทย และคิวบา

ประเทศไทยรู้จักการปลูกอ้อยมาเป็นเวลานาน แม้ว่าจะไม่มีหลักฐานปรากฏแน่ชัดว่าเริ่มปลูกเมื่อใด แต่จากตำราแพทย์แผนโบราณ พบว่ามีการระบุว่าอ้อยเป็นสมุนไพรประเภทหนึ่งจึงสันนิษฐานได้ว่าอ้อยเป็นพืชที่ขึ้นเองในธรรมชาติมาช้านานจนในปัจจุบันอ้อยได้กลายเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย

1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับอ้อย

อ้อยเป็นพืชในสกุล (Genus) Saccharum ลักษณะภายนอกประกอบด้วยลำต้นที่มีข้อและปล้องชัดเจน มีใบเกิดสลับข้างกันและมีส่วนกาบใบหุ้มลำต้นไว้รากอ้อยเป็นระบบรากฝอยแต่แข็งแรงสามารถหยั่งลงไปในดินได้ลึกลำต้นอ้อยสามารถแตกหน่อได้จากตาของข้อล่าง ๆ ที่อยู่ชิดดิน อ้อยที่โตเต็มที่มีขนาดความสูงประมาณ 3 ถึง 8 เมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3.5 ถึง 5.0 เซนติเมตร มีปล้องยาว 10 ถึง 20 เซนติเมตร สีของต้นอ้อยมีตั้งแต่เกือบขาวไปจนถึงเขียวแก่ม่วงแดงและม่วงอมฟ้า

การเจริญเติบโตของอ้อยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ ดังนี้

1.1 ระยะงอก (Germination phase)

เริ่มตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งหน่อโผล่พ้นดิน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2-3 สัปดาห์หน่อที่เกิดจากตาของท่อนพันธุ์เรียกว่า หน่อแรก (Primary shoot)หรือหน่อแม่ (Mother shoot) จำนวนท่อนพันธุ์ที่งอกต่อไร่จะเป็นตัวกำหนดจำนวนกออ้อยในพื้นที่นั้น ระยะงอกนี้ต้องการแสงแดดและปุ๋ยพอประมาณโดยเฉพาะไนโตรเจนและโปแตสเซียมในระยะงอกอ้อยควรได้รับน้ำน้อยแต่บ่อยครั้ง

1.2 ระยะแตกกอ (Tillering phase)

การแตกกอเกิดขึ้นจากตาที่อยู่ส่วนโคนของลำต้นใต้ดินของหน่อแรกเจริญออกมาเป็นหน่อชุดที่สอง และจากหน่อชุดที่สองก็เจริญเป็นหน่อชุดที่สาม หรืออาจจะมีหน่อชุดต่อไปอีก ทำให้มีจำนวนหน่อหรือลำต้นเพิ่มขึ้น ระยะแตกกอเป็นระยะต่อเนื่องกับระยะงอกการแตกกอจะเริ่มเมื่ออายุประมาณ 1.5 เดือนเป็นต้นไป แต่ระยะที่มีการแตกกอมากที่สุดอยู่ระหว่าง 2.5-4 เดือน

1.3 ระยะย่างปล้อง (Stalk elongation phase)

เป็นระยะต่อเนื่องกับการแตกกอ ระยะนี้จะมีการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของปล้องอย่างรวดเร็ว ทำให้อ้อยทั้งลำต้นเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วด้วยเริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 3-4 เดือน จนถึงอายุประมาณ 7-8 เดือน จากนั้นการเจริญเติบโตจะมีน้อยลงและจะเริ่มมีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น ขนาดและความยาวของแต่ละต้นในระยะนี้จะสัมพันธ์โดยตรงกับน้ำหนักของลำต้น

1.4 ระยะแก่และสุก (Maturity and ripening phase)

เป็นระยะที่อ้อยมีอัตราการเจริญเติบโตช้าลงมากเมื่อเปรียบเทียบกับระยะต่าง ๆ และเมื่อการเจริญเติบโตเริ่มช้าลง น้ำตาลที่ใบสร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสงก็จะถูกใช้น้อยลงและมีเหลือเก็บสะสมในลำต้นมากขึ้น ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของระยะสุกการสะสมน้ำตาลจะเริ่มจากส่วนโคนไปหาปลายดังนั้นส่วนโคนจึงหวานก่อน และมีความหวานมากกว่าส่วนปลายการสะสมน้ำตาลจะมีมากขึ้นโดยลำดับ จนกระทั่งส่วนโคนส่วนกลางและส่วนปลายมีความหวานใกล้เคียงกัน เรียกว่า สุก

2 วิธีการปลูกอ้อย

ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อผลผลิตอ้อยคือ พันธุ์อ้อยการเลือกพื้นที่และฤดูกาลปลูกอ้อยการเตรียมท่อนพันธุ์การกำหนดตารางการปลูกและดูแลรักษาอ้อยการเตรียมดิน การปลูกอ้อยการดูแลรักษาอ้อยการบำรุงดินและใส่ปุ๋ยอ้อยการบำรุงรักษาอ้อยตอและการเก็บเกี่ยว

2.1 พันธุ์อ้อย

ข้อควรพิจารณาในการเลือกพันธุ์อ้อยเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงได้แก่

• อายุการเก็บเกี่ยวอ้อยเป็นพืชที่สะสมน้ำหนักและความหวานได้สูงเพียงชั่วระยะเวลาหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้สามารถเก็บเกี่ยวอ้อยได้ตลอดฤดูจึงควรปลูกอ้อยหลาย ๆ พันธุ์ผลผลิตต่อไร่และค่าความหวาน ความหวาน เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อรายได้ของเกษตรกรค่าความหวานโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 11-12 C.C.S ซึ่งผลผลิตจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ภูมิอากาศและการดูแลรักษา

• ความทนทานต่อโรคและแมลง ปัญหาโรคและแมลงระบาดมีสาเหตุมาจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกและการใช้ท่อนพันธุ์อย่างผิดวิธีดังนั้นการใช้พันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อโรคและแมลงจะสามารถช่วยลดปัญหาการระบาดของโรคและแมลงได้

• ความเหมาะสมต่อพื้นที่ที่ปลูกการเลือกใช้พันธุ์อ้อยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่แต่ละพื้นที่มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อผลผลิตอ้อย

• ความสามารถในการไว้ตออ้อยเป็นพืชที่สามารถเก็บเกี่ยวได้มากกว่า 3-4 ครั้ง โดยหลังจากการเก็บเกี่ยวในปีแรกอ้อยจะแตกกอขึ้นมาเรียกว่าอ้อยตอ ซึ่งเกษตรกรจะไม่ต้องลงทุนไถพื้นที่และซื้อพันธุ์อ้อยอีก ดังนั้นอ้อยที่มีความสามารถในการแตกกอดีมีเปอร์เซ็นต์การอยู่รอดสูงรวมถึงอายุการไว้ตอนาน จะช่วยให้เกษตรกรได้รับกำไรมากขึ้นจากการไว้อ้อยตอ ซึ่งอ้อยตอคือ อ้อยที่ถูกตัดส่งโรงงานครั้งที่ 1 และอ้อยในแปลงงอกแตกหน่อใหม่เจริญเติบโตเข้าสู่ปีที่ 2

2.2 การเลือกพื้นที่และฤดูกาลปลูกอ้อย

ปัจจัยที่ควรพิจารณาในการเลือกพื้นที่ปลูกอ้อย ได้แก่ พื้นที่ต้องมีความอุดมสมบูรณ์ ไม่มีโรคระบาดในฤดูปลูกที่ผ่านมา เพราะโรคอ้อยบางชนิดสามารถคงอยู่ในดินได้พื้นที่เพาะปลูกควรเป็นที่ราบ ความลาดชันไม่เกินร้อยละ 10 ระบายน้ำได้ดีและควรอยู่ในเขตที่มีการกระจายของฝนดีมีปริมาณฝนไม่ต่ำกว่า 1,000 มิลลิเมตรต่อปี มีการคมนาคมสะดวกตลอดปีและที่สำคัญจะต้องอยู่ห่างจากโรงงานน้ำตาลไม่เกิน 50 กิโลเมตรเพื่อลดระยะทางขนส่ง

2.3 การเตรียมท่อนพันธุ์

การเตรียมท่อนพันธุ์อ้อยควรพิจารณารายละเอียดดังนี้

• พันธุ์อ้อยต้องมีความสมบูรณ์ตรงตามพันธุ์ควรเป็นอ้อยปลูกใหม่อายุประมาณ 8-10 เดือน เพราะอายุน้อยกว่า 8 เดือน เปอร์เซ็นต์การงอกจะลดลง

• ตาอ้อยต้องสมบูรณ์ควรมีกาบใบหุ้มเพื่อป้องกันการชำรุดของตาและลอกออกเมื่อทำการปลูก

• ขนาดท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกควรมี 2-3 ตาตัดด้วยมีดสะอาดโดยให้รอยตัดมีพื้นที่หน้าตัดน้อยที่สุด

2.4 การกำหนดตารางการปลูกและดูแลรักษาอ้อย

การกำหนดตารางการปฏิบัติงานต่าง ๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนด้านเงินทุน และการดูแลรักษา รวมถึงการเตรียมจัดหาปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมกับช่วงเวลาที่ต้องการซึ่งการปลูกอ้อยสามารถแบ่งเวลาการปลูกออกได้ตามภูมิภาคและฤดูโดยแบ่งเขตพื้นที่การปลูกอ้อยออกได้เป็น 2 เขตคือเขตชลประทานและเขตน้ำฝน โดยมีรายละเอียดดังนี้

• เขตชลประทาน สามารถปลูกในช่วงระหว่างเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม

• เขตน้ำฝน สามารถปลูกได้ 2 ช่วงคือต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน ต้นฤดูฝน ตั้งแต่เดือนเมษายนถึงมิถุนายน นิยมปลูกในพื้นที่ทั่วไป และปลายฤดูฝน ตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงธันวาคม นิยมปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก

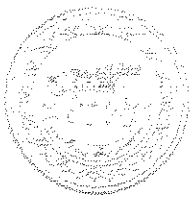
กำหนดการปฏิบัติดูแลรักษาอ้อยในฤดูการปลูกอ้อยต่าง ๆ และกำหนดการบำรุงรักษาอ้อยตอหลังเก็บเกี่ยวดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 กำหนดการปฏิบัติดูแลรักษาอ้อยในฤดูการปลูกอ้อยต่าง ๆ

ลำดับ	การปฏิบัติ	ฤดูต้นฝน	ฤดูปลายฝน	เขตชลประทาน	อายุอ้อย(เดือน)
1	เลือกพื้นที่	ม.ค.	ก.ค.	พ.ย.	-
2	จัดหาพันธุ์อ้อย	ก.พ.	ส.ค.-ก.ย.	ธ.ค.	-
3	เตรียมดิน	ก.พ.-มี.ค.	ก.ย.-ต.ค.	ธ.ค.-ม.ค.	-
4	เตรียมท่อนพันธุ์อ้อย	มี.ค.-พ.ค.	ต.ค.-พ.ย.	ม.ค.-ก.พ.	-
5	ปลูก	มี.ค.-พ.ค.	ต.ค.-พ.ย.	ม.ค.-ก.พ	0
6	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	มี.ค.-มิ.ย.	ต.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-มี.ค.	0-1
7	ควบคุมกำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	มี.ค.-มิ.ย.	ต.ค.-ธ.ค.	ม.ค.-ก.พ.	0-1
8	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	มิ.ย.-ก.ค.	มี.ค.-เม.ย.	เม.ย.-พ.ค.	1-2
9	ควบคุมกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	พ.ค.-ก.ค.	มี.ค.-พ.ค.	เม.ย.-พ.ค.	3-5
10	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3	ส.ค.-ก.ย.	ก.ค.-ส.ค.	พ.ค.-มิ.ย.	4-6
11	พรวนดิน พูนโคน	ส.ค.-ก.ย.	เม.ย.-พ.ค.	เม.ย.-พ.ค.	4-6
12	ตรวจการสุกแก่	ธ.ค.-ม.ค.	ต.ค.-พ.ย.	พ.ย.-ธ.ค.	9-10+
13	เตรียมการเก็บเกี่ยว	พ.ย.-ธ.ค.	ก.ย.-พ.ย.	ก.ย.-ต.ค.	8-10
14	เก็บเกี่ยว	ธ.ค.-มี.ค.	พ.ย.-มี.ค.	ม.ค.-มี.ค.	10+
15	บำรุงต่อ	ม.ค.-พ.ค.	ธ.ค.-เม.ย.	ม.ค.-เม.ย.	หลังเก็บเกี่ยว

หมายเหตุ : ข้อมูลจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548

ว TJ
ผ06
.6
ป3275
2561



05 ก.ย. 2564
1034799

ตารางที่ 2 กำหนดการบำรุงรักษาอ้อยตอหลังเก็บเกี่ยว

ลำดับ	การปฏิบัติ	ฤดูต้นฝน	ฤดูปลายฝน	เขตชลประทาน	อายุอ้อย(เดือน)
1	ตัดแต่งตออ้อย	ม.ค.-มี.ค.	ธ.ค.-เม.ย.	ม.ค.-เม.ย.	-
2	พรวนดิน	ก.พ.-มี.ค.	ม.ค.-เม.ย.	ธ.ค.-เม.ย.	-
3	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1	ก.พ.-มี.ค.	ม.ค.-เม.ย.	ธ.ค.-เม.ย.	0-1
4	ควบคุม กำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	เม.ย.-ห.ค.	ห.ค.-มิ.ย.	ห.ค.-มิ.ย.	0-1
5	ควบคุม กำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	มี.ค.-มิ.ย.	ต.ค.-พ.ย.	ต.ค.-ห.ย.	3-5
6	ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2	ก.ค.-ส.ค.	มิ.ย.-ส.ค.	มิ.ย.-ส.ค.	4-6

หมายเหตุ : ข้อมูลจากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2548

2.5 การเตรียมดิน

• การเตรียมดินในพื้นที่ทั่วไป โดยปกติจะไถ 2-3 ครั้ง โดยการไถจะลึกประมาณ 30-50 เซนติเมตร และตากดินทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน ให้วัชพืชตายหรือเน่าเปื่อยแล้วจึงพรวนหรือไถแปรอีกครั้ง

• การเตรียมดินในพื้นที่ที่ปลูกอ้อยมาก่อน พื้นที่ที่เคยปลูกอ้อยจะมีรถบรรทุกเข้าไปในพื้นที่ทำให้ดินชั้นล่างเกิดเป็นดินดาน รากอ้อยไม่สามารถเจริญลึกไปถึงดินชั้นล่างได้จึงควรไถดินดาน (Ripper) เพื่อทำลายชั้นดินดาน จากนั้นจึงไถรื้อตอและตากดินไว้ประมาณ2-4 สัปดาห์แล้วจึงทำการไถดะไถแปรเช่นเดียวกับการเตรียมดินในพื้นที่ทั่วไป

2.6 การปลูกอ้อย

การปลูกอ้อยมี 2 วิธีคือ ปลูกด้วยแรงคนและปลูกโดยใช้เครื่องปลูกการปลูกอ้อยแบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

• การปลูกอ้อยเป็นท่อน โดยตัดอ้อยพันธุ์ให้เป็นท่อน มีปล้อง 2 ปล้องและมีตา 2-3 ตาแล้วนำไปปลูกในร่องอ้อยให้แต่ละท่อนห่างกันประมาณ 50 เซนติเมตร

• การปลูกอ้อยทั้งลำ ทำได้ 2 วิธีคือวางลำอ้อยในร่องและสับให้ขาดออกจากกัน และวางโดยไม่สับลำอ้อยการวางจะต้องวางให้โคนและยอดอ้อยซ้อนกันอยู่ตลอดทั้งร่อง

2.7 การดูแลรักษาอ้อย

• การควบคุมและกำจัดวัชพืชการปลูกอ้อยที่ดีควรมีช่วงปลอดวัชพืชอย่างน้อย 4-5 เดือนขึ้นไป การกำจัดวัชพืชครั้งแรก ควรทำหลังจากปลูกอ้อยแล้ว 1 เดือนโดยทำไปพร้อมกับการใส่ปุ๋ย การกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 ควรทำหลังจากครั้งแรก 2 สัปดาห์หรือ1 เดือน หรือเมื่ออ้อยมีอายุ 1.5-2 เดือน โดยทำพร้อมกับการใส่ปุ๋ย

• การให้น้ำ นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพอ้อย ซึ่งน้ำจะทำให้อ้อยแตกกอดีมีจำนวนลำมากและสามารถไว้ตอได้ระยะเวลาหลายปีการให้น้ำอ้อยจะมากน้อยแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตดังนี้ 1) ระยะงอกอ้อยจะต้องการความชื้นที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป โดยให้น้ำพอเหมาะและบ่อย 2-3 ครั้ง ห่างกัน 5-7 วัน 2) ระยะหลังงอก อ้อยต้องการน้ำมากขึ้น โดยช่วงการให้ประมาณทุก10-14 วัน 3) ระยะแตกกอจนถึงย่างปล้องเป็นระยะที่อ้อยเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว หากขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ผลผลิตลดลงควรให้น้ำในปริมาณมากทุก 14-21 วัน 4) ระยะก่อนเก็บเกี่ยว (อายุ 9-10 เดือนขึ้นไป) คือระยะการสะสมน้ำตาลอ้อยต้องการน้ำน้อยโดยทั่วไปควรงดให้น้ำแก่อ้อย 1-1.5 เดือนก่อนการเก็บเกี่ยว

• การพูนโคนอ้อย เป็นการเอาดินระหว่างแถวอ้อยกลบที่โคนอ้อยโดยควรทำหลังจากที่อ้อยมีการแตกกอแล้ว เพื่อทำให้กออ้อยแข็งแรง ไม่ล้มง่าย โดยกลบดินหนาประมาณ 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นเมื่อเริ่มดายหญ้าแล้วก็ค่อย ๆ พูนดินให้หนา

2.8 การบำรุงดินและการใส่ปุ๋ยอ้อย

• การบำรุงดิน โดยการใช้ไถดินดาน ไถให้ลึกประมาณ 50-75 เซนติเมตรไถสวนกันในแปลงเป็นตารางหมากรุก

• การใส่ปุ๋ยการใส่ปุ๋ยถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการปลูกอ้อยโดยเฉพาะดินที่ปลูกอ้อยมานาน การใส่ปุ๋ยควรจะใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยอื่น ๆ ที่ช่วยปรับสภาพทางกายของดินร่วมกับปุ๋ยเคมีปุ๋ยเคมีที่ใส่ควรมีธาตุอาหารครบทั้ง 3 อย่างคือไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม (เอ็น-พี-เค)

2.9 การบำรุงรักษาอ้อยตอ

• การแต่งตอ ทำโดยใช้จอบคม ๆ ปาดตออ้อยตรงระดับดิน เพื่อตัดตอเก่าและหน่อที่แตกใหม่ทิ้งไปให้หมด ทำให้หน่อใหม่ที่แข็งแรงกว่าเจริญแตกตาแทงขึ้นมาจากใต้ดินพร้อมกันหลายหน่อ

• การให้น้ำและการรักษาความชื้น หากความชื้นไม่เพียงพอการงอกของอ้อยตออาจจะไม่สมบูรณ์ทำให้ผลผลิตลดลงการป้องกันแก้ไขวิธีหนึ่งคือเกษตรกรชาวไร่อ้อยควรเลิกเผาแปลงอ้อยทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยวเพื่อให้มีเศษใบอ้อยปกคลุมดิน เพื่อช่วยรักษาระดับความชื้นในดิน

• การใส่ปุ๋ยการใส่ปุ๋ยอ้อยตอควรใส่เพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราเดิมประมาณครึ่งเท่า เพราะอ้อยตอต้องใช้ธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของหน่อใหม่

• การดูแลรักษาทั่วไป ได้แก่ การควบคุมวัชพืช การพรวนดิน การพูนโคน

2.10 การเก็บเกี่ยว

• ควรเก็บเกี่ยวและขนส่งอ้อยเข้าโรงงานในเวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์อ้อยอ้อยบางพันธุ์ให้ผลผลิตหวานสูงในช่วงต้นฤดูหีบ แต่บางพันธุ์จะให้ผลผลิตและความหวานสูงเมื่ออายุเกิน 12 เดือน การวางแผนก่อนปลูกจึงเป็นสิ่งสำคัญ

• การเก็บเกี่ยวโดยทั่วไปยังใช้แรงงานคน โดยควรเก็บเฉพาะอ้อยที่สุกแก่เต็มที่โดนริดใบออกแล้วตัดลำต้นด้วยมีดตรงตอส่วนที่ชิดดิน และตัดยอดอ้อยตรงส่วนจุดเปราะโดยการโน้มใบที่ยอด ซึ่งจะทำให้อ้อยได้น้ำหนักและคุณภาพดีอ้อยที่ตัดควรวางในร่องให้เป็นระเบียบเพื่อความรวดเร็วในการขนย้ายอ้อยที่ตัดไปยังโรงงาน เนื่องจากอ้อยที่ค้างอยู่ในแปลงนาน ๆ จะทำให้น้ำหนักและคุณภาพของอ้อยลดลง

3 พื้นที่เพาะปลูกอ้อย

3.1 พื้นที่เพาะปลูกอ้อยของประเทศไทย

ประเทศไทยสามารถปลูกอ้อยได้ 4 ภาคคือ ภาคกลาง ภาคตะวันออกภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วในช่วงกว่า 10 ปีที่ผ่านมา ส่งผลให้มีการขยายพื้นที่เพาะปลูกอ้อยจากภาคกลางและตะวันออกไปยังภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือโดยในปัจจุบันผลผลิตอ้อยจากพื้นที่ภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือมีมากกว่าร้อยละ 55 ของผลผลิตอ้อยของประเทศ ซึ่งแผนที่แสดงพื้นที่ปลูกอ้อยของประจำปี 2551 ของประเทศไทย

จากการศึกษาสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยในปีการผลิต 2550/51 โดยอาศัยข้อมูลจากดาวเทียมประกอบกับการเก็บรายละเอียดข้อมูลทางภาคพื้นดิน พบว่าพื้นที่ปลูกอ้อยโดยรวมทั้งประเทศจำนวน 6,516,376 ไร่แบ่งเป็นรายภาคได้ดังต่อไปนี้ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2551)

• ภาคเหนือ มีพื้นที่ปลูกอ้อยโดยรวมทั้งภาคจำนวน 1,252,193 ไร่ หรือร้อยละ 19.22 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ

• ภาคกลาง มีพื้นที่ปลูกอ้อยโดยรวมทั้งภาคจำนวน 2,042,227 ไร่ หรือร้อยละ 31.34 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ

• ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกอ้อยโดยรวมทั้งภาค จำนวน 2,804,716 ไร่ หรือร้อยละ 43.04 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ

• ภาคตะวันออก มีพื้นที่ปลูกอ้อยโดยรวมทั้งภาคจำนวน 417,240 ไร่ หรือร้อยละ 6.40 ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ

จากผลการสำรวจแสดงให้เห็นว่า ปริมาณพื้นที่เพาะปลูกอ้อยในภาคกลางและตะวันออกลดลงจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 11.88 ส่วนพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคเหนือและตะวันออกเฉียงเหนืออเพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 5.33 ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยประจำปีการผลิต 2559/60 เปรียบเทียบกับผลการสำรวจพื้นที่ปลูกอ้อยที่ได้ประจำปีการผลิต 2560/61

ภาค/พื้นที่ปลูกอ้อย	ปี 2559/60 (ไร่)	ปี2560/61 (ไร่)	เปลี่ยนแปลง (+/-)
เหนือ	2,571,431	2,719,424	+147,993
กลาง	3,061,101	3,118,925	+ 57,824
ตะวันออกเฉียงเหนือ	4,750,671	5,044,952	+294,281
ตะวันออก	605,286	659,249	+ 53,963
รวมทั้งประเทศ	10,988,489	11,542,550	+ 554,061

หมายเหตุ : ข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561

4. ปัญหาและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการปลูกอ้อย

การเพาะปลูกอ้อยของเกษตรกรชาวไร่อ้อยยังประสบปัญหาที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตอยู่หลายประการได้แก่

4.1 การเผาอ้อยทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว

เนื่องจากยอดและใบอ้อยมีความแหลมคมยากต่อการตัดหรือจัดเก็บ และเพื่อควบคุมปริมาณยอดอ้อยไม่ให้มีผลกระทบต่อคุณภาพน้ำตาลจึงเกิดการเผาอ้อยเพื่อสะดวกต่อการตัดต้นอ้อยและการเตรียมพื้นที่เพื่อการปลูกในรอบต่อไป ดังนั้น การเผาอ้อยจึงนับว่าเป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสิ่งแวดล้อมและชั้นบรรยากาศของโลกและนอกจากนี้ยังเป็นสาเหตุสำคัญของปรากฏการณ์เรือนกระจกที่ทำให้โลกร้อนขึ้น ซึ่งขณะนี้กำลังเป็นปัญหาใหญ่ระดับโลกเพราะโลกร้อนขึ้น ส่งผลกระทบให้น้ำแข็งที่ขั้วโลกละลายอย่างรวดเร็ว สภาพอากาศทั่วโลกแปรปรวน ในบางพื้นที่เกิดมรสุม บางพื้นที่แห้งแล้ง บางพื้นที่หิมะถล่ม ซึ่งมลพิษอากาศต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ขึ้น ได้แก่ก๊าซมีเทน ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนตรัสออกไซด์และ NMVOC (Non-Methane Volatile Organic Compound)

4.2 การใช้สารเคมีเกษตร

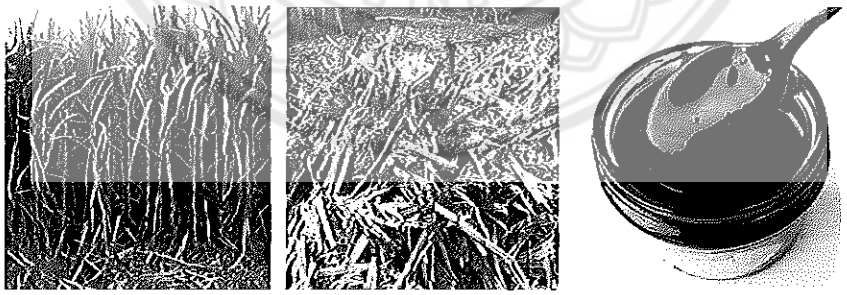
สารเคมีกำจัดศัตรูพืช และสารเคมีบำรุงดิน ล้วนส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์เพราะจะทำให้สิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ถูกทำลายและได้รับผลกระทบไม่ว่าจะเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีการใช้ยาฆ่าแมลง ยาควบคุมวัชพืช ส่งผลให้ดินขาดความ สมบูรณ์อีกทั้งสารเคมีที่ใช้อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์หรือแม้แต่ปนเปื้อนในดินและถูกชะลงไปในแหล่งน้ำ ทำให้มีผลกระทบต่อพืชและสัตว์ที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ

4.3 การใช้เครื่องจักรกลการเกษตร

ขั้นตอนในการปลูกอ้อย จำเป็นต้องใช้เครื่องจักรกลในหลายขั้นตอนทั้งเพื่อการเตรียมดินโดยการไถดิน การรดน้ำโดยใช้ปั๊มที่ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดูแลรักษาโดยการใช้เครื่องพ่น เก็บเกี่ยวที่ใช้เครื่องเกี่ยว และขนส่ง ซึ่งต้องมีการใช้รถยนต์ในการขนส่งจากไร่อ้อยสู่สถานีขนถ่ายและจากสถานีขนถ่ายไปส่งไปยังโรงงานน้ำตาลล้วนแล้วแต่มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อนเครื่องจักรดังกล่าวทั้งสิ้น จึงส่งผลกระทบด้านการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ

4.4 การขยายพื้นที่ปลูกอ้อย

จากแนวโน้มสถานการณ์การขาดแคลนน้ำมันเชื้อเพลิง ทำให้ความต้องการเอทานอลในตลาดโลกเพิ่มสูงขึ้น อ้อยคือวัตถุดิบชนิดหนึ่งที่สามารถใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอลหลาย ๆ ประเทศทั่วโลกรวมไม่เว้นแม้แต่ประเทศไทยจึงเริ่มหันมาปลูกพืชที่สามารถผลิตเป็นพลังงานได้เช่น มันสำปะหลัง อ้อย ข้าวโพดจึงส่งผลทำให้ต้องมีการเพิ่มกำลังการผลิตขยายพื้นที่เพาะปลูกเพื่อรองรับการขยายตัวของตลาดในอนาคต ซึ่งการขยายพื้นที่เพาะปลูกจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อการลดลงของพื้นที่ป่าธรรมชาติ

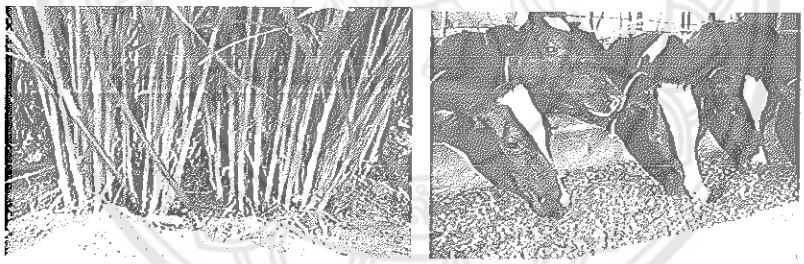


รูปที่ 13 ลักษณะของต้นอ้อยโรงงาน ชานอ้อยโรงงาน และกากน้ำตาล [9]

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 [10]

หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นหญ้าลูกผสมเนเปียร์สายพันธุ์หนึ่ง ซึ่งเกิดจากการผสมข้ามพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก เป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูงทั้งในแง่การให้ผลผลิต และมีคุณค่าทางอาหารสัตว์ดีตามที่สัตว์ต้องการ เหมาะสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคนม โคเนื้อ กระบือ

