การประเมินสมดุลพลังงานและคาร์บอน สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ศุภชัย เพชรธาราวดี

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

การประเมินสมดุลพลังงานและคาร์บอน สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ศุภชัย เพชรธาราวดี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประเมินสมดุลพลังงานและคาร์บอน สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ศุภชัย เพชรธาราวดี

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ)

วันที่....................เดือน...................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี)

วันที่....................เดือน...................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชูรัตน์ ธารารักษ์)

วันที่....................เดือน...................พ.ศ. ....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ....

(อาจารย์ ดร.ประกิตต์ โกะสูงเนิน)

วันที่....................เดือน...................พ.ศ. ....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ)

วันที่....................เดือน...................พ.ศ. ....

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว ....

(รองศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่....................เดือน...................พ.ศ. ....

ชื่อเรื่อง	การประเมินสมดุลพลังงานและคาร์บอน สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
ชื่อผู้เขียน	นายศุภชัย เพชรธาราวดี
ชื่อปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานทดแทน
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ไชยชนะ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาสมดุลพลังงาน สมดุลคาร์บอน และหาแนวทางในการจัดการวัสดุชีวมวลเพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน โดยทำการตรวจวัดปัจจัยที่ใช้ในการผลิต คือชนิด และกำลังของเครื่องยนต์ รวมทั้งการใช้เชื้อเพลิงในเครื่องจักรกลเกษตร แรงงานคน เมล็ดพันธุ์ ปุ๋ย สารเคมี เวลาการทำงาน และปริมาณผลผลิต ทุกขั้นตอนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในปีการเพาะปลูก 2559 ซึ่งมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 4.3 ล้านตัน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อพื้นที่ (MJ/ไร่) โดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อพื้นที่ (kg CO_2eq/ไร่) การนำชีวมวลที่เหลือใช้มาผลิตมาผลิตปุ๋ยแนวทางในการช่วยลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ

ผลการศึกษาพบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ ใช้ปัจจัยการผลิต คือเวลาการดำเนินการเพาะปลูกเท่ากับ 7.91 ชั่วโมง/คน/ไร่ น้ำมันดีเซล เท่ากับ 6.03 ลิตร/ไร่ น้ำมันเบนซิน เท่ากับ 1.82 ลิตร/ไร่ เมล็ดพันธ์เท่ากับ 2.96 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยเคมีเท่ากับ 55 กิโลกรัม/ไร่ สารเคมีเท่ากับ 1.30 ลิตร/ไร่ และได้ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 653.26 กิโลกรัม/ไร่ ปัจจัยการผลิตคิดเป็นพลังงานเท่ากับ 2,203.40 MJ / Rai และตลอดกระบวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 117.9856 kgCO_2eq / Rai การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่สูงจังหวัดน่านใช้ปัจจัยการผลิต คือเวลาการดำเนินการเพาะปลูกเท่ากับ 8.6 ชั่วโมง/คน/ไร่ น้ำมันดีเซล เท่ากับ 6.13 ลิตร/ไร่ น้ำมันเบนซิน เท่ากับ 2.81 ลิตร/ไร่ เมล็ดพันธ์เท่ากับ 3.77 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยเคมีเท่ากับ 48.58 กิโลกรัม/ไร่ สารเคมีเท่ากับ 2.71 ลิตร/ไร่ และได้ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 630.32 กิโลกรัม/ไร่ ปัจจัยการผลิตคิดเป็นพลังงานเท่ากับ 2,062.56 MJ / Rai ตลอดกระบวนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวม เท่ากับ 133.7879 kgCO_2eq / Rai

การจัดการวัสดุชีวมวล พบว่าการนำชีวมวลที่เหลือยใช้ เช่น ตอ ซัง ต้น และเปลือกของ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มาผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้สามารถช่วยลดปริมาณพลังงานจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 100.519 MJ/ไร่ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอใบ เปลือก และซัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ถึง 815.0636 kgCO_2eq/ไร่

คำสำคัญ : ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, การใช้พลังงาน, ก๊าซเรือนกระจก

Title	THE EVALUATION OF ENERGY AND CARBON BALANCE FOR MAIZE PRODUCTION
Author	Mr. Supachai Phettharawadee
Degree	Master of Engineering in Renewable Energy Engineering
Advisory Committee Chairperson	Assistant Professor Dr. Tanate Chaichana

ABSTRACT

This study aimed to investigate energy and carbon equilibrium as well as a guideline for bio-mass material management to reduce smog in maize growing areas in Phrae and Nan provinces. There was the inspection and measurement of production factors i.e. type, engine power, operation time, farm machinery fuel, workforce, seed, fertilizer, chemicals, and an amount of yields. This was practised in every step of maize production. In 2016, maize production there reached 4.3 million tons. Obtained data were analyzed based on energy per area (MJ/rai) and equivalent energy was used. Obtained data were analyzed for finding the value of greenhouse gas emission per area (kgCO_2eq/rai). Fertilizer production by using the surplus of bio-mass was a guideline for the reduction of greenhouse gas in the atmostphere.

Results of the study revealed that maize production factors in the flat plain area of Phrae province were as follows : maize growing time span (7.91 hours/person/rai) ; diesel (6.03 litres/rai) ; benzine (1.82 litres/rai) ; seed (2.96 kilograms/rai) ; chemical fertilizer (55 kilograms/rai) ; and chemical substance (1.30 litres/rai). Yields gained from maize production was 653.26 kilograms/rai on average. The maize production factors were equivalent to 2,203.40 MJ/rai and the process of greenhouse gas emission was equivalent to 117.9856 kgCO_2eq/rai. Regarding maize production factors in the upland area of Nan province, the following were found : maize growing time span (8.6 hours/person/rai) ; diesel (6.13 litres/rai) ; benzine (2.81 litres/rai) ; seed (3.77 kilograms/rai) ; chemical fertilizer (48.58 kilograms/rai) ; and chemical substance (2.71 kilograms/rai). Yields gained from maize production was

630.32 kilograms/rai on average. The maize production factors were equivalent to 2,062.56 MJ/rai and the process of greenhouse gas emission was equivalent to 133.7879 kgCO_2eq/rai.

According to bio-mass material management, it was found that the surplus of bio-mass material such as stump, stem, and stubble of maize used for organic fertilizer production could reduce an amount of energy from chemical fertilizer for 100.519 MJ/rai. Besides, it helped reduce greenhouse gas emission for 815.0636 kgCO_2eq/rai in the case of stump, stem, and stubble burning.

Keywords : maize energy greenhouse gases

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุน และได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากบุคคลหลายๆ ท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธเนศ ไชยชนะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก พร้อมกับผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชูรัตน์ ธารารักษ์ และดร. ประกิตต์ โก๊ะสูงเนิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษา คำชี้แนะแนวทางการแก้ปัญหาและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา อีกทั้งยังช่วยตรวจทานแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิรินุช จินดารักษ์ ที่กรุณาสละเวลามาเป็นประธานกรรมการสอบ พร้อมทั้งให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนตรวจเล่มวิทยานิพนธ์ ทำให้เกิดความสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณกลุ่มเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงใหญ่จังหวัดแพร่ และกลุ่มเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จังหวัดน่านที่ให้ลงพื้นที่เก็บข้อมูลในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณทุนอุดหนุนการศึกษา โครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานทดแทนในกลุ่มประเทศอาเซียนสำหรับนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาของวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปีการศึกษา 2559

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนพี่ๆ เพื่อนๆ และน้องๆ วิทยาลัยพลังงานทดแทนทุกคน ที่มีส่วนช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้การทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

ศุภชัย เพชรธาราวดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ

กิตติกรรมประกาศ.. ช

สารบัญ.. ซ

สารบัญตาราง .... ฒ

สารบัญภาพ .... ด

สารบัญภาคผนวก...ท

อักษรย่อและสัญลักษณ์ ....ธ

บทที่ 1 บทนำ 1

ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

ขอบเขตของงานวิจัย.. 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 5

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี... 6

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 6

2.2 การตรวจวัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร (มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนัก
คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2545).. 11

2.3 การวิเคราะห์พลังงาน (Energy Analysis)... 12

2.4 ก๊าซเรือนกระจก 13

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA).. 15

2.6 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสินค้า 16

2.7 ชีวมวล (Biomass) 18
2.8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 34
3.1 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย 34
3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น 34
3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม 35
3.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน 36
3.1.4 ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซต์เทียบเท่า 38
3.1.5 ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์แนวทางและการจัดการวัสดุชีวมวลที่เพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพราปลูก 43
3.1.6 ขั้นตอนที่ 6 จัดทำวิทยานิพนธ์และเอกสารตีพิมพ์ 44
3.2 สถานที่ทำการวิจัย 44
บทที่ 4 วิเคราะห์และวิจารณ์ผล 45
4.1 การวิเคราะห์พลังงานในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 45
4.1.1 การวิเคราะห์พลังงานในการเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 45
4.1.2 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 46
4.1.3 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 47
4.1.4 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 50
4.1.5 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 51
4.2 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 60
4.2.1 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 61
4.2.2 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ยพื้นที่ราบ 62

4.2.3 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิต และการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 63
4.2.4 ภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ 64
4.2.5 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในพื้นที่สูง 65
4.2.6 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ยในพื้นที่สูง 66
4.2.7 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิต และการขนส่งพื้นที่สูง 68
4.2.8 ภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง 69
4.3 การจัดการวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งเพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 69
4.3.1 วิธีการในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร 70
4.3.2 ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 73
4.3.3 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งเพื่อลดหมอกควัน 74
4.3.4 มาตรการในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 80
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 82
5.1 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ราบ 82
5.2 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง 82
5.3 แนวทางและมาตรการในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 83
5.4 ข้อเสนอแนะ 84
บรรณานุกรม 85
ภาพผนวก ก รายชื่อเกษตรกร 89

ภาพผนวก ข แบบสัมภาษณ์ข้อมูลเกษตรกร 94
ภาคผนวก ค ประมวลภาพการสัมภาษณ์เกษตรกร... 102
ภาคผนวก ง ข้อมูลในขั้นตอนต่างๆ ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์.. 108
ภาคผนวก จ บทความวิจัยที่ได้เผยแพร่ในระดับชาติ และนานาชาติ... 133
ประวัติผู้วิจัย... 151

MAEJO UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ค่าพลังงานเทียบเท่าสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร.. 13

ตารางที่ 2.2 ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อน (GWP) ที่ใช้ในการคำนวณค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์.. 17

ตารางที่ 2.3 แสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตและค่าความร้อนและความชื้นของ...... 24

ตารางที่ 3.1 ค่าพลังงานเทียบเท่า (Energy Equivalent) ที่ใช้ในการวิเคราะห์พลังงาน 38

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (IPCC 2006) 42

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตและค่าความร้อนและความชื้นของ
เชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพ..43

ตารางที่ 4.1 อัตราการทำงาน การสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง และการใช้พลังงานในการเตรียมพื้นที่
.... 46

ตารางที่ 4.2 อัตราการทำงาน และการใช้พลังงานในขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
(เดือนมิถุนายน 2559) 47

ตารางที่ 4.3 อัตราการทำงาน อัตราการใส่ปุ๋ย และการใช้พลังงานในการใส่ปุ๋ย (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) 48

ตารางที่ 4.4 อัตราการทำงาน ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณสารเคมี และการใช้
พลังงานในขั้นตอนการดูแลรักษาเลี้ยงสัตว์ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)................ 49

ตารางที่ 4.5 อัตราการทำงาน และการใช้พลังงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
(เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559) 51

ตารางที่ 4.6 อัตราการทำงาน การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการขนส่ง และการใช้พลังงานในขั้นตอนการ
ขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559) 52

ตารางที่ 4.7 อัตราการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมล็ดพันธ์ ปุ๋ย สารเคมีและผลผลิต
ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559) 53

ตารางที่ 4.8 อัตราการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมล็ดพันธ์ ปุ๋ย สารเคมีและผลผลิต
ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นสูง (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559 54

ตารางที่ 4.9 การใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ
(เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559) 55

ตารางที่ 4.10 การใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559) ... 58

ตารางที่ 4.11 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ ... 61

ตารางที่ 4.12 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ ... 62

ตารางที่ 4.13 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่งในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ ... 64

ตารางที่ 4.14 แสดงภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ ... 65

ตารางที่ 4.15 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ... 66

ตารางที่ 4.16 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง ... 67

ตารางที่ 4.17 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่งในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง ... 68

ตารางที่ 4.18 แสดงภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง ... 69

ตารางที่ 4.19 ศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ... 73

ตารางที่ 4.20 ศักยภาพการผลิตพลังเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษาพื้นที่ราบและพื้นที่สูง ... 74

ตารางที่ 4.21 แสดงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษาพื้นที่ราบและพื้นที่สูง ... 80

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่1.1 แสดงขอบเขตการศึกษางานวิจัย 4

ภาพที่2.1 ลักษณะส่วนประกอบของต้นข้าวโพด 6

ภาพที่2.2 ข้าวโพดพันธุ์ราชการ พันธุ์ลูกผสมสุวรรณ 1,2,3,5 8

ภาพที่2.3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมจากแหล่งกำเนิด 8 ประเภท และสัดส่วนแยกตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก 15

ภาพที่2.4 การพิจารณาวัฏจักรชีวิตของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในด้านการใช้วัสดุ 16

ภาพที่2.5 เครื่องอัดแท่งเชื้อพลิงแบบกระบอกสูบ 20

ภาพที่2.6 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบสกรู 21

ภาพที่2.7 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบให้ความร้อนด้านนอก 22

ภาพที2.8 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกลิ้ง 22

ภาพที่2.9 เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิง 23

ภาพที่4.1 แสดงอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 56

ภาพที่4.2 แสดงอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตต่อพลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 56

ภาพที่4.3 แสดงอัตราการใช้พลังงานโดยตรง และโดยอ้อมในการผลิตผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 57

ภาพที่4.4 แสดงอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง 59

ภาพที่4.5 แสดงอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตต่อพลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง 59

ภาพที่4.6 แสดงอัตราการใช้พลังงานโดยตรง และโดยอ้อมในการผลิตผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง 60

ภาพที่4.7 ภาพ ก,ข แสดงลักษณะเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพด (ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด/ซัง/เปลือง 70

ภาพที่4.8 ผังการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง 71

ภาพที่4.9 วงจรของวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ 72
ภาพที่4.10 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 75
ภาพที่4.11 การแปรรูปชีวมวลอัดเม็ดใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 76
ภาพที่4.12 การปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์........ 77
ภาพที่4.13 ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 78
ภาพที่4.14 การแปรรูปถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์........ 79
ภาพที่4.15 แสดงมาตรการการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพด........ 81
ภาพที่ ค 1 การเตรียมพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ........103
ภาพที่ ค 2 การเตรียมพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง 103
ภาพที่ ค 3 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบโดยการใช้รถปลูก 103
ภาพที่ ค 4 (ก,ข,ค,ง) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง 104
ภาพที่ ค 5 การใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดพื้นที่ราบ........106
ภาพที่ ค 6 ฉีดพ่นสารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 104
ภาพที่ ค 6 ฉีดพ่นสารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 104
ภาพที่ ค 7 ฉีดพ่นสารเคมีข้าวโพดบนพื้นที่สูง........107
ภาพที่ ค 8 การใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดบนพื้นที่สูง........ 105
ภาพที่ ค 8 การใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดบนพื้นที่สูง........ 105
ภาพที่ ค 9 (ก,ข) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 105
ภาพที่ ค 10 (ก,ข) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง 105
ภาพที่ ค 11 เก็บกองข้าวโพดบนพื้นที่สูง........ 108
ภาพที่ ค 12 นำผลผลิตข้าวโพดบนพื้นที่สูงขึ้นรถ 106
ภาพที่ ค 12 นำผลผลิตข้าวโพดบนพื้นที่สูงขึ้นรถ 106
ภาพที่ ค 13 นำผลผลิตข้าวโพดพื้นที่ราบขึ้น........108
ภาพที่ ค 14 บรรทุกข้าวโพดไปยังจุดรับซื้อ(โรงสี) 106
ภาพที่ ค 14 บรรทุกข้าวโพดไปยังจุดรับซื้อ(โรงสี) 106

ภาพที่ ค 15 (ก,ข) การสัมภาษณ์เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ 106
ภาพที่ ค 16 (ก,ข) การสัมภาษณ์เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นสูง 107

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก **หน้า**

ก รายชื่อเกษตรกร..92

ข แบบสัมภาษณ์ข้อมูลเกษตรกร...97

ค ประมวลภาพการสัมภาษณ์เกษตรกร...105

ง ข้อมูลในขั้นตอนต่างๆ ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์...111

จ บทความวิจัยที่ได้เผยแพร่ในระดับชาติ และนานาชาติ...136

อักษรย่อและสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย
N	ปุ๋ยไนโตรเจน
P	ปุ๋ยฟอสฟอรัส
K	ปุ๋ยโพแทสเซียม
D	น้ำมันดีเซล
B	น้ำมันเบนซิน
Fer.	อัตราการใส่ปุ๋ยรวม kg/rai
Chem.	อัตราการใส่สารเคมี kg/rai
Seed	ปริมาณเมล็ดพันธุ์ในการเพาะปลูก kg/rai
Fuel	ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรการเกษตร liter/rai
Working	การทำงานของแรงงานคน hour/man/rai
Y	ยี่ห้อของเครื่องจักรกลการเกษตร (Yamaha)
K,k	ยี่ห้อของเครื่องจักรกลการเกษตร (Kubota)
H	ยี่ห้อของเครื่องจักรกลการเกษตร (Honda)
Yam	ยี่ห้อของเครื่องจักรกลการเกษตร (Yanmar)
M	ยี่ห้อของเครื่องจักรกลการเกษตร (Mitsubishi)
E	พลังงาน (MJ)
t	ปีการเพาะปลูก
CO_2 eq	คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า
CO_2	คาร์บอนไดออกไซด์

บทที่ 1
บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันโลกกำลังประสบปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) เนื่องจากกิจกรรมทางเศรษฐกิจของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มขึ้น และนำไปสู่ปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) ส่งผลให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบต่อภาคเกษตรทั้งในทางตรงและทางอ้อม กล่าวคือ ในทางตรง ผลผลิตทางการเกษตรอาจได้รับผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ปริมาณและการกระจายของฝน การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิและความชื้น ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ เป็นต้น ส่วนในทางอ้อม นโยบายและการขับเคลื่อนในเวทีระดับนานาชาติที่ต้องการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก อาจส่งผลให้ภาคเกษตรต้องมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้วย

จากข้อมูลการจัดทำ บัญชีก๊าซเรือนกระจกของประเทศไทยในรายงานแห่งชาติครั้งที่สอง พบว่า ในปี 2543 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกรวมของประเทศ (National Total Emission) มีค่าเท่ากับ 229.08 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 eq) มีทั้งส่วนที่เป็นปริมาณจากแหล่งปล่อย (Emission by Source) มีค่าเท่ากับ 277.7 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 eq) และปริมาณที่เกิดจากการดูดกลับ (Removal by Sink) มีค่าเท่ากับ 50.22 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 eq) โดยภาคเกษตรของไทยมีส่วนในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากเป็นอันดับสองรองจากภาคพลังงาน คือ 51.88 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2 eq) คิดเป็นร้อยละ 22.6 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด ประเทศไทยจัดอยู่ในกลุ่มที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากใน 25 ลำดับแรกของโลก และเป็นลำดับที่ 2 ในอาเซียน รองจากประเทศอินโดนีเซีย (อนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ, 2547) รวมทั้งข้อมูลในปี 2548 ประเทศไทยมีการปล่อยจากภาคการเกษตรสูงถึงร้อยละ 22.64 ของปริมาณการปล่อยทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม : 2010)

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศเป็นอย่างมาก และมีประมาณถึงร้อยละ 90.95 ของผลผลิตทั้งหมด ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศ ปัจจุบันพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีประมาณ 6.6 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 4.12 ล้านตัน

ผลผลิตเฉลี่ย 611 กิโลกรัม/ไร่ ปัจจุบันการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศ จำแนกได้ 2 รุ่น คือ รุ่นที่ 1 (ฤดูฝน) ปลูกตั้งแต่เดือน พ.ค.-ต.ค. ผลผลิตจะเก็บเกี่ยวมาก ในช่วงเดือนกันยายน ประมาณร้อยละ 86 ของผลผลิตทั้งประเทศ และรุ่นที่ 2 (ฤดูแล้ง) จะปลูกตั้งแต่เดือน พ.ย.-เม.ย. เก็บเกี่ยวมากที่สุด ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณร้อยละ 14 ของผลผลิตทั้งประเทศ และภูมิภาคที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุดคือ ภาคเหนือของประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่จะปลูกมากในจังหวัดน่าน เชียงใหม่ แพร่ พะเยา เชียงราย ลำปาง

อย่างไรก็ตามการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำเป็นต้องให้ความสนใจต่อปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นด้วย เมื่อพิจารณาถึงการได้มาซึ่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น พบว่า ต้องผ่านขั้นตอนต่างๆมากมาย เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการได้มาซึ่งเมล็ดพันธุ์ การเพาะปลูก การดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวตลอดจนการขนส่ง เป็นต้น ซึ่งแต่ละขั้นตอนล้วนเกี่ยวข้องกับการใช้ทรัพยากร พลังงานและวัสดุทั้งสิ้น สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจก ดังนั้นเพื่อหาแนวทางในการจัดการวัสดุชีวมวลเพื่อลดปัญหาหมอกควันในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำเป็นต้องศึกษาภาวการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อให้เกิดผลดีอย่างยั่งยืนต่อประเทศไทยต่อไป

ดังนั้นเพื่อเป็นการหาแนวทางในการจัดการการใช้พลังงาน และการจัดการวัสดุชีวมวลเพื่อลดปัญหาหมอกควันในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โครงการวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการที่จะศึกษาการประเมินสมดุลพลังงานและคาร์บอน สำหรับการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยจะมีการศึกษาการสำรวจเก็บข้อมูลตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพด และประเมินแหล่งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร การจัดการขนส่ง วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและแนวทางการใช้ประโยชน์ของชีวมวลได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมกับพื้นที่ และเพื่อการขยายผลการศึกษาไปสู่พื้นที่อื่นๆ ในอนาคต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงาน สมดุลพลังงาน และสมดุลคาร์บอนสำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. เพื่อแสวงหาแนวทางในการลดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยคาร์บอนในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
3. เพื่อแสวงหาแนวทางในการจัดการวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งเพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขอบเขตของงานวิจัย

1. พื้นที่ศึกษา ดำเนินการศึกษาในพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในจังหวัดแพร่และจังหวัดน่าน

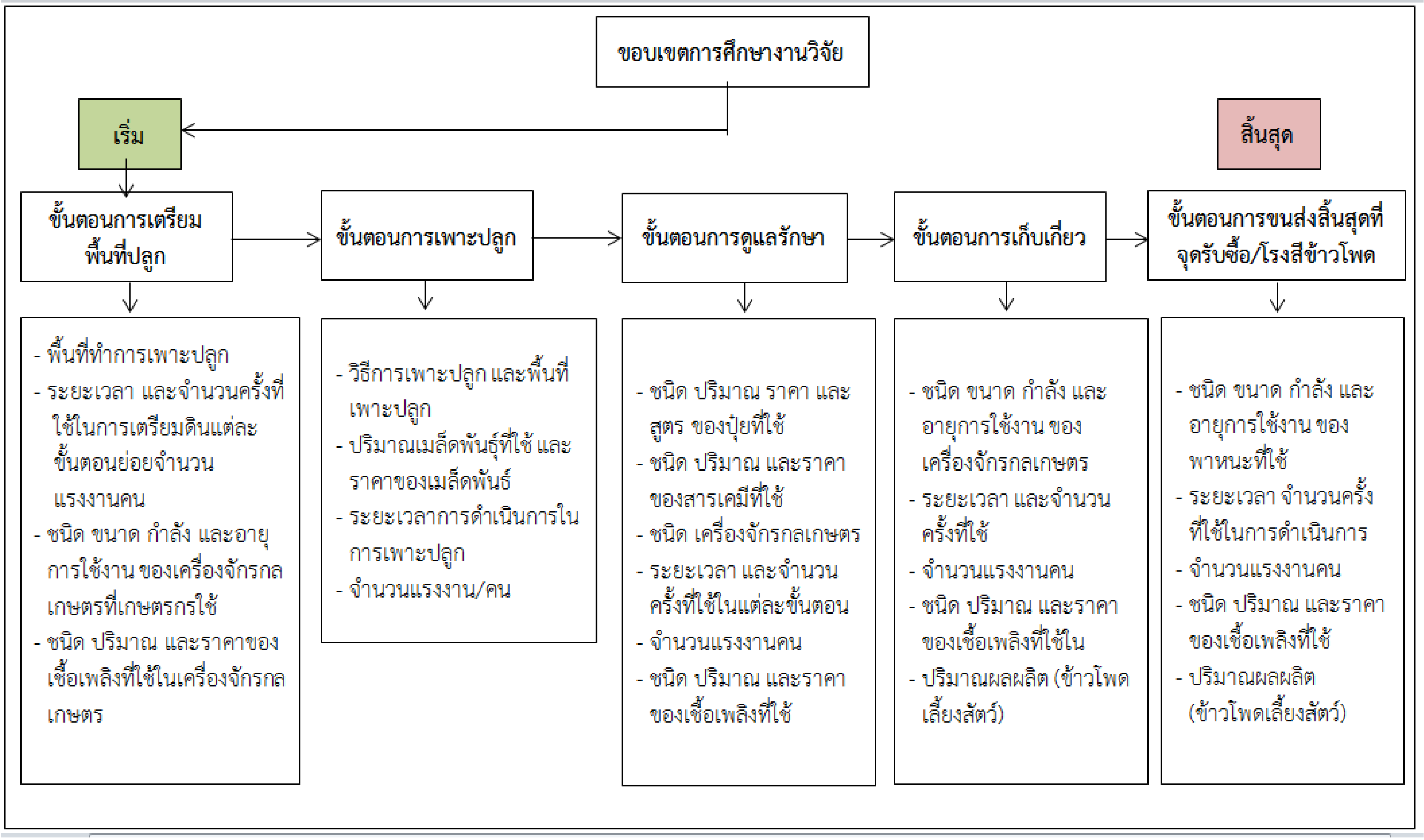
2. ใช้ข้อมูลจากการสอบถามเกษตรกรในพื้นที่เพาะปลูก และการใช้ข้อมูลที่รายงานจากหน่วยงานของรัฐ หรือหน่วยงานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และไม่พิจารณาพันธุ์ข้าวโพด