แพะ และแกะ ปัจจุบันกรมปศุสัตว์ได้สนับสนุนส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วประเทศไทย หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สายพันธุ์นี้มีอายุหลายปีโตเต็มที่สูงประมาณ 4 เมตรมีระบบรากที่แข็งแรงแผ่กระจายอยู่ในดินดูดซึมน้ำและปุ๋ยได้ดีลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรงปลูกขยายพันธุ์โดยใช้ท่อนพันธุ์ลักษณะเด่นเติบโตเร็วให้ผลผลิตต่อไร่สูงโปรตีนสูงมีความน่ากินสูงสัตว์ชอบกินตอบสนองต่อการให้น้ำและปุ๋ยดีแตกกอดีแก่ช้าทนแล้งในฤดูหนาวยังเติบโตได้ดี ไม่ชงัก ไม่มีระยะพักตัวใบและลำต้นอ่อนนุ่มขอบใบไม่คมไม่มีขนที่ทำให้เกิดอาการคันคายระยะออกดอกสั้นไม่ติดเมล็ดให้ผลผลิตตลอดทั้งปีมีปริมาณน้ำตาลในใบและลำต้นสูงทำเป็นหญ้าหมักโดยไม่จำเป็นต้องเติมสารเสริมใดๆ ปรับตัวได้ดีในดินหลายสภาพไม่มีโรคและแมลงรบกวนเก็บเกี่ยวง่ายปลูกครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้นานถึง 6-7 ปีเหมาะกับเกษตรกรที่มีพื้นที่จำกัดปลูกได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทยเจริญเติบโตได้ดีในดินหลายประเภทไม่ว่าจะเป็นดินร่วนปนทรายดินเหนียวหรือดินลูกรังชอบดินที่มีการระบายน้ำดีและมีความอุดมสมบูรณ์ทนแล้งแต่ไม่ทนน้ำท่วมขังต้องการน้ำฝนประมาณ 1,000 มิลลิเมตร/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยโรงงานที่ต้องการน้ำฝน 1,200-1,500 มิลลิเมตร/ปีกล่าวได้ว่าในพื้นที่แห้งแล้งที่ปลูกอ้อยโรงงานได้ก็สามารถปลูกหญ้าเน-เปียร์สายพันธุ์นี้ได้สำหรับพื้นที่ลุ่มหรือที่นาที่น้ำอาจจะท่วมขังให้ยกร่องเพื่อระบายน้ำก็จะสามารถปลูกได้เช่นกัน หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สายพันธุ์นี้ต้องการแสงแดดเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตพบว่าการปลูกใกล้ร่มเงาหรือที่ร่มในสวนผลไม้จะให้ผลผลิตไม่มากจึงควรปลูกในบริเวณพื้นที่ที่มีแสงแดดส่องถึงอย่างเพียงพอ



รูปที่ 14 ลักษณะของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และการใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สำหรับเลี้ยงสัตว์[10]

การนำหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มาผลิตพลังงานสามารถทำได้ 2 รูปแบบคือ [11]

1. การเผาโดยตรงหลังผ่านกระบวนการลดความชื้น

2. การผลิตเป็นก๊าซชีวภาพด้วยการหมักซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าและเป็นที่นิยมมากกว่าหญ้าเน-เปียร์ปากช่อง 1 สดปริมาณ 1 ตันอายุ 60 วันเมื่อเก็บเกี่ยวและผ่านกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) สามารถผลิตเป็นก๊าซชีวภาพได้ 90 ลูกบาศก์เมตรเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 170 กิโลวัตต์ต่อวัน

จากรูปแบบการผลิตพลังงานทดแทนจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 โดยนำหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไปเป็นอาหารสัตว์จะได้มูลสัตว์หรือนำหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ผสมกับมูลสัตว์หรือวัตถุดิบอื่น ๆ เข้ากระบวนการ

หมัก จะได้พลังงานทดแทนคือ ก๊าซชีวภาพ ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ คือ ก๊าซ CBG (Compressed Biomethane Gas) โดยนำก๊าซชีวภาพมาปรับปรุงคุณภาพ ด้วยกระบวนการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) และความชื้นออกจากก๊าซชีวภาพ ด้วยเทคโนโลยี Water Scrubbing และเทคโนโลยี Membrane เพื่อให้ได้ก๊าซไบโอมีเทนอัดหรือ CBG ที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าก๊าซ NGV (Natural Gas for Vehicles) สามารถนำไปใช้สำหรับยานยนต์ และนำไปบรรจุถังสำหรับใช้ในภาคครัวเรือนเพื่อทดแทนก๊าซหุงต้ม (LPG)และนำไปผลิตไฟฟ้า

ก๊าซชีวภาพ[12]

ก๊าซชีวภาพ (Biogas หรือ Digester gas)หรือ ไบโอก๊าซ คือก๊าซที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติที่ได้จากการย่อยสลายสารอินทรีย์ภายใต้สภาวะที่ปราศจากออกซิเจนโดยทั่วไปจะหมายถึง ก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมัก (Fermentation) ของอินทรียวัตถุซึ่งประกอบด้วย ปุ๋ยคอก โคลนจากน้ำเสีย ขยะประเภทของแข็งหรือของเสียชีวภาพจากอาหารสัตว์ภายใต้สภาวะไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) องค์ประกอบส่วนใหญ่ คือก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50% ส่วนที่เหลือเป็นก๊าซชนิดอื่นๆ เช่น ไฮโดเจน (H_2) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำ

หลักการผลิตก๊าซชีวภาพ [12]

หลักการย่อยสลายสารอินทรีย์เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพ คือสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยกลุ่มจุลินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ (ไร้ออกซิเจน) โดยสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน จะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่เปลี่ยนสารอินทรีย์โมเลกุลใหญ่ให้เป็นกรดอินทรีย์ขนาดเล็กเช่น น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กรดอะมิโน และกรดไขมัน เป็นต้น กลุ่มแบคทีเรียที่สร้างกรดอะซิติกจะเปลี่ยนกรดอินทรีย์ขนาดเล็กให้เป็นกรดอะซิติกและก๊าซไฮโดรเจน และขั้นตอนสุดท้ายกลุ่มแบคทีเรียจะสร้างมีเทนโดยเปลี่ยนกรดอะซิติกและไฮโดรเจนให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (หรือก๊าซชีวภาพ) ซึ่งก๊าซดังกล่าวที่เกิดขึ้นจะลอยตัวขึ้นเหนือผิวน้ำและจะถูกรวบรวมนำไปใช้ผลิตพลังงานทดแทนต่อไป

1. การใช้ประโยชน์จากก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จากกระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจนจะให้องค์ประกอบของก๊าซชีวภาพดังนี้ ก๊าซมีเทน (CH_4) ประมาณ 50-70% ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ประมาณ 30-50 % และก๊าซไฮโดเจน (H_2) ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ก๊าซไนโตรเจน (N_2) และไอน้ำอีกเล็กน้อย ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทนได้โดยปกติการกำจัดค่า Chemical Oxygen Demand (COD) 1 กิโลกรัม จะสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 0.3-0.5 ลบ.ม. ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของน้ำเสียแต่ละประเภท โดยก๊าซมีเทนจะมีค่าความร้อนประมาณ 39.4 เมกะจูล/ลบ.ม. สามารถใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ 0.67 ลิตร ซึ่งเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้า 9.7 kWh

2. รูปแบบการนำก๊าซชีวภาพมาผลิตเป็นพลังงาน

- การนำก๊าซชีวภาพไปใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงเพื่อผลิตพลังงานความร้อนเป็นรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์โดยการเผาไหม้ให้ความร้อนโดยตรง ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับหม้อต้มไอน้ำในโรงงานผลิตอาหารสัตว์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการอบแห้ง ใช้กับหัวกกลูกสุกร ใช้ในครัวเรือน ฯลฯ

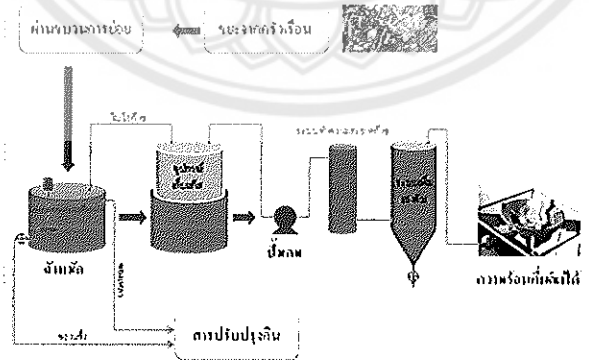
- การใช้ก๊าซชีวภาพในการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้าเป็นรูปแบบการนำก๊าซชีวภาพไปใช้ประโยชน์โดยการนำไปผลิตเป็นพลังงานกล/ไฟฟ้าสามารถใช้งานได้ง่าย โดยเฉพาะเมื่อผลิตเป็นไฟฟ้าแล้ว สามารถนำไปใช้งานได้สะดวก

- การผลิตพลังงานร่วมเป็นการผลิตพลังงานกล/ไฟฟ้า และความร้อนร่วมกันซึ่งเป็นระบบที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของการใช้เชื้อเพลิงให้มีค่าสูงขึ้นมากกว่าการใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อนเพียงอย่างเดียว

3. ศักยภาพสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ

- วัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ได้แก่ เป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ง่าย มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ในปริมาณสูง มีปริมาณความชื้นสูง มีคุณสมบัติอื่นๆ ที่เหมาะสมต่อการย่อยสลายแบบไร้อากาศ

- แหล่งวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ ขยะชุมชน ได้แก่ ขยะชุมชนในส่วนของขยะอินทรีย์ ของเสียจากอุตสาหกรรม ได้แก่ น้ำเสียจากโรงงานแป้งมันสำปะหลัง โรงงานเบียร์ โรงงานผลไม้กระป๋อง โรงงานผลิตน้ำมันปาล์ม โรงงานเบียร์ โรงงานน้ำตาล เป็นต้น และของเสียที่เป็นกากตะกอนที่เป็นส่วนของสารอินทรีย์ ของเสียจากการเกษตร ได้แก่ น้ำเสียจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ เช่น หมู วัว ไก่



รูปที่ 15 กระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ[12]

เทคโนโลยีและกระบวนการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง [8]

เชื้อเพลิงเอทานอล หรือ Ethyl Alcohol คือแอลกอฮอล์ที่แปรรูปมาจากพืชจำพวกแป้งและน้ำตาล รวมทั้งเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสโดยผ่านกระบวนหมัก (Fermentation) วัตถุดิบที่สามารถนำมาใช้ผลิตเอทานอลมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด อาทิ อ้อย ข้าว ข้าวฟ่าง ข้าวโพด มันสำปะหลัง เป็นต้น น้ำมันแก๊สโซฮอล์ (Gasohol) เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันเบนซิน เกิดจากการผสมของน้ำมันเบนซินกับเอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นแอลกอฮอล์บริสุทธิ์ การผสมแอลกอฮอล์ลงในน้ำมันเบนซินในข้างต้น เป็นในลักษณะของสารเติมแต่ง ปรับปรุงค่า Oxygenates และออกเทน (Octane) ของน้ำมันเบนซิน ซึ่งสามารถใช้ทดแทนสารเติมแต่ง คือ Methyl-Tertiary- Butyl-Ether (MTBE) กระบวนการผลิตเอทานอล ประกอบด้วย กระบวนการเตรียมวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล

กระบวนการหมัก และการแยกผลิตภัณฑ์เอทานอลและการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งในขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบนั้น ถ้าเป็นประเภทแป้งหรือเซลลูโลส เช่นมันสำปะหลังและธัญพืช จะต้องนำไปผ่านกระบวนการย่อยแป้งหรือเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลก่อน ด้วยการใช้กรดหรือเอนไซม์ ส่วนวัตถุดิบประเภทน้ำตาล เช่นกากน้ำตาล หรือน้ำอ้อย เมื่อปรับความเข้มข้นให้เหมาะสมแล้วสามารถนำไปหมักได้ในกระบวนการหมักจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ยีสต์การเลือกใช้ชนิดของเชื้อจุลินทรีย์ที่เหมาะสมกับวัตถุดิบที่นำมาหมัก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการหมักผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักคือ เอธิลแอลกอฮอล์หรือเอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 8-12 โดยปริมาตร น้ำหมักที่ได้จากกระบวนการหมัก จะนำมาแยกเอทานอลออกโดยใช้กระบวนการกลั่นลำดับส่วน ซึ่งสามารถแยกเอทานอลให้ได้ความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 95 โดยปริมาตร จากนั้นจึงเข้าสู่กรรมวิธีในการแยกน้ำโดยการใช้โมเลคูลาซีพ (molecular sieve separation) เอทานอลที่ความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 จะผ่านเข้าไปในหอดูดซับที่บรรจุตัวดูดซับประเภทซีโอไลต์ โมเลกุลของ เอทานอลจะไหลผ่านช่องว่างของซีโอไลต์ออกไปได้ แต่โมเลกุลของน้ำจะถูกดูดซับไว้ ทำให้เอทานอลที่ไหลออกไปมีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 ส่วนซีโอไลต์ที่ดูดซับน้ำไว้จะถูกรีเจนเนอเรตโดยการไล่น้ำออก เอทานอลความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 สามารถนำมาใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 3 รูปแบบ ได้แก่

(1) ใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงโดยตรงเพื่อทดแทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล

(2) ใช้ผสมกับน้ำมันเบนซิน เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) หรือผสมกับน้ำมันดีเซล เรียกว่า ดีโซฮอล์ (Diesohol)

(3) ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทน ของน้ำมันให้กับเครื่องยนต์ โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether) สามารถทดแทนสาร MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether)

โรงไฟฟ้าชีวมวล[13]

ชีวมวล (Biomass) คือ สารอินทรีย์ทุกรูปแบบที่เป็นแหล่งกักเก็บพลังงานจากธรรมชาติและสามารถนำมาใช้ผลิตเป็นพลังงานได้ โดยไม่นับการกลายเป็นเชื้อเพลิงฟอสซิลไปแล้ว โดยมากมาจาก กากหรือเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร หรือ กากจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม เช่น แกลบ ฟางข้าว ชานอ้อยโรงงาน ใบและยอดอ้อยโรงงาน เศษไม้ เส้นใยและกะลาปาล์ม กากมันสำปะหลัง ซังข้าวโพด กาบและกะลามะพร้าว หรือแม้กระทั่งมูลสัตว์ต่างๆ ฯลฯ

โรงไฟฟ้าชีวมวล คือโรงไฟฟ้าที่ใช้เศษวัสดุต่างๆ ที่เป็นชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า หรือผลิตไอน้ำซึ่งอาจเป็นวัสดุชนิดเดียวกันหรือหลายชนิดรวมกัน เช่น โรงน้ำตาลใช้กากอ้อยโรงงานที่ได้จากการหีบอ้อยโรงงานเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า โรงสีขนาดใหญ่ที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิงหลักในการผลิตไฟฟ้า การใช้ก๊าซชีวภาพ (Biogas) จากการหมักน้ำเสีย (ที่ได้มาจากกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม) หรือมูลสัตว์ (จากฟาร์มเลี้ยงสัตว์) มาผลิตกระแสไฟฟ้า โดยมีหลักการทำงานที่คล้ายกับโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนทั่วไป ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจะเริ่มด้วยการสูบน้ำดิบจากแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งผ่านการกรองแล้วเข้าสู่เครื่องผลิตไอน้ำ ขณะที่ชีวมวลต่างๆถูกลำเลียงเข้าสู่เครื่องบดเพื่อบดให้ละเอียด ก่อนส่งไปเข้าเตาเผาเพื่อให้เกิดความร้อนในระดับสูง ความร้อนที่ได้จะช่วยให้น้ำในเครื่องผลิตไอน้ำกลายสภาพเป็นไอ ไอน้ำแรงดันสูงนี้ ทำหน้าที่หมุนกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าอีกที ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ไอน้ำที่ใช้ในการหมุนกังหันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า จะผ่านกระบวนการควบแน่นให้กลับมาเป็นน้ำและนำมาใช้หมุนเวียนหลายครั้ง จนสุดท้ายจึงถูกปรับคุณภาพให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานซึ่งไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมแล้วปล่อยลงสู่บ่อพักน้ำขนาดใหญ่ เพื่อให้ระเหยหายไปเองตามธรรมชาติ

ข้อดีของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

1. เชื้อเพลิงมีราคาถูกเพราะเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร
2. ใช้เงินลงทุนในการก่อสร้างค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับโรงไฟฟ้าอื่นๆ
3. ช่วยกระตุ้นภาวะเศรษฐกิจของประเทศให้ดีขึ้นเพราะสามารถใช้ผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตพลังงาน

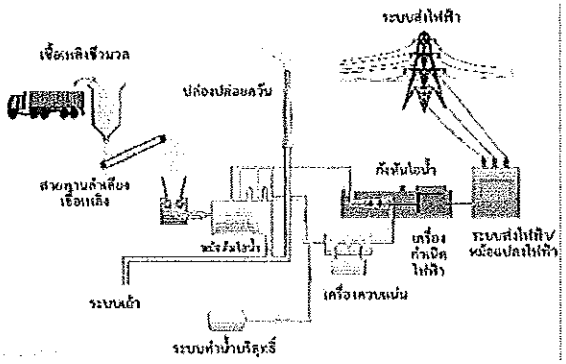
ข้อเสียของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล

1. อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเพราะมีการเผาไหม้เชื้อเพลิง
2. เป็นโรงไฟฟ้าขนาดเล็กเหมาะสำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับชุมชน
3. ถ้าใช้ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่มีกำลังการผลิตต่ำกว่า 400 เมกกะวัตต์ จะมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ

พลังงานไฟฟ้า[14]

พลังงานไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่ได้มาจากพืชไร่ที่เพาะปลูกกันในบ้านเราและสามารถนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ เช่น ข้าว, อ้อย, ปาล์ม, มะพร้าว, ข้าวโพด, มันสำปะหลัง เป็นต้น เพราะประเทศไทยเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมกับการเพาะปลูกพืชไร่เหล่านี้ ซึ่งในการนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าเราจะเรียกรวมๆ กันว่า "การผลิตกระแสไฟฟ้าจากชีวมวลและก๊าซชีวภาพ" พืชไร่แต่ละชนิดสามารถนำมาผลิตกระแสไฟฟ้าได้อย่างไรและมีประสิทธิภาพขนาดไหน

- แกลบ เป็นชีวมวลที่ได้จากข้าวเมื่อเราเอาข้าวมาสีที่โรงสี เราก็จะได้เปลือกข้าวออกมาและเราเรียกกันว่า "แกลบ" สำหรับประสิทธิภาพในการผลิตกระไฟฟ้า เมื่อนำข้าวเปลือก 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้วจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ แกลบ ประมาณ 220 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 90-125 kWh
- ชานอ้อย เป็นชีวมวลที่ได้จากอ้อยที่เรานำอ้อยมาผลิตน้ำตาลในโรงงานน้ำตาล เราก็จะได้เศษของเหลือออกมาเป็นกากอ้อยหรือเรียกว่า "ชานอ้อย" สำหรับประสิทธิภาพในการผลิตกระไฟฟ้า เมื่อนำอ้อย 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้วจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ กากก้อย ประมาณ 290 กิโลกรัม หรือหรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 100 kWh
- เปลือกปาล์มกะลาปาล์ม และทลายปาล์ม เป็นชีวมวลที่ได้จากปาล์มที่เรานำปาล์มมาสกัดเป็นน้ำมันปาล์มในโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เราก็จะมีเศษของเหลือออกมาเป็น เปลือกปาล์ม กะลาปาล์มและทลายปาล์ม สำหรับประสิทธิภาพในการผลิตกระไฟฟ้า เมื่อนำปาล์ม 1 ตัน ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้วจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ เปลือกปาล์ม กะลาปาล์ม ประมาณ 190 กิโลกรัม และได้เป็นทลายปาล์ม 230 กิโลกรัม หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 120 kWh และมีน้ำเสียจากโรงงานคิดเทียบเท่าก๊าซชีวภาพได้ 20 ลูกบาศก์เมตร
- เศษไม้ เป็นชีวมวลที่ได้จากการแปรรูปไม้ที่โรงเลื่อยไม้และส่วนใหญ่จะเป็นไม้ยางพารา สำหรับประสิทธิภาพในการผลิตกระไฟฟ้า เมื่อนำไม้ 1 ลูกบาศก์เมตร ผ่านกระบวนการแปรรูปต่างๆ แล้วจะมีวัสดุที่เหลือจากกระบวนการผลิตหรือ เศษไม้ ประมาณ 5 ลูกบาศก์เมตร หรือเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าได้ 80 kWh



รูปที่ 16 การผลิตไฟฟ้าจากชีวมวล [14]

อุตสาหกรรมและเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล [15]

พลังงานที่ใช้ในโรงงานน้ำตาลมี 2 รูปแบบ คือรูปแบบที่ 1 ไอน้ำได้แก่พลังงานความร้อนซึ่งอยู่ในรูปไอน้ำและน้ำร้อน ผลิตจากหม้อน้ำ (Boiler) โดยพลังงานที่อยู่ในรูปไอน้ำจะถูกใช้ไปในกระบวนการผลิตตั้งแต่การหีบอ้อยโดยใช้ในช่วงการเตรียมอ้อยก่อนเข้าหีบ ขับชุดหีบ การทำใสน้ำอ้อยโดยจะใช้พลังงานจากไอน้ำด้วยการผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนและการต้มเคี่ยวน้ำเชื่อม สำหรับพลังงานในรูปแบบที่ 2 คือพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตโดยใช้ไอน้ำในการขับกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้านั่นเอง ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงพลังงานไอน้ำในโรงงานน้ำตาล การผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล และการแบ่งแยกกลุ่มของโรงงานน้ำตาลจากการแบ่งส่วนการผลิตไอน้ำและการผลิตไฟฟ้า

1. ไอน้ำในโรงงานน้ำตาล

การผลิตไอน้ำเพื่อใช้เป็นพลังงานในโรงงานน้ำตาลนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ทุกโรงงานต้องให้ความสำคัญ อุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไอน้ำ คือ หม้อน้ำ (Boiler) ระบบส่งจ่ายไอน้ำ และระบบควบคุม เป็นที่ทราบกันดีว่าโรงงานน้ำตาลใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำ และมีปริมาณชานอ้อยมากเพียงพอที่จะใช้ผลิตไอน้ำในโรงงานได้ตลอดทั้งฤดูการผลิตน้ำตาล และด้วยเทคโนโลยีในยุคปัจจุบัน การดูแลและบำรุงรักษาที่เหมาะสมด้วยการอนุรักษ์พลังงานอย่างสม่ำเสมอ ส่งผลให้เกิดการใช้ชานอ้อยเพื่อการผลิตไอน้ำได้มากขึ้นจนสามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้นอกฤดูหีบและเพียงพอสำหรับการจำหน่ายให้กับผู้ใช้ไฟฟ้านอกโรงงาน หรือจำหน่ายกลับไปให้กับการไฟฟ้าได้ด้วย

ในการผลิตน้ำตาลนั้นต้องการไอน้ำดี (Live Steam) ความดันระหว่าง 20-30 bar อุณหภูมิประมาณ 350-370 องศาเซลเซียส สำหรับจ่ายให้อุปกรณ์ต้นกำลัง ได้แก่ กังหันไอน้ำเพื่อผลิตกำลังกลขับชุดใบมีดตัดอ้อยและลูกหีบ ไอดีหลังจากถูกใช้งานที่อุปกรณ์ต้นกำลังแล้ว จะลดคุณภาพเป็นไอน้ำเสีย (Exhaust Steam) ซึ่งเป็นไอน้ำอิ่มตัว มีความดันประมาณ 1.5 bar จะถูกนำไปใช้ที่หม้อต้มและหม้อเคี่ยว ไอน้ำสำหรับหม้อเคี่ยวแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกได้จากไอน้ำเสีย อีกส่วนหนึ่งได้จากหัวหม้อต้ม(น้ำเชื่อมเดือดจนเกิดไอน้ำ) โดยไอน้ำจากหัวหม้อต้มจะถูกใช้ในการอุ่นน้ำอ้อยเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำอ้อยให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อนำไปผสมกับน้ำด่างในกระบวนการทำใส หลังจากใช้งานแล้ว ไอน้ำเสียจะผ่านเครื่องควบแน่นกลั่นตัวเป็นน้ำและนำกลับไปใช้ที่หม้อน้ำ (Boiler) ต่อไป [3]

2. การผลิตไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาล

จากกระบวนการที่กล่าวมาข้างต้นในหัวข้อ “ไอน้ำในโรงงานน้ำตาล” จะเห็นว่า ความดันไอน้ำที่เหมาะสมที่ใช้ในการผลิตน้ำตาลนั้นไม่สูงมากนักอยู่ระหว่าง 20-30 bar ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากการสำรวจโรงงานน้ำตาลในพื้นที่ภาคเหนือ พบว่า หม้อน้ำ (Boiler) ในโรงงานไฟฟ้าซึ่งก่อตั้งโดยโรงงานน้ำตาล

ปัจจุบันผลิตความดันไอน้ำอยู่ระหว่าง 20-110 bar [4] ข้อสังเกตคือ ขนาดความดันไอน้ำที่สูงกว่า 30 bar นั้นมีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า ดังนั้นเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันจึงถูกนำมาพัฒนาใช้ในโรงงานน้ำตาล

ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิงที่จัดอยู่ในกลุ่มเชื้อเพลิงชีวมวลชนิดหนึ่ง เมื่อถูกนำมาใช้ในการผลิตพลังงานจะถูกนำมาใช้เผาไหม้โดยตรง (Direct Fired) ที่หม้อน้ำ (Boiler) เพื่อให้ได้ไอน้ำความดันตามที่กำหนด จากนั้นจะถูกส่งไปยังกังหัน (Turbine) เพื่อปั่นกังหันซึ่งต่ออยู่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้กระแสไฟฟ้าออกมาโรงไฟฟ้าในโรงงานน้ำตาลจึงสามารถใช้ประโยชน์จากไอน้ำไปในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลควบคู่กับการผลิตไฟฟ้าร่วมกัน หรือเรียกว่า"ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration)" ซึ่งเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพภาพในการใช้เชื้อเพลิงสูง

3. ระบบผลิตพลังงานร่วม (Cogeneration)

ชนิดกังหันไอน้ำ มีหลักการทำงาน ดังนี้ เชื้อเพลิงจะถูกป้อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้เพื่อให้ความร้อนแก่น้ำในหม้อไอน้ำ ให้ได้ไอน้ำยวดยิ่ง (Superheat steam) ที่อุณหภูมิและความดันสูง ไอน้ำที่ได้จะไปขับเครื่องกังหันไอน้ำเกิดกำลังงานที่เพลา ซึ่งสามารถนำไปขับเครื่องมือกลต่างๆ เช่น ปั๊ม คอมเพรสเซอร์ หรือเปลี่ยนรูปเป็นไฟฟ้าโดยนำไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วนไอน้ำที่ออกจากเครื่องสามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป

ระบบผลิตพลังงานร่วมชนิดกังหันไอน้ำนี้ หากพิจารณาตามชนิดของกังหัน จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ กังหันชนิด Back Pressure และกังหันชนิด Extraction ซึ่งหลักการทำงานแตกต่างกัน กล่าวคือกังหันชนิด Back Pressure ไอน้ำที่ผ่านกังหันไอน้ำจะถูกปล่อยออกจากตัวกังหัน และมีความดันเหลืออยู่ประมาณ 3-20 bar สามารถนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไปได้ ส่วนกังหันชนิด Extraction ไอน้ำบางส่วนถูกปล่อยออกมาในช่วงกลางของกังหัน และไอน้ำที่ปล่อยออกมานี้จะมีความดันหลายขนาดให้เลือกตามความเหมาะสมกับจุดใดจุดหนึ่งของกระบวนการผลิต ไอน้ำที่เหลือจะถูกปล่อยให้ขยายตัวผ่านกังหัน เพื่อผลิตไฟฟ้าจนมีความดันต่ำแล้วจึงออกจากกังหันรายละเอียดดังนี้

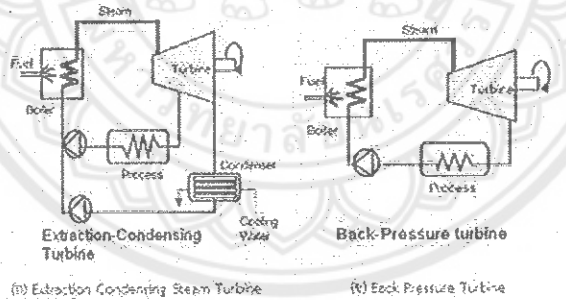
Extraction Condensing การทำงานเริ่มจากนำน้ำดิบมาบำบัดให้ได้คุณภาพตามที่กำหนด จากนั้นใช้ปั๊มน้ำ (Boiler Feed Pump) ส่งน้ำที่บำบัดแล้วเข้าในหม้อน้ำ (Boiler) ซึ่งจะถูกทำให้ร้อนด้วยเชื้อเพลิง น้ำที่ร้อนจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำผ่านไปยังกังหันไอน้ำ (Condensing Turbine) เพื่อให้เกิดการหมุนได้กระแสไฟฟ้าในส่วนของไอน้ำที่ออกจากกังหันจะมีความดันต่ำมากแต่ยังคงมีสภาพเป็นไอน้ำ ต้องทำให้กลับคืนเป็นน้ำโดยผ่านเครื่องควบแน่น (Condenser) และหอระบายความร้อน (Cooling Tower) จากนั้นน้ำดังกล่าวจะถูกปั๊มกลับเข้าในหม้อผลิตไอน้ำอีกครั้งหมุนเวียนเช่นนี้เรื่อยไปประสิทธิภาพภาพของระบบโดยรวมอยู่ระหว่าง 15-20% ไอน้ำที่ขยายตัวผ่านกังหันไอน้ำจนถึงจุดที่ความดันเท่ากับความดันไอน้ำที่นำไปใช้งาน ไอน้ำส่วนหนึ่งจะถูกดึงออกจากกังหันไอน้ำเพื่อนำไปใช้งาน ซึ่งสามารถมีได้มากกว่า 1 จุด (Point

of Extraction Steam) ขึ้นอยู่กับระบบอุณหภูมิของพลังงานความร้อนหรือไอน้ำที่ต้องการนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ไอน้ำส่วนที่เหลือจะถูกนำไปผลิตไฟฟ้า

สำหรับกังหันไอน้ำแบบ Extraction Condensing จะให้อัตราส่วนการผลิตพลังงานความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้า (Heat-to-Power Ratio) น้อยกว่ากังหันไอน้ำแบบ Back pressure ในขณะที่มีประสิทธิภาพภาพในการผลิตไฟฟ้ามากกว่าและสามารถตอบสนองกับการใช้งานในอุตสาหกรรมที่มีพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก

Back pressure (ดังแสดงในรูปที่ 17(ข)) หลักการทำงานของระบบนี้จะแตกต่างจากระบบ Extraction Condensing เล็กน้อย กล่าวคือ ไม่มีเครื่องควบแน่น และหอระบายความร้อนกังหันไอน้ำที่ใช้งานในระบบผลิตพลังงานร่วมไอน้ำที่ทางออกของกังหันไอน้ำ (Exhaust Steam) จะมีความดันสูงกว่ามากและขึ้นอยู่กับระดับความต้องการพลังงานความร้อนที่จะนำไปใช้งาน

ระบบนี้ให้ค่าอัตราส่วนการผลิตพลังงานความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้า (Heat-to-Power Ratio) สูงและมีประสิทธิภาพภาพโดยรวมสูงกว่าระบบผลิตพลังร่วมแบบ Extraction Condensing Steam Turbine (มากกว่า 50%) เพราะไอน้ำทางออกของกังหันไอน้ำ (Exhaust Steam) ถูกนำไปใช้งานได้หมดในกระบวนการผลิต อย่างไรก็ตามระบบผลิตพลังงานร่วมแบบ Back pressure จะไม่เหมาะกับอุตสาหกรรมที่ความต้องการพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างมาก



รูปที่ 17 การผลิตพลังงานไฟฟ้าและความร้อนร่วม

ปัจจุบันสามารถออกแบบระบบกังหันเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพียงอย่างเดียว (Condensing Turbine) โดยไอน้ำที่ผลิตได้จะผ่านกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้าเพียงอย่างเดียวหลักการทำงานของระบบนี้จะคล้ายคลึงกับระบบ Extraction Condensing แตกต่างจากระบบ Extraction Condensing คือ ไม่มีไอน้ำบางส่วนถูกปล่อยออกมาในช่วงกลางของกังหัน จะมีเพียงความดันไอน้ำที่ทางออกของกังหันไอน้ำ (Exhaust Steam) ไอน้ำที่ขยายตัวผ่านกังหันไอน้ำความดันอาจลดลงต่ำกว่าบรรยากาศได้กังหันชนิดนี้จะมีประสิทธิภาพภาพในการผลิตไฟฟ้าค่อนข้างสูง เหมาะกับอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้า

4.กลุ่มของโรงงานน้ำตาล

เมื่อชานอ้อยซึ่งแต่เดิมเป็นผลพลอยจากการผลิตน้ำตาลได้ที่กลายเป็นแหล่งให้พลังงานที่สำคัญ ทั้งสำหรับผลิตพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้มากเพิ่มขึ้นในขณะที่ใช้ปริมาณชานอ้อยเท่าเดิม โรงงานน้ำตาลบางแห่งจึงได้ดำเนินการจัดตั้งโรงไฟฟ้าขึ้นควบคู่กับโรงงานน้ำตาลไปด้วย หากทำการแบ่งกลุ่มโรงงานน้ำตาลทั้งหมดด้วยการผลิตไอน้ำ ไฟฟ้าและความสามารถในการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายออกสู่ภายนอกโรงงานแบ่งได้ 4 กลุ่ม ประกอบด้วย

กลุ่มที่ 1 โรงงานน้ำตาลมีการผลิตไอน้ำ แต่ไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อขายออกสู่ภายนอกโรงงาน โรงงานน้ำตาลกลุ่มนี้เป็นรูปแบบโรงงานน้ำตาลแบบดั้งเดิม มีการผลิตไอน้ำสำหรับผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานเท่านั้น ไอน้ำที่เหลือจากการผลิตไฟฟ้าจะถูกนำไปใช้เพื่อการผลิตน้ำตาล ข้อสังเกตที่ได้จากโรงงานกลุ่มนี้คือ เมื่อมีชานอ้อยเกิดขึ้นในโรงงาน โรงงานสามารถผลิตไอน้ำและไฟฟ้าสำหรับใช้เองในโรงงาน ชานอ้อยที่เกิดขึ้นโรงงานน้ำตาลกลุ่มนี้มีเพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย แต่ขนาด Generator ไม่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าสำหรับขายแต่เพียงพอสำหรับใช้เอง โรงงานกลุ่มนี้จึงมีปริมาณชานอ้อยเหลือใช้อยู่ในโรงงานมากมาย ด้วยราคาพลังงานที่ถีบตัวสูงขึ้นในปัจจุบัน พลังงานจากชานอ้อยที่เหลือจึงมีมูลค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โรงงานน้ำตาลทุกแห่งมีการปรับตัวเพื่อเพิ่มรายรับจากชานอ้อยที่เหลือด้วยการพัฒนาให้สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อขายออกสู่ภายนอกโรงงาน ปัจจุบันปรากฏโรงงานกลุ่มนี้น้อยมาก

กลุ่มที่ 2 โรงงานน้ำตาลที่มีการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าใช้เองเพียงพอและขายออกสู่ภายนอกโรงงาน โรงงานน้ำตาลกลุ่มนี้เป็นโรงงานที่พัฒนามาจากโรงงานน้ำตาลแบบดั้งเดิมในกลุ่มที่ 1 นอกจากการนำชานอ้อยไปใช้ในการผลิตไอน้ำสำหรับผลิตน้ำตาลและผลิตไฟฟ้าเพื่อใช้ในโรงงานแล้ว ยังเพิ่มขนาด Generator ให้เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าสำหรับขาย ข้อสังเกตคือ บางโรงงานมีการเพิ่มขนาดความดันไอน้ำให้สูงกว่า 30 bar จุดประสงค์เพื่อใช้ในการผลิตไฟฟ้า เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าในปัจจุบันถูกนำมาพัฒนาใช้ในโรงงานน้ำตาล อัตราส่วนการผลิตพลังงานความร้อนต่อพลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น หรือประสิทธิภาพภาพในการผลิตไฟฟ้าได้มากขึ้น

กลุ่มที่ 3 โรงงานน้ำตาลไม่มีการผลิตไอน้ำและไฟฟ้าเอง โดยมีโรงไฟฟ้าที่อยู่ในเครือที่จดทะเบียนพาณิชย์แยกจากโรงงานน้ำตาลผลิตไอน้ำและไฟฟ้าเพื่อขายกลับมายังโรงงานน้ำตาล โรงงานกลุ่มนี้เมื่อมีชานอ้อยเกิดขึ้นในโรงงานหลังจากกระบวนการหีบจะทำการขายชานอ้อยทั้งหมดให้กับโรงไฟฟ้า ข้อสังเกตคือ โรงไฟฟ้าดังกล่าวจะถูกก่อตั้งโดยโรงงานน้ำตาลเอง กล่าวคือ มีโรงไฟฟ้าที่อยู่ในเครือที่จดทะเบียนพาณิชย์แยกจากโรงงานน้ำตาล โรงไฟฟ้าในเครือจะทำการผลิตทั้งไอน้ำและไฟฟ้าเพื่อขายกลับมายังโรงงานน้ำตาลและแบ่ง

ขายให้กับการไฟฟ้าพร้อมกัน ดังนั้นโรงงานกลุ่มนี้ปริมาณชานอ้อยที่เกิดขึ้นและคงเหลือจะปรากฏที่โรงไฟฟ้า โดยจะสามารถระบุปริมาณไอน้ำและไฟฟ้าที่ผลิตได้ค่อนข้างชัดเจน

กลุ่มที่ 4 โรงงานน้ำตาลที่มีการผลิตไอน้ำ ไฟฟ้าใช้เองเพียงพอและสามารถผลิตไฟฟ้าขายได้เอง แล้วนำชานอ้อยในส่วนที่เหลือขายให้กับโรงไฟฟ้า โรงงานกลุ่มนี้เมื่อมีชานอ้อยเกิดขึ้นในโรงงาน จะแบ่งชานอ้อยออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนที่ 1 เก็บไว้ใช้ผลิตไอน้ำและไฟฟ้าสำหรับใช้เองในโรงงาน รวมทั้งมีการผลิตไฟฟ้าเพื่อจำหน่าย อีกส่วนจะขายออกสู่โรงไฟฟ้า ซึ่งเช่นเดียวกับกลุ่มที่ 3 กล่าวคือ โรงไฟฟ้าเหล่านี้ถูกก่อตั้งโดยโรงงานน้ำตาลเอง ข้อสังเกตของโรงงานกลุ่มนี้ คือ มีปริมาณการเกิดชานอ้อยสูง และมีขนาด Generator ที่เพียงพอต่อการผลิตไฟฟ้าสำหรับใช้เองและขาย

จากการศึกษารวบรวมและสำรวจข้อมูลโรงงานน้ำตาล สถานภาพการผลิตไฟฟ้าของโรงงานน้ำตาลและโรงไฟฟ้าที่ก่อตั้งโดยโรงงานน้ำตาล พบฐานข้อมูลโรงงานน้ำตาลทั้งประเทศจำนวน 53 โรงงาน ปัจจุบันมีโรงงานน้ำตาลดำเนินการหีบอ้อยตามรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ยังทำการผลิตอยู่จำนวน 50 โรงงาน ซึ่งมีโรงงานน้ำตาลที่ไม่มีการผลิตแล้วจำนวน 2 โรงงาน ได้แก่ โรงงานน้ำตาลแม่วัง จ.ลำปาง และโรงงานน้ำตาลชลบุรี จ.ชลบุรี สำหรับอีก 1 โรงงาน เมื่อทำการสืบค้นพบว่าโรงงานแห่งนี้ยังมีการดำเนินการ คือ บริษัท ไทย ชูการ์ มิล กรุ๊ป จำกัด จ.กาญจนบุรี ไม่ปรากฏปริมาณอ้อยสดที่ส่งเข้าหีบ ในฐานข้อมูลตามรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม

เมื่อโรงงานน้ำตาลมีปริมาณชานอ้อยเหลือใช้อยู่ในโรงงานมากมาย และมีการปรับตัวเพื่อเพิ่มรายรับจากชานอ้อยที่เหลือด้วยการพัฒนาให้สามารถผลิตไฟฟ้าเพื่อขายออกสู่ภายนอกโรงงาน ปัจจุบันปรากฏสถานะกำลังผลิตติดตั้งของ Generator และมีการแจ้งขอดำเนินการขายไฟฟ้าเข้าระบบเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย และซื้อขายไฟฟ้าเข้าระบบ ทั้งสิ้นดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงปริมาณการซื้อขายไฟฟ้าโดยสรุปตามสถานะของสัญญา

ข้อมูลผู้ผลิตไฟฟ้า SPP/VSPP	กำลังการผลิตติดตั้ง (MW)	ปริมาณขายตามสัญญา (MW)
COD* แล้ว	1627.60	734.52
อยู่ระหว่างกระบานการเพื่อ COD*	356.00	228.20
รวม	1983.60	962.72

*สถานะ COD หมายถึง เริ่มรับซื้อไฟฟ้าตั้งแต่วันที่จ่ายไฟฟ้าเข้าระบบเชิงพาณิชย์ (Commercial Operation Date : COD)

สมดุลพลังงาน[16]

กฎอนุรักษ์พลังงาน (the conservation of energy) กล่าวว่า "พลังงานไม่สามารถสร้างหรือทำลายได้แต่สามารถเปลี่ยนรูปได้" เช่น การเปลี่ยนพลังงานศักย์เป็นพลังงานไฟฟ้าของกังหันน้ำของเขื่อน การเปลี่ยนรูปของพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเชิงกลในมอเตอร์ เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนรูปของพลังงานมักเกิดการสูญเสียขึ้นเสมอ เช่น การสูญเสียพลังงานในมอเตอร์ร้อยละ 10-15 เกิดจากความฝืด (friction) และเปลี่ยนไปเป็นความร้อนสำหรับกระบวนการใดๆ สามารถสมดุลพลังงานได้ดังนี้

พลังงานทั้งหมดที่เข้าระบบ – พลังงานทั้งหมดที่ออกจากระบบ = การเปลี่ยนแปลงพลังงานทั้งหมดในระบบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิจิตรา วิทยาไพโรจน์ และคณะ[9] ศึกษาผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการผลิตตลอดวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์อ้อย 1 ตันพบว่ากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดก่อให้เกิดผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนมากที่สุดเท่ากับ 20.993 kg CO_2eq ซึ่งสาเหตุหลักมาจากการใช้กาวยูเรียฟอมัลดีไฮด์ในกระบวนการผลิต รองลงมาคือกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายส่งผลต่อการเกิดสภาวะโลกร้อนเท่ากับ 16.329 kg CO_2eq กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าก่อให้เกิดผลกระทบเท่ากับ 12.042 kg CO_2eq เนื่องมาจากชานอ้อยถือเป็นพลังงานชีวภาพ (Biomass) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะไม่นำปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้มาคำนวณ ในส่วนของการขนส่งก่อให้เกิดผลกระทบเท่ากับ 4.851 kg CO_2eq กระบวนการผลิตเอทานอลก่อให้เกิดผลกระทบเท่ากับ 2.674 kg CO_2eq ซึ่งผลกระทบส่วนใหญ่มาจากโมลาสเนื่องจากได้ถูกปันผลกระทบสิ่งแวดล้อมมาจากกระบวนการผลิตน้ำตาลในอัตราส่วน 12.84% ส่วนกระบวนการปลูกอ้อยส่งผลกระทบน้อยที่สุดเท่ากับ15.421 kg CO_2eq ซึ่งจะมีค่าติดลบ เนื่องจากในการเจริญเติบโตของอ้อยเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งจะช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ

ธัญชนก ขันศิลา และคณะ [17] ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ โดยการเปลี่ยนมาปลูกอ้อยโรงงานในอำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรเริ่มเปลี่ยนรูปแบบการใช้ประโยชน์พื้นที่จากเกษตรกรรมอื่นๆ มาปลูกอ้อยโรงงานเมื่อ 35 ปีที่แล้ว โดยเป็นช่วงที่มีการก่อตั้งโรงงานน้ำตาลขอนแก่นขึ้น และพื้นที่ก็ถูกเปลี่ยนให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานเพิ่มมากขึ้นเรื่อยมา โดยพบว่าปัจจุบันร้อยละ 25.20 ของพื้นที่ทำการเกษตรถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยโรงงาน และจากผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่ทำให้เกษตรกรหันมาปลูกอ้อยโรงงานคือ ปัจจัยด้านปริมาณผลผลิตต่อไร่และราคา รองลงมาได้แก่ อ้อยโรงงานเป็นพืชที่ปลูกและดูแลรักษาง่าย ราคาผลผลิตของพืชเดิมที่ปลูกต่ำ อยู่ใกล้แหล่งรับซื้อผลผลิต และเป็นอาชีพที่ทำมานาน ถึงแม้การปลูกอ้อยโรงงานจะทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มมากขึ้นและเป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญ แต่ในขณะเดียวกันก็ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมา อาทิ มลพิษทางอากาศที่เกิดจากการเผาใบอ้อยโรงงานก่อนการเก็บเกี่ยว ความเสื่อมโทรมของดินซึ่งมีสาเหตุมาจากการเผาใบ

อ้อยโรงงานและการใช้สารเคมีดังนั้นการสนับสนุนให้เกษตรกรปลูกอ้อยโรงงานเพื่อสร้างรายได้ และเป็นการทำการเกษตรแบบมิตรกับสิ่งแวดล้อม ต้องทำควบคู่กับการดูแลสิ่งแวดล้อม ทั้งการกำหนดนโยบาย มาตรการ รวมถึงวิธีการที่จะควบคุมและป้องกันปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นด้วย

วิลาสินี ยิ่งยงสิริรัตน์ และคณะ [18] ศึกษาการจัดการผลิตของเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานในเขตตำบลหนองกุงศรี อำเภอหนองกุงศรี จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 40 ราย โดยการสุ่มแบบบังเอิญและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการสัมภาษณ์ วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ผลตอบแทนสุทธิ(กำไร) มาตราประเมินค่าและแจกแจงความถี่ ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยโรงงานมีอายุเฉลี่ย 35.75 ปี มีพื้นที่เพาะปลูก 36.25 ไร่ต่อครัวเรือน แหล่งเงินทุนได้มาจากโรงงานน้ำตาลในจังหวัดกาฬสินธุ์เป็นส่วนใหญ่ พันธุ์อ้อยโรงงานที่เกษตรกรซื้อมาปลูกส่วนมากคือ พันธุ์อู่ทอง 3 แรงงานได้มาจากแรงงานในครัวเรือนและแรงงานรับจ้าง วิธีการในการปรับปรุงดินโดยการใช้ปุ๋ยบำรุงดินและกากตะกอนหม้อกรองที่ได้จากการผลิตน้ำตาล ในการผลิตอ้อยโรงงานเกษตรกรมีกำไรสุทธิในรอบปี 1,397.56 บาทต่อไร่ ความพึงพอใจที่เกษตรกรได้รับจากการผลิตและการขายอ้อยโรงงานอยู่ในระดับปานกลาง

ปิยะรัตน์ เอื้อสลุง และคณะ [19] จากการศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการผลิตอ้อยโรงงานในเขตพื้นที่ตำบลแก่งกูด อำเภอท่าหลวง จังหวัดลพบุรี ได้นำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามของเกษตรกรมาวิเคราะห์ได้ผลสรุปจากกลุ่มตัวอย่างของเกษตรกรผู้ผลิตอ้อยโรงงานจำนวน 70 ราย พบว่าแต่ละครัวเรือนประกอบอาชีพผลิตอ้อยโรงงานเป็นหลัก (ร้อยละ 67.14) และมีบางครัวเรือนประกอบอาชีพอื่นนอกจากการปลูกอ้อยโรงงานคิดเป็นร้อยละ 32.86 ของกลุ่มตัวอย่าง และในปีการเพาะปลูก 2554/2555 ผลผลิตอ้อยโรงงานของกลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.22 ตันต่อไร่ มีค่าความหวานเฉลี่ย 10.71 CCS ด้านรายได้จากการเพาะปลูกอ้อยโรงงานเฉลี่ยเท่ากับ 9,181.39 บาทต่อไร่ ซึ่งมีกำไรในการผลิตอ้อยโรงงานเฉลี่ย 2,154.64 บาทต่อไร่

ชุลีพร กุศลคุ้ม และคณะ [20] ศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนในการผลิตอ้อยโรงงานเข้าสู่โรงงานของชาวไร่อ้อยรายย่อยในเขตพื้นที่ตำบลบัวขาว อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาสภาพทั่วไปของการผลิต และการตลาดของการผลิตอ้อยโรงงานเข้าสู่โรงงานของชาวไร่อ้อยรายย่อยในเขตพื้นที่ดังกล่าว (2) วิเคราะห์ต้นทุน และผลตอบแทนในการผลิตอ้อยโรงงานเข้าสู่โรงงานของชาวไร่อ้อยโรงงานรายย่อยในเขตพื้นที่ดังกล่าว (3) วิเคราะห์ปัญหาและความต้องการของชาวไร่อ้อยรายย่อยในเขตพื้นที่ดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้ชาวไร่อ้อยรายย่อยให้มีผลกำไรตอบแทนเพิ่มมากขึ้น ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ชาวไร่อ้อยรายย่อยที่มีพื้นที่ในการปลูกอ้อยโรงงานประมาณ 5 - 10 ไร่ ในเขตพื้นที่ตำบลบัวขาว อำเภอกุฉินารายณ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 85 ราย ซึ่งใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการศึกษา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติในภาพรวมเชิงพรรณนา

และเชิงปริมาณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ผลที่ได้จากการศึกษาข้อมูลด้านต้นทุนและผลตอบแทนในการเพาะปลูกจนกระทั่งขนส่งอ้อยโรงงานเข้าสู่โรงงานของชาวไร่อ้อยรายย่อยเฉลี่ยต่อไร่ในปีการผลิต 2553/2554 มีต้นทุนคงที่รวมเฉลี่ย 1,445.55 บาทต่อไร่ ต้นทุนผันแปรรวมเฉลี่ย 7,133.09 บาทต่อไร่ ต้นทุนรวมต่อไร่เฉลี่ย 10,433.96 บาทต่อไร่ หรือประมาณ 923 บาท/ตันอ้อย และรายได้ที่ชาวไร่อ้อยรายย่อยได้รับในปีการผลิต 2553/2554 คิดเป็น 12,836.80 บาทต่อไร่ หรือประมาณ 1,136 บาทต่อตันอ้อย ดังนั้นผลกำไรตอบแทนเฉลี่ยต่อไร่เบื้องต้นที่ชาวไร่ได้รับอยู่ที่ 2,402.84 บาท/ไร่ และปัญหาหลักของชาวไร่อ้อยรายย่อยคือปัญหาด้านแรงงานและการบริหารจัดการทรัพยากร

ภัศรา คูละสุวรรณ์ และคณะ [21] ศึกษาการเจริญเติบโตผลผลิตชีวมวล และศักยภาพการผลิตก๊าซชีวภาพหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 พันธุ์ปากช่อง 1 โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design (RBCD) ประกอบด้วย 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัยการทดลอง คือ ฤดูกาล (ฤดูฝน และ ฤดูแล้ง) และ ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต (45, 60, 120, 180 วันหลังจากการตัดครั้งแรก) ณ แปลงทดลองสภาพไร่นา จากการทดลองพบว่า จำนวนใบต่อต้นสูงสุดในฤดูฝน ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 120 และ 180 วัน อัตราส่วนของพื้นที่ใบต่อพื้นที่ปลูก (LAI) และอัตราส่วนของน้ำหนักแห่งที่พืชสร้างขึ้นมาต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (CGR) สูงสุดในฤดูฝนที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวผลผลิต 60 วัน ส่วนประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง (NAR) สูงสุดในฤดูแล้งที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 45 วัน ในแง่ผลผลิตชีวมวลพบว่า ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต 120 และ 180 วันในฤดูฝนให้ผลผลิตสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่อย่างไรก็ตามผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อพื้นที่ และผลผลิตก๊าซมีเทนต่อพื้นที่สูงสุดในฤดูฝน ที่ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว 180 วันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนใบต่อต้น

สุริยะ สมศิริ และคณะ [22] ศึกษาเปรียบเทียบศักยภาพการแปรรูปหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไปเป็นพลังงาน 3 รูปแบบคือ แก๊สซิฟิเคชัน แก๊สชีวภาพและไบโอเอทานอล จากพื้นที่การเพาะปลูกต่อไร่ในระยะเวลา 1 ปี ที่เท่ากัน โดยใช้วิธีการศึกษา 2 วิธี คือ ใช้สมการทางเคมีหรือค่าทางทฤษฎีและใช้ผลการทดลองจากงานวิจัย โดยทั้ง 2 วิธี พิจารณาการเปลี่ยนเป็นพลังงานทั้ง 3 รูปแบบ แล้วนามาคำนวณหาพลังงานที่ได้ ผลการศึกษาพบว่า แก๊สซิฟิเคชันเป็นกระบวนการที่สามารถแปรรูปหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไปเป็นพลังงานได้มากที่สุดคือ 304.92 จิกะจูลต่อไร่ต่อปี (กรณีคำนวณทางทฤษฎี) และ 203.01 จิกะจูลต่อไร่ต่อปี (กรณีคำนวณจากผลการทดลอง) รองลงมาคือ การแปรรูปเป็นแก๊สชีวภาพ มีค่าพลังงานที่ได้จากทางทฤษฎีและจากผลการทดลองเป็น 158.70 จิกะจูลต่อไร่ต่อปี และ 88.66 จิกะจูลต่อไร่ต่อปี ตามลาดับ ส่วนการแปรรูปเป็นไบโอเอทานอลมีค่าพลังงานที่ได้ต่ำที่สุดคือ 103.15 จิกะจูลต่อไร่ต่อปี และ 84.8 จิกะจูลต่อไร่ต่อปี จากวิธีทางทฤษฎีและจากผลการทดลอง ตามลำดับ

เบญจมาภรณ์ ถนอมนิ่ม และคณะ [23] ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม พลังงานสุทธิ และวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนด้วยเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง การผลิตก๊าซชีวภาพ และการผลิตไฟฟ้า โดยศึกษาหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ที่ทำการเพาะปลูก ณ ตำบลดงประคำ อำเภอพรหมพิราม จังหวัดพิษณุโลก พบว่าการผลิตไฟฟ้า 1 kWh ใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ปริมาณ 5.22 kg โดยหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ปริมาณ 1 kg สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ 87 ลิตร ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รวมของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน 6.66 $kgCO_2eq/kWh$ พลังงานสุทธิ 6.57 kJปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ 6.15 $kgCO_2eq/kWh$ และต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนเท่ากับ 530 ล้านบาท/20ปี และต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า 3.48 บาท/kWh

ดาวรุ่ง พลายยงค์ และคณะ [24] วิเคราะห์และเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทน การผลิตอ้อยโรงงานในภาคกลางกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในการศึกษานี้ได้เลือก จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นตัวแทนของภาคกลาง และจังหวัดขอนแก่นเป็นตัวแทนภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษานี้ เป็นข้อมูลจากการสำรวจโดย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยโรงงานและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม ขนาดที่สุ่มมารวมทั้งสิ้น 145 ตัวอย่าง เป็นตัวอย่างจากจังหวัดสุพรรณบุรี จำนวน 34 ตัวอย่าง และ เป็นตัวอย่างจากจังหวัดขอนแก่นจำนวน 111 ตัวอย่างผลจากการศึกษาพบว่า การผลิตอ้อยโรงงานในจังหวัดสุพรรณบุรีมีต้นทุนเฉลี่ยไร่ละ 4,560.24 บาท เกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ยไร่ละ 11.6 ตัน เกษตรกรขายอ้อยโรงงานได้ในราคาเฉลี่ย ตันละ 619.22 บาท และได้กำไรสุทธิเฉลี่ยไร่ละ 2,348.23 บาท สำหรับการผลิตอ้อยโรงงานในจังหวัดขอนแก่นมีต้นทุนเฉลี่ย 3,422.77 บาท เกษตรกรได้ผลผลิตเฉลี่ยไร่ละ 8.63 ตัน เกษตรกรขายอ้อยโรงงานได้ในราคาเฉลี่ยตันละ 592.15 บาท และได้กำไรสุทธิเฉลี่ยไร่ละ 1,689.96 บาทจากการทดสอบความแตกต่างระหว่างต้นทุนเฉลี่ย ผลผลิตเฉลี่ย ราคาเฉลี่ย และกำไรสุทธิเฉลี่ย ของสองจังหวัดสรุปได้ว่า ต้นทุนเฉลี่ยของสองจังหวัดไม่เท่ากัน ผลผลิตเฉลี่ย และกำไรสุทธิเฉลี่ย ของจังหวัดสุพรรณบุรีสูงกว่าจังหวัดขอนแก่น

สมชาย มณีวรรณ์ และคณะ[25] การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมมีสัดส่วนนัยสำคัญต่อค่าการใช้พลังงานภาพรวมของการใช้พลังงานในกระบวนการปลูกอ้อยทั้งกระบวนการ ซึ่งอ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีการส่งออกเป็นจำนวนมากในรูปของน้ำตาลดิบ และน้ำตาลทรายขาว ซึ่งบทความนี้ได้ทำการศึกษาการใช้พลังงานและประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นในกระบวนการปลูกอ้อยทั้งกระบวนการ โดยศึกษา ณ พื้นที่หมู่ 5 ต.บึงสามัคคี อ.บึงสามัคคี จ.กำแพงเพชร ซึ่งมีการทำบัญชีรายการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมตามมาตรฐานและวิเคราะห์ผลกระทบด้วยโปรแกรม SimaPro Version 7.2 ผลการศึกษาพบว่าการปลูกอ้อยด้วยเครื่องจักรมีค่าใช้จ่ายที่ถูกกว่าเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคน 400 บาท/ไร่ ใช้พลังงานจำเพาะตลอดกระบวนการ

1,857.42 MJ/rai และผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นจากผลการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 127.5 kg CO_2/rai