3. การคำนวณปริมาณการใช้พลังงานโดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่าในการปรับค่าปัจจัยการผลิตมาเป็นค่าทางด้านพลังงาน ในหน่วยพื้นที่

4. การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกครั้งนี้ใช้กรอบแนวคิดของการประเมินวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Assessment of Green House Gas Emissions of Products: LCA-GHG) โดยการศึกษาครั้งนี้จะรายงานในหน่วยของคาร์บอนเทียบเท่า โดยค่าคาร์บอนเทียบเท่าต่างๆ จะใช้ข้อมูลจากหน่วยงานและรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5. การวิเคราะห์ค่าคาร์บอนกักเก็บจะพิจารณาเฉพาะคาร์บอนที่อยู่ในส่วนที่เป็นชีวมวลของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เท่านั้น ไม่พิจารณากรณีการคายคาร์บอนของพื้นสู่บรรยากาศและสู่ดิน

6. ขั้นตอนในการศึกษาประกอบด้วย การเตรียมพื้นที่ การเพาะปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิต และสิ้นสุดที่การขนส่งจากพื้นที่ปลูกมายังจุดรับซื้อหรือจุดสีข้าวโพด ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1.1 แสดงขอบเขตการศึกษางานวิจัย

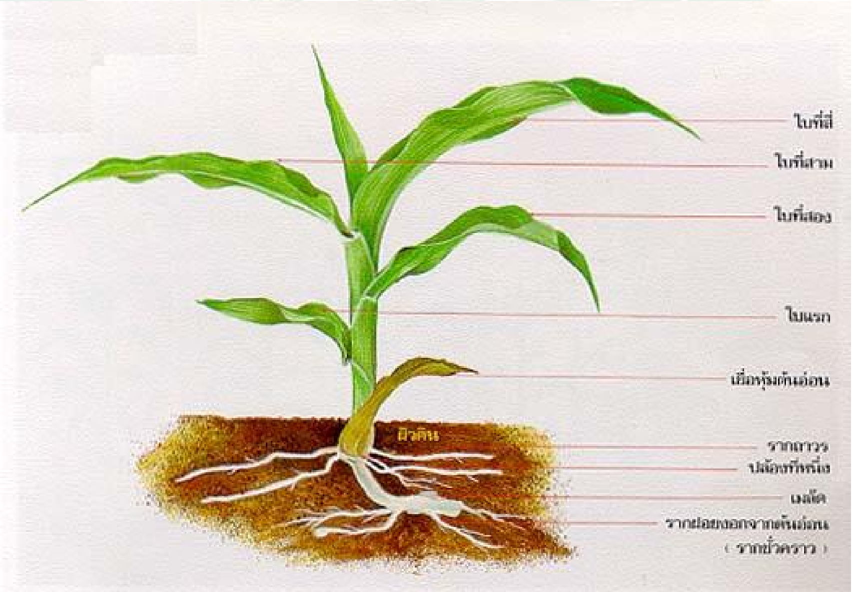
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ค่า และข้อมูลสมดุลพลังงานและสมดุลคาร์บอนสำหรับการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. ได้แนวทางในการลดการใช้พลังงานและการปลดปล่อยคาร์บอนในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
3. ได้แนวทางในการจัดการวัสดุชีวมวลที่ที่เหลือทิ้งเพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพราปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
4. ได้ข้อมูลบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
5. ได้ข้อมูลสนับสนุนการจัดทำภาวะ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
6. ได้ข้อมูลสนับสนุนการตัดสินใจเชิงนโยบายและการหาแนวทางจัดการเพื่อลดภาวะ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก จากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
7. สามารถนำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติได้อย่างน้อย 2 ครั้ง

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพด (Corn) เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้า ที่มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า Zea May L. อยู่ในตระกูล (Family Granmineae Poaceae) มีระบบรากเป็นแบบรากฝอย (Fibrons Root System) ลำต้นของข้าวโพดสูงตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 7.5 เมตร รูปร่างของลำต้นตรง กลม และเรียวเล็กขึ้นไปหายอด ซึ่งประกอบด้วย ข้อและปล้อง ตาที่อยู่เหนือดินจะเจริญเติบโตเป็นฝัก ส่วนตาที่อยู่ใต้ดินจะเจริญเติบโตเป็นหน่อ ส่วนใบประกอบด้วย กาบใบ หูใบ แผ่นใบ และเยื่อกันน้ำ ฝนและดอกข้าวโพดเป็นพวกที่มีช่อดอกตัวผู้ (Tassel) และช่อดอกตัวเมีย (Spike) อยู่บนต้นเดียวกันแต่อยู่คนละแห่ง ช่อดอกตัวผู้จะเกิดขึ้นที่ส่วนยอดของลำต้น ส่วนช่อดอกตัวเมียเกิดจากตาที่อยู่มุมใบล่างๆข้าวโพดมีแกนกลางหรือเรียกว่าซัง ซึ่งเกิดขึ้นบนแกนกลางเป็นคู่แถวยาว ข้าวโพดมีจำนวนของเมล็ดเป็นเลขคู่ เมล็ดที่สาวนปลายและโคนจะมีลักษณะเมล็ดกลม ส่วนเมล็ดที่อยู่ตรงกลางมักจะแบนและมีเหลี่ยมที่มุมฐานของฝักข้าวโพด ซึ่งข้าวโพดมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 4 อย่าง คือ ราก ลำต้น ใบ ดอก



ภาพที่ 2.1 ลักษณะส่วนประกอบของต้นข้าวโพด
ที่มา: https://sites.google.com/site/khaykhiki/laksna (ออนไลน์)
ค้นเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 62

ราก รากแรกที่ออกมาจากคัพภะ (embryo) เป็นรากชั่วคราวเรียกว่า ไพรมารี (primary) หรือ เซมินัล (seminal) หลังจากข้าวโพดเจริญเติบโตได้ประมาณ 7-10 วัน รากถาวรจะงอกขึ้นรอบๆ ข้อปลายๆ ในระดับใต้พื้นดินประมาณ 1-2 นิ้ว รากถาวรนี้ เมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จะแผ่ออกไปโดยรอบประมาณ 100 เซนติเมตร และแทงลึกลงไปในดินแนวดิ่งยาวมากซึ่งอาจยาวถึง 300 เซนติเมตร รากของข้าวโพดเป็นระบบรากฝอย (fibrous root system) นอกจากรากที่อยู่ใต้ดินแล้วยังมีรากยึดเหนี่ยว (bracer root) ซึ่งเกิดขึ้นรอบๆ ข้อที่อยู่ใกล้ผิวดิน และบางครั้งรากพวกนี้ยังช่วยหยั่งยึดพื้นดินอีกด้วย

ลำต้น ข้าวโพดมีลำต้นแข็ง ไส้แน่นไม่กลวง มีความยาวตั้งแต่ 30 เซนติเมตร จนถึง 8 เมตร แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ ตามลำต้นมีข้อ (node) และปล้อง (internode) ปล้องที่อยู่ในดิน และใกล้ผิวดินสั้น และจะค่อยๆ ยาวขึ้นไปทางด้านปลาย ปล้องเหนือพื้นดินจะมีจำนวนประมาณ 8-20 ปล้อง พันธุ์ข้าวโพดส่วนมากลำต้นสดมีสีเขียว แต่บางพันธุ์มีสีม่วง ข้าวโพดแตกกอไม่มากนัก ส่วนมากไม่แตกกอทั้งนี้ แล้วแต่ชนิดพันธุ์ และสิ่งแวดล้อม ข้าวโพดที่แตกกอได้ 3-4 ต้น เช่น ข้าวโพดหวาน ข้าวโพดที่ปลูกในที่สูงกว่าระดับน้ำทะเลมากๆ อาจแตกกอได้ตั้งแต่ 7-10 ต้น

ใบ ข้าวโพดมีใบลักษณะยาวรี คล้ายพืชตระกูลหญ้าทั่วไป ประกอบด้วยตัวใบ กาบใบ และเขี้ยวใบ ลักษณะของใบรวมทั้งสีของใบแตกต่างกันไป แล้วแต่ชนิดของพันธุ์ บางพันธุ์ใบสีเขียว บางพันธุ์ใบสีม่วง และบางพันธุ์ใบลายจำนวนใบก็เช่นเดียวกันอาจมีตั้งแต่ 8-48 ใบ

ดอก ข้าวโพดจัดเป็นพวกโมโนอิเซียส (monoecious) คือ มีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียแยกอยู่ในต้นเดียวกัน ช่อดอกตัวผู้ (tassel) อยู่ตอนบนสุดของลำต้น ดอกตัวผู้ดอกหนึ่งจะมีอับเกสร (anther) 3 อับ แต่ละอับจะมีเรณูเกสร (pollen grain) ประมาณ 2,500 เม็ด ดังนั้นข้าวโพดต้นหนึ่งจึงมีเรณูเกสรอยู่เป็นจำนวนหลายล้าน และสามารถปลิวไปได้ไกลกว่า 2,000 เมตร ส่วนดอกตัวเมียอยู่รวมกันเป็นช่อ เกิดขึ้นตอนข้อกลางๆ ลำต้น ต้นหนึ่งอาจมีหลายช่อแล้วแต่ชนิดพันธุ์ ดอกตัวเมียแต่ละดอกประกอบด้วยรังไข่ (ovary) และเส้นไหม (silk หรือ style) ซึ่งมีความยาวประมาณ 5-15 เซนติเมตร และยื่นปลายโผล่ออกไปรวมกันเป็นกระจุกอยู่ตรงปลายช่อดอกซึ่งมีเปลือกหุ้มอยู่ ดอกพวกนี้พร้อมที่จะผสมพันธุ์ หรือรับละอองเกสรได้เมื่อเส้นไหมโผล่ออกมา หลังจากได้รับการผสมเส้นไหมจะแห้งเหี่ยว และรังไข่เจริญเติบโตเป็นเมล็ด ช่อดอกตัวเมียที่รับการผสมแล้วเรียกว่า ฝัก (ear) แต่ละฝักอาจมีเมล็ดมากถึง 1,000 เมล็ด แกนกลางของฝักเรียกว่า ซัง (cob) ปกติดอกตัวผู้จะบานพร้อมที่จะผสมก่อนดอกตัว เมีย ดั้งนั้นจึงเป็นพืชที่ผสมข้ามพันธุ์ (cross-pollination) ตามธรรมชาติมีการผสมตัวเอง (self-pollination) เพียงเล็กน้อยเท่านั้น

พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ใช้ในประเทศไทย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้แบ่งพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. พันธุ์ราชการ หมายถึง พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ทางราชการรับรองและสร้างเสริมให้เกษตรกรใช้ปลูก ได้แก่ พันธุ์ลูกผสม เช่นสุวรรณ 1,2,3,4,5 นครสวรรค์ 1,2 และพันธุ์ลูกผสมปิด

ภาพที่ 2.2 ข้าวโพดพันธุ์ราชการ พันธุ์ลุกผสมสุวรรณ 1,2,3,5
ที่มา: https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=9091 (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2562

2. พันธุ์ลูกผสมของเอกชน หมายถึง พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เป็นพันธุ์ลูกผสมปิดที่บริษัทเอกชนผลิตเพื่อจำหน่าย และแนะนำให้เกษตรกรปลูกเช่น ซีพีดี 888,999,222, ของซีพี

3. พันธุ์พื้นเมือง หมายถึง พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อื่นๆนอกเหนือจากพันธุ์ราชการ และพันธุ์ลูกผสมเอกชน

ฤดูกาลปลูกและการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1. ต้นฤดูฝน เริ่มปลูกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนและเก็บเกี่ยวได้ช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน การปลูกในฤดูนี้เสี่ยงต่อฝนทิ้งช่วงชนเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กำลังออกดอก ถ้าฝนไม่ทิ้งช่วงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกชนปลายฤดูฝนประมาณร้อยละ 20 เนื่องจากมีช่วงแสงสว่างยาวนานกว่าแต่มีปัญหาที่ต้องเก็บในช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งมีฝนตกทำให้เก็บเกี่ยวลำบากและเสี่ยงต่อการที่เชื้อราแอสเปอร์จิลลัสฟลาวัส (Aspergillus Flavus) จะเข้าทำลายเนื่องจากความชื้นสูง

2. ปลายฤดูฝน เริ่มปลูกตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม และเก็บเกี่ยวได้ช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน การปลูกในฤดูนี้เสี่ยงต่อฝนทิ้งช่วงน้อยมากแต่อาจมีปัญหาโรคระบาดมากกว่าปลูกชนต้นฤดูฝน ต้นข้าวโพดอ่อนค่อนข้างสูง และเมื่อมีฝนตกหนัก และลมพัดแรงทำให้ต้น

หักล้มง่ายแต่ฝักข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวได้จะอยู่ช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน เพราะมีฝนตกน้อยและกำลังเข้าสู่ฤดูแล้งทำให้มีฝักหรือเมล็ดข้าวโพดมีคุณภาพดีปลอดภัยจากเชื้อราแอสเปอร์จิลลัสฟลาวัส

3. ฤดูแล้ง เริ่มปลูกตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนพฤษภาคม และเก็บเกี่ยวได้ช่วงเดือนพฤษภาคม การปลูกในฤดูนี้ส่วนใหญ่เป็นการปลูกหลังนาปี ในพื้นที่ที่สามารถให้น้ำชลประทานได้ ข้าวโพดใช้น้ำน้อยกว่านาปรังประมาณครึ่งหนึ่ง

1.1 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1.1.1 การเตรียมดิน สำหรับปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วัตถุประสงค์ของการเตรียมดิน เพื่อให้ผิวดินอ่อนตัว และห่อหุ้มเมล็ดข้าวโพดให้ชื้นอยู่เสมอ และให้ดินมีอากาศถ่ายเทสะดวก และทำลายเหง้าวัชพืชให้แห้งตายและฝังกลบซากวัชพืชเดิมให้จมดิน การไถพรวนควรไถอย่างน้อย 2 ครั้ง ภายใต้หลักการ ไถดะให้ลึก ไถแปรให้ดินแตกละเอียด

ไถดะ การไถด้วยผาน 3 หรือผาน 4 ควรไถให้ลึกประมาณ 30 ซม.เพราะการไถลึก จะทำให้ดินเก็บน้ำได้มาก และตากดินไว้ประมาณ 10-15 วัน เพื่อทำลายวัชพืชและศัตรูพืชในดินบางชนิด

ไถแปร ควรไถด้วยผาน 7 โดยไถขวางรอยเดิมของไถดะเพื่อย่อยดินก้อนใหญ่ให้แตก ทำให้ดินมีความร่วนซุยมากยิ่งขึ้น เพื่อให้เมล็ดพันธุ์งอกได้อย่างสม่ำเสมอ

1.1.2 การปลูกและระยะปลูก

1.ใช้เครื่องปลูก เลือกรูจานหยอดให้เหมาะกับขนาดของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งจะระบุไว้ที่ถุง โดยทั่วไปจะใช้ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20-25 ซม. โดยปริมาณเมล็ดที่ใช้จะประมาณ 3-3.5 กก./ไร่ และ จะมีจำนวนต้นข้าวโพด/ไร่ ประมาณ 8,533-10,600 ต้นต่อไร่ ควรหยอดเมล็ดข้าวโพดให้ลึก 2.5-3 นิ้ว

2. ใช้คนปลูก ในหลายพื้นที่โดยเฉพาะทางภาคเหนือ จะใช้เชือกในการกำหนดระยะให้มีระยะห่างระหว่างร่องประมาณ 70 ซม. แล้วใช้จอบขุด หยอดเมล็ด 1-2 เมล็ดแล้วกลบ โดยจำนวนเมล็ดที่หยอดและระยะห่างระหว่างหลุม ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ว่า สายพันธุ์นั้นเหมาะกับการปลูกถี่ได้ดีเพียงใด

1.1.3 การใส่ปุ๋ยให้เหมาะกับดิน

1. ดินเหนียวสีดำ ถ้ามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยโรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน ถ้าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 10 ส่วนในล้านส่วน ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 20-20-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นร่องพร้อมปลูก และให้ปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 21-0-0 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

2. ดินเหนียวสีแดง ดินเหนียวสีน้ำตาล หรือดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 หรือ 16-16-8 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นร่องพร้อมปลูก และให้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

3. ดินร่วน หรือดินร่วนทราย ให้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 หรือสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองก้นร่องพร้อมปลูก และปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โรยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ

1.1.4 การกำจัดวัชพืช

ช่วงวิกฤตที่ข้าวโพดอ่อนแอต่อวัชพืชที่สุดคือระยะ 13-25 วัน หลังงอก ระยะนี้ถ้ามีวัชพืชรบกวนจะทำให้ผลผลิต ข้าวโพดเสียหายสูงสุด ดังนั้นการปลูกข้าวโพดให้ได้ผลผลิตสูง จึงต้องให้แปลงปลอดวัชพืช ตลอดช่วง 1 เดือนแรกตั้งแต่ปลูก โดยเลือกวิธีการกำจัดวัชพืชที่เหมาะสมกับสภาพการณ์ ดังนี้

1. การไถและพรวนดิน ก่อนปลูกข้าวโพด โดยไถและพรวนดินหลังวัชพืชงอกจะช่วยทำลายกล้าวัชพืชให้ตายได้ ส่วนกล้าและเหง้าวัชพืชที่ตายยาก ควรตากดินนาน 10-15 วัน เพื่อให้วัชพืชตาย ก่อนปลูกข้าวโพด

2. การทำรุ่น เป็นการพรวนดิน ดายหญ้า หลังข้าวโพดงอกแล้วแต่ก่อนจะถึง ระยะวิกฤตโดยใช้เครื่องมือกลต่าง ๆ เช่น จอบ ไถ รถไถและรถแทรกเตอร์ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม การใช้ไถพูนโคนมักมีวัชพืช ในแถวหลงเหลืออยู่จึงต้องใช้ขอบดายตามอีกครั้ง

3. การใช้สารเคมี อาจใช้ทันทีหลังปลูกข้าวโพดหรือพ่นกำจัดวัชพืชหลังข้าวโพดและวัชพืชงอกแล้ว การใช้สารเคมีเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัด แต่ต้องระมัดระวังเพราะอาจเป็นอันตรายต่อคน พืชอื่น ๆ และสิ่งแวดล้อม ควรฉีดพ่นขณะที่ดินยังมีความชื้น

หมายเหตุ การใช้สารกำจัดวัชพืช จะได้ผลดีถ้าปฏิบัติถูกต้อง แต่มีข้อควรระวัง คือ ต้องผสมน้ำและฉีดพ่นขณะที่ดินยังชื้นอยู่ และไม่แนะนำให้ปลูกข้าวฟ่างตามหลังข้าวโพด เพราะทั้ง 2 พืชมีระบบรากคล้ายกันและใช้ธาตุอาหารคล้ายกัน ดินจะเสื่อมเร็ว ควรปลูกพืชหมุนเวียนชนิดอื่น

1.1.5 การเก็บเกี่ยวข้าวโพด

ควรเก็บเกี่ยวเมื่อข้าวโพดแก่จัดและเก็บในช่วงที่อากาศแห้ง ถ้ามีฝนตกควรงดการเก็บเกี่ยวเพราะฝักจะเน่าได้ง่ายไม่ควรเก็บเกี่ยวข้าวโพดก่อนกำหนด แต่ถ้าต้องการพื้นที่เพื่อปลูกพืชรุ่น 2 ก็สามารถตัดยอดข้าวโพดออก ปล่อยให้ฝักข้าวโพดแห้งบนต้นได้ การตัดยอดและใบข้าวโพดออกเป็นการเปิดหน้าดินให้พืชรุ่น 2 ได้รับแสงแดดโดยไม่ต้องรีบเก็บเกี่ยวก่อนกำหนด การตัดยอดข้าวโพดหลังจากข้าวโพดออกไหมแล้ว 1 เดือน เป็นต้นไป ไม่ทำให้ผลผลิตลดลงถ้าข้าวโพดไม่แก่เต็มที่ความชื้นจะยังสูง ทำให้กะเทาะเมล็ดยากเกิดบาดแผลได้ง่ายจึงควรปล่อยให้ข้าว โพดแห้งคาต้นก่อน

จึงเก็บเกี่ยวโดยหักฝักข้าวโพดให้หัวห้อยลง วิธีจะป้องกันการเข้าทำลายของแมลงทางปลายฝักได้ และสามารถป้องกันความชื้นหรือน้ำที่ปลายฝักได้ข้าวโพดที่หักมาแล้ว ควรคัดฝักเสียออกไป เช่นฝักที่มีหนอนแมลงเจาะทำลายหรือฝักที่มีเชื้อราขึ้น จะทำให้เชื้อราไม่ แพร่ระบาดไปยังฝักที่ดี แล้วจึงนำฝักที่ดีไปตากให้แห้งโดยเร็ว

2.2 การตรวจวัดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร (มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2545)

การตรวจวัดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ ในการตรวจวัดจำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งในการดำเนินการให้ทำการดำเนินการได้ 2 วิธีการคือ การตรวจวัดโดยตรงหรือการตรวจวัดจากการประเมิน ในการทำงานให้เลือกวิธีการตรวจวัดโดยตรงเป็นอันดับแรก ซึ่งถ้าทำไม่ได้ ค่อยดำเนินการโดยการประเมิน

1. การตรวจวัดโดยตรง

การตรวจวัดเชื้อเพลิงด้วยวิธีการตรวจวัดโดยตรงนี้ใช้กับเครื่องจักรกลเกษตรทุกชนิดซึ่งในการตรวจวัดให้ดำเนินการดังนี้

1.1. ตรวจวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนการใช้งานว่าเต็มถังหรือไม่ ถ้าไม่เต็มถังให้ทำการตรวจวัดปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในถังก่อนใช้งาน โดยใช้ไม้บรรทัดที่เป็นไม้วัดความสูงของน้ำมันในถัง โดยการจุ่มลงไปในถังน้ำมันบันทึกความสูงไว้ หรือถ้าเป็นไปได้ให้ทำการเติมน้ำมันให้เต็มถังก่อนการใช้งาน

1.2. ให้เกษตรกรติดเครื่องยนต์ทำงานตามขั้นตอนให้ได้พื้นที่อย่างน้อย 3 – 5 ไร่ หรือ 3 - 4 ชั่วโมง หรือจนเสร็จงาน

1.3. เติมน้ำมันสำรองลงในเครื่องจักรกลเกษตร โดยเตรียมน้ำมันสำรองไว้ 10 ลิตร เติมน้ำมันเชื้อเพลิงที่เตรียมมาลงในถังน้ำมันของเครื่องจักรกลเกษตรของชาวนาให้ถึงระดับความสูงเดิมก่อนการทำงาน หรือเต็มถังน้ำมัน

1.4. นำน้ำมันสำรองที่เหลือมาตวงวัด แล้วคำนวณหาปริมาตรน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ไป

2. การตรวจวัดโดยการประเมิน

ในกรณีที่ไม่สามารถใช้การตรวจวัดเชื้อเพลิงโดยวิธีโดยตรงได้ ให้ใช้การตรวจวัดจากการประเมินดังนี้

2.1. ก่อนที่จะทำการเริ่มทำงานให้ทำการตรวจวัดระดับน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องจักร

การเกษตร โดยวัดความสูงจากหลอดดูระดับน้ำมันเชื้อเพลิงด้านข้างถังน้ำมันแล้วทำเครื่องหมายแสดงระดับความสูงของน้ำมันไว้

2.2. ทำการวัดรูปทรงของถังน้ำมันโดยในการวัดต้องทำการหักลบความหนาของถังน้ำมันออก

2.3. คำนวณหาปริมาณน้ำมันจากรูปทรงของถังน้ำมันและความสูงของระดับน้ำมันที่ทำการวัดไว้

2.4. ให้เกษตรกรทำงานให้ได้พื้นที่อย่างน้อย 3 – 5 ไร่ หรือ 3 – 4 ชั่วโมง หรือจนเสร็จงานแล้วทำการวัดความสูงของระดับน้ำมันอีกครั้ง

2.5. นำความสูงที่ได้จากการวัดในข้อ 2.2 มาคำนวณหาปริมาณของน้ำมัน

2.6. นำปริมาตรที่คำนวณได้ในข้อ 2.3 มาลบกับที่คำนวณได้ในข้อ 2.5 ได้ปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป

2.3 การวิเคราะห์พลังงาน (Energy Analysis)

พลังงานเป็นองค์ประกอบสำคัญต่อการเกษตร เพราะปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปุ๋ย สารเคมี ยาปราบศัตรูพืช เครื่องทุนแรงหรือเครื่องจักรกลเกษตร ได้ถูกผลิตขึ้นมาโดยใช้พลังงานทั้งสิ้น และยังมีปัจจัยอื่นที่เป็นปัจจัยพลังงานโดยตรง เช่น เชื้อเพลิง แรงงานทั้งจากคนและสัตว์ ดังนั้นในขั้นตอนการปลูกข้าวตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ จนกระทั่งขั้นตอนการเก็บเกี่ยวได้ผลผลิตเป็นขบวนการที่ต้องใช้พลังงาน ในรูปแบบต่าง ๆ กันไป

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของแรงงานคน (Human Labor)

ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของแรงงานคน Dipankar De, R.S.Singh และ Hukun Chandra (2001). ใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของแรงงานคนเท่ากับ 1.96 MJ/ชั่วโมง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของแรงงานคนตามงานวิจัยของ Dipankar De, R.S. Singh และ Hukun Chandra (2001). ที่เท่ากับ 1.96 MJ / คน /ชั่วโมง

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเครื่องจักรกลเกษตร (Machinery)

โดยใช้หลักการของ Pimentel et. al. (1973). และ Samootsakorn (1982). สำหรับเครื่องจักรกลขนาดใหญ่ที่ใช้ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ รถไถนาแบบเดินตาม รถไถนาแบบนั่งขับ และเครื่องสูบน้ำ ใช้ค่าพลังงานดัง แสดงในตารางที่ 2. สำหรับเครื่องจักรกลเกษตรชนิดต่างๆ

- ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเชื้อเพลิง (Fuel)

จากข้อมูลของสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2548).