ชนาภา วรรณศรี [40] ทำการประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ใช้กระถินยักษ์เป็นเชื้อเพลิง พบว่าใช้พลังงาน 24.03 MJ ในการผลิตกระแสไฟฟ้า 1 kWh และเก็บข้อมูลในทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้อง ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการแปรรูปไม้ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ผลการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro ด้วยวิธี EDIP/UMIP 97 ได้ผลกระทบที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.66×10^{-4} Pt ต่อไฟฟ้าปริมาณ 1 kWh ที่ผลิตขึ้น โดยขั้นตอนที่เกิดผลกระทบมากที่สุด คือ ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า 70.5%ของผลกระทบทั้งหมด เนื่องจากในการดำเนินงานในโรงไฟฟ้า มีขั้นตอนลำเลียงชีวมวล การทำความสะอาดแก๊สเชื้อเพลิง และระบบควบคุมต่างๆเข้ามาเกี่ยวข้อง รองลงมาคือ ขั้นตอนการแปรรูปใช้พลังงานจาก 2 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเบนซิน ขั้นตอนการขนส่ง และขั้นตอนการเพาะปลูก คิดเป็น 26.7% 2.0% และ1.3% ตามลำดับ ราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าเท่ากับ 5.17 บาท/kWh เมื่อเปรียบเทียบกับราคาต้นทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากก๊าซธรรมชาติ ถ่านหิน มีราคาต้นทุน 1.75-3.00 บาท/kWh และ1.50-1.75 บาท/kWh ตามลำดับ ดังนั้นราคาต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชั่นของไม้โตเร็วมีต้นทุนในการผลิตสูง และเมื่อพิจารณารวมต้นทุนสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วย ราคาต้นทุนจะเพิ่มขึ้นเป็น 5.38 บาท/kWh ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 2 อันดับแรก ได้แก่ การสะสมสารพิษในน้ำ 32.57% และการเกิดสารพิษในน้ำแบบเฉียบพลัน 31.63% เนื่องจากการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และพลังงานไฟฟ้า

ไกรลาศ เขียวทอง [41] หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เป็นการผสมพันธุ์ระหว่างหญ้าเนเปียร์ยักษ์และหญ้าไข่มุก ต้นโตเต็มที่สูงประมาณ 4 เมตร ปลูกขยายพันธุ์ โดยใช้ท่อนพันธุ์ เป็นพืชที่ต้องการน้ำฝน ประมาณ 1000 มิลลิเมตร/ปี โตได้ดีในดินที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง 6.0-7.5 ควรเลือกท่อนพันธุ์ที่แข็งแรงมีตาสมบูรณ์ อายุประมาณ 3-4 เดือน การปลูกสามารถใช้แรงงานคนหรือใช้เครื่องปลูกก็ได้ การปลูกที่ระดับลึกสามารถทนความแล้งได้ดี ผลผลิตสูงเมื่อเทียบกับการปลูกที่ระดับตื้น ควรกำจัดวัชพืชหลังจากการปลูก 2-3 สัปดาห์ เพราะวัชพืชอายุมากจะยุ่งยากในการกำจัด สามารถให้น้ำในระบบสปริงเกิ้ลน้ำเหวี่ยง มินิสปริงเกิ้ล ท่อน้ำหยด เทปน้ำพุ่ง และปล่อยให้น้ำไหลไปตามร่องหน้าดิน การเก็บเกี่ยวควรตัดครั้งแรกหลังปลูก ประมาณ 75 วัน หลังจากนั้นตัดทุกๆ 45-60 วัน เพื่อจะทำให้ระบบรากเจริญเติบโตและแข็งแรงเต็มที่

พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง [20] เปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละอัตราส่วนระหว่างมูลโคและเปลือกสับปะรด เปรียบเทียบปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในแต่ละระยะเวลาเก็บกักต่อและวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนที่เกิดจากการหมักวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการแทนที่ของน้ำในการวัดปริมาตรน้ำที่ไหลออกมาจากถังปฏิกิริยาและวิเคราะห์ร้อยละของก๊าซมีเทนด้วยเครื่อง

GC-MS ใช้สถิติในการทดสอบ พบว่า การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรดในอัตราส่วนมูลโค: เปลือกสับปะรด:น้ำกลั่น คือ 1:0:1 และระยะเวลาเก็บกัก 30 เกิดปริมาณก๊าซมีเทนมากที่สุดเท่ากับ 46.19% v/v

จันทิมา ริ้วลายเงิน [23] ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วด้วยเครื่องผลิตไบโอดีเซล CMU-2 แบ่งการประเมินเป็น 3 ขั้นตอนคือ การจัดหาวัตถุดิบ การผลิต และการนำไปใช้งาน ใช้ Numerical Eco-load Total Standardization (NETS) ในการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม พบว่าขั้นตอนการนำไบโอดีเซลไปใช้งานมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 82.40% ของผลกระทบทั้งหมด และการใช้เหล็กกล้าไร้สนิมส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมสูงสุดเช่นกัน เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมนั้นมาจากแหล่งทรัพยากรธรรมชาติที่มีปริมาณสำรองน้อย ส่วนขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบเกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด 0.15% ของผลกระทบทั้งหมด และการใช้ไอโอดีเซลจะช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล โดยใช้งานไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสม B25 B75 และ B100 ลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมเป็น 11.40% 44.26% และ 69.19% ของผลกระทบทั้งหมด ตามลำดับ

วินัย พุทธกูล [24] ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตและการใช้เอทานอลจากมันสำปะหลัง และอ้อย เป็นวัสดุเชื้อเพลิงทดแทนการนำเข้าสาร Methyl-Tert-Butyl-Ether (MTBE) ซึ่งเป็นสารในการผลิตเชื้อเพลิงออกเทน 95 โดยพิจารณาตลอดวงจรชีวิตของเบนซินผสมเอทานอล 10% หรือแกสโซฮอล์ 95 เปรียบเทียบกับเบนซิน 95 ซึ่งใช้ MTBE เป็นสารเพิ่มค่าออกเทน โดยศึกษาการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน พบว่าโดยรวมการใช้เอทานอลทดแทนสาร MTBE ในน้ำมันเบนซินออกเทน 95 มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ส่วนใหญ่เป็นผลจากการประหยัดการนำเข้าสาร MTBE ด้านสิ่งแวดล้อมมีสัดส่วนผลประโยชน์น้อยในการวิเคราะห์แบบจำลองสถานการณ์ (scenario analysis) แสดงถึงความสำคัญของการนำ ผลพลอยได้มาสร้างมูลค่าเพิ่ม เช่น CO_2 และฟูเซลออย (fusel oil) เป็นต้น ทำให้ต้นทุนการผลิตของเอทานอลลดลง ประเทศไทยมีศักยภาพเพียงพอเพราะมีพื้นที่ปลูกอ้อย 6.5 ล้านไร่ มีผลผลิตรวม 64 ล้านตัน/ปี มันสำปะหลังมีศักยภาพและให้ความมั่นคงเชิงนโยบายพลังงานทดแทนมากว่าอ้อย เพราะปัจจุบันประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้ 17.94 ล้านตันต่อปี แต่ตามสัดส่วนปัจจุบันที่ใช้เอทานอลจากมันสำปะหลังคิดเป็น 14% ของปริมาณเอทานอลทั้งหมดหรือเราต้องใช้ปริมาณมันสำปะหลังทั้งหมด 0.27 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นเพียง 1.5% ของทั้งประเทศไทยผลิตได้

จักรพงษ์ แย้มยิ้ม [25] ทำการประเมินก๊าซเรือนกระจกจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพโดยเปรียบเทียบวิธีการวิเคราะห์ระหว่างวิธีของกลไกการพัฒนาที่สะอาด (Clean Development Mechanism: CDM) กับการวิเคราะห์ก๊าซเรือนกระจกด้วยวิธีการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต โดยวิเคราะห์ระบบผลิตก๊าซชีวภาพแบบ

บ่อหมักเร็วน้ำข้น (H-UASB) ขนาด 2,000 ลูกบาศก์เมตร แบ่งขอบเขตการศึกษาเป็นการจัดหาวัสดุในการสร้างระบบผลิตก๊าซชีวภาพ การผลิตก๊าซชีวภาพ และการนำก๊าซชีวภาพไปใช้

วิภาศรี เรืองเนตร [26] การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อใช้กับเตาเผาเหล็กในประเทศไทย โดยมีขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ขั้นตอนการขนส่งวัตถุดิบไปยังโรงงาน ขั้นตอนการผลิตก๊าซเชื้อเพลิง และขั้นตอนการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ พบว่าขั้นตอนการนำก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้กับเตาเผาเหล็ก มีปริมาณการใช้พลังงานมากที่สุด ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา 2922.81 กรัม ส่วนขั้นตอนที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด คือ ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบสูงถึง 70.9% เมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่นๆ

นเรศ ใหญ่วงศ์ [27] ทำการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องใช้หลักการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และวิธีการคัดกรองตัวแปร ครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน ขั้นตอนกระบวนการผลิต ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ และขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ พบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 246 gCO_2eq โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็น94% ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรองลงมา คือ ขั้นตอนการผลิต ผลจากประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบการคัดกรองตัวแปรพบว่า ค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก (R_{GHG}) เท่ากับ 23.04 คะแนน โดยขั้นตอนกระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็น 26% ของค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก รองลงมา คือ ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน และขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ ตามลำดับ แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นควรมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงและพัฒนาการใช้วัตถุดิบ และพลังงานให้มีประสิทธิภาพ

น้ำเพชร พันธุ์พิพัฒน์ [28] ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าสำหรับชุมชนขนาด 1 MW ด้วยไบโอแก๊สจากฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของ ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง และหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีค่าเท่ากับ 322 164 และ175 ลิตรต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สามารถผลิตไฟฟ้าได้สำหรับ ฟางข้าว เหง้ามันสำปะหลัง และหญ้าเนเปียร์ยักษ์ เท่ากับ 386.4 196.8 และ 210 วัตต์ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และสำหรับการใช้พื้นที่ในการผลิตไฟฟ้า 21,417 71,993 และ 940 ไร่ตามลำดับ ในงานวิจัยนี้พบว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีศักยภาพด้านพื้นที่และราคาการผลิตที่เหมาะต่อการผลิตไฟฟ้า มีความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าชุมชนด้วยหญ้าเนเปียร์ยักษ์

วิจิตรา วิทยาไพโรจน์ [29] ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาลจากอ้อย โดยใช้หลักการการประเมินวงจรชีวิต และโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro 7.1 ด้วยวิธี eco-indicator 95 ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์จากอ้อย 1 ตัน ประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม 5 ประเภท คือ สภาวะโลกร้อน ภาวะความเป็นกรด การเพิ่มขึ้นของแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ สารก่อมะเร็ง และการใช้

พลังงาน มีขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการปลูก การดูแลรักษา และการเก็บเกี่ยวอ้อย การขนส่งอ้อยเข้าสู่โรงงาน กระบวนการผลิตน้ำตาล และการนำผลพลอยได้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์พลอยได้ ซึ่งไม่ได้รวมการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้และการนำไปกำจัด พบว่ากระบวนการผลิตปาร์ติเกิลบอร์ดส่งผลกระทบด้านสภาวะโลกร้อนมากที่สุด กระบวนการปลูกอ้อยส่งผลกระทบด้านภาวะความเป็นกรดมากที่สุด และกระบวนการผลิตน้ำตาลส่งผลกระทบด้านสารก่อมะเร็งและด้านการใช้พลังงานมากที่สุด

ณัฏฐาพันธุ์ สวัสดี [30] ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำหญ้าเนเปียร์มาผลิตก๊าซชีวภาพ ด้วยวิธีการหมักแบบไร้ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 37 °C โดยหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์และวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ โดยควบคุมปริมาณของแข็งที่เข้าสู่ระบบ 5% 10% และ 15% ผสมกับหัวเชื้อจุลินทรีย์ ที่กำหนดค่า F/M ที่ 3:1 จากงานวิจัยพบว่า หญ้าเนเปียร์ถือเป็นพืชที่น่าสนใจและสามารถนำมาใช้เป็นพืชพลังงานได้ที่ปริมาณของแข็ง 5% ได้ปริมาณก๊าซมีเทนมากที่สุด อยู่ที่ 122.41 $mL CH_4/gTVS_{removal}$ และโครงการนี้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 8 เดือน

สุพล บ่อคุ้ม [31] ศึกษาผลของอัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบหมักแบบไร้อากาศสองขั้นตอนในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 หมักร่วมกับมูลไก่ ใช้เวลากักเก็บ 28 วัน ในถังปฏิกรณ์ขนาด 200 ลิตร พบว่าที่ของแข็งระเหย 0.49 0.55 และ 0.80 kg VS/m^3-d มีผลผลิตก๊าซมีเทน 24.07 36.18 และ 66.13 L CH_4/kg.VS added ตามลำดับ มีปริมาณก๊าซมีเทน 61.61% ปริมาณก๊าซไนโตรเจน 21.40% และปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ 1.67% ผลผลิตก๊าซชีวภาพต่อตันน้ำหนักสดของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 7,880.63 6,416.06 และ 8,509.55 ลิตรต่อตันน้ำหนักสด ตามลำดับ

Berit Mattsson [32] ศึกษาวัฏจักรชีวิตของการใช้ที่ดินทางการเกษตร โดยทำการเพาะปลูกพืชน้ำมัน 3 ชนิด คือ Swedish rape seed Brazilian soybean และMalaysian oil palm จากงานวิจัยพบว่า ผลกระทบของการใช้ที่ดินประกอบไปด้วยผลที่เกี่ยวข้องกับปริมาณและการอธิบายถึงคุณภาพ ในด้านการกัดเซาะของดิน (soil erosion) Swedish rape seed มีการกัดเซาะของดิน 0.03-0.05 ตัน/เฮกตาร์/ปี สำหรับ Brazilian soybean 8 ตัน/เฮกตาร์/ปี และ Malaysian oil palm 7.7-14 ตัน/เฮกตาร์/ปี แร่ธาตุต่างๆในดิน ไม่มีผลต่อ Swedish rape seed แต่มีผลต่อผลผลิตต่อพื้นที่สำหรับ Brazilian soybean และMalaysian oil palm โครงสร้างของดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นอากาศ น้ำและรากของพืช การอัดแน่นของดินมีผลต่อการเจริญเติบโตของทั้งสามชนิด ความสมดุลของแร่ธาตุในดิน P และK เป็นส่วนสำคัญต่อสารอาหารในดินซึ่งมีผลต่อการเพาะปลูกด้วย ค่า pH ของดินเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดที่มีผลต่อการเพาะปลูกของพืชน้ำมันทั้งสามชนิด ในกรณีของ Brazilian soybean พื้นที่ใหม่ถูกเปลี่ยนมาเพาะปลูกเฉพาะ Brazilian soybean ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะเวลาอันรวดเร็วทำให้มีผลต่อการขาดความหลากหลายทางชีวภาพ และพืชเศรษฐกิจถูกทำลาย ดังนั้นการจัดการใช้พื้นที่เพาะปลูกมีความจำเป็นสำหรับ ความอยู่รอดในอนาคต

Ana M. Contreras [33] เปรียบเทียบวัฏจักรชีวิตของ 4 ตัวเลือกได้แก่ แบบแรกคือการผลิตน้ำตาลแบบดั่งเดิม ใช้ปุ๋ยสังเคราะห์ ยาฆ่าแมลง การเผาไหม้ชานอ้อย และการใช้กากน้ำตาลและสิ่งที่เหลือทางการเกษตรสำหรับอาหารสัตว์ แบบที่ 2 ใช้น้ำเหลือทิ้ง filter cake และเถ้าท่านแทนปุ๋ยสังเคราะห์ แบบที่ 3 คือ ใช้ filter cake และใช้น้ำเหลือทิ้งในการผลิตไบโอก๊าซ แบบที่ 4 คือ การผสมalcohol และไบโอก๊าซในกระบวนการผลิตน้ำตาล โดยใช้ผลพลอยได้จากการผลิตอ้อย ทำการวิเคราะห์โรงงานผลิตในคิวบาโดยมีขอบเขตของระบบวิเคราะห์โดยวิธีประเมินวัฏจักรชีวิตโดยใช้มาตรฐาน ISO 14040 ใช้โปรแกรม SimaPro 6.0 ecoinvent database และวิธี eco-indicator 99 ผลที่ได้ในกระบวนการทางเกษตรกรรมมีผลกระทบมากที่สุดสำหรับ การใช้พื้นที่เชื้อเพลิงและการใช้สารเคมีทางการเกษตร ในกระบวนการทางอุตสาหกรรม การผลิตไฟฟ้าด้วยชานอ้อยมีผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจเพราะมีการปล่อยอนุภาคขนาดเล็กออกสู่บรรยากาศ ดังตาราง 1 การใช้เครื่องบำบัดก๊าซก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศจะช่วยลดผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจได้ และการใช้เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพจะช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

Varun, I.K. Bhat and Ravi Prakash [34] ทำการรวบรวมข้อมูลทางด้านการประเมินวัฏจักรชีวิตของพลังงานทดแทนสำหรับระบบผลิตกระแสไฟฟ้า โดยศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่มีการปล่อยสารต่างๆ ออกสู่สิ่งแวดล้อม และการใช้แหล่งพลังงาน รวมถึงการใช้พื้นที่ ได้ทำการรวบรวมทางด้านพลังงานลม พลังงานความร้อนแสงอาทิตย์ พลังงานชีวมวล พลังงานน้ำ และเซลล์แสงอาทิตย์ ได้ผลออกมาดังตาราง 5 ในระบบการผลิตไฟฟ้าแบบดั่งเดิมนั้นโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยสุดในระบบแต่มีปัญหาด้านกัมมันตภาพรังสี ส่วนระบบการผลิตไฟฟ้าแบบพลังงานทดแทน พลังงานน้ำปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด ตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับระบบผลิตไฟฟ้าควรเป็นแบบผสมเทคโนโลยีเข้าด้วยกันทำให้ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและทำให้การจ่ายไฟมีประสิทธิภาพมากขึ้น

Francesco Cherubini [35] เป็นการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการใช้พลังงานชีวมวลด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ในช่วง 15 ปีที่ผ่านมาซึ่งเป็นงานวิจัยที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษและข้อมูลมีการอ้างอิงที่เชื่อถือได้ ซึ่งไม่รวมการวิเคราะห์ต้นทุนและการประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ ทำการศึกษางานวิจัยทั้งหมด 94 งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นเอกสารที่ทำการตีพิมพ์ในวารสารทางด้านวิทยาศาสตร์ 74 งานวิจัย ส่วนที่เหลือเป็นเอกสารที่พิมพ์เผยแพร่ในวงจำกัด หรือเอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่ พบว่าในช่วงที่ผ่านมามีการศึกษาเพิ่มมากขึ้นในประเทศกำลังพัฒนาโดยเฉพาะเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยขอบเขตการศึกษาเป็นการประเมินผลกระทบของก๊าซเรือนกระจก สมดุลพลังงานของพลังงานชีวมวล และผลกระทบทางด้านอื่นๆ การที่แต่ละงานวิจัยมีการใช้ข้อมูลที่แตกต่างกันทำให้ผลลัพธ์สุดท้ายกว้าง ดังนั้นปัจจัยหลักในการพัฒนาทางด้านพลังงานชีวมวลและการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตเพื่อมุ่งเน้นการลดผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลโดยนำพลังงานชีวมวลมาใช้แทนเชื้อเพลิงฟอสซิล

ตาราง 5 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม 11 ผลกระทบของตัวเลือกทั้ง 4 จากการผลิตอ้อยที่มีอยู่ใน Eco-points

Damage category	Impact category	Alternative			
		1	2	3	4
Human health	Carcinogens	-360	-454	-686	-569
	Respiration – organics	1.63	1.47	1.43	0.97
	Respiration – in organics	32,600	32,400	32,200	32,100
	Climate change	339	281	275	224
	Radiation	8.54	7.76	7.19	7.83
	Ozone layer	0.12	-0.08	-0.08	-0.09
	Subtotal	32,600	32,200	31,800	31,800
Ecosystem quality	Ecotoxicity	-159	-196	-207	-143
	Acidification/eutrophicati on	139	105	96.90	109
	Land use	35,400	35,400	35,400	36,500
	Subtotal	35,400	35,300	35,300	36,500
Resources	Minerals	161	141	137	141
	Fossil fuels	3910	2660	2720	-132
	Subtotal	4070	2800	2860	9
Total		72,100	70,300	69,900	68,300

ตาราง 6 เปรียบเทียบการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบการผลิตไฟฟ้าแบบดั้งเดิมกับระบบการผลิตไฟฟ้าแบบพลังงานทดแทน

No.	Conventional systems		Renewable systems	
	System	g-CO_2/kWh	System	g-CO_2/kWh
1	Coal fired	975.3	Wind	9.7-123.7
2	Oil fired	742.1	Solar PV	53.4-250
3	Gas fired	607.6	Biomass	35-178
4	Nuclear	24.2	Solar thermal	13.6-202
			Hydro	3.7-237

Maria Luiza Grillo Reno [36] ประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตเมทานอลจากชานอ้อย พบว่ากระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น และการสังเคราะห์เมทานอลมีการปลดปล่อย ขี้เถ้า ทาร์ คาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์และเกิดภาวะโลกร้อน ถ้ามีระบบทำความสะอาดก๊าซก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมจะช่วยลดผลกระทบได้ จากการใช้ปุ๋ยก่อให้เกิดปรากฏการณ์ ยูโทรฟิเคชั่นและความเป็นกรดควรหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ย หรือหลีกเลี่ยงส่วนประกอบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสจะช่วยลดผลกระทบลงได้ ในกระบวนการขนส่งมีการปล่อย SO_x และ NO_x ออกมา ข้อดีของการเพาะปลูกพืชพลังงานคือลดภาวะโลกร้อนเพราะในกระบวนการเพาะปลูกพืชนั้นพืชจะช่วยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง

C. Perilhon [37] นำเอาการประเมินวัฏจักรชีวิตมาประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าชีวมวลโดยใช้ไม้ที่เหลือทิ้งเป็นแหล่งเชื้อเพลิง วัตถุประสงค์เพื่อทำการเปรียบเทียบผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมระหว่างขนาดโรงไฟฟ้า 2 MW (Organic Rankine Cycle :ORC cycle) กับ 10 MW (steam Him cycle) และการผลิตไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล รวมทั้งพิจารณาเชื้อเพลิงที่มีความแตกต่างกัน จากงานวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาด 10 MW กับ 2 MW และที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล คือ 19% 16.2% และ 35% ตามลำดับ แต่โรงไฟฟ้าชีวมวลมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพน้อยกว่าแบบที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล โรงไฟฟ้าชีวมวลไม่มีส่วนที่ใช้เชื้อเพลิงจากแหล่งฟอสซิล รวมถึงเป็นการลดภาวะโลกร้อนเนื่องจากเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพืชในระหว่างที่ทำการเพาะปลูกพืชได้มีการดึงคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศมาใช้

Davide Tonini [38] ศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของระบบพลังงานที่มีความเป็นไปได้ในอนาคต คือการใช้ร่วมกันระหว่างพลังงานลมกับพลังงานชีวมวลในประเทศเดนมาร์ก จากแผนพลังงานปี 2030 และปี 2050 ของประเทศเดนมาร์ก โดยใช้วิธีประเมินวัฏจักรชีวิตทำการเปรียบเทียบปี 2008 พบว่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะลดลงถ้าเพิ่มในส่วนการใช้พลังงานลม และชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือใช้ภายในประเทศ ในแผนพลังงานปี 2050 มีความต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ได้มีการสนับสนุนให้ใช้ไบโอดีเซลแทนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิสสำหรับภาคการขนส่ง ตามแผนพลังงานปี 2050 มี 3 ทางเลือกสำหรับการใช้เชื้อเพลิงด้านการขนส่งคือ เชื้อเพลิงฟอสซิล ไบโอดีเซลด้วยเรพซีด ไบโอดีเซลจากฟิชเชอร์โทรป การเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกพืชพลังงานเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการพลังงานจึงทำให้เกิดผลกระทบทางน้ำเนื่องจากมีการใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นตามพื้นที่เพาะปลูกที่เพิ่มขึ้นและเกิดปัญหาการยึดครองที่ดิน

Prapita Thanarak and Chuleeporn Chaiyote [39] ศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงเขียวจากหญ้านวลน้อยกับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร รวมถึงต้นทุน และปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อัตราส่วนในการผสมมีผลต่อ ค่าความร้อน คาร์บอนคงที่ สารระเหย และความเป็นถ่าน เชื้อเพลิงเขียวทำให้อยู่ในรูปการอัดแท่ง การหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (GHG emission mitigation) จากสมการปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้เท่ากับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีฐาน (Baseline Emission) ลบกับ (ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการดำเนินโครงการ (Project GHG emission) บวกกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากโครงการแต่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของโครงการ (Leakage GHG emission))ผลการวิจัยพบว่า การผสมหญ้านวลน้อยกับฟางข้าวในอัตราส่วน 80:20 มีค่าความร้อน 3,849.95 kcal/kg ต้นทุน 17.25 บาท/kg ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.5169 $kgCO_2/kg$ และการผสมหญ้านวลน้อยกับใบอ้อยมีค่าความร้อน 3,901.50 kcal/kg ต้นทุน 16.75 บาท/kg และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 1.5367 $kgCO_2/kg$

ตาราง 7 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินวัฏจักรชีวิต

ผู้แต่ง	รายละเอียด	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
จันทิมา ริ้วลายเงิน (2550)	LCA ของไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้ว	- LCA - ประเมินผลกระทบด้วย NETS	- ขั้นตอนการนำไบโอดีเซลไปใช้งานมีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 82.40%
ชนาภา วรรณศรี (2551)	LCA ของการผลิตไฟฟ้าโดยใช้แก๊สซิฟิเคชั่น - เชื้อเพลิงเป็นกระถินยักษ์	- SimaPro - EDIP/UMIP 97	- ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้ามีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 70.5%
วิภาศรี เรืองเนตรและคณะ (2554)	LCA ของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อใช้กับเตาเผา	- LCA	ขั้นตอนการจัดหาวัตถุดิบ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด 70.9%
นเรศ ใหญ่วงศ์ (2555)	ประเมินข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง	- การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์	- ปล่อยก๊าซเรือนกระจก 246 gCO_2eq - ขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบปล่อย CO_2 มากที่สุด
Ana M. Contreras (2009)	เปรียบเทียบ LCA ของ 4 เทคโนโลยีที่แตกต่างกันในการผลิตน้ำตาล	-SimaPro 6.0 -ecoinvent database -eco-indicator 99	การใช้เครื่องบำบัดก๊าซและเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพ ช่วยลดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมได้

ผู้แต่ง	รายละเอียด	เครื่องมือที่ใช้	ผลการวิจัย
Varun ,I.K.Bhat , Ravi Prakash (2009)	รวบรวมข้อมูลด้าน LCA ของพลังงานทดแทน สำหรับระบบผลิต กระแสไฟฟ้า	- LCA	-พลังงานน้ำปล่อย CO_2 น้อยที่สุด -ผลิตไฟฟ้าแบบผสมเทคโนโลยี ช่วยลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมลงได้
Maria Luiza Grillo Reno (2011)	LCAของการผลิตเมทา นอลด้วยชานอ้อย	- LCA	กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น และ การสังเคราะห์เมทานอลมีการ ปล่อย ขี้เถ้า ทาร์ และ CO_2
C.Perilhon (2012)	เปรียบเทียบ – โรงไฟฟ้าชีวมวลด้วยไม้ เหลือทิ้ง -โรงไฟฟ้าเครื่องยนต์ดีเซล	- LCA	โรงไฟฟ้าชีวมวลมีผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมและสุขภาพน้อยกว่า แบบที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล
Davide Tonini (2012)	-ศึกษาการใช้พลังงานลม ร่วมกับพลังงานชีวมวล -ตามแผนพลังงาน ประเทศเดนมาร์ก	- LCA	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจะ ลดลงถ้าเพิ่มในส่วนการใช้พลังงาน ลมและชีวมวลจากเศษวัสดุที่เหลือ ใช้ภายในประเทศ

จากตาราง 7 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องสรุปได้ว่าการศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตด้านพลังงานมีเป็นวงกว้างแต่ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตไฟฟ้าหรือโรงไฟฟ้ายังมีจำนวนไม่มากพอ เชื้อเพลิงส่วนใหญ่ที่นำมาใช้ในการผลิตไฟฟ้า คือ กระถิ่นยักษ์ ไม้เหลือทิ้ง วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร และหญ้าเนเปียร์ ซึ่งทางกระทรวงพลังงานมีการส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าด้วยหญ้าเนเปียร์ แต่การศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมของการนำหญ้าเนเปียร์มาเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้านั้นยังไม่มีการศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงศึกษาผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม พลังงานและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของเชื้อเพลิงสำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนโดยใช้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

การประเมินวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนในงานวิจัยนี้ศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมเฉพาะด้านการทำให้เกิดภาวะโลกร้อนจากการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น เพราะใน

เชิงพลังงานจะศึกษาเพียงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นหรือเป็นการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprints) โดยไม่นำผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆมาร่วมการประเมินในงานวิจัยนี้

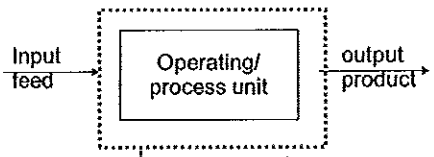
นิพนธ์ เกตุจ้อย และคณะ [43] การประเมินวัฏจักรชีวิตการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ในงานวิจัยนี้ ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ทางการเกษตร เพื่อนำมาสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และตัดสินใจความหมาะสมและความเป็นไปได้ของพื้นที่ โดยใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า และประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ จากผลการวิจัยพบว่า ภาพแผนที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่มีลักษณะเป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ไม่มีแหล่งน้ำธรรมชาติและอยู่นอกเขตชลประทาน มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100 มิลลิเมตรต่อปี สามารถทำการเกษตรได้ปีละ 4 เดือนเท่านั้น และแผนที่แสดงให้เห็นว่าพื้นที่มีค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ย 17.6 $MW/m^2.d$ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ผลการประเมินวัฏจักรชีวิตในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนก่อสร้างและติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0001964 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0004185 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ และมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ -0.5743 $kgCO_2eq/kWh$ ส่วนต้นทุนผลิตไฟฟ้าตลอดระยะโครงการ 25 ปีมีค่าเท่ากับ 169.791 ล้านบาท และมีต้นทุนพลังงานต่อหน่วยเท่ากับ 4.12 บาท/kWh แสดงว่าประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดินจากเกษตรกรรมเพื่อสร้างโรงไฟฟ้ามีความเหมาะสมและคุ้มค่า โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจ

6.วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงวิเคราะห์โดยการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ขั้นตอนการผลิตเอทานอลและขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยจะใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment : LCA) ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลปฐมภูมิและทุติยภูมิ โดยแหล่งข้อมูลปฐมภูมิ คือ เกษตรกรชาวไร่อ้อยในพื้นที่ตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ซึ่งผู้วิจัยได้ลงไปสัมภาษณ์เกษตรกรโดยตรง และข้อมูลทุติภูมิได้มาจากแหล่งข้อมูลที่มีผู้เก็บรวบรวมไว้แล้ว วิธีการดำเนินงานวิจัยจะแบ่งขั้นตอนออกเป็น 5 ส่วนคือ ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ กำหนดเป้าหมายและขอบเขตของงานวิจัยโดยผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์สมดุลพลังงานของการปลูกอ้อยโรงงานตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล เพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ผลิตเอทานอล และผลิตก๊าซชีวภาพ โดยในการประเมินวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ผลิตเอทานอล และผลิตก๊าซชีวภาพจะใช้ข้อมูลทุติยภูมิ ทำการเปรียบเทียบสมดุลพลังงานในการผลิตเอทานอล การผลิตไฟฟ้าและการผลิตก๊าซชีวภาพของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จัดทำบัญชีรายการเพาะปลูกอ้อย ประเมินและแปรผลกระทบของการเพาะปลูกอ้อย วิเคราะห์พลังงานสุทธิของการเพาะปลูกอ้อย

1. สมดุลพลังงาน

สมดุลพลังงานจะพิจารณาตั้งแต่เริ่มกระบวนการเพาะปลูกวัตถุดิบในภาคเกษตรกรรมจนกระทั่งได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลและมีผลพลอยได้เป็นกากน้ำตาลกับชานอ้อย ซึ่งชานอ้อยที่เหลือจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิกระแสไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม และกากน้ำตาลที่เหลือก็จะทำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลพลังงานทั้งหมดรวมเรียกว่า Input energy และพลังงานที่ได้จากไฟฟ้าทั้งหมดรวมไปถึงพลังงานที่ได้จากผลผลิตรอง(byproduct) พลังงานทั้งหมดรวมเรียกว่า Output energy



รูปที่ 18 สมดุลพลังงาน

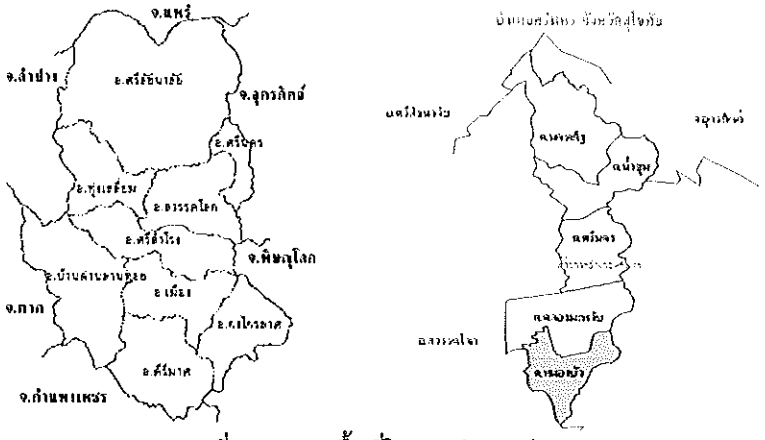
2. การประเมินวัฏจักรชีวิต

ใช้มาตรฐานการประเมินวัฏจักรชีวิต ISO 14040 ดังต่อไปนี้

2.1 การกำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษา

เป้าหมายของการศึกษาเพื่อวิเคราะห์พลังงานรวมและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าและเพื่อทำการเปรียบเทียบกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ว่าขั้นตอนใดมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการใช้พลังงานมากที่สุด โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 7 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า และขั้นตอนการผลิตเอทานอล ซึ่งการประเมินวัฏจักรชีวิตในการวิจัยชิ้นนี้เป็นแบบ Cradle to gate คือประเมินตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนถึงกระบวนการผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอล โดยไม่รวมขั้นตอนการกำจัดซากและการใช้งาน เนื่องจาก ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบพื้นที่เพาะปลูกระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับเป็นข้อมูลให้ผู้ที่สนใจ ซึ่งการนำพืชและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้าเป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกเสริมความมั่นคงต่อระบบผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น รวมทั้งยังเป็นการช่วยส่งเสริมการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นสร้างรายได้และสร้างแรงจูงใจให้กับเกษตรกร

ประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนของอ้อยโรงงานที่ทำการเพาะปลูก ณ ตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูลคือ 1 ช่วงของการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน (crop) และทำการคาดการณ์ช่วงการเพาะปลูกครั้งต่อไปโดยอ้อยโรงงานปลูกเพียง 1 ครั้งสามารถเก็บเกี่ยวได้ 3-4 ปี หน่วยการทำงาน (Functional unit) การผลิตไฟฟ้าจากอ้อยโรงงานเป็น 1 kWh และการผลิตเอทานอลเป็น 1 L เอทานอล ผู้วิจัยได้กำหนดพื้นที่ทำการศึกษา ณ ตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 แสดงพื้นที่ในเขตทำการศึกษา

2.2 บัญชีรายการข้อมูล

จัดทำบัญชีข้อมูลและเก็บข้อมูลของชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกที่เกิดขึ้นในระบบ โดยเริ่มตั้งแต่กระบวนการเตรียมดินซึ่งใช้น้ำมันดีเซลจะมีสารขาออกเป็นมลพิษ จากการใช้น้ำมันดีเซล กระบวนการเตรียมท่อนพันธุ์มีการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งท่อนพันธุ์จะมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและได้ท่อนพันธุ์ กระบวนการเพาะปลูกมีการใช้น้ำมันดีเซล และท่อนพันธุ์จะมีสารขาออกเป็นมลพิษ จากการใช้น้ำมันดีเซลและได้อ้อยโรงงาน กระบวนการบำรุงดูแลมีการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซินจะมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลน้ำมันเบนซิน กระบวนการเก็บเกี่ยวมีการใช้น้ำมันดีเซลจะมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและได้อ้อยโรงงาน กระบวนการขนส่งมีการใช้น้ำมันดีเซลและอ้อยโรงงานจะมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและได้อ้อยโรงงาน กระบวนการผลิตน้ำตาลมีการใช้ไฟฟ้า อ้อยโรงงานจะมีสารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้ไฟฟ้าจะได้น้ำตาลทรายและมีผลพลอยได้เป็นชานอ้อยกับกากน้ำตาล นำชานอ้อยที่เหลือมาผลิตเป็นไฟฟ้าโดยกระบวนการผลิตไฟฟ้าจะมีการใช้ชานอ้อยน้ำและน้ำมันดีเซลจะได้สารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้น้ำมันดีเซลและไฟฟ้า และการนำกากน้ำตาลมาผลิตเป็นเอทานอลโดยกระบวนการผลิตเอทานอลมีการใช้กากน้ำตาล น้ำ และยีสต์จะได้สารขาออกเป็นมลพิษจากการใช้กากน้ำตาลและยีสต์จะได้เอทานอล ดังรูปภาพที่ 20

2.3 การประเมินผลกระทบ

การประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานสำหรับการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อผลิตพลังงานในงานวิจัยนี้จะศึกษาเฉพาะประเด็นการทำให้เกิดสภาวะโลกร้อนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้นจะไม่นำผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมของประเด็นอย่างอื่นมาประเมินด้วย โดยจะนำผลจากบัญชีข้อมูลมาแปรให้อยู่ในรูปของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมโดยคำนวณได้จากสมการที่ 1 จะแสดงปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในหน่วยกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$)

$$CO_2 \text{ Emission} = AD \times EF \qquad (1)\ [23]$$

โดยที่ CO_2 Emission = ปริมาณการปล่อยก๊าซ CO_2 เทียบเท่า

Emission factor = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซ CO_2 [25]

Activity data = ข้อมูลกิจกรรมการปล่อยก๊าซ CO_2

ตัวอย่างการคำนวณในขั้นตอนการเตรียมดิน

การไถบุกเบิก ต้องคำนวณการใช้น้ำมันดีเซลของเครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ใช้ในการเตรียมดินซึ่งต้องคำนวณปริมาณการปล่อย CO_2 จากการผลิตน้ำมันดีเซลและจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลใน 1 litre ใช้น้ำมันดีเซลในปริมาณ 3 litre การแปลงหน่วยของน้ำมันดีเซลจาก litre เป็น kg ด้วยการคูณกับความหนาแน่นของน้ำมันดีเซลซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.85 kg/litre

3 litre x 0.85 kg/litre = 2.55 kg

ค่า EF [25] จากภาคผนวก

การผลิตน้ำมันดีเซล 0.3282 $kgCO_2eq/kg$ และการเผาไหม้น้ำมันดีเซล 2.7446 $kgCO_2eq/litre$

จะได้ ปริมาณการปล่อย CO_2 ของการไถบุกเบิก

การผลิตน้ำมันดีเซล = (2.55 kg x 0.3282 $kgCO_2eq/kg$) = 0.8369 $kgCO_2eq$

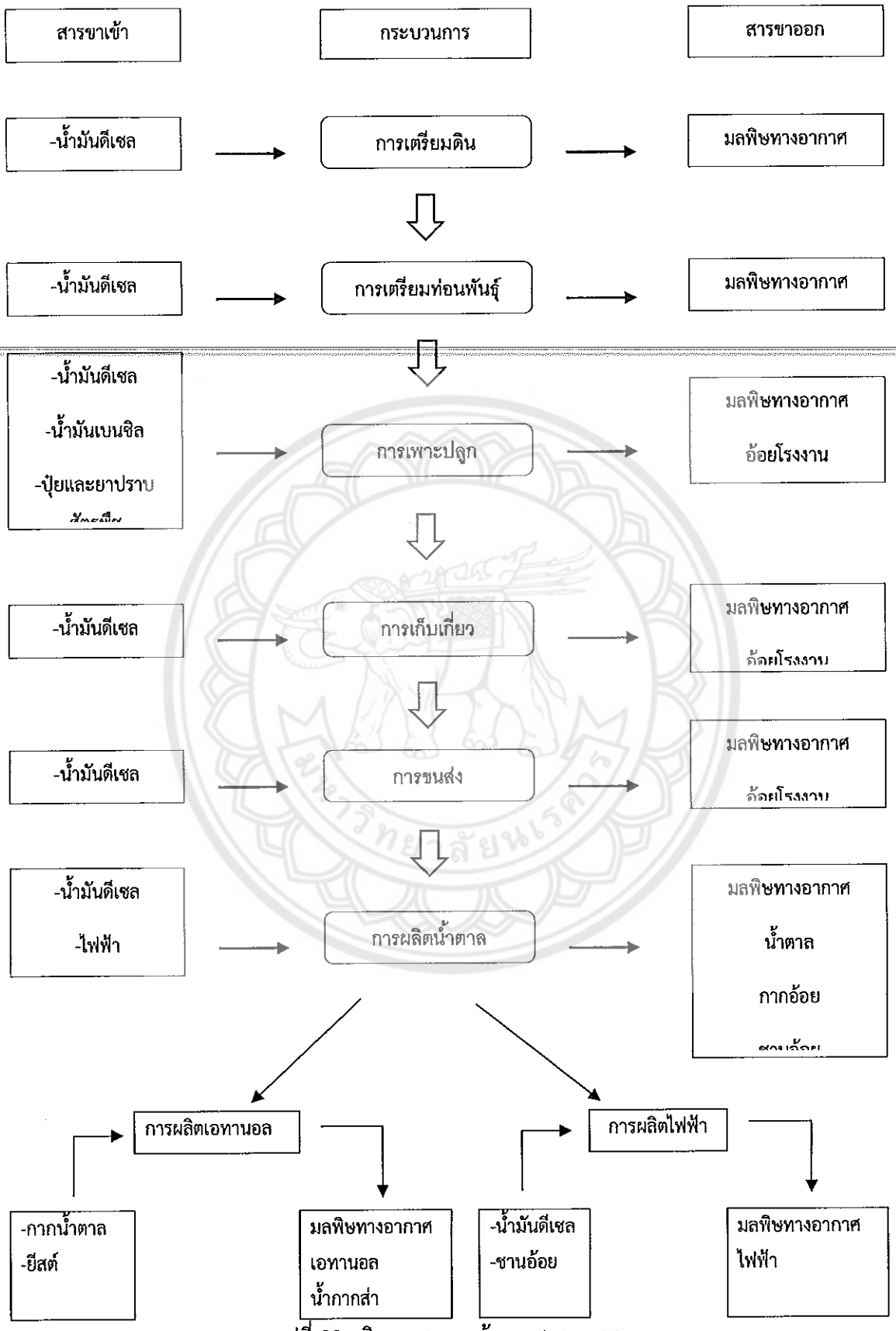
การเผาไหม้น้ำมันดีเซล = (3 litre x 2.7446 $kgCO_2eq/litre$) = 8.2338 $kgCO_2eq$

ปริมาณการปล่อย CO_2 = การผลิตน้ำมันดีเซล + การเผาไหม้น้ำมันดีเซล = 0.8369 + 8.2338

ดังนั้น ปริมาณการปล่อย CO_2 ของการไถบุกเบิก เท่ากับ 9.0707 $kgCO_2eq$

2.4 การแปลผลการประเมินวัฏจักรชีวิต

การนำข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมในขั้นตอนการทำบัญชีมาประเมินผลและแปลผลผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นแปรผล และประเมินปรับปรุงการแปรผลเป็นการวิเคราะห์ผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์อธิบายข้อจำกัดข้อเสนอแนะในการปรับปรุงกระบวนการต่างๆให้มีประสิทธิภาพเพื่อลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และสรุปผลการประเมินวัฏจักรชีวิตที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายของการศึกษา



รูปที่ 20 ชนิดของสารขาเข้าและสารขาออก

3. ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ

คำนวณปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ ดังสมการ 2

$$\text{Net } CO_2 \text{ emission} = CO_2 \text{ emission} - CO_2 \text{ reduction} \qquad (2)\ [23]$$

โดยที่ Net CO_2 emission = ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ

CO_2 emission = ปริมาณที่ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

CO_2 reduction = ปริมาณที่ลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์

4. การวิเคราะห์พลังงานสุทธิ

พลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนคิดจากการนำปริมาณที่ใช้มาคูณกับค่าการแปลงพลังงาน โดยแบ่งตามประเภทของเชื้อเพลิง แสดงค่าความร้อนสุทธิตามเชื้อเพลิงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าความร้อนสุทธิ[23]

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสุทธิ	หน่วย
น้ำมันเบนซิน	31.48	MJ/Litre
น้ำมันดีเซล	36.42	MJ/Litre
ไฟฟ้า	3.60	MJ/kWh

4.1 พลังงานสุทธิ

พลังงานสุทธิคือ พลังงานที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าโดยใช้ชานอ้อยทั้งหมดในทุกกระบวนการลบกับพลังงานที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้า ดังสมการที่ 3

พลังงานสุทธิ= พลังงานที่ใช้– พลังงานที่ผลิตได้ (3) [23]

ตัวอย่างการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการเตรียมดิน

การเตรียมดิน คำนวณการใช้น้ำมันดีเซลของเครื่องจักรกลการเกษตรที่ทำการเตรียมดิน ซึ่งต้องคำนวณปริมาณพลังงานจากการใช้น้ำมันดีเซลใน 1 litre ใช้น้ำมันดีเซลในปริมาณ 13.9 litre/ไร่

ค่าความร้อนสุทธิของน้ำมันดีเซล มีค่าเท่ากับ 36.42 MJ/Litre จะได้ ปริมาณการใช้พลังงานของการเตรียมดิน

(13.9 litre/ไร่ x 36.42 MJ/Litre) = 506.24 MJ/ไร่

ซึ่งพลังงานทั้งหมดที่ใช้ 3725.8 MJ/ไร่ และพลังงานที่ผลิตได้ (ไฟฟ้า 1 kWh ให้ค่าพลังงาน 3.6 MJ)

แต่ในอ้อยโรงงาน 1 ไร่ สามารถผลิตอ้อยได้ 15 ตัน (ไฟฟ้า 1041 kWh ให้ค่าพลังงาน 3747.6 MJ)

พลังงานสุทธิ= พลังงานที่ใช้ – พลังงานที่ผลิตได้

พลังงานสุทธิ= 3725.8 MJ – 3747.6 MJ

ดังนั้นพลังงานสุทธิ -21.8 MJ/ไร่

การประเมินการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1. ศึกษาและรวบรวมข้อมูล ลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน สภาพดิน ของพื้นที่เป้าหมาย

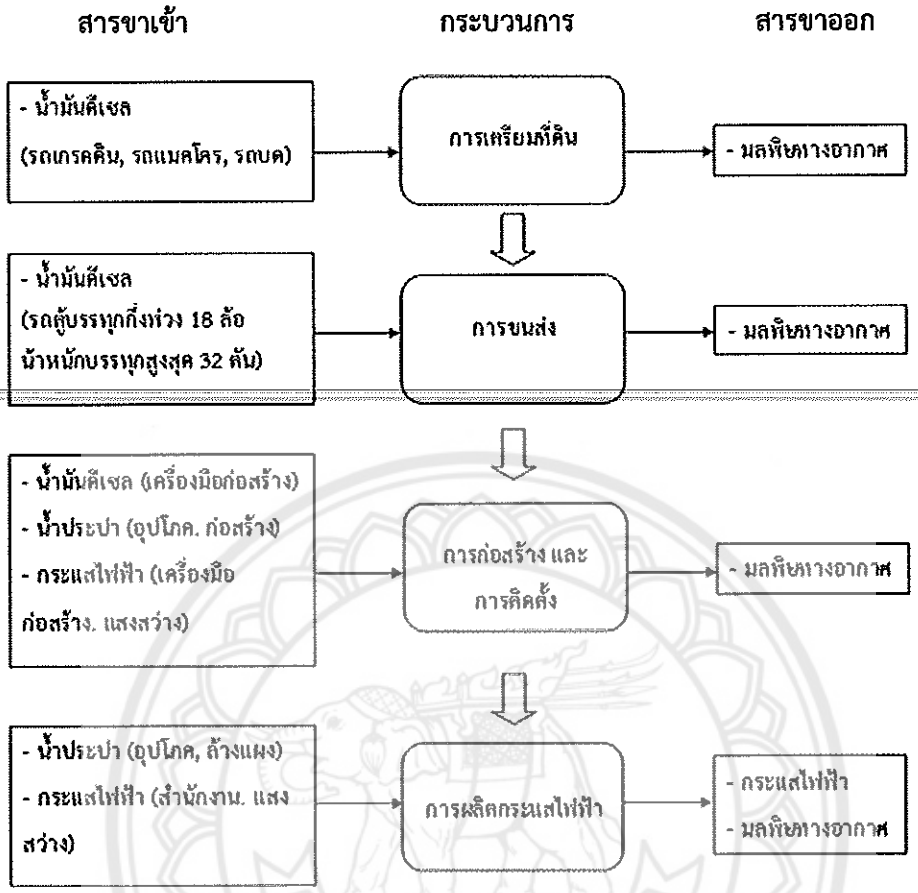
2. ใช้ฐานข้อมูลสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับแผนที่ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลผ่านระบบการนำเสนอโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งสามารถวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้ ตลอดจนการศึกษาความเป็นไปได้ในการตัดสินใจติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ในพื้นที่เป้าหมาย

วิธีการดำเนินการวิจัยนี้จะดำเนินงานตามขั้นตอนของการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment : LCA)

วิธีการดำเนินการวิจัยจะดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนของ LCA ของ ISO 14040 ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้า พร้อมกำหนดขอบเขตการวิจัย

2. ตรวจวัดสารเข้าและสารออก เพื่อนำมาจัดทำบัญชีรายการซึ่งจะวัดปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออก ดังรูป 18



รูป 1 แสดงสารขาเข้าและสารขาออกของขั้นตอนการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

7. ผลการวิจัย

ปริมาณผลของการวิเคราะห์สมดุลพลังงานของการปลูกอ้อยโรงงานตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า และขั้นตอนการผลิตเอทานอล ปริมาณผลของรการวิเคราะห์การผลิตเอทานอลและการผลิตไฟฟ้าจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 และเปรียบเทียบสมดุลพลังงานในการผลิตเอทานอลและการผลิตไฟฟ้าของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ตารางที่ 9 คุณสมบัติเบื้องต้นของอ้อยโรงงาน[8]

รายการ	คุณสมบัติเบื้องต้น		หน่วย
	ชานอ้อย	ใบและยอดอ้อย	
สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต	0.28	0.17	ตัน/ตันผลผลิต
Moisture	50.73	20.00	%
Ash	1.43	6.10	%
Volatile Matter	41.98	67.80	%
Fixed Carbon	5.86	16.90	%

4.1 ข้อมูลพื้นฐานของอ้อยโรงงาน

การปลูกอ้อย

จากข้อมูลที่ผู้วิจัยได้ทำการสัมภาษณ์จากเกษตรกรชาวไร่อ้อยในตำบลนครเดิฐจำนวน 25 ราย เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูกอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น อู่ทอง เป็นต้น โดยจะหาพันธุ์อ้อยอายุประมาณ 8-10 เดือน ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้หน่วยจะใช้หน่วยของการศึกษาจากอ้อย 1 ไร่

พื้นที่การเพาะปลูก

การเพาะปลูก ช่วงระยะเวลาในการปลูกอ้อยโรงงานจะอยู่ระหว่างเดือนธันวาคม – มีนาคม และเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนพฤศจิกายน – พฤษภาคม โดยในปีการผลิต 2559/2560 มีจำนวนเกษตรกรที่ปลูกอ้อยประมาณ 364,708 ราย และต้นทุนการผลิตอยู่ที่ตันละ 983 บาท ในปีการผลิต 2559/60 มีพื้นที่เพาะปลูกอ้อยทั่วประเทศในเขตพื้นที่สำรวจรวม 47 จังหวัด จำนวน 10,988,489 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยส่งโรงงาน 9,864,668 ไร่ และพื้นที่ปลูกอ้อยทำพันธุ์1,123,821 ไร่โดยมีพื้นที่ลดลงจากปี การผลิต 2558/59 จำนวน 24,350ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 0.22

ปริมาณผลผลิต

ปริมาณผลผลิตของอ้อยโรงงานในพื้นที่ตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ทำการเก็บเกี่ยวอ้อยโรงงานที่อายุ 11-12 เดือนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวของพื้นที่ตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย โดยปริมาณผลผลิตแบ่งเป็นผลผลิตของอ้อยปลูกใหม่เฉลี่ยแล้ว 15 ตัน/ไร่ และปริมาณผลผลิตของอ้อยตอ 1 (อ้อยปีที่ 2) เฉลี่ยแล้ว 12 ตัน/ไร่

4.2 การประเมินวัฏจักรชีวิต

การกำหนดเป้าหมาย

เพื่อประเมินผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานว่าขั้นตอนใดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากที่สุด โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 9 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ขั้นตอนการผลิตเอทานอล และขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งจะเป็นการประเมินวัฏจักรชีวิตแบบ Cradle to gate คือ ประเมินตั้งแต่การได้มาของวัตถุดิบไปจนถึงกระบวนการผลิตไฟฟ้าโดยไม่รวมขั้นตอนการใช้งานและการกำจัดซาก ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบพื้นที่เพาะปลูกระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ในการผลิตไฟฟ้าสำหรับเป็นข้อมูลให้ผู้ที่สนใจซึ่งการนำพืชและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตไฟฟ้า เป็นการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนไม่ก่อให้เกิดสภาวะเรือนกระจกเสริมความมั่นคงต่อระบบผลิตไฟฟ้าเพิ่มขึ้น รวมทั้งยังเป็นการช่วยส่งเสริมการใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่นสร้างรายและสร้างแรงจูงใจให้กับเกษตรกร

การกำหนดขอบเขตการศึกษา

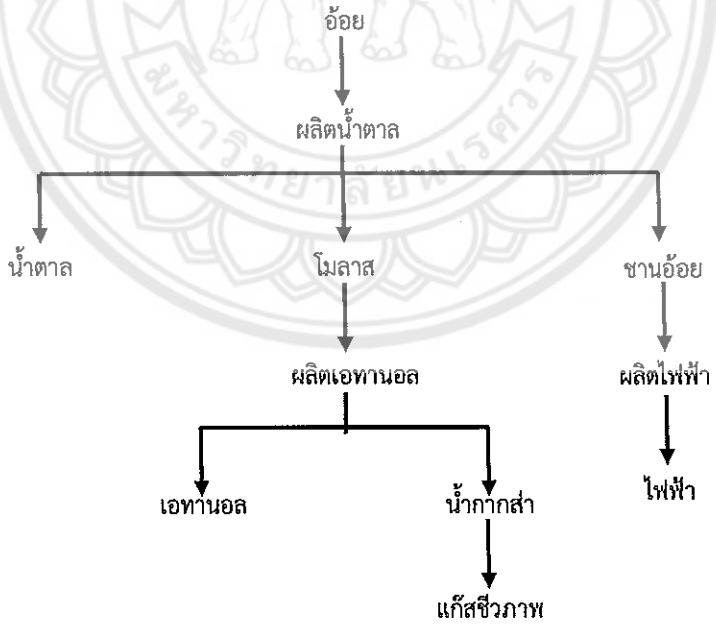
ประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเฉพาะการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ เพราะในเชิงพลังงานจะศึกษาเพียงการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่านั้น โดยไม่ได้นำผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมในประเด็นอื่นๆมาร่วมการประเมินด้วย ทำการศึกษาอ้อยโรงงานที่ทำการเพาะปลูก ณ ตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลจากพื้นที่ทำการเพาะปลูกอ้อยโรงงาน 1 ไร่ที่ให้ผลผลิต 15 ตัน โดยจะใช้การประเมินวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานเพียง 1 ตันเท่านั้น และการปลูกอ้อยโรงงานเพียงครั้งเดียวสามารถเก็บเกี่ยวได้ 3-4 ปี ช่วงเวลาที่ทำการเก็บข้อมูล คือ ช่วงปีการเพาะ 2559/2560

ข้อจำกัด

IPCC ระบุว่าการเผาพืชไร่และมีการปลูกพืชในช่วงการปลูกถัดไป ไม่ต้องรายงานการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เกิดจากการเผาไหม้เนื่องจาก คาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดจากการเผาไหม้มาจากการสะสมคาร์บอนไดออกไซด์ในตัวพืชซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณที่ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา หน่วยการทำงาน (Functional unit) การผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย kWh การผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล Litre เอทานอล

บัญชีรายการข้อมูล

จัดทำบัญชีรายการข้อมูล เก็บข้อมูลชนิดและปริมาณของสารขาเข้าและสารขาออกที่เกิดขึ้นในระบบโดยมีขอบเขตการศึกษาตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ขั้นตอนการผลิตเอทานอล ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งขอบเขตในการศึกษาจะครอบคลุมตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบจนกลายเป็นผลิตภัณฑ์แต่ไม่รวมถึงการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้และการกำจัดซากโดยผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรตั้นแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและขั้นตอนการขนส่งเท่านั้น ส่วนขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตเอทานอล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพนั้นผู้วิจัยจะใช้ข้อมูลจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ โดยในแต่ละขั้นตอนล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น



รูปที่ 19 แสดงการใช้ประโยชน์ของอ้อยโรงงาน

1. ขั้นตอนการเตรียมดิน

ขั้นตอนการเตรียมดินเป็นการปรับสภาพดินให้มีความเหมาะสมในการเพาะปลูก เกษตรกรทำการไถด้วยเครื่องยนต์ Ford New Holland 6610 มีขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอนประกอบด้วย การไถบุกเบิกด้วยผาน 7 ใบ เพื่อเปิดหน้าดินและทำการตากหน้าดินในการกำจัดวัชพืช และถ้าในไร่อ้อยตอที่เกษตรกรต้องการรื้อตออ้อยทิ้งก็จะทำการไถเปิดหน้าทิ้งไว้ประมาณ 1 อาทิตย์เพื่อให้ตออ้อยและวัชพืชตายโดยจะไถประมาณ 2 ครั้ง ซึ่งในการไถ่ 2 ครั้งจะมีการใช้น้ำมันอยู่ที่ 3 ลิตรต่อ 1ไร่ การไถระเบิดดานด้วยผาน 3 ใบหรือใช้ชัพเทนเลอร์ 3 ขา ไถให้ลึกประมาณ 25-30 เซนติเมตร โดยจะไถประมาณ 3 ครั้ง (ถ้าใช้ชัพเทนเลอร์ 3 ขาไถก็จะไถเป็นลายหมากรุก) ซึ่งในการไถ่ 3 ครั้งจะมีการใช้น้ำมันอยู่ที่ 4.5 ลิตรต่อ 1ไร่ การไถแปรด้วยผาน 22 ใบเพื่อปรับระดับพื้นดินให้เรียบและเสมอกันโดยจะไถประมาณ 4 ครั้ง ซึ่งในการไถ่ 4 ครั้งจะมีการใช้น้ำมันอยู่ที่ 5 ลิตรต่อ 1ไร่ การไถปรับหน้าดินด้วยระแวงหรือปั่นเพื่อให้หน้าดินร่วนซุยและละเอียดซึ่งจะได้สะดวกและง่ายต่อการปลูกโดยจะไถประมาณ 1 ครั้ง ซึ่งในการไถ่ 1 ครั้งจะมีการใช้น้ำมันอยู่ที่ 1.4 ลิตรต่อ 1 ไร่ ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะทำการสอบถามปริมาณการใช้โดยตรงกับเกษตร ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดินจะแสดงดังตารางที่ 10 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการเตรียมดิน แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดิน

เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมดิน	เครื่องจักร	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของเครื่องมือ
รถไถ 1 เพลา ผาน 7		ลิตร/ไร่	3	ไถได้ 40 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 77 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผาน 3		ลิตร/ไร่	4.5	ไถได้ 40 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 77 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผาน 22		ลิตร/ไร่	5	ไถได้ 40 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 77 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา ผาน ปั่น		ลิตร/ไร่	1.4	ไถได้ 35 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 36 แรงม้า

*หมายเหตุ : ขั้นตอนการเตรียมดินใน 4 ปี เตรียม 1 ครั้ง เนื่องจากอ้อยโรงงานเพาะปลูก 1 ครั้ง มีอายุการเก็บเกี่ยวได้ถึง 3-4 ปี

ตารางที่ 11 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเตรียมดิน

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF (kgCO2eq/หน่วย)
การไถบุกเบิก			
-Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	0.8369	0.3282
-ดีเซล (การเผาไหม้)	L	8.2338	2.7446
การไถระเบิดดาน			
-Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	1.2554	0.3282
-ดีเซล (การเผาไหม้)	L	12.3504	2.7446
การไถแปร			
-Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	1.3948	0.3282
-ดีเซล (การเผาไหม้)	L	13.7230	2.7446
การไถปรับหน้าดิน			
-Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	0.3906	0.3282
-ดีเซล (การเผาไหม้)	L	3.8424	2.7446

2. ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์

ขั้นตอนของการเตรียมท่อนพันธุ์เกษตรกรในตำบลนครเดิฐจะใช้ท่อนพันธุ์ในการเพาะปลูกอัตรา 1.1 กิโลกรัม/ไร่ โดยนำท่อนพันธุ์ของตนเองโดยระยะทางจากแปลงท่อนพันธุ์ไปถึงแปลงอ้อยที่ปลูกใหม่มีระยะทางประมาณ 15 กิโลเมตร ซึ่งในการขนส่งท่อนพันธุ์นั้นจะใช้รถบรรทุกขนาด 10 ล้อ บรรทุกน้ำหนักสูงสุด 11 ตัน ขนส่งท่อนพันธุ์จากตำบลนครเดิฐ อำเภอศรีนคร จังหวัดสุโขทัย ไปยังพื้นที่เพาะปลูกอ้อยด้วยระยะทางไป-กลับประมาณ 15 กิโลเมตรต่อเที่ยว และมีการใช้รถคีบในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกซึ่งปริมาณการใช้น้ำมันอยู่ที่ 0.3 ลิตร/ไร่ ในขั้นตอนนี้มีสารขาเข้า คือ น้ำมันดีเซลที่ใช้ในการขนส่งสารขาออกเป็นมลพิษจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซล ในการเก็บข้อมูลผู้วิจัยจะทำการสอบถามปริมาณการใช้โดยตรงกับเกษตร ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมท่อนพันธุ์จะแสดงดังตารางที่ 12 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ แสดงดังตารางที่ 13

ตารางที่ 12 เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมท่อนพันธุ์

เครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมท่อนพันธุ์	เครื่องจักร	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของเครื่องมือ
รถสิบล้อ		km/L	15	รถบรรทุกวิ่งจากแปลงท่อนพันธุ์ไปถึงแปลงอ้อยที่ปลูกใหม่มีระยะทางไปกลับ 15 กิโลเมตร ซึ่งในระยะทาง 15 กิโลเมตรถจะใช้น้ำมันประมาณ 1 ลิตร
รถคีบอ้อย		L/ไร่	0.3	ใช้ในการคีบอ้อยใส่รถบรรทุก

ตารางที่ 13 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 0% Loading	km	0.0139	0.5863
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งปกติ 75% Loading	tkm	0.0001	0.0687
การใช้รถคีบ			
-Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	0.0929	0.3282
-ดีเซล (การเผาไหม้)	L	0.9145	2.7446

3. ขั้นตอนการเพาะปลูกและดูแลบำรุงรักษาอ้อยโรงงาน

3.1 ขั้นตอนการเพาะปลูกอ้อย

ในขั้นตอนการปลูกอ้อยเกษตรส่วนใหญ่จะนิยมใช้วิธีการปลูกด้วยเครื่องจักร เมื่อเกษตรทำการเตรียมดินเสร็จแล้วเกษตรกรจะทำการปลูกด้วยเครื่องยนต์ Ford New Holland 6610 และเครื่องปลูกอ้อยที่ติดท้ายรถแทรกเตอร์ โดยจะมีตัวเปิดร่องและช่องสำหรับใส่ท่อนพันธุ์อ้อยเป็นลำ ซึ่งในช่องนี้จะมีตัวตัดลำอ้อยเพื่อให้อ้อยมีลักษณะเป็นท่อนเล็กลงเพื่อใส่ลงในร่องอ้อย และมีตัวกลบดินตามหลัง ปัจจุบันสามารถดัดแปลงให้มีการใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกได้เลย ระยะห่างของร่องอ้อยประมาณ 1.4-1.5 เมตร การปลูกด้วยเครื่องปลูก เครื่องจะเปิดร่องใส่ปุ๋ย วางท่อนพันธุ์และกลบดินโดยอัตโนมัติ ซึ่งเกษตรกรสามารถปลูกอ้อยได้วันละ

10-15 ไร่ แต่จะต้องมีการปรับระดับพื้นที่และเตรียมดินเป็นอย่างดีด้วย ในการปลูกอ้อย 1 ไร่มีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ที่ 1.5 ลิตร/ไร่

3.2 การดูแลบำรุงรักษาอ้อย

เกษตรกรจะต้องควบคุมและดูแลการกำจัดวัชพืชซึ่งการปลูกอ้อยที่ดีควรมีช่วงปลอดวัชพืชอย่างน้อย 4-5 เดือนขึ้นไป การกำจัดวัชพืชครั้งแรก ควรทำหลังจากปลูกอ้อยแล้ว 1 เดือนโดยทำไปพร้อมกับการใส่ปุ๋ยซึ่งเกษตรกรจะทำการใส่ปุ๋ยยูเรียในปริมาณ 15 kg/ไร่ การกำจัดวัชพืชครั้งที่ 2 ควรทำหลังจากครั้งแรก 2 สัปดาห์หรือ 1 เดือน หรือเมื่ออ้อยมีอายุ 1.5-2 เดือน โดยทำพร้อมกับการใส่ปุ๋ยยซึ่งเกษตรกรจะทำการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ในปริมาณ 50 kg/ไร่ และมีปริมาณการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ที่ 4.5 ลิตร/ไร่ การให้น้ำนับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย ซึ่งน้ำจะทำให้อ้อยแตกกอดีมีจำนวนลำมากและสามารถไว้ตอได้ระยะเวลาหลายปี การให้น้ำอ้อยจะมากน้อยแตกต่างกันไปตามระยะการเจริญเติบโตดังนี้

1) ระยะงอก อ้อยจะต้องการความชื้นที่เหมาะสมไม่มากหรือน้อยเกินไป โดยให้น้ำพอเหมาะและบ่อย 2-3 ครั้ง ห่างกัน 5-7 วัน

2) ระยะหลังงอก อ้อยต้องการน้ำมากขึ้น โดยช่วงการให้ประมาณทุก10-14 วัน

3) ระยะแตกกอจนถึงย่างปล้องเป็นระยะที่อ้อยเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว หากขาดน้ำในระยะนี้จะทำให้ผลผลิตลดลงควรให้น้ำในปริมาณมากทุก 14-21 วัน

4) ระยะก่อนเก็บเกี่ยว (อายุ 9-10 เดือนขึ้นไป) คือระยะการสะสมน้ำตาลอ้อยต้องการน้ำน้อยโดยทั่วไปควรงดให้น้ำแก่อ้อย 1-1.5 เดือนก่อนการเก็บเกี่ยว

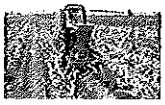
ชาวเกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน แต่ในบางพื้นที่ที่ติดกับคลองชลประทานก็สามารถให้น้ำได้ตามความต้องการและตามการเจริญเติบโต ซึ่งเกษตรกรในตำบลนครเดิฐมีการให้น้ำอ้อย 2 ครั้งซึ่งมีปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินอยู่ที่ 2 ลิตร/ไร่ โดยพื้นที่เพาะปลูกอ้อยที่มีน้ำชลประทานหรือแหล่งน้ำตามธรรมชาติควรให้น้ำตามร่องทันทีหลังปลูก โดยไม่ต้องระบายออก ต้องไม่ให้อ้อยขาดน้ำติดต่อกันนานกว่า 20 วัน เป็นระยะการสะสมน้ำตาลงดให้น้ำก่อนเก็บเกี่ยว 2 เดือน เมื่อเกษตรกรให้น้ำแล้วก็จะมีการพูนโคนอ้อย เป็นการเอาดินระหว่างแถวอ้อยกลบที่โคนอ้อยโดยควรทำหลังจากที่อ้อยมีการแตกกอแล้ว เพื่อทำให้กออ้อยแข็งแรง ไม่ล้มง่าย โดยกลบดินหนาประมาณ 5 เซนติเมตร หลังจากนั้นเมื่อเริ่มดายหญ้าแล้วก็ค่อย ๆ พูนดินให้หนาในการบำรุงดินและการใส่ปุ๋ยอ้อย ซึ่งการบำรุงดินเกษตรกรจะใช้การไถโดยรถแทรกเตอร์ซึ่งจะไถแบบดินดาน และทำการไถให้ลึกประมาณ 50-75 เซนติเมตรไถสวนกันในแปลงเป็นตารางหมากรุก และการใส่ปุ๋ยถือว่าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการปลูกอ้อยโดยเฉพาะดินที่ปลูกอ้อยมานาน ควรจะใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด หรือปุ๋ยอื่น ๆ ที่ช่วยปรับสภาพทางกายของดินร่วมกับปุ๋ยเคมี ซึ่งปุ๋ยเคมีที่ใส่ควรมีธาตุอาหารครบทั้ง 3

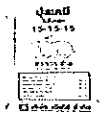
อย่างคือไนโตรเจนฟอสฟอรัส และโปแตสเซียม แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ในตำบลนครเดิฐจะนิยมใส่ปุ๋ยสูตรยูเรีย และ 15-15-15

3.3 การบำรุงรักษาอ้อยตอ

เมื่อเกษตรกรทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในพื้นที่ออกหมดแล้ว จะเหลือหน่ออ้อยอยู่ในพื้นที่เนื่องจากการเก็บเก็บนั้นเกษตกรจะตัดอ้อยให้ชิดดินเพื่อให้เกิดลำต้นใหม่จากใต้ดิน ซึ่งจะแข็งแรงกว่าต้นที่เกิดจากตาบนดินที่แตกใหม่พร้อมกันหลายหน่อ เมื่ออ้อยแตกหน่อแล้วเกษตรกรจะทำการให้น้ำเพื่อรักษาความชื้น หากความชื้นไม่เพียงพอการงอกของอ้อยตออาจจะไม่สมบูรณ์ทำให้ผลผลิตลดลงและการแก้ไขอีกวิธีหนึ่งก็คือเกษตรกรอ้อยควรเลิกเผาแปลงอ้อยทั้งก่อนและหลังเก็บเกี่ยวจะส่งผลทำให้ดินเสื่อมสภาพเร็วขึ้นและส่งผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เกษตรกรควรเก็บใบอ้อยเอาไว้เพื่อให้มีเศษใบอ้อยปกคลุมดินซึ่งจะช่วยรักษาระดับความชื้นในดินได้เป็นอย่างดี การใส่ปุ๋ยอ้อยตอควรใส่เพิ่มขึ้นมากกว่าอัตราเดิมประมาณครึ่งเท่า เพราะอ้อยตอต้องใช้ธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโตของหน่อใหม่ การดูแลรักษาทั่วไป ได้แก่การควบคุมวัชพืช การพรวนดิน การพูนโคนเหมือนอ้อยปลูกใหม่ ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการเพาะปลูกและดูแลบำรุงรักษาอ้อยโรงงานจะแสดงดังตารางที่ 14 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการเพาะปลูกและดูแลบำรุงรักษาอ้อยโรงงาน แสดงดังตารางที่ 15

ตารางที่ 14 เครื่องมือที่ใช้ในการเพาะปลูกและดูแลบำรุงรักษาอ้อยโรงงาน

เครื่องมือที่ใช้ในการเพาะปลูกและดูแลบำรุงรักษาอ้อยโรงงาน	เครื่องจักร	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของเครื่องมือ
รถไถ 1 เพลา ติดเครื่องปลูกอ้อย		ลิตร/ไร่	1.5	ไถได้ 20 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 77 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา หนวดกุ้ง		ลิตร/ไร่	4.5	ไถได้ 35 ไร่/วัน รถไถ เครื่องยนต์ 4 สูบ 77 แรงม้า
รถไถ 1 เพลา เครื่องอัดปุ๋ย		ลิตร/ไร่	2	ไถได้ 25 ไร่/วัน รถไถขนาด 24 แรงม้า
ให้น้ำอ้อย		ลิตร/ไร่	2	เครื่องขนาด 10 แรงม้า

ปุ๋ยยูเรีย		kg/ไร่	15	ปริมาณ 1 ถุง 50 kg
ปุ๋ยสูตร 15-15-15		kg/ไร่	50	ปริมาณ 1 ถุง 50 kg

ตารางที่ 15 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการเพาะปลูก

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)
ปลูกด้วยเครื่องยนต์ Ford New Holland 6610			
- Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	0.4185	0.3282
- ดีเซล (การเผาไหม้)	L	4.1169	2.7446
พรวนด้วยเครื่องยนต์ Ford New Holland 6610			
- Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	6.5025	0.3282
- ดีเซล (การเผาไหม้)	L	12.3507	2.7446
การใช้เครื่องสูบน้ำสำหรับการเกษตร			
- น้ำมันเบนซิน (ผลิต)	kg	1.5069	0.7069
- น้ำมันเบนซิน (เผาไหม้)	L	8.9504	2.2376
การใส่ปุ๋ยเม็ดเครื่องยนต์ Kubota tractor			
- Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	0.1423	0.3282
- ดีเซล (การเผาไหม้)	L	0.7222	2.7080
ปุ๋ย N : ยูเรีย as N -การผลิต	kg	49.5540	3.3036
ปุ๋ยสูตร 15-15-15 (การผลิต + การใช้)	kg	75.4150	1.5083

4. ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว

เกษตรกรจะทำการเก็บเกี่ยวอ้อยเข้าโรงงานในเวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดพันธุ์อ้อยอ้อยบางพันธุ์ให้ผลผลิตและความหวานสูงในช่วงต้นฤดูหีบ แต่บางพันธุ์จะให้ผลผลิตและความหวานสูงเมื่ออายุเกิน 12 เดือน การวางแผนก่อนปลูกจึงเป็นสิ่งสำคัญ การเก็บเกี่ยวของชาวไร่ในตำบลนครเดิฐยังคงใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว ก่อนทำการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจะทำการเผาอ้อยโรงงานก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อลดปัญหาด้านแรงงานคนเนื่องจากแรงงานส่วนใหญ่รับตัดอ้อยก็ต่อเมื่อใช้วิธีการเผาเท่านั้น เพราะทำให้ตัดง่ายและเร็ว สามารถตัดได้ทุกสภาพพื้นที่ โดยควรเก็บเฉพาะอ้อยที่สุกแก่เต็มที่โดนริดใบออกแล้วตัดลำต้นด้วยมีดตรงตอส่วนที่ชิดดิน และตัดยอดอ้อยตรงส่วนจุดเปราะโดยการโน้มใบที่ยอด อ้อยที่ตัดแล้วจะนำมามัดรวมกันมัดละ 18 ต้น โดยจะใช้ใบอ้อยมัดแล้ววางเรียงกันเป็นแถวเพื่อให้ง่ายต่อการขนขึ้นรถบรรทุก ซึ่งจะทำให้อ้อยได้น้ำหนักและคุณภาพดีอ้อยที่ตัดควรวางในร่องให้เป็นระเบียบเพื่อความรวดเร็วในการขนย้ายไปยังโรงงาน เนื่องจากอ้อยที่ค้างอยู่ในแปลงนาน ๆจะทำให้น้ำหนักและคุณภาพของอ้อยลดลง ซึ่งพื้นที่ 1 ไร่สามารถให้ผลผลิตอ้อยได้ถึง 15 ตัน

รูปที่ 20 แสดงการตัดอ้อยด้วยการใช้แรงงานคน

5. ขั้นตอนการขนส่ง

อ้อยที่ทำการตัดแล้วในพื้นที่จะทำการขนขึ้นรถบรรทุกโดยใช้รถคีบอ้อย เมื่อรถบรรทุกมาถึงแปลงอ้อยก็จะทำการขนอ้อยขึ้นรถโดยใช้คนงาน 4 คน สำหรับรถพ่วง หรือ 3 คนสำหรับรถบรรทุก และจะมีคนขับรถคีบสำหรับทำการคีบอ้อยขึ้นรถ เมื่อรถคีบทำการคีบอ้อยใส่ไว้ในรถแล้วคนงานที่อยู่บนรถก็จะทำการจัดเรียงมัดอ้อยและใช้มีดฟันให้ลำต้นขาดจากกันเพื่อจะได้วางอ้อยเพิ่มขึ้นได้อีก สำหรับรถบรรทุก 1 คันจะใช้เวลาในการขึ้นอ้อยประมาณ 4 ชม จึงจะเต็มคันรถบรรทุก ซึ่งน้ำหนักที่ได้ก็จะอยู่ที่ประมาณ 18-25 ตัน อยู่ที่การจัดเรียงและน้ำหนักของอ้อย เมื่อขนอ้อยขึ้นรถเต็มแล้วระยะทางในการขนส่งอ้อยโรงงานไปยังโรงงานน้ำตาลมีระยะทางในการขนส่งจากแหล่งเพาะปลูกถึงโรงงานน้ำตาล ระยะทาง 45 กิโลเมตรซึ่งไปกลับแล้วมีระยะทางรวม 90 กิโลเมตร และรถคีบที่ใช้ในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุกนั้นมีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ที่ 0.3 ลิตร/

ไร่ ในการเก็บข้อมมูลผู้วิจัยจะทำการสอบถามปริมาณการใช้โดยตรงกับเกษตร ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการขนส่งจะแสดงดังตารางที่ 16 และค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการขนส่งแสดงดังตารางที่ 17

ตารางที่ 16เครื่องมือที่ใช้ในการขนส่ง

เครื่องมือที่ใช้ในการขนส่ง	เครื่องจักร	หน่วย	ปริมาณ	รายละเอียดของเครื่องมือ
รถบรรทุก		กิโลเมตร	45	รถบรรทุกวิ่งจากพื้นที่เพาะปลูกไปยังโรงงานน้ำตาลด้วยระยะทางไป 45 กิโลเมตร
รถคีบอ้อย		ลิตร/ไร่	0.3	รถคีบวิ่งคีบอ้อยใส่รถบรรทุกจนอ้อยเต็มรถ

ตารางที่ 17 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการขนส่ง

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	km	0.0196	0.7466
รถกระบะบรรทุก 10 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	tkm	1.729	0.0635
รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 0% Loading	km	0.0166	0.9958
รถกระบะบรรทุกพ่วง 18 ล้อ วิ่งแบบสมบุกสมบัน 100% Loading	tkm	1.4623	0.0505
การใช้รถคีบ			
-Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	0.0837	0.3282
-ดีเซล (การเผาไหม้)	L	0.8234	2.7446

6. ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล[9]

ขั้นตอนการผลิตน้ำตาลสามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนของการผลิตน้ำตาลทรายดิบและขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

6.1 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายดิบ

ในขั้นตอนของการผลิตน้ำตาลทรายดิบ สามารถแบ่งขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลทรายดิบออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

• กระบวนการสกัดน้ำอ้อย (Juice Extraction) ทำการสกัดน้ำอ้อยโดยผ่านอ้อยเข้าไปในชุดลูกหีบ (4-5 ชุด) และกากอ้อยที่ผ่านการสกัดน้ำอ้อยจากลูกหีบชุดสุดท้ายจะถูกนำไปเป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ภายในเตาหม้อไอน้ำ เพื่อผลิตไอน้ำมาใช้ในกระบวนการผลิตและน้ำตาลทราย

• การทำความสะอาด หรือทำน้ำอ้อยใส (Juice Purification) น้ำอ้อยที่สกัดได้ทั้งหมดจะเข้าสู่กระบวนการทำให้ใส เนื่องจากน้ำอ้อยมีสิ่งสกปรกต่าง ๆ จึงต้องแยกเอาส่วนเหล่านี้ออกโดยผ่านวิธีทางกลเช่น ผ่านเครื่องกรองต่าง ๆ และวิธีทางเคมีเช่น ให้ความร้อน และผสมปูนขาว

• การต้ม (Evaporation) น้ำอ้อยที่ผ่านการทำใสแล้วจะถูกนำเข้าสู่ชุดหม้อต้ม (Multiple evaporators) เพื่อระเหยเอาน้ำออก (ประมาณ 70%) โดยน้ำอ้อยข้นที่ออกมาจากหม้อต้มลูกสุดท้ายเรียกว่าน้ำเชื่อม (Syrup)

• การเคี่ยว (Crystallization) น้ำเชื่อมที่ได้จากการต้มจะถูกนำเข้าหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (Vacuum Pan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว ที่จุดนี้ผลึกน้ำตาลจะเกิดขึ้นมาโดยที่ผลึกน้ำตาลและกากน้ำตาลที่ได้จากการเคี่ยวนี้รวมเรียกว่า มัสกิต (Messecuite)

• การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugaling) มัสกิตที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาล โดยใช้เครื่องปั่น (Centrifugals) ผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลดิบ

6.2 กระบวนการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์

ขั้นตอนกระบวนการผลิตน้ำตาลทรายและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์สามารถแบ่งขั้นตอนในการผลิตน้ำตาลทรายขาวและน้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์ (หรือน้ำตาลรีไฟน์) ออกเป็น 5 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

• การปั่นละลาย (Affinities Centrifugaling) นำน้ำตาลทรายดิบมาผสมกับน้ำร้อน หรือน้ำเหลืองจากการปั่นละลาย (Green Molasses) น้ำตาลดิบที่ผสมนี้เรียกว่าแมกม่า (Magma) และแมกม่านี้จะถูกนำไปปั่นละลายเพื่อล้างคราบน้ำเหลือง หรือกากน้ำตาลออก

• การทำความสะอาดและฟอกสี (Clarification) น้ำเชื่อมที่ได้จากหม้อปั่นละลาย (Affinated Syrup) จะถูกนำไปละลายอีกครั้งเพื่อละลายผลึกน้ำตาลบางส่วนที่ยังละลายไม่หมดจากการปั่น และผ่านตะแกรงกรองเข้าผสมกับปูนขาว เข้าฟอกสีโดยผ่านเข้าไปในหม้อฟอก (ปัจจุบันนิยมใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวฟอก) จากนั้นจะผ่านเข้าสู่การกรองโดยหม้อกรองแบบใช้แรงดัน (Pressure Filter) เพื่อแยกตะกอนออกและน้ำเชื่อมที่ได้จะผ่านไปฟอกเป็นครั้งสุดท้ายโดยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (Ion Exchange Resin) จะได้น้ำเชื่อมรีไฟน์ (Fine Liquor)

• การเคี่ยว (Crystallization) น้ำเชื่อมรีไฟน์ที่ได้จะถูกนำเข้าหม้อเคี่ยวระบบสุญญากาศ (VacuumPan) เพื่อระเหยน้ำออกจนน้ำเชื่อมถึงจุดอิ่มตัว

• การปั่นแยกผลึกน้ำตาล (Centrifugaling) มัสกิตที่ได้จากการเคี่ยวจะถูกนำไปปั่นแยกผลึกน้ำตาลออกจากกากน้ำตาลโดยใช้เครื่องปั่นผลึกน้ำตาลที่ได้นี้จะเป็นน้ำตาลรีไฟน์และน้ำตาลทรายขาว

• การอบ (Drying) ผลึกน้ำตาลที่ได้จากการปั่นก็จะเข้าหม้ออบ (Dryer) เพื่อไล่ความชื้นออกแล้วบรรจุกระสอบเพื่อจำหน่ายต่อไป โดยในการผลิตน้ำตาลโดยใช้อ้อยโรงงาน 1000 kg จะได้น้ำตาลทรายปริมาณ 108.54 kg โมลาส 55 kg และชานอ้อย 242.9 kg โดยที่ในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลมีการใช้พลังงานเป็นไฟฟ้า 14.74 kWh ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการผลิตน้ำตาลโดยใช้อ้อย 1 ตันแสดงดังตารางที่ 18 โดยในการใช้อ้อยโรงงาน 1000 kg จะมีสารขาออกดังตารางที่ 19

ตารางที่ 18 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตน้ำตาล [9]

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)
ไฟฟ้า	kWh	8.9811	0.6093
ไอน้ำ	ton	$3.456x10^{-5}$	$6.031x10^{-5}$
อลูมิเนียมซัลเฟต $Al_2(SO_4)_3$	kg	0.0058	0.5311
Sodium hypochlorite	kg	0.0009	0.8712
Lime (ปูนขาว)	kg	1.5323	1.0215
น้ำประปา-นิคมอุตสาหกรรม	m^3	0.0125	0.2722
เรซิน (Synthetic rubber)	kg	34.0839	3.5138
Flocculants	kg	3.4734	0.5311
NaCl	kg	0.0833	0.1937
HCl	kg	0.0007	1.3325
Filter Aid (Kaolin (ดินขาว))	kg	0.0017	0.2167

ตารางที่ 19 ปริมาณสารขาออกของการผลิตน้ำตาลโดยใช้อ้อยโรงงาน 1000 kg[9]

สารขาออก	ปริมาณ	หน่วย
ผลิตภัณฑ์		
น้ำตาลทรายดิบ	60.02	kg
น้ำตาลทรายขาวบริสุทธิ์	31.71	kg
น้ำตาลทรายขาวบริสทธิ์พิเศษ	16.81	kg
โมลาส	55	kg
มลพิษทางน้ำ		
BOD	7.65×10^{-3}	มก./ล
ไนเตรต	3.44×10^{-4}	มก./ล
ฟอสเฟต	6.92×10^{-3}	มก./ล
CO_2 emission	1.66×10^{-4}	Kg CO_2
มลพิษทางอากาศจากการใช้ไฟฟ้า		
CO	2.62×10^{-8}	kg

NO_2	1.79×10^{-9}	kg
SO_2	1.37×10^{-8}	kg
TSP	6.59×10^{-6}	kg
ของเสีย		
ซานอ้อย	242.9	kg
Filter cake	45.25	kg

7. ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากซานอ้อย[9]

กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าจากกากซานอ้อย (Bagasses) มีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

• เตรียมเชื้อเพลิงประเภทเปลือกไม้ให้มีขนาดเหมาะสมก่อนนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงเชื้อที่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำแต่ถ้าเป็นซานอ้อยสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทันที

• การลำเลียงเชื้อเพลิงแต่ละชนิดสู่ห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำใช้ซานอ้อยซึ่งเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีอยู่แล้วเป็นหลักจำนวน 85% ส่วนอีก 15% เป็นเชื้อเพลิงเสริม คือ แกลบ เปลือกไม้โดยรายละเอียดของการคำนวณปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งซานอ้อยแกลบและเปลือกไม้

• กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ (Boiler) เริ่มจากการจุดไฟเผาซานอ้อยอัดแท่งจนได้อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ตามที่กำหนดแล้วจึงป้อนเชื้อเพลิงชีวมวลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ในอัตราส่วนเชื้อเพลิงหลัก (ซานอ้อย) 85% กับเชื้อเพลิงเสริมอย่างใดอย่างหนึ่ง (แกลบ เปลือกไม้) 15% ให้เชื้อเพลิงเผาไหม้แล้วลดการใช้ซานอ้อยอัดแท่งลงจนกระทั่งเชื้อเพลิงติดไฟได้อย่างต่อเนื่อง จึงหยุดใช้ซานอ้อยอัดแท่งโดยสิ้นเชิง ส่วนของขี้เถ้าซึ่งเหลืออยู่ในบริเวณส่วนท้ายของตะกรับ (Ash Zone) ที่เรียกว่า เถ้าหนัก (Bottom Ash) จะตกลงสู่ก้นเตาและกวาดออกโดยสายพานลำเลียงลงสู่อ่างน้ำรองรับเถ้า เพื่อลดอุณหภูมิและลดการฟุ้งกระจายของขี้เถ้าก่อนลำเลียงด้วยสายพานไปเก็บในบ่อเก็บเถ้ารอการขนถ่ายต่อไป ส่วนที่มีน้ำหนักเบา เมื่อถูกเผาแล้วจะผสมในไอร้อนและปลิวออกจากห้องเผาไหม้ทางช่องไอร้อน เรียกว่า เถ้าเบา (Fly Ash) จะถูกจับด้วยอุปกรณ์ดักฝุ่น (Ventruri Wet Scrubber) ก่อนระบายออกสู่ภายนอกโดยมีสัดส่วนของเถ้าหนัก 80% ต่อเถ้าเบา 20%