ว่าค่าความร้อนของน้ำมันเบนซินเท่ากับ 39.7 MJ / ลิตร ของน้ำมันดีเซลเท่ากับ 43.3 MJ / ลิตร และไฟฟ้าเท่ากับ 14.4 MJ / kW – hour ดังนั้นในโครงงานนี้จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของเชื้อเพลิงนี้มาประกอบการพิจารณา

ตารางที่ 2.1 ค่าพลังงานเทียบเท่าสำหรับเครื่องจักรกลเกษตร

ชนิดเครื่องยนต์	กำลัง (แรงม้า)	น้ำหนัก (ตัน)	อ้างอิงของกำลังและน้ำหนักเครื่องยนต์	พลังงาน (MJ/ไร่)
เครื่องสูบน้ำ พ่นยา	4-6	0.023	อาชัย พิทยาภาคย์ (2545).	13.59
รถไถนาแบบเดินตาม	15-24	0.238	http://www.kubota.com (2547).	70.31
รถไถนาแบบนั่งขับ	80-215	7,200	http://www.kubota.com (2547).	337.62

-ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของสารเคมี (Chemical)

ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานตามการวิจัยของ G.K.Mandal et. al.(2002). ซึ่งกำหนดว่าพลังงานที่ใช้ในการผลิตสารเคมีเท่ากับ 120 MJ / kg ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้ค่าสัมประสิทธิ์พลังงานดังกล่าวในการพิจารณาพลังงานที่ได้จากสารเคมี

2.4 ก๊าซเรือนกระจก

ก๊าซเรือนกระจกมีหลายชนิดแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับรังสีอินฟราเรดได้ไม่เท่ากันและอาจมีช่วงชีวิตในสิ่งแวดล้อมไม่เท่ากันทำให้ศักยภาพในการเกิดภาวะเรือนกระจกต่างกัน ก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่

1. คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยกิจกรรมภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิต และโดยการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล CO_2 จะมีสัดส่วนมากที่สุดในบรรดาก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด

2. มีเทน (CH_4) เกิดจากการก่อตัวของถ่านหินและการสุมทับของกองขยะจากกระบวนการย่อยอาหารของ ปศุสัตว์ จากการย่อยสลายของเสีย และจากการปลูกข้าวในพื้นที่น้ำขัง ก๊าซมีเทนมีศักยภาพในการทำความร้อนให้แก่โลก 25 เท่าของ CO_2

3. ไนตรัสออกไซด์ (N_2O) เกิดขึ้นจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงและอุตสาหกรรมปุ๋ย N_20 มีศักยภาพในการทำความร้อนให้แก่โลก 298 เท่าของ CO_2

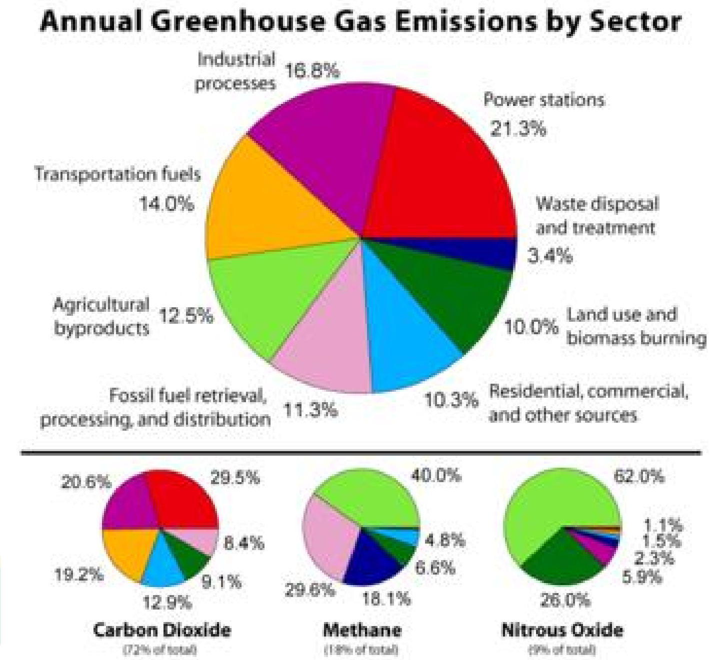
4. ไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFC) ส่วนใหญ่ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นทางเลือกในการใช้ทดแทนก๊าซคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ที่ทำลายชั้นโอโซน ซึ่งได้ถูกห้าม มิให้มีการใช้ตามพิธีสาร

มอนทรีออล ค.ศ.1987 HFC ไม่สร้างความเสียหายแก่ชั้นโอโซน แต่มีส่วนในการทำความร้อนให้แก่โลกโดยทั่วไปจะใช้ HFC เป็นสารกึ่งตัวน้ำในอุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น

5. เพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFC) เป็นผลพลอยได้จากการหลอมอลูมิเนียมและการสกัดยูเรเนียม และมีการผลิตขึ้นเพื่อใช้เป็นสารกึ่งตัวน้ำทดแทน CFC เช่นเดียวกัน PFC มีศักยภาพในการทำร้อนให้แก่โลก 7,400 เท่าของ CO_2

6. ซัลเฟอร์เฮกสะฟลูออไรด์ (SF6) ส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมหนักเพื่อเป็นฉนวนของเครื่องมือที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูง และใช้ในอุตสาหกรรมของระบบทำความเย็นที่มีสายเคเบิ้ล SF6 มีศักยภาพในการทำความร้อนให้แก่โลก 22,800 เท่าของ CO_2 ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่สูงขึ้นในช่วงศตวรรษที่ผ่านมานี้คาดการณ์ว่าเกิดจากการดำเนินกิจกรรม ของมนุษย์ซึ่งกิจกรรมแต่ละประเภทนั้นก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกแตกต่างกัน (เพ็ญศรี วัจฉละญาณ, 2550:63-64)

การเกษตรกรรมซึ่งมีการใช้ปุ๋ย อันส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์ออกมาจากสัดส่วนของแหล่งกำเนิดประเภทต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดก๊าซเรือนกระจกในปี 2543 ได้แบ่งประเภทของแหล่งกำเนิดออกเป็น 8 ภาคส่วน คือ โรงไฟฟ้า อุตสาหกรรมการขนส่ง เกษตรกรรมการกลั่น จ่ายจำหน่ายเชื้อเพลิง พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัย การใช้ที่ดินและการเผาเชื้อเพลิงชีวมวลและการกำจัดขยะ/ของเสีย พบว่า โรงไฟฟ้าเป็นแหล่งปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมสูงที่สุด 21.3% โดยเป็นแหล่งกำเนิดที่ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุดรองลงมาคือ ภาคอุตสาหกรรม ซึ่งทั้ง 2 แหล่งนี้ปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสัดส่วน 29.5% และ 20.6% ตามลำดับ สำหรับการเกษตรนั้นแม้ว่าปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมเพียง 12.5% แต่เป็นแหล่งกำเนิดที่สุดของก๊าซมีเทนและไนตรัสออกไซด์ โดยมีสัดส่วนถึง 40% และ 62% ตามลำดับ ดังแสดงใน ภาพที่ 2

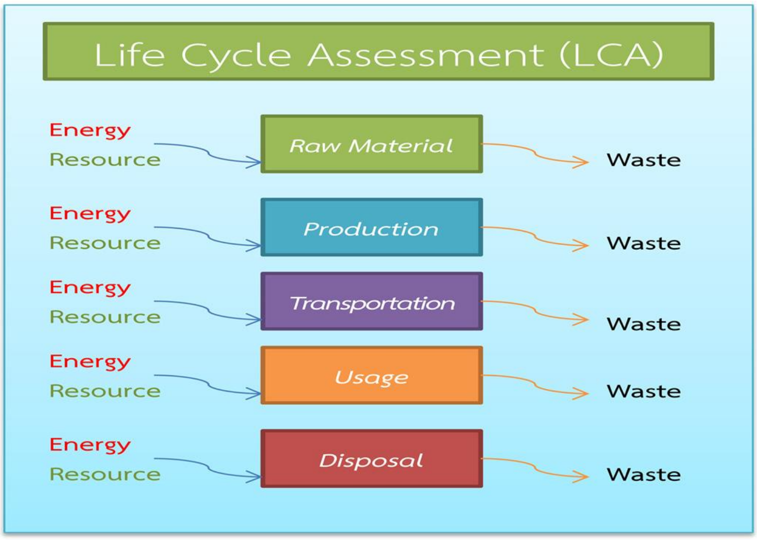


ภาพที่ 2.3 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยรวมจากแหล่งกำเนิด 8 ประเภท และสัดส่วนแยกตามชนิดของก๊าซเรือนกระจก

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Greenhouse_Gas_by_Sector.png สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2559

2.5 การประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment: LCA)

การประเมินวัฏจักรชีวิต คือ กระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรของผลิตภัณฑ์ โดยเริ่มตั้งแต่การสกัดหรือได้มาซึ่งวัตถุดิบ กระบวนการผลิต การขนส่ง และการแจกจ่าย การใช้งานผลิตภัณฑ์ การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการแปลงสภาพ และการจัดการเศษซากของผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ หรืออาจกล่าวได้ว่า LCA จะมีการพิจารณาผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการนั้นๆ ตั้งแต่เกิดจนตาย (Cradle to Grave) โดยมีการระบุถึงปริมาณพลังงานและวัสดุทั้งหมดที่ใช้ รวมทั้งของเสียทั้งหมดที่มีการปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมภายใต้ขอบเขตที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาวิธีปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ดังแสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การพิจารณาวัฏจักรชีวิตของกระบวนการและผลิตภัณฑ์ต่างๆ ในด้านการใช้วัสดุ การใช้พลังงานและของเสียที่ออกจากระบบ

ที่มา: http://en.wikipedia.org/wiki/File:Greenhouse_Gas_by_Sector.png สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2559

2.6 การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการของการประเมินวัฏจักรชีวิตของสินค้า (Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions (LCA-GHG) of Products)

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามรูปแบบ LCA-GHG นี้มีกรอบและขอบเขตการพิจารณาที่แตกต่างไปจากกรอบแนวคิดของ IPCC กล่าวคือ ในกรณีของ IPCC จะยึดแหล่งปล่อยจาก 4 ด้านเป็นหลัก (พลังงาน กระบวนการอุตสาหกรรม การเกษตรและการใช้พื้นที่ และของเสีย) และจะรายงานการปล่อยเป็นรายภาคเศรษฐกิจโดยในขั้นสุดท้ายจะมีการเปลี่ยนปริมาณการปล่อยให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (CO_2equivalent:CO_2eq) โดยใช้ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อน (Global -Warming Potential: GWP) (ตารางที่ 1) ส่วนแนวคิดของ LCA-GHG จะยึดถือกิจกรรมการผลิตของสินค้าและบริการตลอดวงจรชีวิตเป็นหลัก จึงทำการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากทุกกิจกรรมที่ก่อให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกการรายงานผลจะเป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (CO_2eq) โดยใช้ค่าใน ตารางที่ 2.2 เช่นเดียวกับในกรณีของ IPCC) ต่อหน่วยของสินค้าที่ทำการผลิต

ตารางที่ 2.2 ค่าศักยภาพทำให้โลกร้อน (GWP) ที่ใช้ในการคำนวณค่าปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

ประเภทของก๊าซ	GWP
1. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1
2. ก๊าซมีเทน (CH_4)	25
3. ก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O)	298
4. HFC-23	14,800
5. HFC-32	675
6. HFC-125	3,500
7. HFC-134a	1,430
8. HFC-143a	4,470
9. HFC-152a	124
10. HFCs-227ea	3,220
11. HEXAFLUOROETHANE (PFC - 116)	12,200
12. SF_6	22,800

ที่มา: คู่มือ Revised 2007 IPCC Guidelines

การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เป็นการนำข้อมูลที่จัดเก็บในขั้นตอนที่ 2 มาคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้ค่า Emission Factor เพื่อให้ได้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การแปลงค่าปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้อยู่ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยนำไปคูณกับค่าศักยภาพการทำให้โลกร้อน การดำเนินการในขั้นตอนนี้รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องการลงบันทึกแหล่งที่มาของข้อมูลและสมมติฐานต่าง ๆ ที่ใช้ประกอบการคำนวณประเภทผลกระทบคือศักยภาพในการทำให้เกิดโลกร้อน ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจก 6 ตัว(ตามข้อกำหนดของพิธีสารเกียวโต) ได้แก่ คาร์บอนไดอกไซด์ (CO_2) มีเทน (CH_4) ไนตรัสออกไซด์ (N_2O)กลุ่มไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน (HFCs) กลุ่มเพอร์ฟลูออโรคาร์บอน (PFCs) และซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์(SF_6) คำนวณรวมตามสมการต่อไปนี้

$$EP = \sum(EP_i) = \sum(Q_i * EF_i)$$ **สมการที่ 2.1**

โดย EP (Environmental Impact Potential) = ศักยภาพของผลกระทบที่นี้คือภาวะโลกร้อนในหน่วยมวลของคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (kg.CO2eq)

(Quantity) = ปริมาณของสาร I (สารขาเข้า-ขาออก) ที่ส่งผลต่อก๊าซเรือนกระจก

EFi (Emission Factor) = ค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของสาร i

การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากการผลิตไฟฟ้า

ค่าการปล่อย GHG จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าคำนวณโดย นำค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าคูณด้วยค่า GHG Emission Factor ของการผลิตไฟฟ้า

$$EM_{Elec} = EF_{Elec} \times E_{Elec}$$ **สมการที่ 2.2**

EM_{Elec} = ปริมาณค่าการปล่อย GHG จากปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kg CO_2 eq /ปี)

El_{ec} = ค่า Emission Factor จากปริมาณการใช้ไฟฟ้ า (kg CO_2 eq/กิโลวัตต์-ชม)

El_{ec} = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชม./ ปี)

หมายเหตุ : กรณีไม่สามารถตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้โดยตรง อาจให้ใช้การประมาณหรือคำนวณจากเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ โดยค่าพารามิเตอร์ที่ต้องทราบ คือ ค่าแรงม้า (Horse power)ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จำนวนชั่วโมงการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่อวัน (ชั่วโมง/วัน) และจำนวนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้ต่อวัน (ตัว/วัน)โดย 1 แรงม้า (Hp) = 0.7485 กิโลวัตต์

2.7 ชีวมวล (Biomass)

ชีวมวล (Biomass) หมายถึงวัสดุหรือสารอินทรีย์ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานได้ ชีวมวลนับรวมถึงวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เศษไม้ ปลายไม้จากอุตสาหกรรมไม้ มูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางการเกษตร และของเสียจากชุมชน การใช้งานชีวมวลเพื่อทาให้ได้พลังงานอาจจะทาโดยนามาเผาไหม้เพื่อนาพลังงานความร้อนที่ได้ไปใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าทดแทนพลังงานจากฟอสซิล เช่น น้ามัน ซึ่งมีอยู่อย่างจากัดและอาจหมดลงได้ ชีวมวลเป็นแหล่งทรัพยากรที่ล้าค่าต่อการนามาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย นับตั้งแต่สมัยดึกดาบรรพ์จนปัจจุบัน ชีวมวลเป็น

วัสดุที่มีราคาถูก เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากวัสดุที่เกิดระหว่างการทาเกษตรกรรม ป่าไม้ เป็นของเหลือทิ้งจากอาหารและพืชประเภทเส้นใยหรือผลพลอยได้ที่ไม่มีค่าจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ตลอดจนการก่อสร้างหรือรื้อถอนสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น ชีวมวลสามารถจำแนกตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ (ธเนศ อุทิศธรรม และคณะ. 2550)

-พืชผลทางการเกษตร (Agricultural crops) เช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ข้าวฟ่างหวาน ที่เป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรต แป้งและน้ำตาล รวมถึงพืชน้ำมันต่างๆ ที่สามารถนำน้ำมันมาใช้เป็นพลังงานได้

-เศษวัสดุเหลือทิ้งการเกษตร (Agricultural residues) เช่น ฟางข้าว เศษลำต้นข้าวโพด ซังข้าวโพด เหง้ามันสาปะหลัง

- ไม้และเศษไม้ (Wood and Wood residues) เช่นไม้โตเร็ว ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ เศษไม้จากโรงงานผลิตเครื่องเรือน และโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ เป็นต้น

-ของเหลือจากจากอุตสาหกรรมและชุมชน (Waste streams) เช่น กากน้ำตาล และชานอ้อยจาก โรงงานน้ำตาล แกลบ ขี้เลื่อย เส้นใยปาล์ม และกะลาปาล์ม

7.1 เทคโนโลยีการเพิ่มความหนาแน่นชีวมวล

7.1.1. กลไกลการบีบอัด การอัดแน่นเป็นเทคโนโลยีที่มีใช้มานาน แต่ความรู้ความเข้าใจของกลไกในการอัดแท่ง ชีวมวลแล้วทำให้เกิดการเกาะตัวกันของเนื้อวัสดุยังไม่ชัดเจนมากนัก อย่างไรก็ดีได้มีการเสนอแนวคิดมาว่า การเกาะตัวกันของเนื้อวัสดุ (Self-bonding) มาจากเหตุผล 3 ประการ คือ

- จากอิทธิพลของแรงกดอัด ทำให้เพคติน (Pectin) และสารโมเลกุลต่าอื่นๆ ในเนื้อวัสดุชีวมวล ถูกขับออกมาจากเซลล์ของเนื้อไม้ และทำตัวเป็นตัวประสานระหว่างเนื้อวัสดุชีวมวล

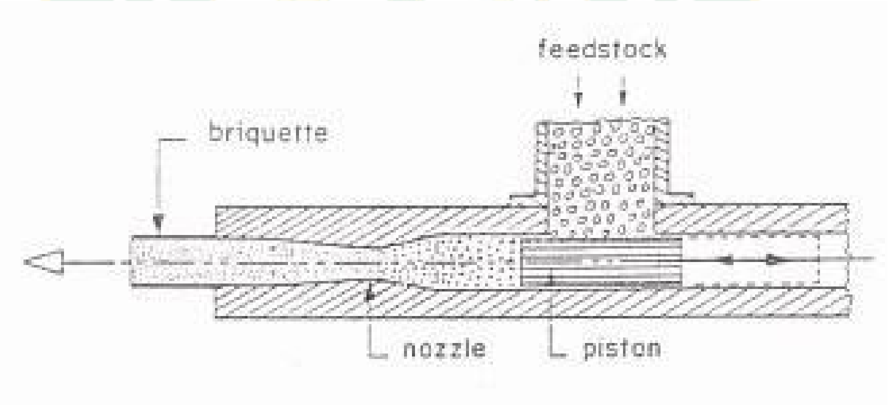
- ลิกนินซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของชีวมวลส่วนใหญ่ เกิดการอ่อนตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 130-190 ^{0}C หากมีผลกระทบจากน้ำในเนื้อชีวมวล จะทำให้การอ่อนตัวของลิกนินลดลงไปที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100^{0}C ได้ เป็นที่เชื่อกันว่า ลิกนินที่อ่อนตัวจะเป็นตัวสร้างการยึดเกาะขึ้นภายในเนื้อวัสดุระหว่างการอัดแน่นชีวมวลแล้วนำไปสู่การเกาะตัวกันของเนื้อเชื้อเพลิง

- การเกาะตัวกันของเนื้อวัสดุที่ถูกบีบอัดอาจจะมาจากแรงยึดติดของผลิตภัณฑ์จากเฮมิเซลลูโลสที่สลายตัวแปรสภาพระหว่างกระบวนการ

7.1.2 วิธีการเพิ่มความหนาแน่นของชีวมวล

1. การอัดแท่งด้วยกระบอกสูบ เครื่องอัดแท่งแบบกระบอกสูบ แสดงดังรูปที่ 3 ประกอบด้วยกลไกลูกสูบ และกระบอกสูบที่ออกแรงกดวัสดุจากช่องป้อนลงในเบ้า ลดขนาดพื้นที่หน้าตัดให้แน่นขึ้น

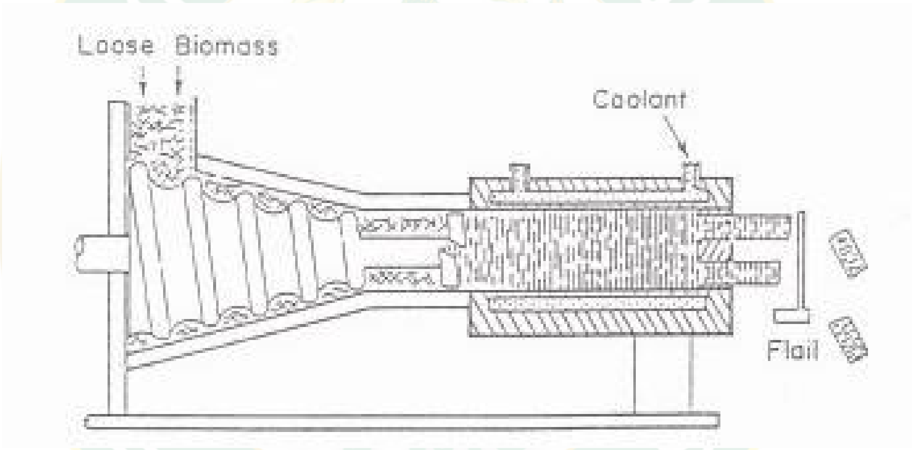
วัสดุที่ถูกอัดก็ร้อนขึ้นถึง 150-300 ^{0}C ระหว่างกระบวนการ โดยปกติแล้วเครื่องจักรอัดแท่งจะถูกขับด้วยไฟฟ้าและต่อกับล้อสะสมพลังงาน (Flywheel) พัฒนาการต่อมาคือการขับเคลื่อนด้วยระบบไฮดรอกลิค ซึ่งผู้ผลิตเครื่องจักรประเภทนี้จะมีในวงจากัดเฉพาะพวกยุโรปตะวันตก เครื่องอัดแท่งแบบนี้จะมีช่องยาวๆ ไว้ให้วัสดุผ่านและรักษารูปร่างที่ต้องการไว้ เมื่อถูกอัดแท่งผ่านเบ้าเครื่องจักรออกไปแล้ว วัสดุอัดแท่งจะเย็นลง ซึ่งจาเป็นต่อการควบคุมการควบแน่นของไอน้าภายในเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มิฉะนั้นแล้ว ความดันไอน้าจะส่งผลให้เกิดการแตกที่ผิวและมีผลต่อความเปราะบางของผลิตภัณฑ์ ความสามารถในการผลิตของเครื่องจักรประเภทนี้อยู่ที่ขนาดประมาณ 40-1000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้จะมีรูปร่างปกติคล้ายทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 ถึง 100 มิลลิเมตร ปัญหาที่เกิดขึ้นกับเครื่องอัดแท่งประเภทนี้ คือ การสึกหรอกของเบ้าแม่พิมพ์และการแตกร้าวของกระบอกสูบ (วีรชัย อาจหาญ. 2552)