• เครื่องกังหันไอน้ำและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Steam Turbine and Generator) ไอน้ำความดันสูงจากหม้อไอน้ำจะส่งมาที่กังหันไอน้ำ (Steam Turbine) เพื่อเปลี่ยนพลังงานความร้อนของไอน้ำให้เป็นพลังงานกลเพื่อหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ส่วนไอน้ำความดันต่ำบางส่วนที่ดึงออกจากเครื่องกังหันไอน้ำจะส่งไปใช้งานในกระบวนการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาลทั้งหมด

• ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้าและระบบไฟฟ้าสำรองพลังงานไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ผลิตได้ของโรงไฟฟ้าจะส่งผ่านหม้อแปลงลดแรงดันไฟฟ้า (Step Up Transformer) เพื่อใช้ในโรงไฟฟ้าและใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลของโรงงานน้ำตาล ส่วนของพลังงานที่เหลือจะส่งผ่านไปยังหม้อแปลงเพิ่มแรงดันไฟฟ้า เพื่อส่งขายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย

• หอหล่อเย็น (Cooling Tower) ของโรงไฟฟ้าเป็นระบบปิด (Close System) จะมีเครื่องควบแน่น (Condenser) ทำหน้าที่ควบแน่นไอน้ำที่ผ่านออกมาจากกังหันไอน้ำโดยการแลกเปลี่ยนความร้อน ส่วนน้ำหล่อเย็นที่ผ่านเครื่องควบแน่นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น จึงถูกส่งไประบายความร้อนที่หอหล่อเย็น ก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งในกระบวนการเหล่านี้จะมีน้ำส่วนหนึ่งระเหยหายไป ทำให้ความเข้มข้นของสารต่าง ๆ และความขุ่นในน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้น จึงจำเป็นต้องระบายน้ำบางส่วนทิ้งไป เรียกว่า "Blow Down Water" และต้องเติมน้ำใหม่เข้าไปแทน เรียกว่า "Make Up Water" โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลอยู่ที่ 4.01 ลิตรต่อ 1 ตันอ้อย ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อยโดยใช้ชานอ้อย 242.9 kg แสดงดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากชานอ้อย[9]

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)
Diesel (น้ำมันดีเซล / น้ำมันโซล่าร์) (การผลิต)	kg	1.3161	0.3282
ดีเซล (การเผาไหม้)	L	11.0058	2.7446
ชานอ้อย	kg	2.6476	3.0520
น้ำ	m^3	0.0349	0.2722

8. ขั้นการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล (Molasses)[26]

เริ่มจากขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ (Raw material preparation) โดยนำวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือกากน้ำตาลซึ่งจะถูกส่งผ่านทางท่อเข้าสู่ถังเก็บวัตถุดิบ จากนั้นนำไปเจือจาง (Dilution) ด้วยน้ำสะอาดให้มีความเข้มข้นเหลือประมาณ 25 บริกส์ปรับสภาพความเป็นกรดและด่าง และควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมแล้วจึงส่งเข้าสู่กระบวนการหมัก (Fermentation) เพื่อเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลด้วยการใช้ยีสต์โดยภายในถังหมักจะควบคุม pH ให้อยู่ระหว่าง 3.0-5.0 และควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง 26-32 °C ทั้งนี้จะใช้ระยะเวลาในการหมักประมาณ 16 ชั่วโมงสำหรับฐ้าอ้อยใส และ 30 ชั่วโมงสำหรับกากน้ำตาล ซึ่งใน

กระบวนการหมักจะได้น้ำหมักที่เรียกว่า "น้ำส่า" (Mash) ประมาณ 51.1% และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 48.9% โดยน้ำส่าจะมีแอลกอฮอล์ผสมอยู่ประมาณ 8-12% โดยปริมาตร จากนั้นน้ำกากส่าทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะถูกปั๊มผ่าน เครื่องกรอง (Filtration) เพื่อแยกกากส่าออก ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการกลั่น (Distillation) โดยในกระบวนการกลั่น จะได้เอทานอลที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 93% โดยปริมาตรจากนั้นจะถูกนำเข้าสู่กระบวนการแยกน้ำ (Dehydration) โดยผ่านหอดูดซับที่บรรจุตัวดูดซับประเภทซีโอไลต์โมเลกุลของเอทานอลจะไหลผ่านช่องว่างของซีโอไลต์ออกไปได้แต่โมเลกุลของน้ำจะถูกดูดซับไว้ทำให้เอทานอลที่ไหลออกไปมีความบริสุทธิ์ถึง 99.5% และจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ถังเก็บเพื่อรอการจำหน่ายต่อไป ส่วนซีโอไลต์ที่ดูดซับน้ำไว้ก็จะถูกนำไปเข้าสู่กระบวนการรีเจนเนอเรต (Regenerate) เพื่อไล่น้ำออก ซึ่งจากขั้นตอนการกลั่นจะมีผลพลอยได้เกิดขึ้นคือ Fusel Oil และน้ำกากส่า (Vinasse) นอกจากนี้ผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการหมักและกระบวนการกลั่นเอ-ทานอลสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมน้ำอัดลม น้ำยาดับเพลิงและใช้ในกระบวนการของอุตสาหกรรมเคมีและในส่วนของ Fusel Oil นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและตัวทำละลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ส่วนน้ำกากส่า สามารถใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์สดหรือผลิตเป็นปุ๋ยน้ำชีวภาพเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมได้อย่างไรก็ตาม โรงงานน้ำตาลกรณีศึกษา ยังไม่มีการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ Fusel Oil กลับมาใช้ประโยชน์มีเพียงการนำน้ำกากส่า (Vinasse) มาผลิตเป็นปุ๋ยชีวภาพเพื่อจำหน่ายให้กับชาวไร่อ้อยต่อไป โดยในขั้นตอนการผลิตเอทานอลนั้นมีการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ที่ 3.994 kWh ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และแหล่งที่มาของค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละรายการของขั้นตอนการผลิตผลิตเอทานอลโดยใช้โมลาส 55 kg แสดงดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 บัญชีรายการและค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในขั้นตอนการผลิตเอทานอล[9]

รายการ	หน่วย	ปริมาณ	ค่า EF ($kgCO_2eq$/หน่วย)
กากน้ำตาล	kg	0.1381	7.5955
น้ำส่า	Litre	0.0003	3.7966E-05
น้ำประปา-การนิคมอุตสาหกรรม	m^3	0.0373	0.2722
ยีสต์	kg	-	-
ไฟฟ้า	kWh	2.4335	0.6093
ไอน้ำ	ton	0.0000	0.00006031

9. ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพ

การนำน้ำกากส่าไปใช้ในการหมักก๊าซมีเทน การหมักดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์สาร โดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งได้ก๊าซผสมซึ่งมีก๊าซมีเทนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์และไฮโดรเจนซัลไฟด์กับ Stabilized Sludge ซึ่งนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้ คุณสมบัติกากน้ำตาลที่ใช้ในการผลิตอัตราป้อนสารอินทรีย์เหมาะสมอยู่ในช่วง 3 – 5 kgCOD/m^3d ประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์ประมาณ 60%

4.3 การประเมินผลกระทบและแปรผล

4.3.1 ปริมาณการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงาน

ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน

ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานทุกขั้นตอนพบว่าในขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การขนส่ง การผลิตน้ำตาล การผลิตไฟฟ้าและการผลิตเอทานอล เท่ากับ 506.24, 48.56, 281.48, 230.66, 795.96, 2,190.66 และ 215.68 MJ/ไร่/ปี ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีการใช้พลังงานสูงสุดอยู่ที่ 2,190.66 MJ/ไร่/ปี เนื่องจากในขั้นตอนนี้ใช้กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยมีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นจำนวนมาก รองลงมาจะเป็นขั้นตอนการผลิตน้ำตาลที่มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 795.96 MJ/ไร่/ปี โดยในขั้นตอนนี้จะใช้พลังงานจากไฟฟ้าเป็นจำนวนมากเพื่อใช้ในการผลิตน้ำตาล ถัดมาจะเป็นขั้นตอนการเตรียมดินมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 506.24 MJ/ไร่/ปี เพราะในขั้นตอนการเตรียมดินมีหลายขั้นตอน เช่น การไถบุกเบิก การไถระเบิดดาน การไถแปร การไถปรับหน้าดินเพื่อให้พร้อมสำหรับการเพาะปลูกอีกทั้งในแต่ละขั้นตอนก็มีการไถมากกว่า 1 ครั้ง ขั้นตอนการเพาะปลูกมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 281.48 MJ/ไร่/ปี ขั้นตอนนี้มีการใช้ทั้งน้ำมันดีเซลและน้ำมันเบนซิน ต่อมาเป็นขั้นตอนการขนส่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 230.66 MJ/ไร่/ปี เนื่องจากระยะทางที่ใช้ในการขนส่งตั้งแต่พื้นที่เพาะปลูกจนถึงโรงงานน้ำตาลมีระยะทางไปกลับ 90 กิโลเมตรและยังมีการใช้รถคีบในการขนอ้อยขึ้นรถบรรทุก ขั้นตอนการผลิตเอทานอลมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 215.68 MJ/ไร่/ปี ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการใช้ไฟฟ้าเป็นหลัก สุดท้ายขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์มีการใช้พลังงานน้อยที่สุดอยู่ที่ 48.56 MJ/ไร่/ปี โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลและด้วยระยะทางจากพื้นที่ของท่อนพันธุ์ไปยังพื้นที่เพาะปลูกมีระยะทางไปกลับ 15 กิโลเมตร

ตาราง 22 ปริมาณการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน

ขั้นตอน	ปริมาณ (MJ/ไร่/ปี)
การเตรียมดิน	506.24
การเตรียมท่อนพันธุ์	48.56
การเพาะปลูก	281.48
การขนส่ง	230.66
การผลิตน้ำตาล	795.96
การผลิตไฟฟ้า	2,190.66
การผลิตเอทานอล	215.68
รวม	4,269.23

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานทุกขั้น**ตอนพบว่า ในขั้นตอนการเตรียม**ดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การขนส่ง การผลิตน้ำตาล การผลิต**ไฟฟ้าและการผลิตเอทานอล เ**ท่ากับ 42.0276, 1.0219, 159.6793, 3.2275, 722.6333, 225.0668 และ 150.9989 kg CO_2eq/ไร่ ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลมีปริมาณ**การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออก**ไซด์สูงสุดอยู่ที่ 722.6333 kg CO_2eq/ไร่ สาเหตุหลักเกิดมาจากในอุตสาห**กรรมการผลิตน้ำตาลมีการใช้เ**รซินซึ่งเป็นสารเคมีในปริมาณสูง รองลงมาคือ ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามี**การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออก**ไซด์เท่ากับ 225.0668 kg CO_2eq/ไร่ เนื่องจากในขั้นตอนการผลิตไฟฟ้านี้จะ**ใช้กระบวนการเผาไหม้โดยตรงส่**งผลทำให้ค่าการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีปริมาณสูง ขั้นตอนการเพา**ะปลูกมีปริมาณการปล่อยก๊าซคา**ร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 159.6793 kg CO_2eq/ไร่ ในขั้นตอนนี้มีการใช้ทั้ง น้ำ**มันดีเซล น้ำมันเบนซิน** อีกทั้งยังมีการใช้ปุ๋ยเคมีซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ขั้นตอนการผลิตเอทานอลมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 150.9989 kg CO_2eq/ไร่ โดยในขั้นตอนนี้มีการใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบหลัก ขั้นตอนการเตรียมดินมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 42.0276 kg CO_2eq/ไร่ ขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นส่วนใหญ่ ขั้นตอนการขนส่งมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 3.2275 kg $_{CO2eq}$/ไร่ ซึ่งในขั้นตอนนี้มีการใช้น้ำมันดีเซลเป็นหลักระยะทางในการขนส่งไปกลับมีระยะทาง 90 กิโลเมตรและประเภทรถมีผลโดยตรงกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และสุดท้ายคือขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุดอยู่ที่ 1.0219 kg CO_2eq/ไร่

ตาราง 23 ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน

ขั้นตอน	ปริมาณ (kg CO_2eq/ไร่/ปี)
การเตรียมดิน	42.0276
การเตรียมท่อนพันธุ์	1.0219
การเพาะปลูก	159.6793
การขนส่ง	3.2275
การผลิตน้ำตาล	722.6333
การผลิตไฟฟ้า	225.0668
การผลิตเอทานอล	150.9989

4.3.2 เปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์

ในการเปรียบเทียบการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตระหว่างอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์โดยมีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว 6 ปี

การใช้พลังงานระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอ้อยโรงงานตลอดวัฏจักรชีวิตให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการขนส่งเท่ากับ 1012.48, 97.12, 562.96 และ 461.32 MJ/ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหญ้าเปียร์ปากช่อง 1 จากข้อมูลงานวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการขนส่ง เท่ากับ 186.56, 118.07, 236.64, 3185.75 และ 576.99 MJ/ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการใช้พลังงานสูงที่สุดเนื่องมาจากในระยะเวลา 1 ปีหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง ซึ่งแตกต่างจากอ้อยโรงงานมีการเก็บเกี่ยวเพียงปีละ 1 ครั้งเท่านั้น แต่อ้อยโรงงานจะใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว

ตารางที่ 24 การใช้พลังงานระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

อ้อยโรงงาน		หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1	
ขั้นตอน	ปริมาณ (MJ/ไร่)	ขั้นตอน	ปริมาณ (MJ/ไร่)
การเตรียมดิน	1012.48	การเตรียมดิน	186.56
การเตรียมท่อนพันธุ์	97.12	การเตรียมท่อนพันธุ์	118.07
การเพาะปลูก	562.96	การเพาะปลูก	236.64
การเก็บเกี่ยว	-	การเก็บเกี่ยว	3185.75
การขนส่ง	461.32	การขนส่ง	576.99

การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ้อยโรงงานตลอดวัฏจักรชีวิตให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการขนส่งเท่ากับ 84.06, 2.04, 319.36 และ 6.46 $kgCO_2eq$ /ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเปียร์ปากช่อง 1 จากข้อมูลงานวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการขนส่งเท่ากับ 52.13, 18.91, 491.18, 269.36 และ 48.56 $kgCO_2eq$ /ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเพาะปลูกที่เหมือนกันของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 นั้นมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเพราะในขั้นตอนนี้มีทั้งการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณสูง แต่ในขั้นตอนนี้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 491.18 และ 319.36 $kgCO_2eq$ /ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 25 การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

อ้อยโรงงาน		หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1	
ขั้นตอน	ปริมาณ ($kgCO_2eq$ /ไร่)	ขั้นตอน	ปริมาณ ($kgCO_2eq$ /ไร่)
การเตรียมดิน	84.05	การเตรียมดิน	52.13
การเตรียมท่อนพันธุ์	2.04	การเตรียมท่อนพันธุ์	18.91
การเพาะปลูก	319.36	การเพาะปลูก	491.18
การเก็บเกี่ยว	-	การเก็บเกี่ยว	269.36
การขนส่ง	6.46	การขนส่ง	48.56

4.3.3 ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของเชื้อเพลิง

ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของเชื้อเพลิงของประเทศไทยแต่ละชนิดใน 1 ปี ซึ่งเป็นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงต้นน้ำ (Upstream Emission) คือตั้งแต่การเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการเก็บเกี่ยว ซึ่งเป็นช่วงของการได้มาของเชื้อเพลิงก่อนเข้ากระบวนการผลิต เมื่อเปรียบเทียบระหว่างหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 กับอ้อยโรงงานดูแล้วจะเห็นได้ว่าอ้อยโรงงานมีมีปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยที่สุด การคำนวณเปรียบเทียบของเชื้อเพลิงนี้เป็นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่อผลผลิต นั้นคือการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับผลผลิต ถึงแม้ว่าอ้อยโรงงานจะการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 แต่ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้จะทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ลดลง และอ้อยเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ปีละ 1 ครั้ง อาจทำให้มีปัญหาการขาดแคลนของเชื้อเพลิงในการป้อนเข้าสู่โรงไฟฟ้าตลอดทั้งปี

ตาราง 26 เปรียบเทียบปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของเชื้อเพลิง[23]

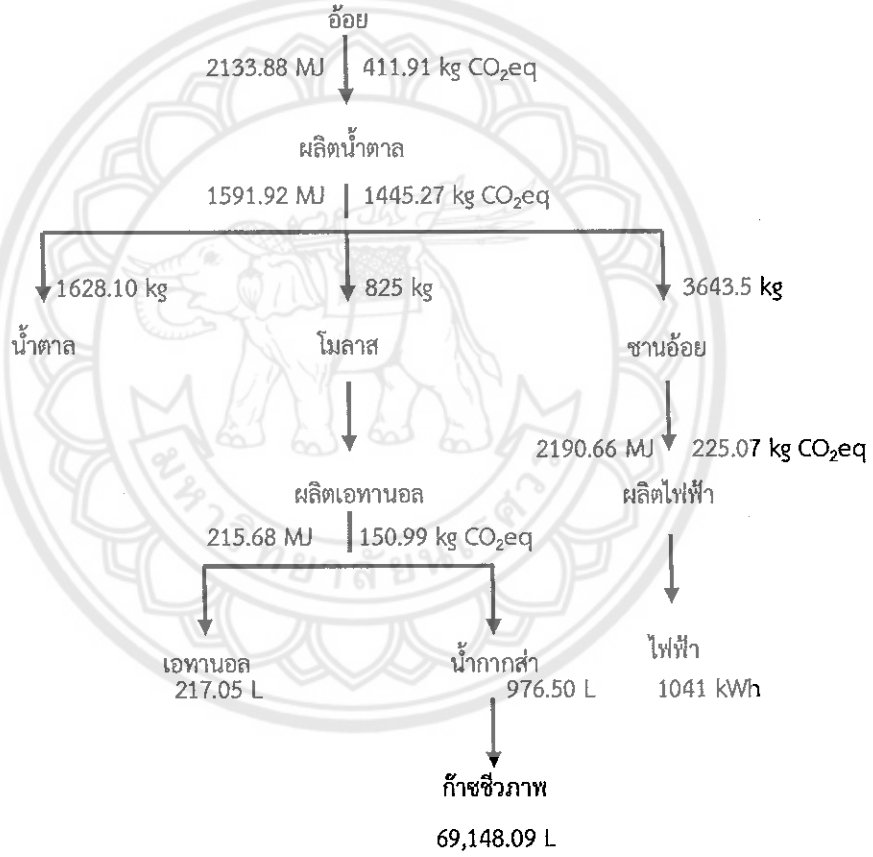
เชื้อเพลิง (1 kg)	ปริมาณ ($kgCO_2eq$)
อ้อยโรงงาน	0.0228
หญ้าเนเปียร์ปากช่อง1	0.0353
ชานอ้อย	0.0109
มันสำปะหลัง	0.0488
ผลปาล์มทะลายสด	0.0888
ไม้ยางพารา	0.0381

4.4 สมดุลพลังงานของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

จากการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานเพื่อให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ผลิตเอทานอล และผลิตก๊าซชีวภาพ ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรรชีวิตผลิตภัณฑ์ของอ้อยโรงงานในปริมาณ 1 ไร่ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการผลิตน้ำตาล ซึ่งในงานวิจัยนี้จะไม่รวมการนำผลิตภัณฑ์ไปใช้และการกำจัดโดยสามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

โดยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวและการขนส่งอ้อยเข้าโรงงานน้ำตาลมีสารขาเข้าเป็นน้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน น้ำ และปุ๋ยเคมี จึงมีการใช้พลังงานรวมอยู่ที่ 2133.88 MJ/ไร่ และมีสารขาออกเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมอยู่ที่ 411.91 kg CO_2eq/ไร่

ส่วนในขั้นตอนการผลิตน้ำตาลมีสารขาเข้าเป็น อ้อยโรงงาน ไฟฟ้า น้ำ และสารเคมีโดยที่มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 1591.92 MJ/ไร่ และมีสารขาออกเป็น น้ำตาลทราย 1628.10 kg โมลาส 825 kg และชานอ้อย 3643.5 kg ซึ่งมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 1445.27 kg CO_2eq/ไร่ ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ามีสารขาเข้าเป็น ชานอ้อย น้ำ และน้ำมันดีเซล ซึ่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 2190.66 MJ/ไร่ และมีสารขาออกเป็น ไฟฟ้า 1041 kWh ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 225.07 CO_2eq/ ไร่ ขั้นตอนการผลิตเอทานอลมีสารขาเข้าเป็น โมลาส น้ำ และไฟฟ้า ซึ่งมีการใช้พลังงานอยู่ที่ 215.68 MJ/ไร่ และมีสารขาออกเป็นเอทานอล 217.05 L และน้ำกากส่า 976.50 L/ไร่ ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 150.99 kgCO_2eq/ไร่ และขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้น้ำกากส่า 976.50 L/ไร่ จะได้ก๊าซชีวภาพ 69,148.09 L/ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 21

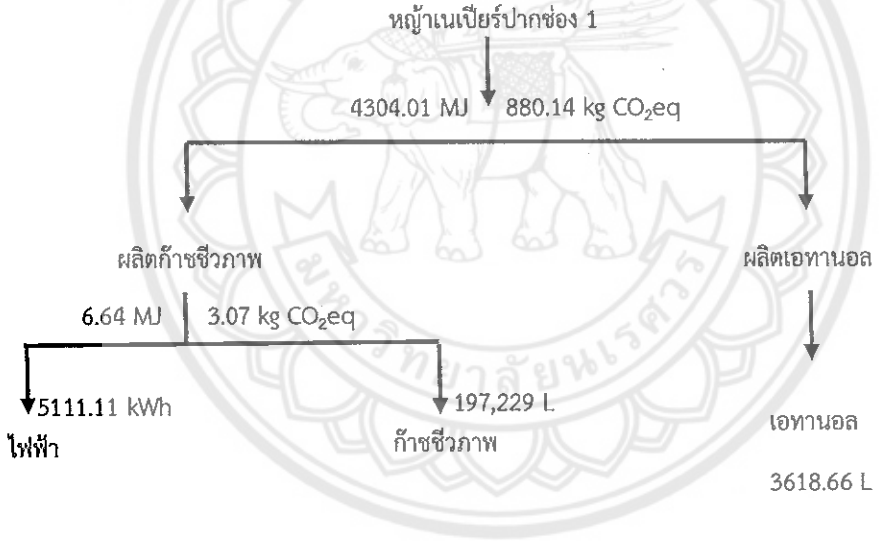


รูปที่ 21 การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงาน 1 ไร่

จากข้อมูลพื้นฐานของการผลิตพลังงานและปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนต่อ 1 ไร่ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการ

ผลิตก๊าซชีวภาพ และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า เป็นข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยการประเมินวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชน

โดยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว และการขนส่งหญ้าเนเปียร์ปาก-ช่อง 1 มีสารขาเข้าเป็นน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำ และปุ๋ยเคมี ซึ่งมีการใช้พลังงานรวมอยู่ที่ 4304.01 MJ/ไร่ และมีสารขาออกเป็นการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวมอยู่ที่ 880.14 kg CO2eq/ไร่ ส่วนในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพมีสารขาเข้าเป็นหญ้าเนเปียนร์ปากช่อง 1 โดยที่มีการใช้พลังงานอยู่ที่ 6.64 MJ/ไร่ และมีสารขาออกเป็นไฟฟ้า 5111.11 kWh/ไร่ และการผลิตก๊าซชีวภาพในปริมาณที่เท่ากันจะได้ก๊าซชีวภาพ 197,229 L/ไร่ ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 3.07 CO2eq/ ไร่ ส่วนในขั้นตอนการผลิตเอทานอลนั้นจะได้เอทานอล 3618.66 L/ไร่ ดังแสดงในรูปที่ 22



รูปที่ 22 การใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวมวลชุมชนต่อ 1 ไร่

จากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้และการผลิตพลังงานของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการผลิตอ้อยโรงงานมีการใช้พลังงาน 2133.88 MJ/ไร่ ซึ่งในพื้นที่ 1 ไร่จะได้ผลผลิตเป็นอ้อยโรงงาน 15 ตัน/ไร่ ส่วนในขั้นตอนการผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการใช้พลังงาน 4304.01 MJ/ไร่ ในพื้นที่ 1 ไร่ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้ผลผลิตเป็น 26.68 ตัน/ไร่ โดยอ้อยโรงงานมีการใช้พลังงานน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1และผลผลิตที่ได้ออกมาหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงาน

ส่วนในกระบวนการผลิตของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในพื้นที่ 1 ไร่ที่เท่ากันจะเห็นได้ว่า ในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 85,038.51 MJ/ไร่ และ 1447.27 MJ MJ/ไร่ ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตเอทานอลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 18,399.99 MJ/ไร่ และ 5,100.68 MJ MJ/ไร่ ตามลำดับ และสุดท้ายขั้นตอนการไฟฟ้าของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 4,128.00 MJ/ไร่ และ 3,747.6 MJ MJ/ไร่ ตามลำดับ ดังตารางที่ 27

ตาราง 27 เปรียบเทียบการใช้และการผลิตพลังงานของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1

ขั้นตอน	อ้อยโรงงาน		หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1	
	Input	Output	Input	Output
อ้อยโรงงาน	2133.88 MJ	15 ตัน	4304.01 MJ	26.68 ตัน
ผลิตน้ำตาล	1591.92 MJ	น้ำตาล 1628.10 kg โมลาส 825 kg ชานอ้อย 3643.5 kg	-	-
ผลิตก๊าซชีวภาพ	-	1447.27 MJ	6.64 MJ	85,038.51 MJ
ผลิตเอทานอล	215.68 MJ	5,100.68 MJ	-	18,399.99 MJ
ผลิตไฟฟ้า	2190.66 MJ	3,747.6 MJ	6.64 MJ	4,128.00 MJ
รวม	6132.14 MJ	10,295.55 MJ	4317.29 MJ	107,566.50 MJ

*หมายเหตุ ขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพของอ้อยโรงงานและขั้นตอนการผลิตเอทานอลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไม่พบข้อมูล

ผลการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

เพื่อประเมินผลกระทบจากการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกกะวัตต์ อายุโครงการ 25 ปี ว่าขั้นตอนใดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามากที่สุดมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากน้อยเพียงใด โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิตประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ การขนส่งอุปกรณ์ การก่อสร้างและการติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ดังนี้

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการขนส่งอุปกรณ์

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	km	2,610	0.8163	Thai national database	2,130.543
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (แผงเซลล์แสงอาทิตย์)	tkm	33,930	0.0799	Thai national database	2,711.007
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 0% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	km	290	0.8163	Thai national database	263.727
รถตู้บรรทุกกึ่งพ่วง 18 ล้อ น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 32 ตัน วิ่งปกติ 50% Loading (เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้า)	tkm	4,321	0.0799	Thai national database	345.248
				รวม	8,101.908

3. ขั้นตอนการก่อสร้างและติดตั้งระบบ

การก่อสร้างโครงการใช้ระยะเวลาในการก่อสร้าง 40 วัน จำนวนคนงาน ประมาณ 100 คนต่อวัน จะเป็นการก่อสร้างอาคารสำนักงาน สถานีย่อย โครงสร้างฐานราก พร้อมทั้งติดตั้งและเชื่อมต่ออุปกรณ์หลัก ซึ่งใช้ไฟฟ้า น้ำประปา น้ำมันดีเซล เป็นทรัพยากรสำหรับอุปกรณ์และเครื่องจักรในการดำเนินงานดังตาราง 30

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	7,200	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)	4,185.360
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	1,400	0.7043	Thai national database	986.020
น้ำมันดีเซล (การผลิต)	kg	3,400	0.3282	Thai national database	1,115.880
น้ำมันดีเซล (เผาไหม้)	litre	4,000	2.7446	IPCCVol.2table3.2.1, 3.2.2,PTT	10,978.400
				รวม	17,265.660

4. ขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า

เป็นขั้นตอนเดินระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ โดยใช้ไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ในสำนักงาน และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สถานีย่อย ส่วนน้ำประปาไว้สำหรับอุปโภคและล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ ดังตาราง 31

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าช่วงขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า ต่อวัน

สารขาเข้า	หน่วย	ปริมาณการใช้	ค่าแฟคเตอร์ ($kgCO_2eq$/หน่วย)	แหล่งอ้างอิงข้อมูล	ปริมาณการปล่อย CO_2
Thailand Grid Mix Electricity	kWh	45	0.5813	Thailand Grid Mix Electricity LCI Database 2552 (2009)	26.158
น้ำประปา-การประปาส่วนภูมิภาค	m^3	3.65	0.7043	Thai national database	5.182
				รวม	31.340

ผลการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด1 เมกะวัตต์ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ การขนส่งอุปกรณ์ การก่อสร้างและการติดตั้งระบบและขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0001964 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0004185 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ

การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี เท่ากับ 169,791,000 บาท โดยแบ่งออกเป็นต้นทุนคงที่ (C_I) 63,558,000 บาท ต้นทุนในการดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษา (C_{OM}) 108,658,000 บาท และมูลค่าซาก (S) 2,425,000 บาท แสดงรายละเอียดดังตาราง 32

ตาราง 32 รายละเอียดของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์

รายการ	หน่วย	ปริมาณ
ระบบทำงานต่อปี	วัน	330
อายุโครงการ	ปี	20
กำลังการผลิตกระแสไฟฟ้า	MW	1.0
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อปี	ล้านหน่วย	1.65
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้ต่อ 25 ปี	ล้านหน่วย	41.25
อัตราดอกเบี้ย MLR (ธนาคารกรุงไทย 5 มิถุนายน 2558)	%	6.525
อัตราส่วนลด escalation rate	%	2.5
พื้นที่โครงการ	ไร่	15