ภาพที่ 2.5 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกระบอกสูบ
ที่มา: http://www.fao.org/docrep/t0275e/T0275E0b.gif. (ออนไลน์)

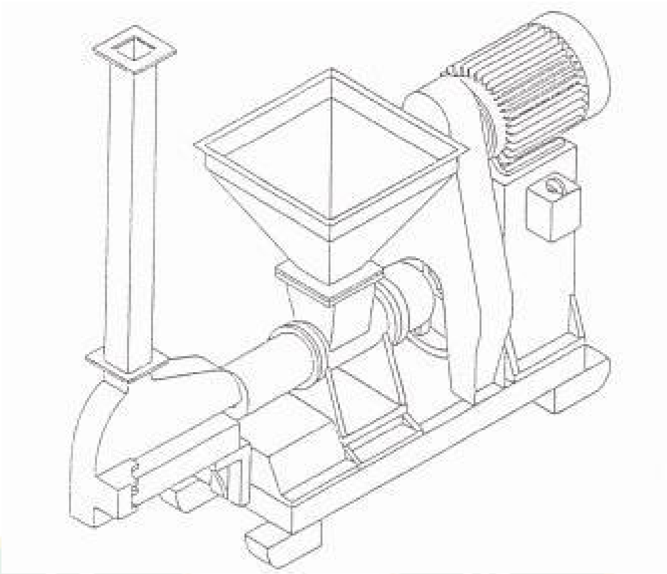
2. การอัดแท่งด้วยสกรู (Screw press) ในเครื่องอัดแท่งแบบนี้ วัสดุจะถูกอัดด้วยสกรู ซึ่งมีสกรูอยู่ 3 รูปแบบคือ สกรูทรงกรวย สกรูที่มีการให้ความร้อนและสกรูแฝด สาหรับสกรูทรงกรวยจะมีการอัดแท่งดังรูปที่ 4 หัวอัดสกรูจะหมุนส่งวัสดุผ่านช่องด้านหน้าให้ออกมาเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง ขนาดประมาณ 25 มิลลิเมตร โดยมีใบมีดตัดเชื้อเพลิงอัดแท่งให้ได้ตามความยาวที่ต้องการ สกรูดังภาพที่ 2.6 มีการให้ความร้อนจากไฟฟ้าด้านนอก ด้านในพื้นที่หน้าตัดจะไม่มีการลดขนาดในช่อง จะมีขอบคมเพื่อป้องกันไม่ให้เนื้อวัสดุหมุนตามติดไปกับร่องสกรู ขนาดเชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีขนาดประมาณ 50-100 มิลลิเมตร อุณหภูมิจะรักษาระดับไว้ที่ประมาณ 300 ^{0}C ซึ่งจะส่งถ่ายความร้อนให้เนื้อวัสดุมีอุณหภูมิราวๆ 200 ^{0}C ระหว่างกระบวนการความร้อนที่เกิดขึ้นมาจากแรงเสียดทานด้วยเชื้อเพลิงอัด

แท่งที่ได้จะถูกไพโรไลซิสไปบางส่วนบริเวณผิวด้านนอก ซึ่งทาให้เกิดมีควันขึ้นจนสังเกตได้ระหว่างกระบวนการอัดแท่งปกติแล้ว การออกแบบสกรูและเบ้าแม่พิมพ์จะทาให้เชื้อเพลิงอัดแท่งที่ได้มีช่องรูตรงกลาง ซึ่งทาเอาไว้เพื่อเป็นช่องทางให้ไอน้ำที่เกิดขึ้นระบายออกมา สาหรับเครื่องอัดแท่งประเภทนี้มีปัญหาในการบำรุงรักษามาจากการสึกหรอของสกรูและเบ้าแม่พิมพ์ อาจจะมีอายุใช้งานตั้งแต่ 100 ชั่วโมง ถึง 800 ชั่วโมงก่อนที่จะต้องเปลี่ยนเกลียวสกรู แบบที่ 3 เครื่องอัดแท่งแบบสกรูแฝด (Twin screw) แกนหมุนสกรูสองอันที่อยู่เคียงข้างกัน ถูกทาให้หมุนในทิศตรงข้ามกันในช่องกรอบรูปเลขแปด กรอบช่องรูปเลขแปดนี้ เป็นกล่องความดันที่มีการให้ความร้อนและมีช่องเปิดเพื่อระบายไอน้ำ เนื่องจากความดันสูง และเกิดความร้อนจากแรงเสียดทาน อุณหภูมิของวัสดุที่ถูกอัดแท่งอาจเพิ่มขึ้นถึง 250^{0}C เชื้อเพลิงอัดแท่งจะถูกดันออกตามแนวแกน วัสดุที่มีขนาด 30-80 มิลลิเมตรและมีความชื้นถึง 25 % สามารถใช้ได้กับเครื่องประเภทนี้โดยไม่ต้องไปทาให้แห้งก่อน



ภาพที่ 2.6 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบสกรู

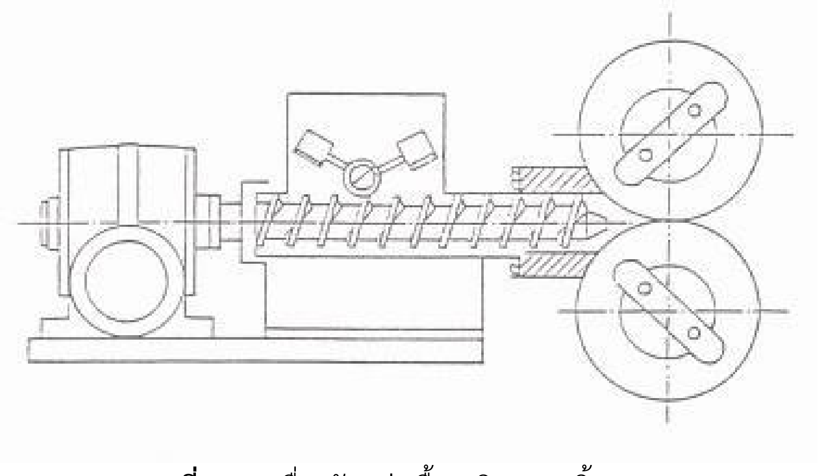
ที่มา: http://www.fao.org/docrep/t0275e/T0275E0b.gif. (ออนไลน์)



ภาพที่ 2.7 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบให้ความร้อนด้านนอก

ที่มา: http://www.fao.org/docrep/t0275e/T0275E0b.gif. (ออนไลน์)

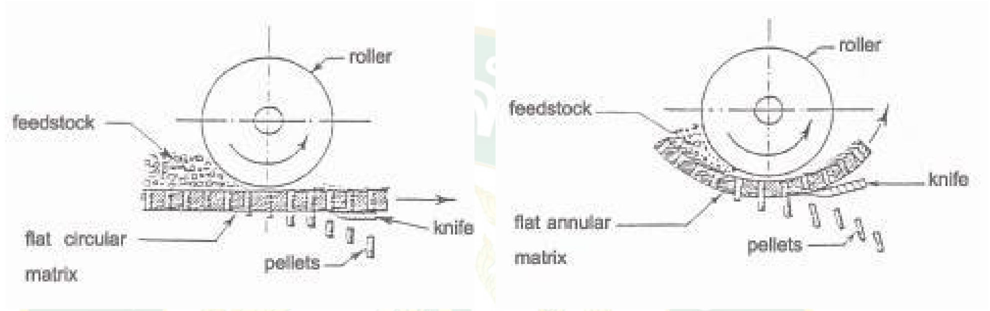
3. การอัดแบบกลิ้ง ดังภาพที่ 2.8 วัสดุจะถูกบีบอัดระหว่างตัวหมุนสองตัว ซึ่งหมุนในทิศทางตรงข้ามกัน มีช่องห่างระหว่างกันเล็กน้อยตามขนาดแท่งที่ต้องการ เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงประเภทนี้ ต้องใช้กับเชื้อเพลิงขนาดเล็กๆ กว่าเครื่องประเภทอื่น การกลิ้งอัดแบบนี้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีความคงทนน้อยกว่า แบบอัดผ่านช่องแคบๆ เนื่องจาก มีช่วงเวลาการอัดน้อย ทาให้ยากต่อการสร้างสภาวะความดันสูงและอุณหภูมิสูงให้เกิดขึ้นเพื่อทาให้ลิกนินในเนื้อวัสดุชีวมวลเยิ้มเกาะเนื้อวัสดุอัดแท่งได้ดีเครื่องอัดแบบกลิ้งนี้จะใช้ได้ดีเมื่อมีตัวประสาน (Binder) ด้วย ซึ่งมีกระบวนการคล้ายกับการอัดแท่งถ่านหินหรือถ่านไม้ทั่วไป



ภาพที่ 2 8 เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงแบบกลิ้ง

ที่มา: http://www.fao.org/docrep/t0275e/T0275E0b.gif. (ออนไลน์)

4. การอัดเป็นเม็ด การอัดเป็นเม็ด (Pelletizing) เครื่องอัดแท่งเชื้อเพลิงประเภทนี้ประกอบด้วยช่องแบบแม่พิมพ์และเครื่องหมุน ความดันที่ได้ส่งผลให้เกิดการบังคับวัสดุผ่านช่องแบบแม่พิมพ์ และทาให้เกิดความร้อนเนื่องจากแรงเสียดทาน ดังรูปที่ 7 เครื่องอัดเม็ดมี 2 ชนิด คือ แบบแหวน และแบบแผ่น เม็ดวัสดุที่ถูกอัดออกมาจะถูกตัดโดยใบมีดที่กำหนดไว้ ปกติเม็ดเชื้อเพลิงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5-15 มิลลิเมตร และความยาวไม่เกิน 30 มิลลิเมตร เชื้อเพลิงอัดก้อนจากเครื่องจักรประเภทนี้ อาจมีรูปร่างเป็นรูปลูกบาศก์หากมีขนาดใหญ่ขึ้น



ภาพที่ 2.9 เครื่องอัดเม็ดเชื้อเพลิง
ที่มา: http://www.fao.org/docrep/t0275e/T0275E0b.gif. (ออนไลน์)

กระบวนการอัดแท่งเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของเชื้อเพลิงแข็งแบบที่เกี่ยวข้องกับความดันสูงนี้จะสร้างปัญหาหลัก 2 อย่าง คือ การใช้พลังงานไฟฟ้ามากในการขับมอเตอร์ และการสึกหรอของชิ้นส่วนอุปกรณ์ ในการอัดแท่งขี้เลื่อยแบบใช้สกรู ค่าไฟฟ้ามีสัดส่วนสูงถึง 17% ของต้นทุนการผลิต และสกรูที่ใช้ต้องซ่อมแซมทุกๆ 100 ชั่วโมง และเปลี่ยนใหม่หลังใช้งาน 300 ชั่วโมง พลังงานในการอัดแท่งสามารถลดลงได้ เกือบ 40% หากทา การอุ่นให้ความร้อนกับชีวมวลก่อน และยังทา ให้มีอัตราการผลิตสูงขึ้นได้

7.2 การคำนวณศักยภาพทางด้านพลังงานชีวมวลของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
การคำนวณหาศักยภาพพลังงานไฟฟ้าและขนาดของโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล เป็นต้น โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบพื้นฐานของวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ ดังตารางที่ 2.3 เพื่อใช้ในการคำนวณศักยภาพด้านพลังงานโดยใช้ สมการที่ (2.3) – (2.7)

ตารางที่ 2.3 แสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตและค่าความร้อนและความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพ (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.2553)

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต(ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าความชื้น(%)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ต้น/ตอ/ใบ	1.10	10.65	16.316
	ซัง/เปลือก	0.37	12.30	19.611

การคำนวณศักยภาพทางด้านพลังงาน (เบญจมาศ ปุยออก, และคณะ, 2550) ได้ดังนี้

$$VOR = RP_{ratio} \times VOP_{year}$$ **สมการที่ 2.3**

เมื่อ

VOR = ปริมาณวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ (Volume Of Residue agriculture; 10^6 kg)

RTP_{ratio} = สัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ (Residue To Product ratio; %)

VOP_{year} = ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในรอบปี (Volume Of agricultural Production per year; 10_6 kg)

$$ENU = VOR \times RNU_r \times HHV_R$$ **สมการที่ 2.4**

เมื่อ

ENU = พลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Energy Not Used; 10^{12} J)

RNU_{ratio} = สัดส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Residue Not Used ratio; %)

HHV_R = ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุแต่ละชนิด (High Heating Value of Residue; 10^6 kg)

$$TOE = ENU / (42.244 \times 10^9)$$ **สมการที่ 2.5**

เมื่อ

TOE = พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Tons of Oil Equivalents energy; 10^3 toe) โดยกำหนดให้ 1 toe = 42.244×10^9 J (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2554)

$$POE = (ENU \times PE_{hour}) / 3,600$$ **สมการที่ 2.6**

เมื่อ

POE = ศักยภาพพลังงานไฟฟ้า (Potential Of Energy; 10^9 Whr)

PE_{hour} = กาลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Power of Electric per hour; Whr)

โดยกำหนดให้ 1 Whr = 3,600 J

$$SOBP = POE / HYP$$ **สมการที่ 2.7**

เมื่อ

SOBP = ขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล (Size Of bio-electric plant;10^3 W)

HYP = ชั่วโมงการผลิตต่อปี (Hour per Year to Production; hr)

7.3 เทคโนโลยีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้กระบวนการหมัก (Composting Process) คือ กระบวนการสลายตัวของสารอินทรีย์และให้เกิดสารที่เสถียรกว่าเดิมโดยกระบวนการทางชีววิทยา การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ต้องใช้กระบวนการผลิตที่ให้อุณหภูมิสูง เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นโรคพืช คน และสัตว์ในวัสดุหมัก รวมทั้งเพื่อลดจำนวนประชากรจุลินทรีย์ธรรมชาติในช่วงสุดท้ายที่อุณหภูมิในกองปุ๋ยให้ลดลงใกล้เคียงกับอุณหภูมิปกติโดยปกติการกระบวนการหมักจำแนกออกเป็น 2 รูปแบบคือ 1) การหมักในที่เปิด และ 2) การหมักในถังปฏิกรณ์

1. การหมักที่เปิด (Open Process)

- Agitated Pile(Windrow)โดยการนำวัตถุดิบมากองไว้และพลิกในเวลาทีเหมาะสมเพื่อเติมอากาศให้ปฏิกิริยาเป็นแบบ Aerobic เป็นไปอย่างสมบูรณ์

- Passive or Forced Aeration Static pileโดยการนำวัตถุดิบมากองและเติมอากาศโดยให้มีการระบายอากาศได้อย่างทั่วถึงโดยการมีการให้อากาศไว้ในด้านล่าง

2 การหมักถังปฏิกรณ์ (Reactor Process)

วัสดุทีใช้หมักจะบรรจุใน Building,container,หรือ vessel(Bincomposting, rectangularagitated Bin composting, rectangular agitated beds, silos, rotating drum) มีระบบเติมอากาศและระบบกลับกองเพื่อเร่งกระบวนการเกิดปุ๋ย

2.8 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรกต พรมโสดา (2551) ศึกษาการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมของการแปรรูปไม้ยางพารามีขอบเขตตั้งแต่กระบวนการปลูกถึงกระบวนการอบแห้ง เป้าหมายหลักของการศึกษานี้ คือ การจัดทำฐานข้อมูลรายการการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปอบแห้งโดยใช้หลักการสมดุลมวลสารและพลังงานในทุกๆขั้นตอนของการผลิต จากนั้นได้ทำการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยใช้แบบจำลอง CML 2 Baseline 2000 ของโปรแกรม SimaPro 7.1 โดยผลการประเมินเน้นด้านศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อน การเกิดความเป็นกรดของดินและน้ำ และการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำเกินสมดุล ภายใต้ฐานการคำนวณที่การผลิตยางพาราแปรรูป 1,000 ลูกบาศก์ฟุต และอายุต้นยางพาราที่ 22 ปี พบว่า ศักยภาพการเกิดภาวะโลกร้อนการเกิดความเป็นกรดของดินและน้าและการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เกินสมดุลมีผลกระทบเท่ากับ (-1)1.01X105 kg CO_2 (+) 25.7 kg SO_2 และ (+)6.87 kg PO4 เทียบเท่า ตามลำดับ ในการวิเคราะห์กระบวนการย่อยของกระบวนการผลิตไอน้ำ พบว่า ผลกระทบต่อการเกิดความเป็นกรดของดินและน้ำ มีสัดส่วนสูงสุดคือร้อยละ 43.7 และมีผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เกินสมดุลในสัดส่วนร้อยละ 41 ส่วนกระบวนการปลูกจะทำ ให้เกิดผลกระทบต่อการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารในแหล่งน้ำ เกินสมดุลในสัดส่วนร้อย 46 และเกิดผลกระทบต่อการเกิดความเป็นกรดของดินและน้ำ ในสัดส่วนร้อยละ 23 นอกจากนี้การทำสมดุลพลังงานสามารถบ่งชี้ประสิทธิภาพระบบการผลิตไอน้ำ ของกระบวนการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปได้ร้อยละ 71.42

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) ศึกษาโครงการจัดทำฐานข้อมูลการปล่อยก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตร ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความต้องการข้อมูลด้านการเกษตรที่ต้องจัดเก็บเพิ่มตามคู่มือการจัดทาบัญชีก๊าซเรือนกระจกของ IPCC เพื่อจัดทาฐานข้อมูลก๊าซเรือนกระจกภาคเกษตรจำแนกทั้งตามแหล่งปล่อยและรายสินค้าที่สำคัญ ประกอบด้วย ข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มันสา ปะหลัง อ้อย ปาล์มน้า มัน ยางพารา ไก่ หมู กุ้ง และอื่นๆ โดยจัดทำฐานข้อมูลการคำนวณและแสดงตัวอย่างการคำนวณตามวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment; LCA) ครอบคลุมตั้งแต่การผลิตจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต (ไม่รวมการขนส่งกระบวนการผลิต ในโรงงานอุตสาหกรรม การใช้ และการกำจัดของเสีย) แบ่งออกเป็น การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามวิธีการของ IPCC 2006 ประกอบด้วย 1)การคำนวณการปล่อย/ดูดกลับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่ปาล์มน้ำมันที่ไม่มีการเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่อื่นๆ ผลการคำนวณพบว่า มีก๊าซ N_2O ถูกปล่อยมาจากการปลูกปาล์มน้ำมันในปี พ.ศ. 2554 จำนวน 0.4 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการปล่อยจากการใช้ปุ๋ยเคมี (ร้อยละ 56) แยกเป็นการ

ปล่อยทางตรงร้อยละ 41 และทางอ้อมร้อยละ 13 ส่วนการปล่อยก๊าซ N_2O จากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์รวมคิดเป็นร้อยละ 44 ของการปล่อยทั้งหมดและ 2) การคำนวณการปล่อย/ดูดกลับก๊าซเรือนกระจกเมื่อการเปลี่ยนพื้นที่อื่นๆ มาเป็นพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน พบว่า การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันระหว่างปี พ.ศ. 2553 และ 2554 แสดงว่าส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้น 2.3 ล้านตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า สาหรับการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีศึกษาตามวิธีการ LCA-GHG ผลการคำนวณพบว่า โดยเฉลี่ยในการผลิตปาล์มน้า มัน 1 ตัน จะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำนวน 242.3 กิโลกรัม อย่างไรก็ตาม ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อตัน มีความแตกต่างกันมากระหว่างเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมัน โดยมีช่วงค่าระหว่าง 5.6-467.5 kgCO_2e/ตัน ทั้งนี้ ขึ้นกับระยะเวลาการปลูก โดยค่าที่สูงมาจากการปลูกปาล์มน้ำมันที่มีอายุเพียง 3 ปี ที่กา ลังให้เริ่มให้ผลผลิตในขณะที่การใช้ปัจจัยการผลิต ไม่แตกต่างจากการปลูกระยะอื่นมากนัก ทำให้การปล่อยก๊าซเรือนกระจกน้อยกว่าปกติ ส่วนค่าที่ต่ำ มีสามเหตุหลักมาจากมีการใช้ปุ๋ยน้อย ดังนั้น ปัจจัยที่มีผลต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการปลูกปาล์มน้ำมัน คือการใส่ปุ๋ย ซึ่งโดยรวม 12 สัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากปุ๋ยเคมีสูงถึงร้อยละ 67 และ 28 ในขั้นตอนการใส่และผลิตปุ๋ย ตามลำดับส่วนการใช้พลังงานคิดเป็นร้อยละ 4 สาหรับข้อเสนอแนะในงานวิจัยครั้ง ในการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกปาล์มน้ำมัน ควรมีข้อมูลชีวมวลแยกตามพื้นที่ พันธุ์และอายุ ข้อมูลการใส่ปุ๋ยเคมีและข้อมูลการจัดการชีวมวล นอกจากนี้ ในพื้นที่ที่มีการปลูกพืชเหล่านี้ในพื้นที่ใหม่ ควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนก่อนและหลังการปลูกด้วย

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2555) ศึกษาต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตข้าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางในการลดก๊าซเรือนกระจก และวิเคราะห์ต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตข้าวเทียบกับต้นทุนกรณีปกติ โดยศึกษาในพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศทุกภาค ยกเว้นภาคใต้ โดยมีแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก 4 แนวทาง ประกอบด้วย แนวทางการใช้ปุ๋ยสั่งตัด การเลื่อนการปล่อยน้ำกลางฤดูเพาะปลูก การใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตแทนปุ๋ยยูเรีย และการใช้ปุ๋ยหมักแทนปุ๋ยพืชสด ผลการศึกษาพบว่า แนวทางการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมีความแตกต่างกันในแต่พื้นที่ซึ่งแนวทางที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด และลดต้นทุนการผลิตข้าว คือแนวทางการใช้ปุ๋ยสั่งตัดในภาคกลาง และการเลื่อนการปล่อยน้ำกลางฤดูเพาะปลูกในพื้นที่ที่เกษตรกรปล่อยน้ำอยู่แล้ว ในขณะที่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตแทนปุ๋ยยูเรียนั้นไม่คุ้มทุน และแนวทางการใช้ปุ๋ยหมักหรือการหมักฟางข้าวก่อนใส่ลงในนาข้าวจำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติม เนื่องจากการกำหนดนโยบายการลดก๊าซเรือนกระจก เกษตรกรจะเป็นกลุ่มแรกที่ได้รับผลกระทบทั้งทางบวกและลบ ปัจจุบันเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจเรื่องการปล่อยและลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวจึงต้องใช้เวลาที่จะทำให้เกษตรกรเข้าใจและยอมรับการปรับวิธีการผลิตข้าวเพื่อลดก๊าซเรือนกระจกและควรกำหนดนโยบายเชิงบวกกับเกษตรกรรวมทั้งอุดหนุนและชดเชยให้แก่เกษตรกรในส่วนที่สูญเสียใน

ขณะเดียวกันควรเร่งส่งเสริมการวิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวควบคู่กับแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก และควรมีการวิจัยการยอมรับของชุมชนเพื่อให้สามารถกำหนดนโยบายเชิงรุกในการลดก๊าซเรือนกระจกจากนาข้าวได้