ตาราง 4 ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 1 เมกกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี

รายการ	รายละเอียด	ค่าใช้จ่าย (บาท)	มูลค่าปัจจุบัน (บาท)
ต้นทุนคงที่ (C_f)			
	- แผงโซล่าเซลล์	30,500,000	
	- ชุดเครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าและจอมอนิเตอร์	5,002,000	
	- ชุดตู้รวมสายไฟฟ้าและสายไฟ	4,849,500	
	- ตู้ควบคุมกระแสไฟฟ้า	579,500	
	- หม้อแปลงไฟฟ้า	1,952,000	
	- ชุดโครงสร้างแผง	3,965,000	
	- อาคารสำนักงาน	2,958,000	
	- ค่าควบคุมและบริหารโครงการ	13,752,000	
	รวม	**63,558,000**	**63,558,000**

ต้นทุนในการดำเนินการและซ่อมบำรุงรักษา (C_{OM})			
	- ค่าใช้จ่ายในส่วนการบริหารจัดการ	1,750,000	27,546,000
	- ค่าจ้างพนักงาน พนักงาน 5 คนๆละ 300 บาทต่อวัน	547,500	8,618,000
	-ประกันภัย	1,677,500	26,405,000
	- ค่าซ่อมบำรุง 5%ของต้นทุนเทคโนโลยี	2,9280,00	46,089,000
	รวม		**108,658,000**
มูลค่าซาก (S)	10% ของเงินลงทุน	6,355,800	**2,425,000**
	รวม		**-2,425,000**
รวมต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้า			**169,791,000**

ต้นทุนต่อหน่วยตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 4.12 บาท/kWh ดังตาราง 34

ตาราง 5 ต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกกะวัตต์ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี

รายละเอียด	ปริมาณ
ต้นทุนรวมตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้า	169,791,000 บาท/25 ปี
ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้	41.25 ล้านหน่วย
ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า	= 169,791,000 บาท / 41,250,000 kWh
ดังนั้น ต้นทุนต่อหน่วยไฟฟ้า	4.12 บาท/kWh

เมื่อเปรียบเทียบต้นทุน รายได้ และการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ในการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างการปลูกข้าวและการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนพื้นที่ 15 ไร่ ดังตาราง 35

ตาราง 6 ต้นทุน รายได้ และการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ระหว่างการปลูกข้าวและการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์

รายการ	ต้นทุนต่อไร่	ต้นทุนตลอดโครงการ	ผลผลิตรวม	รายได้รวม	กำไร	ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์
ปลูกข้าว	2,394 บาท	897,750 บาท	303,750 kg	4.6 ล้านบาท	3.7 ล้านบาท	2.27 $kgCO_2eq/kg$
โรงไฟฟ้า		169.8 ล้านบาท	41.25 ล้านหน่วย	330 ล้านบาท	160.2 ล้านบาท	-0.5743 $kgCO_2eq/kWh$

8. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 เพื่อผลิตพลังงานโดยทำการวิเคราะห์พลังงานสุทธิและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงาน โดยใช้วิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ซึ่งมีขอบเขตตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการผลิตน้ำตาล ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้า และขั้นตอนการผลิตเอทานอล สรุปผลการวิจัยดังนี้

วิเคราะห์พลังงานสุทธิ

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตในพื้นที่ 1 ไร่ ให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพจะใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis) ดังนั้นสรุปภาพรวมการประเมินผลกระทบระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้ดังนี้

ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการขนส่ง เท่ากับ 1012.48, 97.12, 562.96 และ 461.32 MJ/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งได้ทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานของหญ้าเปียร์ปากช่อง 1 จากข้อมูลงานวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการขนส่ง เท่ากับ 186.56, 118.07, 236.64, 3185.75 และ 576.99 MJ/ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการใช้พลังงานสูงที่สุดเนื่องมาจากในระยะเวลา 1 ปีหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการเก็บเกี่ยว 3 ครั้ง ซึ่งแตกต่างจากอ้อยโรงงานมีการเก็บเกี่ยวเพียงปีล่ะ 1 ครั้งเท่านั้น

การประเมินผลวัฏจักรชีวิต

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตในพื้นที่ 1 ไร่ ให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพจะใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อทำบัญชีรายการ (Inventory Analysis) ดังนั้นสรุปภาพรวมการประเมินผลกระทบระหว่างอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้ดังนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อ้อยโรงงานตลอดวัฏจักรชีวิตให้ได้มาซึ่งวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า เอทานอล และก๊าซชีวภาพ จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการเตรียมดิน การเตรียมท่อนพันธุ์ การเพาะปลูก และการขนส่ง เท่ากับ 84.06, 2.04, 319.36 และ 6.46 $kgCO_2eq$ /ไร่ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเปียร์ปากช่อง 1 จากข้อมูลงานวิจัยตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเตรียมท่อนพันธุ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขั้นตอนการขนส่ง เท่ากับ 52.13,

18.91, 491.18, 269.36 และ 48.56 $kgCO_2eq$ /ไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมในขั้นตอนการเพาะปลูกที่เหมือนกันของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 นั้นมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุดเพราะในขั้นตอนนี้มีทั้งการใช้น้ำมันดีเซล น้ำมันเบนซิน และใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณสูง แต่ในขั้นตอนนี้หญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะมีปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 491.18 และ 319.36 $kgCO_2eq$ /ไร่ ตามลำดับ

เปรียบเทียบการใช้และการผลิตพลังงานของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะเห็นได้ว่าในขั้นตอนการผลิตอ้อยโรงงานมีการใช้พลังงาน 2133.88 MJ/ไร่ ซึ่งในพื้นที่ 1 ไร่จะได้ผลผลิตเป็นอ้อยโรงงาน 15 ตัน/ไร่ ส่วนในขั้นตอนการผลิตหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีการใช้พลังงาน 4304.01 MJ/ไร่ ในพื้นที่ 1 ไร่ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ได้ผลผลิตเป็น 26.68 ตัน/ไร่ โดยอ้อยโรงงานมีการใช้พลังงานน้อยกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1และผลผลิตที่ได้ออกมาหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณผลผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงาน

ส่วนในกระบวนการผลิตของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ในพื้นที่ 1 ไร่ที่เท่ากันจะเห็นได้ว่า ในขั้นตอนการผลิตก๊าซชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 85,038.51 MJ/ไร่ และ 1447.27 MJ MJ/ไร่ ตามลำดับ ขั้นตอนการผลิตเอทานอลของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 18,399.99 MJ/ไร่ และ 5,100.68 MJ MJ/ไร่ ตามลำดับ และสุดท้ายขั้นตอนการไฟฟ้าของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณการผลิตที่สูงกว่าอ้อยโรงงานอยู่ที่ 4,128.00 MJ/ไร่ และ 3,747.6 MJ MJ/ไร่ ตามลำดับ

ดังนั้นเกษตรกรควรที่จะเลือกปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 มากกว่าอ้อยโรงงาน เนื่องจากหญ้านเปียร์ปากช่อง 1 มีปริมาณของการผลิตสูงกว่าอ้อยโรงงานถึง 10 เท่า โดยในช่วงของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 จะมีปริมาณที่สูงกว่าอ้อยโรงงานก็ตามแต่ถ้าสามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง1 ได้จะทำให้ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ของหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ลดลง ซึ่งปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์จะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับผลผลิต ถึงแม้ว่าอ้อยโรงงานจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปผลิตเป็นน้ำตาลทรายซึ่งเป็นสิ่งที่สร้างรายได้ให้เกษตรมากกว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 แต่ผลของการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอุตสาหกรรมจะเป็นมลพิษต่ออากาศ แต่ก็มีปัจจัยหลักในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั่นก็คือการนำเอาเชื้อเพลิงชีวภาพมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากเชื้อเพลิงชีวภาพกำลังได้รับการส่งเสริมโดยมุ่งเน้นที่การมีส่วนร่วมในการลดการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (GHG emissions) ในอุตสาหกรรมน้ำตาล ดังนั้นหากรัฐบาลไทยมีเป้าหมายที่จะส่งเสริมเชื้อเพลิงชีวภาพเช่นเดียวกับอุตสาหกรรมน้ำตาลก็ควรสนับสนุนการลงทุนในระบบเกษตรกรและการยกระดับโรงงานน้ำตาลให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

การประเมินการใช้การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ภาพแผนที่จากเทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิเคราะห์ผลได้ว่าพื้นที่เป้าหมายเป็นดินเหนียว มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ในพื้นที่ไม่มีอ่างเก็บน้ำ ไม่มีแหล่งน้ำบาดาล ไม่ได้อยู่ในพื้นที่เขตชลประทาน อาศัยน้ำฝนในการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยปีละ 1100 มิลลิเมตร จำนวนที่ฝนตกเฉลี่ยปีละ 110 วันที่เพียงพอต่อการปลูกข้าว แต่อย่างไรก็ตามก็พบอุปสรรคว่าปริมาณฝนที่ตกแต่ละครั้งยังมีปริมาณที่ไม่เหมาะสม อาจมีมากหรือน้อยกว่าความต้องของต้นข้าว ณ ช่วงเวลาการเจริญเติบโตนั้นๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตที่เกษตรกรจะได้รับ หลังสิ้นสุดฤดูการปลูกข้าว เกษตรกรก็ทิ้งที่ดินว่างเปล่า ไม่ได้มีการใช้ประโยชน์แต่อย่างใด เนื่องจากไม่มีแหล่งน้ำใช้สำหรับการเพาะปลูก และจากภาพแผนที่ก็พบว่าพื้นที่เป้าหมายมีค่าความเข้มรังสีประมาณ 17.6 $MW/m^2.day$ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง แสดงว่าพื้นที่เป้าหมายมีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ได้

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

ผลการศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนการขนส่งอุปกรณ์ ขั้นตอนการก่อสร้างและการติดตั้งระบบ และขั้นตอนการผลิตกระแสไฟฟ้า พบว่ามีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 0.0001481 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0001964 $kgCO_2eq/kWh$, 0.0004185 $kgCO_2eq/kWh$ และ 0.006932 $kgCO_2eq/kWh$ ตามลำดับ ขั้นตอนการก่อสร้างมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มากสุด เนื่องจากมีการใช้ไฟฟ้า น้ำประปา และน้ำมันเป็นจำนวนมาก และขั้นตอนการผลิตไฟฟ้ายังมีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณน้อย เนื่องจากการใช้น้ำประปาสำหรับล้างแผงเซลล์แสงอาทิตย์ และใช้ไฟฟ้าในสำนักงานและปริเวณโดยรอบของโรงไฟฟ้า

ปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกซ์สุทธิ

การประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี ปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์รวม 317,452.679 $kgCO_2eq$

หรือ 0.0077 $kgCO_2eq/kWh$

การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตไฟฟ้าประจำปี 2553 โดยใช้วิธีการคำนวณตามMethodological Tool (Version 02.2.1) "Tool to calculate the emission factor for an electricity system" ค่าเท่ากับ

0.5812 $kgCO_2eq/kWh$ ดังนั้น คิดเป็นปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ -0.5743 $kgCO_2eq/kWh$ นั้นคือการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ช่วยลดการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และแสดงให้เห็นเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างคุ้มค่าและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ตลอดวัฏจักรชีวิต

ต้นทุนการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์ ขนาด 1 เมกะวัตต์ ตลอดระยะเวลาโครงการ 25 ปี รวมทั้งหมด 169,791,000 บาท ส่วนต้นทุนต่อหน่วยมีค่าเท่ากับ 4.12 บาท/kWh

การนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของอ้อยโรงงานสามารถที่จะนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลของประเทศไทยเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาอ้อยโรงงานและการนำเอาผลพลอยได้จากอ้อยโรงงานมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่น้อยลง ซึ่งในแต่ละขั้นตอนการผลิตของอ้อยโรงงานจนกระทั่งถึงขั้นตอนการได้มาของต้ำตาลและผลพลอยได้จากการทำน้ำตาลนั้นทำให้ทราบว่าในแต่ละขั้นตอนของวัฏจักรชีวิตอ้อยนั้นมีการใช้วัตถุดิบโดยเฉพาะการใช้น้ำมันดีเซลเป็นส่วนใหญ่ และการใช้สารเคมีในบางขั้นตอน ซึ่งทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุดและขั้นตอนใดมีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองมากที่สุด เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการปรับปรุงหรือพัฒนากระบวนการผลิตอ้อยโรงงานให้มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

พัฒนาแนวทางการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของอ้อยโรงงาน

สำหรับการพัฒนาแนวทางในการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้ของอ้อยโรงงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด ได้แก่การนำกากน้ำตาลไปใช้เป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตเอทานอล หรือการนำชานอ้อยไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตกระแสไฟฟ้า ที่นับวันจะมีแนวโน้มความต้องการสูงขึ้น เนื่องจากตอนนี้ประเทศไทยและโลกมีความต้องการพลังงานกำลังขยายตัวเป็นวงกว้างมากขึ้น

แนวทางการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อม

จากข้อมูลที่ผู้วิจัยสำรวจพบว่าในขั้นตอนการเพาะปลูกอ้อย โดยเฉพาะในขั้นตอนการเตรียมดินสำหรับเพาะปลูกและการเก็บเกี่ยวผลผลิตนั้น เกษตรกรสามารถมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้โดยการไม่เผาใบอ้อยก่อนทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต และเกษตรก็ควรลดการเผาใบอ้อยที่เหลือในพื้นที่

หลังจากการเก็บเกี่ยวไปแล้วหรือเศษใบอ้อยเพราะเศษที่เหลือเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้อีกด้วย เพราะในการเผาอ้อยแต่ละครั้งจะส่งผลต่อหน้าดินทำให้หน้าดินถูกทำลายแร่ธาตุและสารอาหารส่งผลให้การปลูกอ้อยในครั้งต่อไปนั้นมีการเจริญเติบโตไม่ดีเท่าที่ควรและได้ผลผลิตที่ได้อาจจะลดลงด้วย นอกจากนี้เกษตรกรยังสามารถลดการใช้ปุ๋ยและสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ยาฆ่าแมลงโดยเกษตรต้องหันมาใช้ปุ๋ยชีว-ภาพแทนปุ๋ยเคมี เพราะนอกจากจะปลอดภัยต่อสุขภาพของเกษตรแล้วยังเป็นการลดผลกระทบต่างๆที่ตามมา และยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในลดต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

จากผลวิจัยศึกษาการเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ของพื้นที่เพาะปลูกอ้อยโรงงานกับหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมดินไปจนถึงการได้มาของน้ำตาลทราย การนำเอากากน้ำตาลมาผลิตเป็นเอทานอล การนำเอาชานอ้อยมาผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า และการนำเอาหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ไปผลิตเป็นกระแสไฟฟ้านั้นทำให้ทราบว่าขั้นตอนใดบ้างที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จากการศึกษาครั้งนี้ทำให้มีฐานข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาหรือปรับปรุงกระบวนการผลิตที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมรวมถึงการใช้พลังงานให้น้อยที่สุด และเพื่อให้ข้อมูลกับผู้อุปโภคบริโภคเกี่ยวกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของอ้อยโรงงานและหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ซึ่งเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับผู้อุปโภคบริโภคประกอบการพิจารณาเลือกผลิตภัณฑ์ ในงานวิจัยนี้ไม่ได้คำนวณการใช้ยากำจัดวัชพืชเนื่องจากมีข้อจำกัดในการเลือกใช้ค่า EF เพราะประเทศไทยยังขาดฐานข้อมูลในส่วนนี้

[1] UN-Energy. 2007. **Sustainable bio-energy: A framework for decision makers. United Nation** (Online). http://esa.un.org/un-energy/pdf/susdev.Biofuels.FAO.pdfUSDA. 2006. The Economic feasibility of ethanol production from sugar in the Unitedstates.

[2] Rosen, S., & Shapouri, S. 2008. **Rising food prices intensify food insecurity in developingcountries.** *Amber Waves, ERS USDA*, 6(1), 16-20.

[3] ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2555ค. **เอทานอลโอกาสและความท้าทายของนโยบายพลังงานไทย** (Online). www.bot.or.th, ธันวาคม 2555.

[4] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. **ข้อมูลการผลิตและราคาสินค้าเกษตร.** ศูนย์สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[5] FAO. 2008. **Forests and energy: Key issues,** Food and Agriculture Organization of the United

[6] FAO. 2011. **FAO's views on Bioenergy,** Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011, http://www.fao.org/bioenergy/47280/en/.

[7] Westcott, Paul C. 2007. **Ethanol Expansion in the United State How Will the Agricutural Sector Adjust?** A Report from the Economic Research Service. United States Department of Agricultural.

[8] Baker, M.L., D.J. Hayes, and B.C. Babcock. 2008. **Crop-Based Biofuel Production under Acreage Constraints and Uncertainty.** Center for Agricultural and Rural Development. Working Paper 08-WP 460.

[9] Susanto, D., P. Rosson and D. Hudson. 2008. **Impacts of Expanded Ethanol Production on Southern Agricultural.** Journal of Agricultural and Applied Economics, 40, 2(August 2008): 581-592.

[10] Malcolm, S.A., M. Aillery, and M. Weinberg. 2009. **Ethanol and a Changing Agicultural Landscape.** Economic Research Service Number 86. United States Department of Agricultural.

[11] Chakravorty, u., B. Magné, and M. Moreaux. 2008. **A Dynamic Model of Food and Clean Energy.** Journal of Economic Dynamics and Control, Elsevier, vol. 32(4), pages 1181-1203, April 2008.

[12] Koo, w.w., and R. Taylor. 2008. **An Economic Analysis of Corn-based Ethanal Production.** Center for Agricultural Policy and Trade Studies. Department of Agribusiness and Applied Economics, North Dakota state university.

[13] Miranda,s., A. Swinbank and Y. Yano. 2011. **Biofuel Policies in the EU, US and Brazil** EuroChoices 10(3).

[14] Dixson-Declève, S. 2012. **"Fuel Policies in the EU: Lessons Learned from the Past and Outlook for the Future"** Chapter 5 in: T.I. Zachariadis (ed.), Cars and Carbon: Automobiles and European Climate Policy in a Global Context, Springer Science Publisher.

[15] Amezaga, J.M., Boyes, S.L. and Harrison, J.A. 2010. **Biofuels Policy in the European Union.**7th International Biofuels Conference, February 2010, New Delhi. Available online at: http://research.ncl.ac.uk/reimpact/Related%20Documents/Reports/Biofuels%20Policy%20in%20the%20European%20Union.pdf

[16] Moschini, GianCarlo & Cui, Jingbo & Lapan, Harvey E., 0. 2012. **Economics of Biofuels: An Overview** of Policies, Impacts and Prospects,, Bio-based and Applied Economics Journal, Italian Association of Agricultural and Applied Economics (AIEAA), issue 3

[17] Yano, Y., Blandford, D. and Surry, Y. 2010. **Do Current US ethanol policies make sense?** Policy Issues, PI10, Agricultural and Applied Economics Association, August 2010. Available online at: http://aaea.org/publications/policy-issues/.

[18] Teixeira de Seousa, P. Jr, Dall' Dall' Oglio. E.L., Marta, J.M., Sato, M., Brito de Azevedo, R.A. and Spindola, C. 2008. **The ethanol and biodiesel programmes in Brazil.** In Mytelka, L.K. and Boyle, G (eds) Makint Choices about Hydrogen: Transport Issue for Developing Countries. Tokyo: UN University press; and Ottawa: International Development Research Centre. Available online at: Http://www/idrc.ca/openebooks/413-0/.

[19] **ไกรพัฒน์ จีน**ขจร. (2550). **พลังงานหมุนเวียน.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[20] **พงษ์ศักดิ์ โพธิ์ศรีทอง.** (2553). **การผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลโคและเปลือกสับปะรดโดยกระบวนการย่อยสลายภาย**ใต้สภาวะไร้ออกซิเจน. วิทยานิพนธ์ ส.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

[21] **นคร ทิพยา**วงศ์. (2553). **เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล.** กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[22] มูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย. (2551). **LCA : เครื่องมือสู่การพัฒนาผลิตภัณฑ์สีเขียว"กรณีศึกษา LCA ในกลุ่มอุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ไม้และอุตสาหกรรมโลหะที่มิใช่เหล็ก".** กรุงเทพฯ: เจริญการพิมพ์.

[23] จันทิมา ริ้วลายเงิน. (2550). **การประเมินวัฏจักรชีวิตของเมทธิลเอสเทอร์จากน้ำมันพืชใช้แล้วในระบบการผลิตขนาดเล็ก.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[24] วินัย พุทธกูล และกัมปนาท เพ็ญสุภา (ผู้บรรยาย). (26 ตุลาคม 2550). **การประเมินวงจรชีวิตเชิงเศรษฐศาสตร์ของเอทานอลจากมันสำปะหลังและอ้อย.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[25] จักรพงษ์ แย้มยิ้ม. (2553). **การเปรียบเทียบวิธีการประเมินก๊าซเรือนกระจกในเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพด้วยกลไกการพัฒนาที่สะอาดกับและการประเมินตลอดวัฏจักรชีวิต**. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[26] วิภาศรี เรืองเนตร, พงษ์ธร จรัญญากรณ์ และณัฐเดช เฟื่องวรวงศ์. (19-21 ตุลาคม 2554). การประเมินวัฏจักรชีวิตของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเพื่อใช้กับเตาเผาเหล็ก. ใน **การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรม**
เครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 5. กระบี่: สมาคมวิศวกรเครื่องกลไทย.

[27] นเรศ ใหญ่วงศ์. (2554). **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร**. **วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.**

[28] น้ำเพชร พันธุ์พิพัฒน์ และสุภวัฒน์ วิวรรธ์ภัทรกิจ. (4-5 เมษายน 2555). ศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟ้าด้วยไบโอแก๊สที่ผลิตจากเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร. ใน **การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13** (หน้า 407-413). เชียงใหม่: สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.

[29] วิจิตรา วิทยาไพโรจน์ (2553) การประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของการผลิตน้ำตาล**อ้อยโดยหลักการประเมินวงจรชีวิต** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.

[30] ณัฏฐาพันธุ์ สวัสดี. (2554). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

[31] สุพล บ่อคุ้ม และสมศักดิ์ พิทักษานุรัตน์. (28 มีนาคม 2557). อัตราภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของการหมักแบบไร้อากาศสองขั้นตอนต่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. ใน **การประชุมทางวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15** (หน้า 1657-1665). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

[32] Berit Mattsson, Christel Cederberg and Lisa Blix. (2000). Agricultural land use in life cycle assessment (LCA): Case studies of three vegetable oil crops. **Journal of Cleaner Production**, 8, 283-292.

[33] Ana M. Contreras, Elena Rosa, Maylier Perez, Herman Van Langenhov and Jo Dewulf. (2009). Comparative Life Cycle Assessment of four alternatives for using by-products of cane sugar production. **Journal of Cleaner Production**, 17, 772-779.

[34] Varun, I.K. Bhat and Ravi Prakash. (2009). LCA of renewable energy for electricity generation systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 13, 1067-1073.

[35] Francesco Cherubini and Anders Hammer Stromman. (2011). Life cycle assessment of bioenergy systems:State of the art and future challenges. **Bioresource Technology**, 102, 437-451.

[36] Maria Luiza Grillo Reno, Electo Eduardo Silva Lora, Jose Carlos Escobar Palacio, Osvaldo Jose Venturini, Jens Buchgeister and Oscar Almazan. (2011). A LCA (life cycle assessment) of the methanol production from sugarcane bagasse. **Energy**, 36, 3716-3726.

[37] C.Perilhon, D.Alkadee, G.Descombes and S.lacour. (2012). Life cycle assessment applied to electricity generation from renewable biomass. **Energy Procedia**, 18, 165-176.

[38] Davide Tonini and Thomas Astrup. (2012). LCA of biomass-based energy system: A case study for Denmark. **Applied Energy**, 99, 234-246.

[39] Prapita Thanarak and Chuleeporn Chaiyote. (2011). Cost Investigation on Green Fuel Production from Manila Grass Mixed Crop Residues and GHG Emission Mitigation. **Naresuan University Journal** 2011, 19(3), 1-9.

[40] **ชนาภา วรรณศรี**. (2551). **การประเมินวัฏจักรชีวิตและต้นทุนของการผลิตกระแสไฟฟ้าจากแก๊สซิฟิเคชั่นของไม้โต**เร็ว. วิทยานิพนธ์ วศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

[41] **ไกรลาศ เขียว**ทอง. (ม.ป.ป.). **คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1** สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2556, จาก *www.dld.go.th/pvlo_uta/images/stories/pagrad/napear1.pdf*

[42] **เบญจมาภรณ์** ถนอมนิ่ม. 2556. การประเมินวัฏจักรชีวิตของหญ้าเนเปียร์สำหรับโรงไฟฟ้าชีวม**วลชุมชน. วิทยานิพนธ์** วท.ม. สาขาวิชาพลังงานทดแทน, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2556.

[43] **นิพนธ์ เกตุจ้อย**, ประพิธาริ์ ธนารักษ์, รัฐพร เงินมีศรี และธีรารัตน์ จีระมะกร. (2558). การ**ประเมินวัฏจักรชีวิตการใช้ประโยชน์ที่ดินในการสร้างโรงไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. วิทยาลัยพลังงานทดแทน** มหาวิทยาลัยนเรศวร. 2558.

การรายงานตัวชี้วัด

1. กรณีตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ
   <u>รูปแบบการรายงาน</u>: ชื่อผู้วิจัย.(วัน/เดือน/ปีที่ตีพิมพ์). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร.** วัน/เดือน/ปีที่ตีพิมพ์ (ฉบับที่ตีพิมพ์): หน้าที่ตีพิมพ์. (Impact Factor: ....)

   - Prapita Thanarak, Teerarat Chiramakara, (2019), GHG emission and cost performance of life cycle energy on agricultural land used for photovoltaic power plant, **International Journal of Energy Economics and Policy**, 9 (2), 156-165. (Impact Factor: 0.465)

ลำดับที่	**ชื่อ**นักวิจัยและชื่อผลงาน	เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง	ปีงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน	แหล่งทุน	อยู่ในฐานข้อมูล (Scopus/ISI/SJR/TCI)	ค่า IF
1	Prapita Thanarak, Teerarat Chiramakara "GHG emission and cost performance of life cycle energy on agricultural land used for photovoltaic power plant"	การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน	2561	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	Scopus	0.465

2. กรณีที่นำเสนอในการประชุมหรือสัมมนาระดับชาติและนานาชาติ
   <u>รูปแบบการรายงาน</u>: ชื่อผู้วิจัย.(วัน/เดือน/ปีที่นำเสนอ). ชื่อผลงานที่นำเสนอ. **ชื่อการประชุมสัมมนาวิชาการ.** เมือง/สถานที่ที่นำเสนอ, ประเทศที่นำเสนอ.

   - **ธัญลักษณ์ ชิดโคกกรวด, ศิรินุช จินดารักษ์ และ ประพิธาริ์ ธนารักษ์.** (2560). การประเมินพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการผลิตเอทานอล. **การประชุมเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่** 13. 31 พฤษภาคม – 2 มิถุนายน 2560. โรงแรมดิเอ็มเพลส เชียงใหม่.

- **Tanyaluk Chidkokruad, Sirinuch Chindaruksa and Prapita Thanarak.** (23-27 October 2017). (Proceeding). Comparative study on energy balance and greenhouse gas emission of sugar cane industry and napier grass pakchong 1 for electricity production. **Global for Local, Local for Global, Global University Network for Sustainable Development Goals.** Tri University, International Joint Seminar and Symposium 2017, Mie University, Japan.

ลำดับที่	ชื่อนักวิจัยและชื่อผลงาน	เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง	ปีงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน	แหล่งทุน	อยู่ในฐานข้อมูล (Scopus /ISI/SJR /TCI)	ตีพิมพ์เป็น Proceedings		ตีพิมพ์เป็นบทคัดย่อ	
						Oral (เรื่อง)	Poster (เรื่อง)	Oral (เรื่อง)	Poster (เรื่อง)
1	ธัญลักษณ์ ชิดโคกกรวด, ศิรินุช จินดารักษ์ และประพิธาร์ ธนารักษ์ "การประเมินพลังงานและคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อการผลิตเอทานอล"	การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน	2561	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	-	1	-	-	-
2	Tanyaluk Chidkokruad, Sirinuch Chindaruksa and Prapita Thanarak "Comparative study on energy balance and greenhouse gas emission of sugar cane industry and napier grass pakchong 1 for electricity production"	การประเมินประโยชน์การใช้ที่ดินของการปลูกพืชพลังงานเพื่อผลิตพลังงานทดแทน	2561	สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ	-	1	-	-	-

3. กรณีงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ที่นำมาใช้อันก่อให้เกิดประโยชน์อย่างชัดเจน

ลำดับที่	ชื่อผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์	ชื่อนักวิจัย (ภาษาไทย)	เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง	ปีงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน	แหล่งทุน	การนำผลงานวิจัยหรืองานสร้างสรรค์ไปใช้เชิงสาธารณะ	ใบรับรองการใช้ประโยชน์จริงจาก (ชื่อหน่วยงาน)
-	-	-	-	-	-	-	-

4. กรณีงานวิจัยที่ได้รับการจดทะเบียนสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร

ลำดับที่	ชื่อนักวิจัยและชื่อผลงาน	เป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยเรื่อง	ปีงบประมาณที่ได้รับการสนับสนุน	แหล่งทุน	วัน / เดือน / ปี ที่ยื่นคำขอจด	วัน / เดือน / ปี ที่ได้รับการจด
-	สิทธิบัตร	-	-	-	-	-
-	อนุสิทธิบัตร	-	-	-	-	-