นเรศ ใหญ่วงศ์ (2554) ศึกษาการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง โดยอาศัยหลักการการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ และวิธีการคัดกรองตัวแปร ซึ่งงานวิจัยนี้ได้หน่วยหน้าที่ของการศึกษาคือ ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องจำนวน 1 กระป๋อง ขนาด 12 ออนซ์เพื่อประเมินก๊าซเรือนกระจกตลอดช่วงอายุผลิตภัณฑ์ โดยครอบคลุมตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนขนส่งมายังโรงงาน ขั้นตอนกระบวนการผลิต ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์และขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือ ผลการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องพบว่า มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมด 246 กรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า โดยขั้นตอนการได้มาซึ่งวัตถุดิบมีการปล่อยเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 94 ของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดรองลงมาคือ ขั้นตอนการผลิต และผลจากประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องในรูปแบบการคัดกรองตัวแปรพบว่า ค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก (RGHG) เท่ากับ 23.04 คะแนน โดยขั้นตอนกระบวนการผลิตมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ26ของค่าความรับผิดชอบของก๊าซเรือนกระจก รองลงมาคือ ขั้นตอนการบรรจุผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่งมายังโรงงาน และขั้นตอนการขนส่งไปยังท่าเรือตามลำดับ แนวทางการลดก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้น จึงควรมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงและพัฒนาการใช้วัตถุดิบ และพลังงานให้มีประสิทธิภาพ เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาจากทั้ง 2 วิธีพบว่า ผลการประเมินมีแนวโน้ม และรูปแบบการประเมินที่แตกต่างกันการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์จะเหมาะสมกับองค์กรที่มีความพร้อมทางด้านเงินทุน เพราะต้องใช้ข้อมูลที่มีความละเอียดและทรัพยากรบุคคลที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะด้าน ซึ่งมีผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูง และวิธีการประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ในรูปแบบการคัดกรองตัวแปรเป็นเครื่องมือที่ง่ายต่อการประเมินและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เหมาะสมกับกานำไปใช้งานในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม เนื่องจากมีค่าดำเนินการที่ต่ำ

ชัยชาญ (2547) ได้สรุปเกี่ยวกับพลังงานชีวมวลในไทยไว้ว่า การใช้ไม้ ซากพืช มูลสัตว์หรือของเหลือจากการเกษตรกรรม ไม้ฟืนจากป่าไม้ เหล่านี้ไม่ได้เป็นของใหม่สาหรับคนไทยที่มีการใช้งานมานานแล้วและใช้ได้ดีด้วย เพียงแต่เมื่อมีเทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาก็ลืมหรือมองข้ามของเก่าไป การนำชีวมวลมาใช้ผลิตพลังงานนั้น ก่อให้เกิดประโยชน์ทั้งด้านเศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม ดังตัวอย่างเช่น การศึกษาการพัฒนาพลังงานชีวมวล 1,000 เมกกะวัตต์ ร่วมกับการจัดการใช้ไฟฟ้า 400 เมกกะวัตต์ เป็นพลังงานทางเลือกเปรียบเทียบกับโรงไฟฟ้าถ่านหินนาเข้า 1,400 เมกกะวัตต์ พบว่าต้นทุนการผลิตไฟฟ้ามีความใกล้เคียงกันประมาณ 1.60 บาทต่อหน่วย การพัฒนาชีวมวลมีสัดส่วนการ

นาเข้าน้อยกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินมาก เนื่องจากใช้ทรัพยากรและเทคโนโลยีในประเทศ ดังนั้นการใช้พลังงานทางเลือกจึงสามารถรักษาเงินที่ออกไปต่างประเทศได้มากกว่า 78,000 ล้านบาท ตลอดอายุโครงการ ซึ่งค่าใช้จ่ายส่วนนี้จะเวียนอยู่ในประเทศแทน ก่อให้เกิดการจ้างงานมากกว่าโรงไฟฟ้าถ่านหินถึง 10 เท่า และกระจายตัวอยู่ทั่วไปในชนบท ซึ่งนอกจากจะส่งผลดีต่อการพัฒนาพื้นที่ในชนบทแล้ว ยังทาให้รัฐบาลไทยได้รับภาษีเพิ่มขึ้น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับทรัพยากรในท้องถิ่นเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการพัฒนาประเทศไทยในระยะยาว ในด้านสิ่งแวดล้อมการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิลมาก โดยเฉพาะลดปัญหาการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นก๊าซเรือนกระจก เนื่องจากการเพาะปลูกพืชหรือชีวมวลจะช่วยดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ดังนั้นการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลถือว่าเป็นการใช้พลังงานที่ไม่ทาให้เกิดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโลกเพิ่มขึ้น

ดังนั้นหากพัฒนาการใช้ชีวมวลอย่างเต็มศักยภาพและจริงจัง ก็จะสร้างภูมิคุ้มกันทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อมให้กับพลังงานของไทยได้มากทีเดียว

ธเนศ และคณะ (2550) ได้ทาการศึกษาเกี่ยวกับศักยภาพพลังงานจากชีวมวลเหลือทิ้งในประเทศไทย โดยการศึกษานี้ครอบคลุมถึงแหล่งพลังงานจากชีวมวลว่า จะเพียงพอกับนโยบายการเพิ่มชีวมวลของประเทศหรือไม่ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า พลังงานจากชีวมวลเหลือทิ้งในประเทศไทยรวมทั้งหมด 17.1 เมกกะตันน้ำมันดิบต่อปี แบ่งเป็นพลังงานเหลือทิ้งจากพืชชีวมวล 13.0 เมกกะตันน้ามันดิบต่อปี โดยที่อ้อยและข้าวเป็นพืชชีวมวลที่ยังมีส่วนเหลือทิ้งเทียบเท่าพลังงานมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 70.1 ของพลังงานเหลือทิ้งจากพืชชีวมวลทั้งหมด โดยที่ส่วนยอดของอ้อยและฟางข้าว เป็นสิ่งเหลือทิ้งที่มีศักยภาพสูงสุด จากงานวิจัยนี้สรุปได้ว่าชีวมวลเหลือทิ้งที่มีศักยภาพสูงสามารถนามาแปรรูปเป็นพลังงานได้คือ ส่วนที่เหลือทิ้งจากข้าว โดยชีวมวลส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคอีสาน ซึ่งชีวมวลเหล่านี้มีปริมาณมากเพียงพอตลอดปี และเหมาะสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า เนื่องจากมีราคาถูกและส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน

รมณีย์ (2549) ได้กล่าวว่า ชีวมวลนั้นไม่เพียงแต่เป็นแหล่งให้อาหารแต่ยังเป็นทรัพยากรที่ล้ำค่าต่อการนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย นับตั้งแต่สมัยดึกดาบรรพ์จนกระทั่งทุกวันนี้ เช่น ใช้เป็นแหล่งพลังงาน เป็นวัตถุดิบในการผลิตเยื่อกระดาษ สิ่งทอ ยา สารเคมี หรือแม้แต่เครื่องมืออุปกรณ์ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น โดยได้ให้ความหมายของ ชีวมวลไว้ว่า ชีวมวลคือสารพวกอินทรียวัตถุ เช่น ไม้ พืชผลชนิดต่างๆ วัชพืช ของเหลือทิ้งจากมนุษย์และสัตว์ ที่สามารถนามาใช้เป็นแหล่งกำเนิดของผลิตผลทางชีววิทยาประยุกต์ ซึ่งช่วยลดหรือขจัดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่เป็นสาเหตุให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก ชีวมวลเป็นวัสดุที่มีราคาถูก เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นผลพลอยได้จากวัสดุ

ที่เกิดระหว่างการทาเกษตรกรรม ป่าไม้ เป็นของเหลือทิ้งจากอาหารและพืชประเภทเส้นใยหรือผลพลอยได้ที่ไม่มีค่าแล้วจากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม โรงทอผ้า โรงผลิตน้ำตาล โรงสี โรงเลื่อย ตลอดจนการก่อสร้างหรือรื้อถอนสิ่งปลูกสร้าง เป็นต้น

Fiedler et al. (2007) ได้เสนอวิธีการวางแผนและแบบจำลองที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการออกแบบระบบจัดส่งชีวมวล ซึ่งจะทำให้ผู้ลงทุนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาการจัดส่งชีวมวลได้อย่างครอบคลุม เลือกสถานที่ผลิตชีวมวลตามเงื่อนไขการทำงาน และการวางแผนสามารถประมาณผลกำไรจากการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับราคาชีวมวลที่มีความเป็นไปได้จริง ปรับเทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมกับชนิดของชีวมวลได้อย่างเหมาะสม คาดการณ์เกี่ยวกับการลงทุนในส่วนของสิ่งที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือที่จำเป็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนสำหรับกระบวนการ การจัดเก็บ การจัดการ และการขนส่ง เนื่องจากการสร้างแบบจำลองมีความยุ่งยากและซับซ้อนในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอขั้นตอนในการสร้างแบบจำลอง ซึ่งเป็นการวางแผนเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดของระบบจัดส่งชีวมวล โดยมีปัจจัยที่สำคัญหลักคือ สถานที่ตั้งของโรงงานเปลี่ยนสภาพชีวมวล ความต้องการชีวมวลต่อปี และคุณสมบัติของชีวมวล ในการหาข้อมูลเพื่อมาใช้ออกแบบระบบนี้ จาเป็นต้องมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือดังนั้นงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการใช้ GIS (ระบบข้อมูลทางภูมิประเทศ) ในการหาตำแหน่งของแหล่งชีวมวล ซึ่งสามารถช่วยให้การออกแบบระบบจัดส่งง่ายยิ่งขึ้น

Garivait et al. (2006) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยพิจารณาแล้วว่า มีศักยภาพในการนำมาใช้เพราะมีปริมาณมาก โดยคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทยนั้น สามารถใช้เป็นวัตถุดิบให้กับกระบวนการแปรสภาพเป็นพลังงานได้ เศษวัสดุเหลือใช้ในประเทศไทยมาจากพืชเศรษฐกิจคือ ข้าวเปลือก ข้าวโพด อ้อย และปาล์มน้ามัน ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลและอภิปรายในส่วนขององค์ประกอบของพืชเหล่านั้นกับข้อมูลอ้างอิงของงานวิจัยอื่น โดยใช้การวิเคราะห์ proximate และ ultimate ซึ่งเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบของ แกลบ ฟางข้าว ต้นข้าวโพด อ้อย และปาล์มน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านหินพบว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีค่าความร้อนและปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านหิน ปริมาณไนโตรเจนและซัลเฟอร์ก็ยังต่ำกว่ามาก ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมหากมีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยความร้อน แต่ยังคงต้องมีการศึกษาเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในส่วนของการเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมและการออกแบบสภาวะในการดำเนินงาน

Fiedler et al. (2007) ได้เสนอวิธีการวางแผนและแบบจาลองที่ช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้กลยุทธ์ในการออกแบบระบบจัดส่งชีวมวล ซึ่งจะทาให้ผู้ลงทุนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาการจัดส่งชีวมวลได้อย่างครอบคลุม เลือกสถานที่ผลิตชีวมวลตามเงื่อนไขการทางาน และการวางแผนสามารถประมาณผลกาไรจากการตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับราคาชีวมวลที่มีความเป็นไปได้จริง ปรับ

เทคโนโลยีให้มีความเหมาะสมกับชนิดของชีวมวลได้อย่างเหมาะสม คาดการณ์เกี่ยวกับการลงทุนในส่วนของสิ่งที่เป็นโครงสร้างพื้นฐานและเครื่องมือที่จาเป็น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการ

วางแผนสาหรับกระบวนการ การจัดเก็บ การจัดการ และการขนส่ง เนื่องจากการสร้างแบบจาลองมีความยุ่งยากและซับซ้อนในงานวิจัยนี้ได้นาเสนอขั้นตอนในการสร้างแบบจาลอง ซึ่งเป็นการวางแผนเพื่อหาจุดที่เหมาะสมที่สุดของระบบจัดส่งชีวมวล โดยมีปัจจัยที่สำคัญหลักคือ สถานที่ตั้งของโรงงานเปลี่ยนสภาพชีวมวล ความต้องการชีวมวลต่อปี และคุณสมบัติของชีวมวล ในการหาข้อมูลเพื่อมาใช้ออกแบบระบบนี้ จาเป็นต้องมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือดังนั้นงานวิจัยนี้ได้กล่าวถึงการใช้ GIS (ระบบข้อมูลทางภูมิประเทศ) ในการหาตำแหน่งของแหล่งชีวมวล ซึ่งสามารถช่วยให้การออกแบบระบบจัดส่งง่ายยิ่งขึ้น

Garivait et al. (2006) ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรโดยพิจารณาแล้วว่า มีศักยภาพในการนำมาใช้เพราะมีปริมาณมาก โดยคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในประเทศไทยนั้น สามารถใช้เป็นวัตถุดิบให้กับกระบวนการแปรสภาพเป็นพลังงานได้ เศษวัสดุเหลือใช้ในประเทศไทยมาจากพืชเศรษฐกิจคือ ข้าวเปลือก ข้าวโพด อ้อย และปาล์มน้ำมัน ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอผลและอภิปรายในส่วนขององค์ประกอบของพืชเหล่านั้นกับข้อมูลอ้างอิงของงานวิจัยอื่น โดยใช้การวิเคราะห์ proximate และ ultimate ซึ่งเป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบของ แกลบ ฟางข้าว ต้นข้าวโพด อ้อย และปาล์มน้ำมัน เมื่อเปรียบเทียบกับถ่านหินพบว่าเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมีค่าความร้อนและปริมาณเถ้าต่ำกว่าถ่านหิน ปริมาณไนโตรเจนและซัลเฟอร์ก็ยังต่ำกว่ามาก ซึ่งเป็นผลดีต่อสิ่งแวดล้อมหากมีการนำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยความร้อน แต่ยังคงต้องมีการศึกษาเชื้อเพลิงแต่ละชนิดในส่วนของการเลือกใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมและการออกแบบสภาวะในการดำเนินงาน

Perpina et al. (2009) ได้สนับสนุนการวางโครงการนำชีวมวลเหลือใช้ทางการเกษตรและป่าไม้มาใช้ให้คุ้มค่าที่สุด โดยมุ่งการพัฒนาและนำวิธีการเกี่ยวกับโลจิสติกส์และกลยุทธ์ในการขนส่งมาใช้หาที่ตั้งระบบของโรงงานผลิตพลังงานจากชีวมวลส่วนภูมิภาค วิธีนี้ได้รับการพัฒนามาจากการใช้ระบบข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในการจัดหาข้อมูลระยะการกระจายตัวของชีวมวลเหลือทิ้ง ซึ่งพิจารณาพื้นที่ 1 ตารางกิโลเมตรในลักษณะสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยแบ่งพื้นที่เป็นตารางอย่างสม่ำเสมอ ในการพิจารณาจุดศูนย์กลางของแต่ละสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะถูกหาค่าและจำแนกตาม "จุดเริ่มต้น" (แหล่งของการรวบรวมชีวมวล) หรือ "จุดปลายทาง" (พื้นที่ที่มีความเป็นไปได้ในการจัดตั้งโรงผลิตพลังงานจากชีวมวลจะขึ้นอยู่กับ เทคโนโลยี เศรษฐศาสตร์ สิ่งแวดล้อม และข้อบังคับทางสังคม) งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่การทาแผนที่ศักยภาพของชีวมวลและหาพื้นที่ที่ดีที่สุดสาหรับตั้งโรงผลิตพลังงานจากชีวมวล ในการระบุพื้นที่ที่ดีที่สุดนั้นจาเป็นต้องหาเวลา ระยะทาง และค่าใช้จ่ายในการขนส่งชีวมวลตามเส้นทางถนนโดยวิธีการวิเคราะห์เป็นแบบโครงตาข่าย

เสวียน เปรมประสิทธิ์ และคณะ (2555) ได้ศึกษาปริมาณคาร์บอนในพื้นที่นาข้าวของ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง จำแนกปริมาณคาร์บอนตามฟางข้าวและตอซังในภาพรวม 9 จังหวัด พบว่าปริมาณคาร์บอนในฟางข้าวเฉลี่ย 73.32 กิโลกรัม/ไร่ และมีปริมาณคาร์บอนในตอซังเฉลี่ย 119.28 กิโลกรัม/ไร่ และปริมาณคาร์บอนรวมเฉลี่ย 139.59 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อพิจารณารายจังหวัด พบว่า พื้นที่จังหวัดตากมีปริมาณคาร์บอนจากฟางข้าวและตอซังน้อยที่สุดประมาณ 20,327.9 ตันต่อปี ในขณะที่จังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณคาร์บอนจากฟางข้าวและตอซังมากที่สุดประมาณ 719,625.5 ตันต่อปี

เพ็ญนภา คงรัตนโชค (2548) ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมันสำปะหลังและยางพารา จังหวัดระยอง ผลการศึกษาพบว่าในหนึ่งรอบการเพาะปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งสิ้น 8,368.49 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นมันสำปะหลัง พืชผิวดินและในดิน 959.97, 153.88 และ 7,254.64 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ โดยตั้งแต่ระยะปลูกจนถึงระยะเก็บเกี่ยวในไร่มันสำปะหลังมีการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น 1,631.12 กิโลกรัม/ไร่ ในยางพาราพบว่าในระยะให้ผลผลิตมีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งสิ้น 14,764.57 กิโลกรัม/ไร่ ประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นยางพารา พืชผิวดิน ซากพืชร่วงหล่นและในดิน 12,226.14, 27.57, 45.50 และ 2,465.36กิโลกรัม/ไร่ ตามล้าดับ ในระยะผลัดใบมีปริมาณการสะสมคาร์บอนทั้งสิ้น 16,918.29 กิโลกรัม/ไร่ประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นยางพารา พืชผิวดิน ซากพืชร่วงหล่นและในดิน 12,533.71,19.67, 121.87 และ 4,253.04 กิโลกรัม/ไร่ ตามล้าดับ โดยตั้งแต่ระยะให้ผลผลิตจนถึงระยะผลัดใบของยางพารามีปริมาณการสะสมคาร์บอนเพิ่มขึ้น 2,153.72 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งประกอบด้วยการสะสมคาร์บอนในต้นยางพารา ซากพืชร่วงหล่นและในดิน 297.57, 121.87 และ 1,787.68 กิโลกรัม/ไร่
ตามล้าดับ

วีรชัย อาจหาญ และคณะ (2555) ผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรในที่โล่งแจ้งพบว่า การเผาเปลือก/ซังข้าวโพดในที่โล่งแจ้งก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ออกไซด์ของไนโตรเจนซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่น รวมเท่ากับ 68.68, 3.57,0.46, 1,917.69 และ 23.38 กรัมต่อกิโลกรัมชีวมวลแห้ง ตามลำดับ การเผาต้น/ตอ/ใบข้าวโพดในที่โล่งแจ้งก่อให้เกิดคาร์บอนมอนอกไซด์ออกไซด์ของไนโตรเจน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และฝุ่น รวมเท่ากับ 63.74, 2.31, 0.541, 147.43 และ 3.39 กรัมต่อกิโลกรัมชีวมวลแห้ง ตามลำดับ

สถาพร ใจอารีย์ (2554) ศึกษาผลของการจัดการตอซังข้าวโพดต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดิน การเก็บกักคาร์บอนในดิน การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดิน และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ผลการทดลอง 3 ปีพบว่า การปลดปล่อยคาร์บอนสุทธิของดินเฉลี่ย มีค่า

0.899, 0.727 และ 1.021 ในแปลงจังหวัดชลบุรี 0.543, 0.130, และ 0.833 ในจังหวัดลพบุรีและจังหวัดนครราชสีมามีค่า 0.550, 0.142 และ 0.779 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี จากผลการทดลองสามารถสรุป ได้ว่า การไถกลบตอซังไม่มีผลแตกต่างต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินเมื่อเทียบกับการถอนตอซัง (แปลงควบคุม) และเผาตอซัง สำหรับสมบัติของดินมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยและการประเมินการปลดปล่อย คาร์บอนสุทธิของดิน สรุปได้ว่า การไถกลบตอซัง เป็นวิธีการที่ช่วยให้มีการเก็บกักคาร์บอนในดินเพิ่มมากขึ้น มากกวาแปลงควบคุมและแปลงเผาตอซัง ซึ่งมีผลต่อการบรรเทาสภาวะโลกร้อนได้

เสวียน เปรมประสิทธิ์ และคณะ (2553) การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาฟางข้าวในจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก และพิจิตร มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและประเมินปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาฟางข้าวในพื้นที่จังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก และพิจิตร เพื่อน้าไปสร้างแบบจ้าลองการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้าข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการกำหนดแนวทางการจัดการลดปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากพื้นที่เกษตรกรรมในอนาคต ซึ่งการวิจัยนี้ได้ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2552 – 2553 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ส่วน พบว่ามวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 601.91 กิโลกรัม/ไร่ ปริมาณฟางข้าวและตอซัง เฉลี่ยเท่ากับ 276.72 และ 325.18 กิโลกรัม/ไร่ หากจำแนกปริมาณมวลชีวภาพตามลักษณะการท้านา (นาดำและนาหว่าน) พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพในพื้นที่นาดำจะมากกว่านาหว่าน เฉลี่ย 3 จังหวัด เท่ากับ 809.95 และ 718.50 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ การศึกษาปริมาณคาร์บอนในพื้นที่นาข้าว 3 จังหวัด จำแนกปริมาณคาร์บอนตามฟางข้าวและ ตอซังในภาพรวม 3 จังหวัด พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 217.55 กิโลกรัม/ไร่ และมีปริมาณคาร์บอนในฟางข้าวและตอซังเฉลี่ยเท่ากับ 101.23 และ 116.23 กิโลกรัม/ไร่ ตามล้าดับ หากจำแนกปริมาณคาร์บอนตามลักษณะการทำนา (นาดำและนาหว่าน) พบว่า พื้นที่นาดำจะมีปริมาณคาร์บอนสูงกว่านาหว่าน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 232.74 และ 209.83 กิโลกรัม/ไร่ การศึกษาปริมาณคาร์บอนไดออกไซดในพื้นที่นาข้าว 3 จังหวัด จำแนกปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ตามลักษณะการทำนา (นาดำและนาหว่าน) พบว่า พื้นที่นาดำจะมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผามวลชีวภาพสูงกว่านาหว่าน โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3 จังหวัด ในนาดำและนาหว่าน เท่ากับ 853.37 และ 769.39 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนและวิธีการวิจัย

3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ การใช้พลังงาน สมดุลพลังงาน สมดุลคาร์บอน และแนวทางในการจัดการวัสดุชีวมวลแบบลดหมอกควันในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยจะนำข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ มาทำการศึกษาและวิเคราะห์ ซึ่งการศึกษาการใช้พลังงาน คาร์บอนฟุตปรินท์ จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้วิธีการสำรวจ

- ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Data) ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) สัมภาษณ์เกษตรกร โดยการสุ่มย่อย (Sub Sampling) จากเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
- ข้อมูลที่ใช้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการไร่ข้าวโพดตั้งแต่ช่วงกระบวนการผลิต การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยวผลผลิต และสิ้นสุดที่การขนส่ง ประกอบด้วย ข้อมูลสารขาเข้า (Input Data) ได้แก่ ข้อมูล ปัจจัยการผลิตต่างๆ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ตลอดกระบวนการเพาะปลูก
- ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสาร รายงานการศึกษา บทความวารสาร งานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชน ซึ่งข้อมูลที่ไม่สามารถรวบรวม ตรวจวัดได้จากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง ค่า Emission Factor ที่จำเป็นต้องใช้ในสมการคำนวณ ซึ่งจะเลือกใช้ค่า Emission Factor ที่ได้จากแหล่งที่น่าเชื่อถือมาใช้ดังเกณฑ์ที่ระบุไว้ และการใช้ ค่า Emission Factor สามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ดังนี้
  1) ฐานข้อมูลสิ่งแวดล้อมของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศไทย
  2) ข้อมูลจากวิทยานิพนธ์และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ทำในประเทศไทย ซึ่งผ่านการกรองแล้ว (peer-reviewed publications)
  3) ฐานข้อมูลที่เผยแพร่ทั่วไปได้แก่ LCA Software, ฐานข้อมูลเฉพาะของกลุ่มอุตสาหกรรม, ฐานข้อมูลเฉพาะของแต่ละประเทศ
  4) ข้อมูลที่ตีพิมพ์โดยองค์กรระหว่างประเทศ เช่น IPCC สหประชาชาติ

3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การสำรวจภาคสนาม ทำการเก็บข้อมูลปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ และพื้นที่อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน ในช่วงการเพาะปลูกในฤดูฝน ช่วงเดือนพฤษภาคม ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 โดยมีขั้นตอนการเพาะปลูกและข้อมูลที่จะทำการเก็บดังนี้

1.) ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูก ข้อมูลที่ทำการเก็บ ได้แก่

- พื้นที่ทำการเพาะปลูก
- ระยะเวลา และจำนวนครั้งที่ใช้ในการเตรียมดินแต่ละขั้นตอนย่อย
- จำนวนแรงงานคน
- ชนิด ขนาด กำลัง และอายุการใช้งาน ของเครื่องจักรกลเกษตรที่เกษตรกรใช้
- ชนิด ปริมาณ และราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร
- อื่นๆ

2.) ขั้นตอนการเพาะปลูก ข้อมูลที่ทำการเก็บ ได้แก่

- วิธีการเพาะปลูก และพื้นที่เพาะปลูก
- ปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ และราคาของเมล็ดพันธุ์
- ระยะเวลาการดำเนินการในการเพาะปลูก
- จำนวนแรงงานคน
- อื่นๆ

3.) ขั้นตอนการดูแลรักษา (ใส่ปุ๋ย ยาปราบศัตรูพืช สูบน้ำ) ข้อมูลที่ทำการเก็บ ได้แก่

- ชนิด ปริมาณ ราคา และสูตร ของปุ๋ยที่ใช้
- ชนิด ปริมาณ และราคา ของสารเคมีที่ใช้
- ชนิด ขนาด กำลัง และอายุการใช้งาน ของเครื่องจักรกลเกษตรที่เกษตรกรใช้
- ระยะเวลา และจำนวนครั้งที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน
- จำนวนแรงงานคน
- ชนิด ปริมาณ และราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้
- อื่นๆ

4.) ขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ข้อมูลที่ทำการเก็บ ได้แก่

- ชนิด ขนาด กำลัง และอายุการใช้งาน ของเครื่องจักรกลเกษตรที่เกษตรกรใช้
- ระยะเวลา และจำนวนครั้งที่ใช้ในการดำเนินการ
- จำนวนแรงงานคน

- ชนิด ปริมาณ และราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร
- ปริมาณผลผลิต (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)
- อื่นๆ

5) ขั้นตอนการขนส่ง ข้อมูลที่ทำการเก็บได้แก่

- ชนิด ขนาด กำลัง และอายุการใช้งาน ของพาหนะที่ใช้
- ระยะเวลา และจำนวนครั้งที่ใช้ในการดำเนินการ
- จำนวนแรงงานคน
- ชนิด ปริมาณ และราคาของเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องจักรกลเกษตร
- ปริมาณผลผลิต (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)
- อื่นๆ

3.1.3 ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลพลังงาน

จากข้อมูลปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในขั้นตอนการเพาะปลูก ที่ทำการเก็บจากขั้นตอนการเก็บข้อมูลภาคสนาม นำมาทำการวิเคราะห์ปรับแก้ให้เป็นข้อมูลทางพลังงานภายใต้พื้นฐานเดียวกัน (MJ/ไร่) โดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า (Energy Equivalent) ในการปรับแก้ ซึ่งค่าพลังงานเทียบเท่า (สัมประสิทธิ์พลังงาน) แสดงดังตารางที่ 3.1 จากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการเก็บข้อมูล และค่าสัมประสิทธิ์พลังงานตามตารางที่ 3.1 นำมาพิจารณาร่วมกันเป็นค่าพลังงานในหน่วย พลังงานต่อพื้นที่ (เมกกะจูลต่อไร่ (MJ/Rai)) โดยมีวิธีการพิจารณาดังนี้ (มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2545).

1 การคำนวณการใช้พลังงาน

1) พลังงานจากคนและสัตว์ ข้อมูลที่ต้องใช้คือ พื้นที่ทำงาน (ไร่) เวลาที่ใช้ในการทำงาน (ชั่วโมง) จำนวนของแรงงานคนและสัตว์ที่ใช้ในกระบวนการชนิดของสัตว์ และสัมประสิทธิ์พลังงานของคนหรือสัตว์เมื่อ Unit คือ หน่วยของคน (คน) หรือสัตว์ (ตัว)

$$\text{Energy(MJ / rai)} = \frac{\text{EnergyEquivalent (MJ / h / Unit)} \times \text{Time(h)} \times \text{Unit}}{\text{Area(Rai)}} \quad \textbf{สมการที่ 3.1}$$

2) พลังงานจากเชื้อเพลิง (น้ำมัน, ไฟฟ้า) ข้อมูลที่ต้องใช้คือ พื้นที่ทำงาน (ไร่) ปริมาณของเชื้อเพลิง (ลิตร) ชนิดของเชื้อเพลิง และสัมประสิทธิ์พลังงานของเชื้อเพลิง

$$\text{Energy(MJ/rai)} = \frac{\text{EnergyEquivalentofFuel(MJ/Unit)} \times \text{Quanlity(Uni}}{\text{Area(Rai)}}$$ **สมการที่ 3.2**

เมื่อ Unit คือ หน่วยปริมาณที่ใช้เชื่อเพลิงที่ใช้น้ำมัน (L) ไฟฟ้า (KW-h)

3) พลังงานจากปุ๋ย

ข้อมูลที่ต้องการ คือ พื้นที่ใส่ปุ๋ย (ไร่) ปริมาณปุ๋ย (กิโลกรัม) สูตรปุ๋ย (N-P-K) และสัมประสิทธิ์พลังงานของปุ๋ยแต่ละชนิดเป็นดังนี้

$$\text{Energy(MJ/Rai)} = \left[\begin{array}{l} \text{N use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of N (MJ/kg)} \\ + \text{P Use Rate (Kg/Rat)} \times \text{Energy Equivalent of P (MJ/kg)} \\ + \text{K Use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy EQuivalent of K (MJ/kg)} \end{array}\right]$$ **สมการที่ 3.3**

$$\text{N use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} \times \text{\% of N}}{100}$$ **สมการที่ 3.4**

$$\text{P use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} \times \text{\% of P } (P_2O_5)}{100}$$ **สมการที่ 3.5**

$$\text{K use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} \times \text{\% of K } (P_2O)}{100}$$ **สมการที่ 3.6**

4) พลังงานจากสารเคมีปราบศัตรูพืช

ข้อมูลที่ต้องการคือ พื้นที่ที่ทำการใช้สารเคมี (ไร่) ปริมาณสารเคมีที่ใช้ (กิโลกรัม) และสัมประสิทธิ์พลังงานของสารเคมีเป็นดังนี้

$$\text{Energy(MJ/rai)} = \frac{\text{EnergyEquivalent Of Chemical (MJ/kg)} \times \text{Quantity(kg)}}{\text{WorkingArea(Rai)}}$$ **สมการที่ 3.7**

ตารางที่ 3.1 ค่าพลังงานเทียบเท่า (Energy Equivalent) ที่ใช้ในการวิเคราะห์พลังงาน

ชนิดของพลังงาน	สัมประสิทธิ์ของพลังงาน	แหล่งที่มา
1. คน	1.96 MJ/คน/ชั่วโมง	Dipankar De. *et. al.*, (2001).
2. สัตว์	10.10 MJ/ตัว/ชั่วโมง	Dipankar De. *et. al.*, (2001).
3. เชื้อเพลิง		
- น้ำมันดีเซล	43.3 MJ/ลิตร	สถาบันวิจัยและพัฒนา
- น้ำมันเบนซิน	39.7 MJ/ลิตร	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- ไฟฟ้า	14.4 MJ/kW-h	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, (2538).
4. เครื่องยนต์		
- ปั๊มน้ำ เครื่องพ่นยา	13.56 MJ/ไร่	
- รถไถเดินตาม	70.31 MJ/ไร่	Pimentel. *et. al.*, (1973).และ
- รถไถแบบนั่ง	337.62MJ/ไร่	Samootsakorn (1982).
5. ปุ๋ย		
- N	76 MJ/kg	Piero ventureและ
- P	14 MJ/kg	Gianpietro Venturi. (2003).
- K	10 MJ/kg	
- ปุ๋ยคอก	0.303 MJ/kg	Ibrahim. (2003).
6. ยาปรายศัตรูพืช	120 MJ/kg	Mandal K.G. *et. al.*, (2002).

3.1.4 ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณปริมาณคาร์บอนไดออกไซต์เทียบเท่า

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของสินค้า (Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions of products : LCA-GHG ตาม แนวทางของประเทศไทยและมาตรฐานนานาชาติและข้อมูลสำหรับจัดทำบัญชีรายการการปล่อยก๊าซเรือนกระจก คือ ข้อมูลรายการวัตถุดิบและทรัพยากรที่ใช้ทั้งหมด (Input Data) ข้อมูลผลิตภัณฑ์หลักหรือผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการผลิต และของเสียและมลพิษที่เกี่ยวข้องทั้งหมด (Output Data) ครอบคลุมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยทางการเกษตรและตลอดช่วงเวลาการปลูก

1) การคำนวณค่าการปล่อย GHG

การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากการจัดการแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของการศึกษา

ครั้งนี้จะเป็นผลรวม ของค่าการปล่อย GHG ที่เกิดขึ้นทั้งจากกระบวนผลิตหลักและกระบวนการผลิตต้นน้ำ เทียบตามหน่วยการทำงานคือ ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1,000 กิโลกรัม ดังสมการต่อไปนี้

$$EF_{Cultivation} = \frac{1,000 \times EM_{Totol}}{FFB}$$ **สมการที่ 3.8**

$EF_{Cultivation}$ = ค่า Emission Factor จากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2 eq / ตัน FFB)

EM_{Total} = ผลรวมของค่าการปล่อย GHG (kg CO_2 eq /ปี)

FFB = ปริมาณข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผลิตได้ต่อปี (กก. /ปี)

2) การคำนวณค่าไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน

ค่าไนตรัสออกไซด์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความเข้มข้นในการใช้ปุ๋ย การคำนวณค่าไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน คำนวณได้จากผลคูณระหว่างปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยกับค่า Emission Factor การปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน ดังสมการ

$$EM_{N_20, f} = EF_{N_20,f} \times W_{N-fer}$$ **สมการที่ 3.9**

$EM_{N_20, f}$ = ค่าการปล่อย GHG จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (kg CO_2 eq)

$EF_{N_20,f}$ = ค่าการปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน (หน่วย: kg N_2O eq)/กก. ไนโตรเจนจากปุ๋ย) อ้างอิงจาก IPCC ซึ่งกำหนดให้การปลดปล่อยไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน = 1% ของปริมาณไนโตรเจนที่ใช้ หรือเท่ากับ 0.01*(44/28)

W_{N-fer} = ปริมาณไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใช้ (กก.)

3) การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักรอุปกรณ์ ทางการเกษตรค่าการปล่อย GHG จากระบบการเผาไหม้เชื้อเพลิงของเครื่องจักร

อุปกรณ์ทางการเกษตรสามารถคำนวณโดย นำค่าปริมาณการใช้เชื้อเพลิงคูณด้วยค่า Emission Factor ของการเผาไหม้เชื้อเพลิง

$$EM_{CO_2,f} = EF_{CO_2,f} \times W_{fuel}$$ **สมการที่ 3.10**

$EM_{CO_2,f}$ = ปริมาณค่าการปล่อย GHG จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิง (kg CO_2 eq/ปี **)**

$EF_{CO_2,f}$ = ค่า Emission Factor จากการใช้เชื้อเพลิง (kg CO_2 eq/ลิตร)

W_{fuel} = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร/ปี)

4) การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากการผลิตไฟฟ้า

ค่าการปล่อย GHG จากปริมาณการใช้ไฟฟ้าคำนวณโดย นำค่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าคูณด้วยค่า GHG Emission Factor ของการผลิตไฟฟ้า

$$EM_{Elec} = EF_{Elec} \times E_{Elec}$$ **สมการที่ 3.11**

EM_{Elec} = ปริมาณค่าการปล่อย GHG จากปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kg CO_2 eq /ปี)

EF_{Elec} = ค่า Emission Factor จากปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kg CO_2 eq/กิโลวัตต์-ชม)

E_{Elec} = ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชม./ ปี)

5) การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากการผลิตวัตถุดิบ

การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากการผลิตวัตถุดิบทั้งหมดสามารถคำนวณได้จากผลคูณระหว่างปริมาณการใช้วัตถุดิบแต่ละรายการกับค่า Emission Factor ของวัตถุดิบแต่ละรายการ โดยผลรวมของค่าการปล่อย GHG จากการผลิตวัตถุดิบทั้งหมด สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$EM_{Mat} = \sum_{1}^{n} (EF_{Mat,i} \times W_{Mat,i})$$ **สมการที่ 3.12**

EM_{Mat} = ค่าการปล่อย GHG จากการผลิตวัตถุดิบทั้งหมด (kg CO_2 eq /ปี) โดยค่าการปล่อย GHG จากการผลิตวัตถุดิบแต่ละรายการ (i) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$EM_{Mat} = EF_{Mat,i} \times W_{Mat,i}$$ **สมการที่ 3.13**

$EM_{Mat,i}$ = ปริมาณค่าการปล่อย GHG จากวัตถุดิบ i (kg CO_2 eq /ปี)

$EF_{Mat,i}$ = ค่า Emission Factor ของวัตถุดิบ i (kg CO_2 eq /กก.)

$W_{Mat,i}$) = ปริมาณการใช้วัตถุดิบ i (กก./ปี)

6) การคำนวณค่าการปล่อย GHG จากการขนส่งวัตถุดิบ โดยค่าการปล่อย GHG จาก

การขนส่งวัตถุดิบแต่ละรายการจะคิดทั้งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ โดยเที่ยวไป คำนวณได้จากผลคูณระหว่างปริมาณการขนส่งใช้วัตถุดิบแต่ละรายการกับค่า Emission Factor ของการขนส่งวัตถุดิบแต่ละรายการซึ่งขึ้นกับประเภทรถที่ใช้ในการขนส่ง และ ค่าระยะทางที่ใช้ในการขนส่งวัตถุดิบแต่ละรายการ และเที่ยวกลับคำนวณได้จากผลคูณระหว่างค่า Emission Factor และระยะทางเที่ยวกลับ ดังสมการ โดยค่า Emission Factor

$$EM_{Tra} = \sum \left\lfloor (EF_{Tra1,i} \times W_{Tral,i} \times T_{Tral,i})_{GoTrip} + (EF_{Tra2,i} \times T_{Tra,i})_{Returntrip} \right\rfloor$$

สมการที่ 3.14

EM_{Tra} = ปริมาณค่าการปล่อย GHG จากการขนส่งวัตถุดิบ (kg CO_2 eq/ปี)

$EF_{Tra1,i}$ = ค่า Emission Factor ของการขนส่งวัตถุดิบ i เที่ยวไป (kg CO_2 eq/ton-km)

$EF_{Tra2,i}$ = ค่า Emission Factor ของการขนส่งวัตถุดิบ i เที่ยวกลับ (kg CO_2 eq/km)

$W_{Tra,i}$ = ปริมาณการขนส่งวัตถุดิบ i (kg)

$T_{Tra,i}$ = ระยะทางของการขนส่งวัตถุดิบ i (km)

7) ทั้งนี้การคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ต้องใช้ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data)

เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสาร รายงานการศึกษาบทความ วารสารงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐบาลและเอกชนซึ่งข้อมูลที่ไม่สามารถรวบรวม ตรวจวัด ได้จากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ซึ่งได้จากคู่มือของ Intergovernmental Panel on Climate Change 2006 (IPCC 2006) ดังแสดงตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (IPCC 2006)

รายการ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
การผลิตดีเซล	kgCO_2eq/kg	0.3282
การเผาไหม้ดีเซล	kg CO_2eq/L	2.7446
การผลิตเบนซิน	kg CO_2eq/kg	0.7069
การเผาไหม้เบนซิน	kg CO_2eq/L	2.2376
การผลิตปุ๋ยไนโตรเจน	kg CO_2eq/kg-N	2.6000
การผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส	kgCO_2eq/kg-P	0.2520
การผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม	kg CO_2eq/kg-K	0.1600
การปล่อยก๊าซ N_2O โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย	kgCO_2eq/kg-N	0.0030
การปล่อยก๊าซ N_2O โดยอ้อมจากการสูญเสียปุ๋ย N ในรูป NH_3+NO_x จากการใส่ปุ๋ยเคมี	kgN_2O-N/kg N	0.0100
สัดส่วนที่สูญเสียในรูป NH_3+NOx	ไม่มีหน่วย	0.1000
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading	kg CO_2 eq/ton-km	0.1402
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งเที่ยวกลับ 0% Loading	kg CO_2 eq/km	0.3111
เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	kgCO_2eq/kg	0.1750
สารเคมีกำจัดวัชพืช	kgCO_2eq/L	10.2089
สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	kgCO_2eq/L	16.5873
ไบโอดีเซล ค่าเฉลี่ยประเทศไทย	kgCO_2eq/L	1.9428
กระสอบปุ๋ยเคมี	kgCO_2eq/kg	1.6170
กระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	kgCO_2eq/kg	2.9187
ปุ๋ยอินทรีย์ (ขี้ไก่แห้ง)-การผลิต	kgCO_2eq/kg	0.1097
น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel oil)	kgCO_2eq/kg	0.3041
ไฟฟ้า	kWh	0.5610

3.1.5 ขั้นตอนที่ 5 วิเคราะห์แนวทางและการจัดการวัสดุชีวมวลที่เพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพราปลูก

ในการวิเคราะห์แนวทางการจัดการวัสดุชีวมวลเพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำเป็นต้อง โดยใช้ข้อมูลองค์ประกอบพื้นฐานของวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ ดังตารางที่ 3.3 เพื่อใช้ในการคำนวณศักยภาพด้านพลังงานและแนวทางในการจัดการชีวมวลโดยใช้สมการที่ (3.3) – (3.7)

ตารางที่ 3.3 ตารางแสดงสัดส่วนการเกิดชีวมวลต่อปริมาณผลผลิตและค่าความร้อนและความชื้นของเชื้อเพลิงที่ใช้ประเมินศักยภาพ

ชนิดพืช	ชนิดชีวมวล	สัดส่วนชีวมวลต่อผลผลิต(ตัน/ตันผลผลิต)	ค่าความชื้น(%)	ค่าความร้อน (MJ/kg)
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	ต้น/ตอ/ใบ	1.10	10.65	16.316
	ซัง/เปลือก	0.37	12.30	19.611

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (2553)

การคำนวณศักยภาพทางด้านพลังงาน (เบญจมาศ ปุยออก, และคณะ, 2550) ได้ดังนี้

$$VOR = RP_{ratio} \times VOP_{year}$$ **สมการที่ 3.15**

เมื่อ

VOR = ปริมาณวัสดุทางการเกษตรเหลือใช้ (Volume Of Residue agriculture; 10^6 kg)

RTP_{ratio} = สัดส่วนการเกิดวัสดุเหลือใช้ (Residue To Product ratio; %)

VOP_{year} = ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรในรอบปี (Volume Of agricultural Production per year; 10^6 kg)

$$ENU = VOR \times RNU_r \times HHV_R$$ **สมการที่ 3.16**

เมื่อ

ENU = พลังงานที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Energy Not Used; 10^{12} J)

RNU_{ratio} = สัดส่วนวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีการใช้ประโยชน์ (Residue Not Used ratio; %)

HHV_R = ค่าความร้อนจำเพาะของวัสดุแต่ละชนิด (High Heating Value of Residue; 10^6 kg)

$$TOE = ENU / (42.244 \times 10^9)$$ **สมการที่ 3.17**

เมื่อ

TOE = พลังงานเทียบเท่าน้ำมันดิบ (Tons of Oil Equivalents energy; 10^3 toe) โดยกำหนดให้ 1 toe = 42.244×10^9 J (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2544)

$$POE = (ENU \times PE_{hour}) / 3,600$$ **สมการที่ 3.18**

เมื่อ

POE = ศักยภาพพลังงานไฟฟ้า (Potential Of Energy; 10^9 Whr)

PE_{hour} = กำลังงานไฟฟ้าต่อชั่วโมง (Power of Electric per hour; Whr) โดยกำหนดให้ 1 Whr = 3,600 J (วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี, 2556)

$$SOBP = POE / HYP$$ **สมการที่ 3.19**

เมื่อ

SOBP = ขนาดโรงไฟฟ้าพลังงานชีวมวล (Size Of bio-electric plant;10^3 W)

HYP = ชั่วโมงการผลิตต่อปี (Hour per Year to Production; hr)

3.1.6 ขั้นตอนที่ 6 จัดทำวิทยานิพนธ์และเอกสารตีพิมพ์

3.2 สถานที่ทำการวิจัย

1. กลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงใหญ่ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ จำนวน 40 ครัวเรือน
2. กลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บ้านขุนสถาน อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน จำนวน 40 ครัวเรือน

บทที่ 4

วิเคราะห์และวิจารณ์ผล

4.1 การวิเคราะห์พลังงานในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยส่วนใหญ่นิยมปลูกในเขตภาคเหนือของประเทศไทย โดยมีขั้นตอนในการเพาะปลูก คือ ขั้นตอนในการเตรียมพื้นที่สำหรับเพาะปลูก ขั้นตอนในการเพาะปลูก ขั้นตอนการดูแลรักษา และขั้นตอนในการเก็บเกี่ยว โดยเริ่มจากขั้นตอนในการเตรียมพื้นที่ในช่วงประมาณเดือนมิถุนายน-ตุลาคม เสร็จแล้วจึงทำการเพาะปลูกและเมื่อต้นข้าวโพดมีอายุประมาณ 20 และ 35 วัน ก็จะทำการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ และเมื่อต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุประมาณ 110-130 วัน ก็จะทำการเก็บเกี่ยวได้

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีการเพาะปลูก 2559 มีพื้นที่ทำการเก็บข้อมูลคือ กลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงใหญ่ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ และกลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บ้านขุนสถาน อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน คิดเป็นพื้นที่รวม 692.114 ไร่

4.1.1 การวิเคราะห์พลังงานในการเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะปลูกของเกษตรกรใน 2 พื้นที่ตัวอย่างมีความแตกต่างกันซึ่งทำการเก็บข้อมูลดังนี้ ในขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ ได้ทำการเก็บข้อมูลคือ พื้นที่ในการเพาะปลูก (ไร่ หรือตารางเมตร) เวลาในการดำเนินงาน (ชั่วโมง) จำนวนแรงงาน (คนหรือสัตว์) ชนิดของเชื้อเพลิง (เบนซิน ดีเซล หรือไฟฟ้า) ปริมาณของเชื้อเพลิง (ลิตรสำหรับน้ำมัน หรือกิโลวัตต์-ชั่งโมง สำหรับไฟฟ้า) ชนิด กำลัง และอายุการใช้งานของเครื่องจักรกลเกษตรที่เกษตรกรใช้

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ มีการเตรียมพื้นที่โดยการใช้เครื่องจักรในการไถดะเพื่อทำการกำจัดวัชพืชและเป็นการพลิกหน้าดินโดยใช้รถไถแบบนั่งขับ มีกำลังเครื่องยนต์ ตั้งแต่ 80 แรงม้า ถึง 215 แรงม้า ในการเตรียมพื้นที่ไถดะจะใช้เวลาทำงานเฉลี่ย 0.43 ชั่วโมง/คน/ไร่ และใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซล เฉลี่ย 2.23 ลิตร/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานที่ทำการไถเตรียมพื้นที่ และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องจักร สามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ในการไถดะได้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 0.85 MJ/ไร่ พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 96.60 MJ/ไร่ และพลังงานจากเครื่องยนต์ 337.62 MJ/ไร่ รวมพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในขั้นตอนการไถดะเตรียมพื้นที่เท่ากับ 435.07 MJ/ไร่ รายละเอียดของเวลาการทำงาน เชื้อเพลิง และพลังงานในการ

ไถดะเตรียมพื้นที่แสดงดังตารางที่ 4.1 การไถพื้นที่เตรียมปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีเพาะปลูก 2559 ทำในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2559

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง มีการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกโดยการใช้แรงงานคน เนื่องจากพื้นที่มีความลาดชันสูงไม่สามารถใช้เครื่องจักรกลได้ การเตรียมพื้นที่ปลูกใช้เวลาทำงานเฉลี่ย 1.32 ชั่วโมง/คน/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานในการเตรียมพื้นที่ สามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 2.60 MJ/ไร่ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.1 การเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีเพาะปลูก 2559 ในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน 2559

ตารางที่ 4 1 อัตราการทำงาน การสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง และการใช้พลังงานในการเตรียมพื้นที่เพาะปลูก (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, พฤษภาคม - มิถุนายน 2559)

ลักษณะพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	อัตราทำงาน (ชม./คน/ไร่)	เชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	พลังงาน MJ/ไร่			
				แรงงาน	เชื้อเพลิง	เครื่องยนต์	รวม
ราบ	387.76	0.43	D 2.23	0.85	96.60	435.07	532.52
สูง	304.35	1.32	-	2.60	-	-	2.60

หมายเหตุ D คือน้ำมันดีเซล

4.1.2 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เกษตรกรใช้ในการปลูกนั้นมีอยู่ 2 วิธีการ คือ การเพาะปลูกโดยใช้แรงงานคน และการเพาะปลูกโดยใช้เครื่องจักรกลแบบเดินตาม ขนาดเครื่องยนต์ 5.0 แรงม้า ถึงเครื่องยนต์ขนาด 18.0 แรงม้า ช่วยในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อยู่ 2 วิธีด้วยกัน คือการปลูกโดยใช้แรงงานคน พบว่าใช้เวลาทำงานเฉลี่ย 1.62 ชั่วโมง/คน/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการปลูกสามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 3.17 MJ/ไร่ และวิธีการปลูกโดยใช้เครื่องจักรกลแบบเดินตามใช้เวลาทำงานเฉลี่ย 0.40 ชั่วโมง/คน/ไร่ ใช้เชื้อเพลิงเป็นน้ำมันดีเซล เฉลี่ย 2.06 ลิตร/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานในขั้นตอนการปลูก และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับเครื่องจักร สามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ในการเพาะปลูก คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 0.79 MJ/ไร่ พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 89.25 MJ/ไร่ และพลังงานจากเครื่องยนต์ 84.37 MJ/ไร่ รวมพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ในขั้นตอนการปลูกเท่ากับ 177.58 MJ/ไร่ รายละเอียดของเวลาการทำงาน เชื้อเพลิง และพลังงานในขั้นตอนการเพาะปลูก แสดงดังตารางที่ 4.2 ขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีเพาะปลูก 2559

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูงนั้นมักจะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้แรงงานคนเท่านั้น มีการใช้เวลาทำงานเฉลี่ย 1.24 ชั่วโมง/คน/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการปลูกสามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 2.44 MJ/ไร่ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.2 ขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีเพาะปลูก 2559

ตารางที่ 4.2 อัตราการทำงาน และการใช้พลังงานในขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เดือนมิถุนายน 2559)

ลักษณะพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	วิธีการ	อัตราทำงาน (ชม./คน/ไร่)	เชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	พลังงาน MJ/ไร่			
					แรงงาน	เชื้อเพลิง	เครื่องยนต์	รวม
ราบ	387.764	คน	1.62	-	3.17	-	-	3.17
		รถ	0.40	D 2.06	0.79	89.25	84.37	177.58
สูง	304.350	คน	1.24	-	2.44	-	-	3.68

หมายเหตุ D คือ น้ำมันดีเซล

4.1.3 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

หลังจากที่เกษตรกรได้ทำการเพาะปลูกแล้ว ขั้นตอนต่อไปเกษตรกรจะต้องทำการดูแลรักษาต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทั้งการป้องกันศัตรูพืช การบำรุงใส่ปุ๋ยในกรณีที่ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่แข็งแรง ดังนั้นในขั้นตอนการดูแลรักษา จึงทำการพิจารณา ใน 2 ประการหลักคือ การใช้สารเคมีปราบศัตรูพืชหรือสารเคมีฆ่าหญ้า และการใส่ปุ๋ยบำรุงต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใส่ปุ๋ย

การใส่ปุ๋ยเกษตรกรส่วนมากจะทำการใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง คือครั้งแรกใส่ตอนต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 15-20 วัน และครั้งที่ 2 จะทำการใส่ปุ๋ยตอนที่ต้นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุ 35-40 วัน โดยปุ๋ยที่เกษตรกรนำมาใส่นั้นจะมีหลายสูตร คือ ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 และปุ๋ยสูตรเสมอ 15-15-15

<u>การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ</u> ในการใส่ปุ๋ยจะใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 1.23 ชั่วโมง/คน/ไร่ รวมทุกสูตรเฉลี่ยที่ 55.00 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อคิดเป็นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เท่ากับ 15.28 กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยฟอสฟอรัส เท่ากับ 4.85 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เท่ากับ 4.85 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้พิจารณารวมกัน ไม่ว่าเกษตรกรจะทำการใส่ปุ๋ยกี่ครั้งอัตราการทำงาน อัตราการใส่ปุ๋ย และพลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ ในขั้นตอนการใส่ปุ๋ย แสดงในตารางที่ 4.3

<u>การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง</u> ในการใส่ปุ๋ยจะใช้เวลาในการทำงานเฉลี่ย 1.31 ชั่วโมง/คน/ไร่ รวมทุกสูตรเฉลี่ยที่ 48.85 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อคิดเป็นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน เท่ากับ 18.03

กิโลกรัม/ไร่ ปุ๋ยฟอสฟอรัส เท่ากับ 2.03 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม เท่ากับ 2.03 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้พิจารณารวมกัน ไม่ว่าเกษตรกรจะทำการใส่ปุ๋ยกี่ครั้งอัตราการทำงาน อัตราการใส่ปุ๋ย และพลังงานจากแหล่งพลังงานต่างๆ ในขั้นตอนการใส่ปุ๋ย แสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 อัตราการทำงาน อัตราการใส่ปุ๋ย และการใช้พลังงานในการใส่ปุ๋ย (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, มิถุนายน – ตุลาคม 2559)

ลักษณะพื้นที่	อัตราทำงาน (ชม./คน/ไร่)	อัตราการใส่ปุ๋ยรวม (กก./ไร่)	อัตราใส่ปุ๋ย (กก./ไร่)			พลังงาน MJ/ไร่				
			N	P	K	แรงงาน	N	P	K	รวม
ราบ	1.23	55.00	15.28	4.85	4.85	2.40	1,161.14	67.90	48.50	1,277.54
สูง	1.31	48.85	18.03	2.03	2.03	2.57	1,370.26	28.48	20.34	1,419.08

จากตารางที่ 4.3 พลังงานที่ใช้ในการใส่ปุ๋ยจะเป็นพลังงานจากแรงงานคน และพลังงานจากปุ๋ย โดยพลังงานจากปุ๋ยจะเป็นพลังงานที่มาก คือเฉลี่ยเท่ากับ 1,348.31 MJ/ไร่ ซึ่งเป็นพลังงานจากสูตรปุ๋ยไนโตรเจนถึง 1,265.70 MJ/ไร่ พลังงานจากสูตรปุ๋ยฟอสฟอรัส 48.19 MJ/ไร่ และสูตรปุ๋ยโพแทสเซียม 34.42 MJ/ไร่ และเป็นพลังงานเฉลี่ยจากคน 2.48 MJ/ไร่ รวมเป็นพลังงานในการใส่ปุ๋ยเฉลี่ย 1,348.31 MJ/ไร่

การใช้สารเคมี

การใช้สารเคมีประกอบด้วย การใช้ยาคุมวัชพืช การใช้ยาปราบศัตรูพืช เป็นต้น เครื่องฉีดพ่นสารเคมีที่เกษตรกรใช้ มีอยู่ 3 แบบ คือเครื่องฉีดพ่นสะพายหลังแบบติดเครื่องยนต์เบนซิน ขนาด 3.5-4.0 แรงม้า และเครื่องฉีดพ่นแบบเครื่องยนต์อยู่กับที่ ขนาด 50 แรงม้า และเครื่องฉีดพ่นสะพายหลังแบบคันโยก

ตารางที่ 4.4 อัตราการทำงาน ปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณสารเคมี และการใช้พลังงานในขั้นตอนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ลักษณะพื้นที่	ข้อมูลเฉลี่ย		ชนิดของเครื่องฉีดพ่นสารเคมี	
			เครื่องยนต์ 3.5 – 4.0 hp.	คันโยก
พื้นที่ราบ	อัตราการทำงาน (ชม. / คน / ไร่)		0.56	1.69
	เชื้อเพลิง (เบนซิน) (ลิตร / ไร่)	B	1.82	-
	สารเคมี (กก. / ไร่)		1.35	1.26
	พลังงาน (MJ / ไร่)			
	แรงงาน		1.09	3.31
	เชื้อเพลิง	B	72.39	
	เครื่องยนต์		13.59	
	สารเคมี		161.44	151.31
	รวมพลังงาน (MJ / ไร่)		248.51	154.62
พื้นที่สูง	อัตราการทำงาน (ชม. / คน / ไร่)		0.46	2.06
	เชื้อเพลิง (เบนซิน) (ลิตร / ไร่)		0.61	-
	สารเคมี (กก. / ไร่)		2.60	2.81
	พลังงาน (MJ / ไร่)			
	แรงงาน		0.91	4.04
	เชื้อเพลิง	B	24.49	-
	เครื่องยนต์		13.59	-
	สารเคมี		312.53	333.70
	รวมพลังงาน (MJ / ไร่)		351.52	341.73

หมายเหตุ B คือน้ำมันเบนซิน

จากตารางที่ 4.4 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นราบ การฉีดพ่นสารเคมีโดยใช้เครื่องฉีดพ่นชนิดติดเครื่องยนต์เบนซิน พบว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 ชั่วโมง / คน / ไร่ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.82 ลิตร / ไร่ และมีการใช้สารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 1.35 กิโลกรัม / ไร่ พลังงานรวมจาก แรงงานคน เชื้อเพลิง เครื่องยนต์ และสารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 248.51 MJ/ไร่ ส่วน

การฉีดพ่นสารเคมีแบบคันโยกจะใช้เวลาในการทำงาน เฉลี่ย 1.69 ชั่วโมง / คน / ไร่ มีการใช้สารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 1.26 กิโลกรัม / ไร่ พลังงานรวมจาก แรงงานคน และสารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 154.62 MJ/ไร่

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง การฉีดพ่นยาโดยใช้เครื่องฉีดพ่นชนิดติดเครื่องยนต์เบนซิน พบว่า อัตราการทำงานเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 ชั่วโมง / คน / ไร่ และมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.61 ลิตร / ไร่ และมีการใช้สารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 2.60 กิโลกรัม / ไร่ พลังงานรวมจาก แรงงานคน เชื้อเพลิง เครื่องยนต์ และสารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 351.52 MJ/ไร่ ส่วนการฉีดยาแบบใช้เครื่องแบบคันโยกจะใช้เวลาในการทำงาน เฉลี่ย 2.06 ชั่วโมง / คน / ไร่ มีการใช้สารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 2.81 กิโลกรัม / ไร่ พลังงานรวมจาก แรงงานคน และสารเคมี เฉลี่ยเท่ากับ 341.73 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

เวลาในการฉีดพ่นสารเคมีโดยการใช้เครื่องฉีดพ่นแบบติดเครื่องยนต์ และเครื่องฉีดพ่นแบบคันโยก ไม่มีความแตกต่างมากนัก เพราะเครื่องฉีกพ่นทั้ง 2 ชนิด ต้องใช้แรงงานคนในการแบกสะพายหลังเพื่อทำการเดินฉีดพ่นในแปลงข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งน้ำหนักของเครื่องฉีดพ่นที่ติดเครื่องยนต์จะสูงกว่าแบบคันโยกด้วย และเมื่อพิจารณาด้านพลังงานก็พบว่า ในกรณีเครื่องฉีดพ่นแบบติดเครื่องยนต์ทั้งสองพื้นที่ มีการใช้พลังงานที่สูงกว่าเครื่องฉีดพ่นแบบคันโยก เพราะต้องใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งน้ำมันมีค่าทางพลังงานที่สูง ดังนั้นเมื่อทำการเปรียบเทียบทางด้านเวลาในการทำงานและปริมาณพลังงานที่ต้องการใช้ในเครื่องฉีดพ่นทั้ง 2 แบบ จึงกล่าวได้ว่าเพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน และค่าใช้จ่าย ควรที่จะใช้เครื่องฉีดพ่นสะพายหลังแบบคันโยกทั้งสองพื้นที่เพาะปลูก

4.1.4 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในครั้งนี้ทั้งสองพื้นที่ ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวดังนี้

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ โดยการใช้แรงงานคน พบว่าใช้เวลาในการเก็บเกี่ยว เฉลี่ยเท่ากับ 1.25 ชั่วโมง/คน/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวสามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 2.46 MJ/ไร่

การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง โดยการใช้แรงงานคนเช่นกัน พบว่าใช้เวลาในการเก็บเกี่ยว เฉลี่ยเท่ากับ 1.40 ชั่วโมง/คน/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวสามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 2.74 MJ/ไร่ ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าสองพื้นที่เพาะปลูก พบว่าทั้งจำนวนระยะเวลาเฉลี่ย และพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูงมีมากกว่า พื้นที่ราบ อาจเป็นเพราะว่าพื้นที่

สูงนั้นมีความลาดชันสูงจึงส่งผลให้การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นค่อนข้างลำบาก และช้ากว่า การเก็บเกี่ยวข้าวโพดในพื้นที่ราบซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 อัตราการทำงาน และการใช้พลังงานในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ลักษณะพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	วิธีการ	อัตราทำงาน	พลังงาน MJ/ไร่
			(ชม./คน/ไร่)	แรงงาน
ราบ	387.764	คน	1.25	2.46
สูง	304.350	คน	1.40	2.74

4.1.5 การวิเคราะห์พลังงานในขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อนั้น ทำการขนส่งโดยการใช้รถยนต์ทั้ง 2 พื้นที่ดังมีรายละเอียดดังนี้

การขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ โดยการใช่รถยนต์ สี่ล้อ ขนาด 70-190 แรงม้า พบว่าใช้เวลาในการขนส่ง เฉลี่ยเท่ากับ 0.73 ชั่วโมง/คน/ไร่ และใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่ง เฉลี่ยเท่ากับ 1.74 ลิตร/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการขนส่ง สามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 1.42 MJ/ไร่ พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 75.52 MJ/ไร่

การขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง โดยการใช่รถยนต์ สี่ล้อ ขนาด 70-190 แรงม้า พบว่าใช้เวลาในการขนส่ง เฉลี่ยเท่ากับ 0.52 ชั่วโมง/คน/ไร่ และใช้เชื้อเพลิงในกระบวนการขนส่ง เฉลี่ยเท่ากับ 6.13 ลิตร/ไร่ จากขนาดของพื้นที่ ปริมาณเชื้อเพลิง ปริมาณแรงงานที่ใช้ในการขนส่งสามารถทำการพิจารณาค่าพลังงานที่ใช้ คือพลังงานจากแรงงานคนเฉลี่ยเท่ากับ 1.02 MJ/ไร่ พลังงานจากน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยเท่ากับ 265.23 MJ/ไร่

ทั้งนี้สำหรับอัตราการทำงาน การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการขนส่ง และการใช้พลังงานในขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยรวมเฉลี่ย 0.62 ชั่วโมง/คน/ไร่ 3.93 ลิตร/ไร่ 1.22 MJ/ไร่ และ 170.37 MJ/ไร่ เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างสองพื้นที่ พบว่าพื้นเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูงจังหวัดน่าน มีอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานมากกว่าพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ เพราะการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากพื้นที่สูงไปยังจุดรับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีระยะทางในการเดินทางไกลกว่าพื้นที่ราบในจังหวัดแพร่ ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.6 ขั้นตอนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีเพาะปลูก 2559

ตารางที่ 4.6 อัตราการทำงาน การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการขนส่ง และการใช้พลังงานในขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ลักษณะพื้นที่	พื้นที่ (ไร่)	วิธีการขนส่ง	อัตราทำงาน (ชม./คน/ไร่)	เชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)		พลังงาน MJ/ไร่	
						แรงงาน	เชื้อเพลิง
ราบ	387.764	รถยนต์	0.73	D	1.74	1.42	75.52
สูง	304.350	รถยนต์	0.52	D	6.13	1.02	265.23

หมายเหตุ D คือน้ำมันดีเซล

ตลอดทุกกระบวนการของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปีการเพาะปลูก 2559 ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่สำหรับการเพาะปลูก ที่ประกอบไปด้วยการไถดะเตรียมพื้นที่ โดยใช้รถไถแบบนั่งและการใช้แรงงานในการเตรียมพื้นที่ ขั้นตอนในการเพาะปลูก ซึ่งมีวิธีการเพาะปลูกที่เกษตรกรใช้อยู่ 2 วิธีการคือ การปลูกโดยใช้รถไถแบบเดินตามปลูก และการปลูกโดยใช้แรงงานคนในการปลูก ขั้นตอนการดูแลรักษา ที่ประกอบไปด้วยการใส่ปุ๋ย และการใช้สารเคมี ซึ่งเกษตรกรจะใช้ทั้งเครื่องสะพายหลังแบบติดเครื่องยนต์ และเครื่องสะพายหลังแบบคันโยก จนถึงกระบวนการเกือบสุดท้ายคือกระบวนการเก็บเกี่ยวโดยทั้งสองพื้นที่ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และกระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อ พบว่าเวลาการทำงานตลอดระยะเวลาการเพาะปลูกตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ถึงกระบวนการขนส่งในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบใช้เวลาประมาณ 7.91 ชั่วโมง/คน/ไร่ หรือ7 ชั่วโมง 55 นาที ต่อแรงงาน 1 คน ต่อพื้นที่ 1 ไร่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดการเพาะปลูกเป็นน้ำมันดีเซลเฉลี่ยเท่ากับ 6.03 ลิตร/ไร่ และน้ำมันเบนซินเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 ลิตร/ไร่ ปริมาณเมล็ดพันธ์ ปุ๋ย สารเคมี และผลผลิตที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.7 โดยผลผลิตเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ เท่ากับ 653.26 กิโลกรัม/ไร่

ตารางที่ 4.7 อัตราการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมล็ดพันธ์ ปุ๋ย สารเคมีและผลผลิตในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ		อัตราทำงาน (ชม./คน/ไร่)	เชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เมล็ด (กก./ไร่)	ปุ๋ย (กก./ไร่)	สารเคมี (กก./ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)
เตรียมพื้นที่							
	ไถดะ (ใช้รถ)	0.43	D 2.23	-	-	-	-
	แรงงานคน	-	-	-	-	-	-
เพาะปลูก							
	คนปลูก	1.62	-	2.96	-	-	-
	รถปลูก	0.40	D 2.06	-	-	-	-
ดูแลรักษา							
ปุ๋ย		1.23	-	-	55.00	-	-
สารเคมี เบนซิน	เครื่องยนต์	0.56	B 1.82	-	-	1.30	-
	คันโยก	1.69	-	-	-	-	-
เก็บเกี่ยว แรงงานคน		1.25	-	-	-	-	653.62
ขนส่ง ใช้รถ		0.73	D 1.74	-	-	-	
รวม		7.91	D 6.03 B 1.82	2.96	55.00	1.30	653.62

หมายเหตุ D คือน้ำมันดีเซล B คือ น้ำมันเบนซิน

พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง ใช้เวลาประมาณ 8.17 ชั่วโมง/คน/ไร่ หรือ 8 ชั่วโมง นาที 10 ต่อแรงงาน 1 คน ต่อพื้นที่ 1 ไร่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดการเพาะปลูกเป็นน้ำมันดีเซลเฉลี่ยเท่ากับ 6.65 ลิตร/ไร่ และน้ำมันเบนซินเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 ลิตร/ไร่ ปริมาณเมล็ดพันธ์ ปุ๋ย สารเคมีและผลผลิตที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.8 โดยผลผลิตเฉลี่ยของพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบเท่ากับ 630.32 กิโลกรัม/ไร่

ตารางที่ 4.8 อัตราการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง เมล็ดพันธ์ ปุ๋ย สารเคมีและผลผลิต ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ	อัตราทำงาน (ชม./คน/ไร่)	เชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เมล็ด (กก./ไร่)	ปุ๋ย (กก./ไร่)	สารเคมี (กก./ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)
<u>เตรียมพื้นที่</u>						
ไถดะ (ใช้รถ)	-	-	-	-	-	-
แรงงานคน	1.32	-	-	-	-	-
<u>เพาะปลูก</u>						
คนปลูก	1.24	-	3.77	-	-	-
รถปลูก	-	-	-	-	-	-
<u>ดูแลรักษา</u>						
ปุ๋ย	1.31	-	-	48.85	-	-
สารเคมี เบนซิน เครื่องยนต์	0.46	B 2.81	-	-	2.71	-
คันโยก	2.18	-	-	-	-	-
<u>เก็บเกี่ยว</u> แรงงานคน	1.14	-	-	-	-	630.32
<u>ขนส่ง</u> ใช้รถ	0.52	D 6.13	-	-	-	-
รวม	8.17	B 2.81 D 6.13	3.77	48.85	2.71	630.32

หมายเหตุ D คือน้ำมันดีเซล B คือ น้ำมันเบนซิน

อัตราการใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

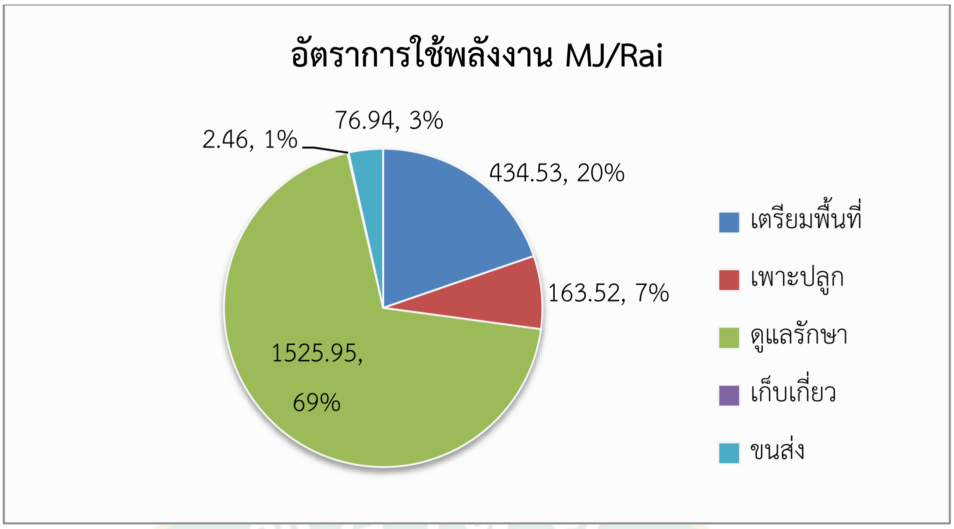
ค่าพลังงานในการดำเนินการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการดำเนินการในขั้นตอนการเพาะปลูกว่าจะปลูกโดยรถหรือจะปลูกโดยใช้แรงงานคน ขั้นตอนการฉีดสารเคมีว่าใช้เครื่องจักรหรือไม่ จนถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขนส่ง ในการพิจารณาพบว่า พลังงานในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งกระบวนการเท่ากับ 2,203.4 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 การใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ขั้นตอนและ	พลังงานเฉลี่ย (MJ/Rai)						
วิธีการดำเนินการ	แรงงาน	เชื้อเพลิง	ปุ๋ยเคมี	สารเคมี	เครื่องยนต์	รวม	%
<u>เตรียมพื้นที่</u>							
ไถดะ (ใช้รถ)	0.85	D 96.60	-	-	337.62	434.53	19.72
<u>เพาะปลูก</u>							
คนปลูก	0.79	-	-	-	-	163.52	7.42
รถปลูก	3.17	D 89.25	-	-	70.31		
<u>ดูแลรักษา</u>							
ปุ๋ย	2.40	-	1,277.55	-	-	1,525.95	69.24
สารเคมี เครื่องยนต์เบนซิน	1.09	B 72.39	-	155.62	13.59		
คันโยก	3.31	-	-	-	-		
<u>เก็บเกี่ยว</u> แรงงานคน	2.46	-	-	-	-	2.46	0.11
<u>ขนส่ง</u> ใช้รถ	1.42	D 75.52	-	-	-	76.94	3.49
รวม	15.49	333.76	1,277.55	155.62	421.52	2,203.40	100
%	0.70	15.14	57.97	7.06	19.13	100%	

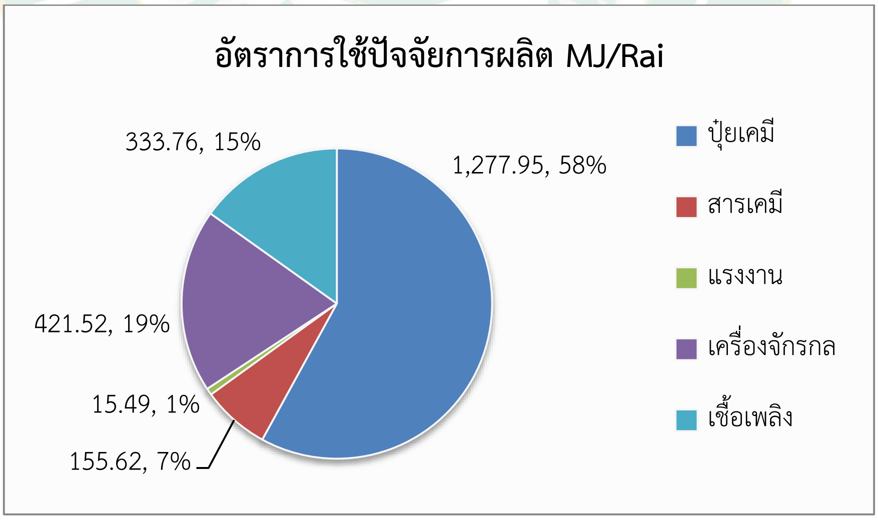
หมายเหตุ D คือน้ำมันดีเซล B คือ น้ำมันเบนซิน

การใช้พลังงานรวมตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบเฉลี่ยอยู่ที่ 2,203.40 MJ / Rai ซึ่งในแต่ละกระบวนการในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะใช้พลังงานแตกต่างกัน ดังนี้ การใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูกเฉลี่ยอยู่ที่ 434.62 MJ / Rai คิดเป็น 19 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการเพาะปลูกใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 163.52 MJ / Rai คิดเป็น 7 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการดูแลรักษา การใสปุ๋ย,ใช้สารเคมี ใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 1,525.95 MJ / Rai คิดเป็น 69 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 2.46 MJ / Rai คิดเป็น 1 เปอร์เซ็นต์ และกระบวนการขนส่งใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 76.95 MJ / Rai คิดเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 4.1



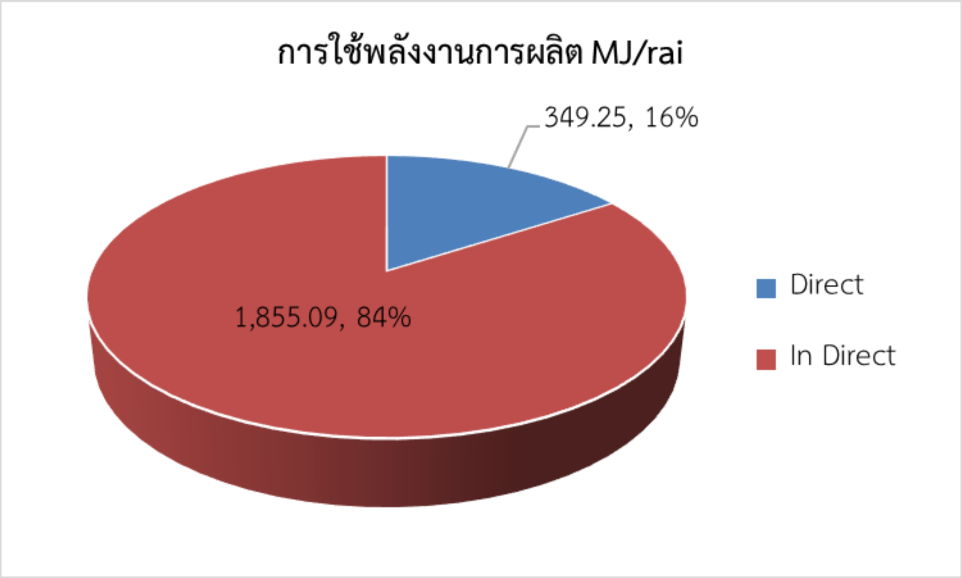
ภาพที่ 4. 1 แสดงอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

อัตราส่วนการใช้พลังงานในส่วนของปัจจัยการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ แสดงดังภาพที่ 4.2 พบว่าพลังงานที่ใช้มากที่สุดจากการใช้ปุ๋ยเคมี คิดเป็น 58 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมด ตามมาด้วย พลังงานจากเครื่องจักรกลการเกษตร 19 เปอร์เซ็นต์ และ 15 เปอร์เซ็นต์, 7 เปอร์เซ็นต์, และ 1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพลังงานจากเชื้อเพลิงการใช้สารเคมี และแรงงานตามลำดับ



ภาพที่ 4. 2 แสดงอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตต่อพลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

อัตราส่วนการใช้พลังงานโดยตรง และพลังงานโดยอ้อมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ แสดงดังภาพที่ 4.3 พบว่าอัตราการใช้พลังงานโดยตรง ได้แก่ แรงงานคน น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 349.25 MJ/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 16 และอัตราการใช้พลังงานทางอ้อม ได้แก่ ปุ๋ยเคมี สารเคมี และเครื่องจักรกล เท่ากับ 1,855.09 MJ/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 84



ภาพที่ 4. 3 แสดงอัตราการใช้พลังงานโดยตรง และโดยอ้อมในการผลิตผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

อัตราการใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

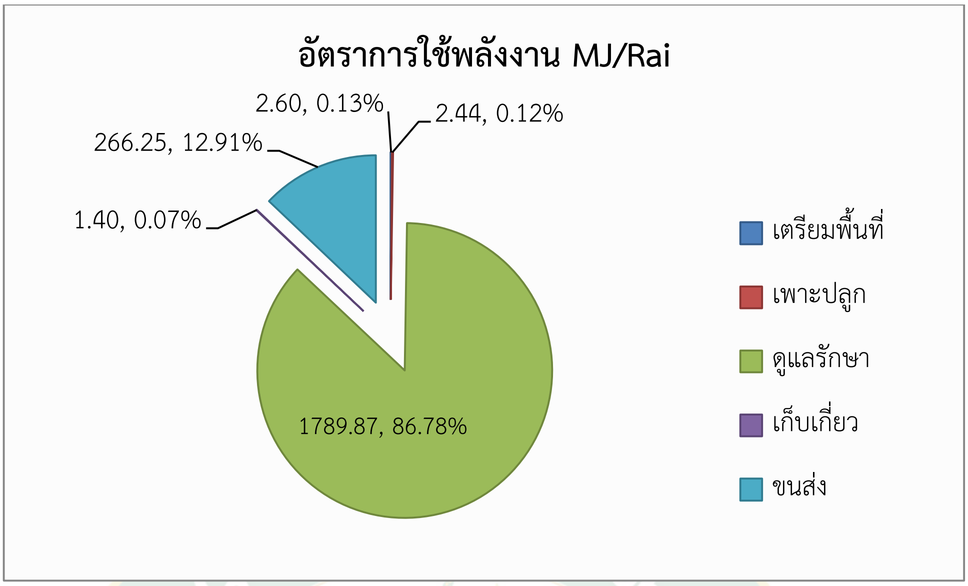
ค่าพลังงานในการดำเนินการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้น ขึ้นอยู่กับวิธีการดำเนินการในขั้นตอนการเพาะปลูกว่าจะปลูกโดยรถหรือจะปลูกโดยใช้แรงงานคน ขั้นตอนการฉีดสารเคมีว่าใช้เครื่องจักรหรือไม่ จนถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยว และขนส่ง ในการพิจารณาพบว่า พลังงานในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งกระบวนการเท่ากับ 2,062.56 MJ/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การใช้พลังงานในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (เดือนมิถุนายน-ตุลาคม 2559)

ขั้นตอนและ	พลังงานเฉลี่ย (MJ/Rai)						
วิธีการดำเนินการ	แรงงาน	เชื้อเพลิง	ปุ๋ยเคมี	สารเคมี	เครื่องยนต์	รวม	%
<u>เตรียมพื้นที่</u>							
แรงงานคน	2.60	-	-	-	-	2.60	0.13
<u>เพาะปลูก</u>							
รถปลูก	2.44	-	-	-	-	2.44	0.12
<u>ดูแลรักษา</u>							
ปุ๋ย	2.57	-	1,419.08	-	-		
สารเคมี เครื่องยนต์	0.91	B 24.49	-	325.19	13.59	1,789.87	86.78
เบนซิน							
คันโยก	4.04	-	-	-	-		
<u>เก็บเกี่ยว</u>	1.40	-	-	-	-	1.40	0.07
แรงงานคน							
<u>ขนส่ง</u> ใช้	1.02	D265.23	-	-	-	266.25	12.91
รถ							
รวม	14.98	289.72	1,419.08	325.19	13.59	2,062.56	100
%	0.73	14.05	68.80	15.77	0.66	100	

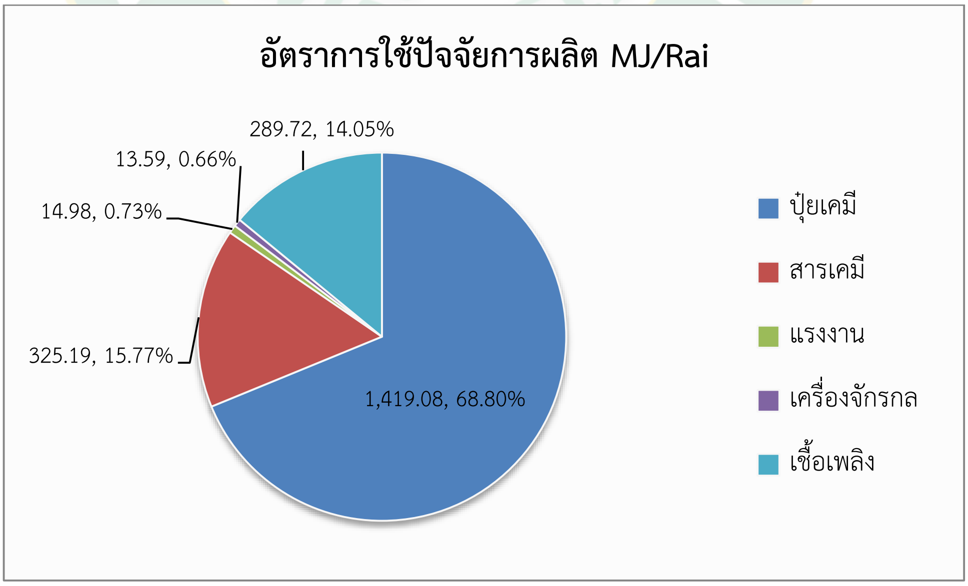
หมายเหตุ D คือน้ำมันดีเซล B คือ น้ำมันเบนซิน

การใช้พลังงานรวมตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูงเฉลี่ยอยู่ที่ 2,062.56 MJ / Rai ซึ่งในแต่ละกระบวนการในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะใช้พลังงานแตกต่างกัน ดังนี้ การใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูกเฉลี่ยอยู่ที่ 2.60 MJ / Rai คิดเป็น 0.13 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการเพาะปลูกใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 2.44 MJ / Rai คิดเป็น 0.12 เปอร์เซ็นต์ กระบวนการดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย,ใช้สารเคมี ใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 1,789.87 MJ / Rai คิดเป็น 86.78 เปอร์เซ็นต์ สำหรับการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 1.40 MJ / Rai คิดเป็น 0.07 เปอร์เซ็นต์ และกระบวนการขนส่งใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 266.25 MJ / Rai คิดเป็น 12.91 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพที่ 4.3



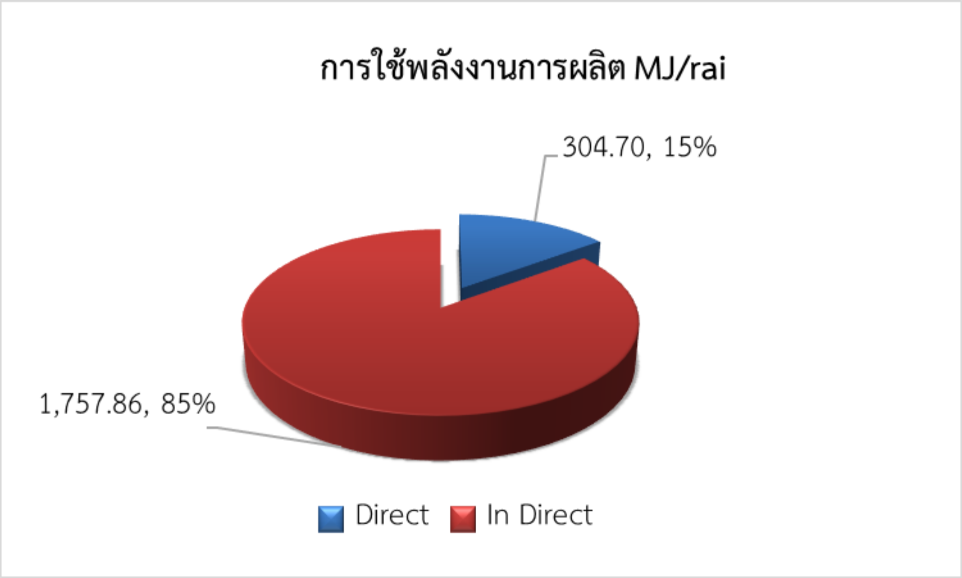
ภาพที่ 4. 4 แสดงอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

อัตราส่วนการใช้พลังงานในส่วนของปัจจัยการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง แสดงดังภาพที่ 4.4 พบว่าพลังงานที่ใช้มากที่สุดจากการใช้ปุ๋ยเคมี คิดเป็น 68.80 เปอร์เซ็นต์ ของพลังงานทั้งหมด ตามมาด้วย พลังงานจากสารเคมี 15.77 เปอร์เซ็นต์ และ 14.05 เปอร์เซ็นต์, 0.73 เปอร์เซ็นต์, และ 0.66 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพลังงานจากเชื้อเพลิง การใช้แรงงาน และเครื่องจักรกลการเกษตรตามลำดับ



ภาพที่ 4. 5 แสดงอัตราการใช้ปัจจัยการผลิตต่อพลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

อัตราส่วนการใช้พลังงานโดยตรง และพลังงานโดยอ้อมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง แสดงดังภาพที่ 4.5 พบว่าอัตราการใช้พลังงานโดยตรง ได้แก่ แรงงานคน น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 304.70 MJ/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 15 และอัตราการใช้พลังงานทางอ้อม ได้แก่ ปุ๋ยเคมี สารเคมี และเครื่องจักรกล เท่ากับ 1757.86 MJ/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 85



ภาพที่ 4. 6 แสดงอัตราการใช้พลังงานโดยตรง และโดยอ้อมในการผลิตผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

4.2 การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการศึกษาภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่และพื้นที่สูงจังหวัดน่าน เพื่อประเมินปริมาณการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูกจนถึงกระบวนการขนส่งไปยังจุดรับซื้อ หรือโรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อหาแนวทางการลดภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลจะวิเคราะห์ข้อมูลการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปีการเพาะปลูก 2559 มีพื้นที่ทำการเก็บข้อมูลคือ กลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงใหญ่ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ และกลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บ้านขุนสถาน อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน รวมทั้งสิ้น 80 ตัวอย่าง คิดเป็นพื้นที่รวม 692.114 ไร่

4.2.1 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

การประเมินภาวการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า พบว่าในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 18.5289 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0283 kgCO_2eq /kg ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 5.3589 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0643 kgCO_2eq /kg ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มา	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	
			(kg CO_2eq/ไร่)	(kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ	สมการที่	A = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	A/653.26
น้ำมันเชื้อเพลิง				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตดีเซล	3.10	= 6.03 × 0.3282 = 1.9790	= 1.9790/653.26 = 0.0030
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของดีเซล	3.10	= 6.03 × 2.7446 = 16.5499	= 16.5499/653.26 = 0.0253
	รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของดีเซล		= 18.5289	= 0.0283
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตเบนซิน	3.10	= 1.82 × 0.7069 = 1.2865	= 1.2865/653.26 = 0.0020
(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของเบนซิน	3.10	= 1.82 × 2.2376 = 4.0724	= 4.0724/653.26 = 0.0623
	รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเบนซิน		= 5.3589	= 0.0643

หมายเหตุ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ 653.26 กิโลกรัม/ไร่

4.2.2 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ยพื้นที่ราบ

พบว่าในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโปแทสเซียม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 41.8765 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0640 kgCO_2eq /kg และในส่วนของการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยตรงและจากการสูญเสียจากการใส่ปุ๋ย ตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 28.6216 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0437 kgCO_2eq /kg ดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มาสมการ	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2eq/ไร่)	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
การผลิตปุ๋ย				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย N	3.9	= 15.28 × 2.6000 = 39.728	= 39.728 /653.26 = 0.0608
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย P	3.9	= 4.85 × 0.2520 = 1.2222	= 1.2222/653.26 = 0.0018
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย K	3.9	= 4.85 × 0.1600 = 0.7760	= 0.7760/653.26 = 0.0012
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระสอบปุ๋ยเคมี	3.13	= 0.1503	= 0.1503/653.26 = 0.0002
(4)	รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ย		= 41.8765	= 0.0640

ตารางที่ 4.12 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มาสมการ	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2eq/ไร่)	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
ก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย				
(5)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย	3.9	= 15.28×0.0030 ×44/28×298 = 21.4662	= 21.4662/653.26 = 0.0328
(6)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยอ้อมจากสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน ในรูป NH3+NOx การใส่ปุ๋ยเคมี	3.9	= 15.28×0.1×0.01 ×44/28 ×298 = 7.1554	= 7.1554/653.26 = 0.0109
(7)	รวม การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย		= 28.6216	= 0.0437

หมายเหตุ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ 653.26 กิโลกรัม/ไร่

4.2.3 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิต และการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่ง พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ เท่ากับ 0.5180 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0008 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 0.0485 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0008 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดวัชพืช เท่ากับ 13.2715 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0203 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เท่ากับ 8.9571 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0137 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิตรวม เท่ากับ 22.7951 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0349 kgCO_2eq /kg และการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อหรอโรงสี เท่ากับ 0.8046 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0012 kgCO_2eq /kg ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่งในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มา	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2eq/ไร่)	(kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
การใช้ปัจจัยการผลิต				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3.13	= 2.96×0.1750 = 0.5180	= 0.5180/653.26 = 0.0008
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	3.13	= 0.0485	= 0.0485/653.26 = 0.00007
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดวัชพืช	3.13	= 1.30×10.2089 = 13.2715	= 13.2715/653.26 = 0.0203
(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	3.13	= 0.54×16.5873 = 8.9571	= 8.9571/653.26 = 0.0137
(5)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิตรวม		= 22.7951	= 0.0349
การขนส่ง	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	3.14	= 0.8046	= 0.0012

หมายเหตุ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ 653.26 กิโลกรัม/ไร่

4.2.4 ภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบจำนวน 387.764 ไร่ พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูก เท่ากับ 18.5289 kg CO_2eq/ ไร่ ขั้นตอนการเพาะปลูกมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 0.5665 kg CO_2eq/ ไร่ ขั้นตอนการดูแลรักษามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 98.0856 kg CO_2eq/ ไร่ และขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อหรือโรงสี เท่ากับ 0.8046 kg CO_2eq/ ไร่ รวมตลอด

กระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบเท่ากับ 117.9856 kgCO_2eq / ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

ขั้นตอน	ปัจจัยการผลิต	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2eq /ไร่)	รวม
การเตรียมพื้นที่	เชื้อเพลิงดีเซล	18.5289	18.5289
การเพาะปลูก	เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	0.5180	0.5665
	กระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	0.0485	
การดูแลรักษา	ปุ๋ยเคมี	70.3478	98.0856
	สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	8.9571	
	สารเคมีกำจัดวัชพืช	13.2715	
	เชื้อเพลิงเบนซิน	5.3589	
	กระสอบปุ๋ยเคมี/สารกำจัดศัตรูพืช	0.1503	
การเก็บเกี่ยว	-	-	-
การขนส่ง	น้ำมันเชื้อเพลิง/ยานพาหนะขนส่ง	0.8046	0.8046
รวม		117.9856	

4.2.5 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิงในพื้นที่สูง

การประเมินภาวการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า พบว่าในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 20.4341 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0635 kgCO_2eq /kg ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ส่วนน้ำมันเชื้อเพลิงเบนซินตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 1.3543 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0021 kgCO_2eq /kg ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มา	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	
			(kg CO_2eq/ไร่)	(kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ	สมการที่	A = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	A/630.32
น้ำมันเชื้อเพลิง				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตดีเซล	3.10	= 6.65 × 0.3282 = 2.1825	= 2.1825/630.32 = 0.0346
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของดีเซล	3.10	= 6.65 × 2.7446 = 18.2516	= 18.2516/630.32 = 0.0289
	รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของดีเซล		= 20.4341	= 0.0635
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตเบนซิน	3.10	= 0.46 × 0.7069 = 0.3251	= 0.3251/630.32 = 0.0005
(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของเบนซิน	3.10	= 0.46 × 2.2376 = 1.0292	= 1.0292/630.32 = 0.0016
	รวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเบนซิน		= 1.3543	= 0.0021

หมายเหตุ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง 630.32 กิโลกรัม/ไร่

4.2.6 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ยในพื้นที่สูง

พบว่าในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโปแทสเซียม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 47.8467 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0758 kgCO_2eq /kg และในส่วนของการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยตรงและจากการ

สูญเสียจากการใส่ปุ๋ย ตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 33.7727 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0536 kgCO_2eq /kg ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มาสมการ	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	
			(kg CO_2eq/ไร่)	(kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
การผลิตปุ๋ย				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย N	3.9	= 18.03 × 2.6000 = 46.878	= 46.878 /630.32 = 0.0743
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย P	3.9	= 2.03 × 0.2520 = 0.5116	= 0.5116/630.32 = 0.0008
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย K	3.9	= 2.03 × 0.1600 = 0.3248	= 0.3248/630.32 = 0.0005
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระสอบปุ๋ยเคมี	3.9	= 0.1323	= 0.1323/630.32 = 0.0002
(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ยรวม		= 47.8467	= 0.0758
ก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย				
(5)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย	3.10	= 18.03×0.0030 ×44/28×298 = 25.3296	= 25.3296/630.32 = 0.0402
(6)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยอ้อมจากสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน ในรูป NH3+NOx การใส่ปุ๋ยเคมี	3.10	= 18.03×0.1×0.01 ×44/28 ×298 = 8.4431	= 8.4431/630.32 = 0.0134
(7)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยรวม		= 33.7727	= 0.0536

หมายเหตุ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง 630.32 กิโลกรัม/ไร่

4.2.7 วิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิต และการขนส่งพื้นที่สูง

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่ง พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง เท่ากับ 0.5697 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0009 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 0.0612 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0001 kgCO_2eq /kg สำหรับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดวัชพืช เท่ากับ 27.6661 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0438 kgCO_2eq /kg ภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกด้านปัจจัยการผลิตเท่ากับ 28.2970 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0448 kgCO_2eq /kg และการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อหรือโรงสี เท่ากับ 2.0831 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0573 kgCO_2eq /kg ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่งในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มาสมการ	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2eq/ไร่)	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
การใช้ปัจจัยการผลิต				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	3.13	= 3.77×0.1750 = 0.5697	= 0.5697/630.32 = 0.0009
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	3.13	= 0.0612	= 0.0612/630.32 = 0.0001
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดวัชพืช	3.13	= 2.71×10.2089 = 27.6661	= 27.6661/630.32 = 0.0438
(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิตรวม		= 28.2970	= 0.0448
การขนส่ง	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	3.14	= 2.0831	= 0.0033

หมายเหตุ ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง 630.32 กิโลกรัม/ไร่

4.2.8 ภาพรวมปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูงจำนวน 304.350 ไร่ พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกในขั้นตอนการเพาะปลูก เท่ากับ 0.6309 kg CO_2eq/ ไร่ ขั้นตอนการดูแลรักษามีการปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ 110.6398 kg CO_2eq/ ไร่ และขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อหรือโรงสี เท่ากับ 22.5172 kg CO_2eq/ ไร่ รวมตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูงเท่ากับ 133.7879 kgCO_2eq / ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 แสดงภาพรวมการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่สูง

ขั้นตอน	ปัจจัยการผลิต	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (kg CO_2eq /ไร่)	รวม
การเตรียมพื้นที่	-	-	-
การเพาะปลูก	เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	0.5697	0.6309
	กระสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด	0.0612	
การดูแลรักษา	ปุ๋ยเคมี	81.4871	110.6398
	สารเคมีกำจัดวัชพืช	27.6661	
	เชื้อเพลิงเบนซิน	1.3543	
	กระสอบปุ๋ยเคมี/สารกำจัดศัตรูพืช	0.1323	
การเก็บเกี่ยว	-	-	-
การขนส่ง	น้ำมันเชื้อเพลิง/ยานพาหนะขนส่ง	22.5172	22.5172
รวม		133.7879	

4.3 การจัดการวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งเพื่อลดปัญหาหมอกควันในพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากกรณีศึกษาของผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในฤดูฝนช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม ปีการเพาะปลูก 2559 จำนวน 2 พื้นที่ คือพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่ มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดเท่ากับ 387.764 ไร่ และพื้นที่ปลูก

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน มีพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดเท่ากับ 304.350 ไร่ รวมพื้นที่ทั้งหมดที่ทำการเก็บข้อมูลเท่ากับ 692.114 ไร่ สามารถพิจารณาในการจัดการวัสดุชีวมวลที่เหลือทิ้งเพื่อลดปัญหาหมอกควันได้ดังนี้

4.3.1 วิธีการในการจัดการวัสดุเหลือทิ้งของเกษตรกร

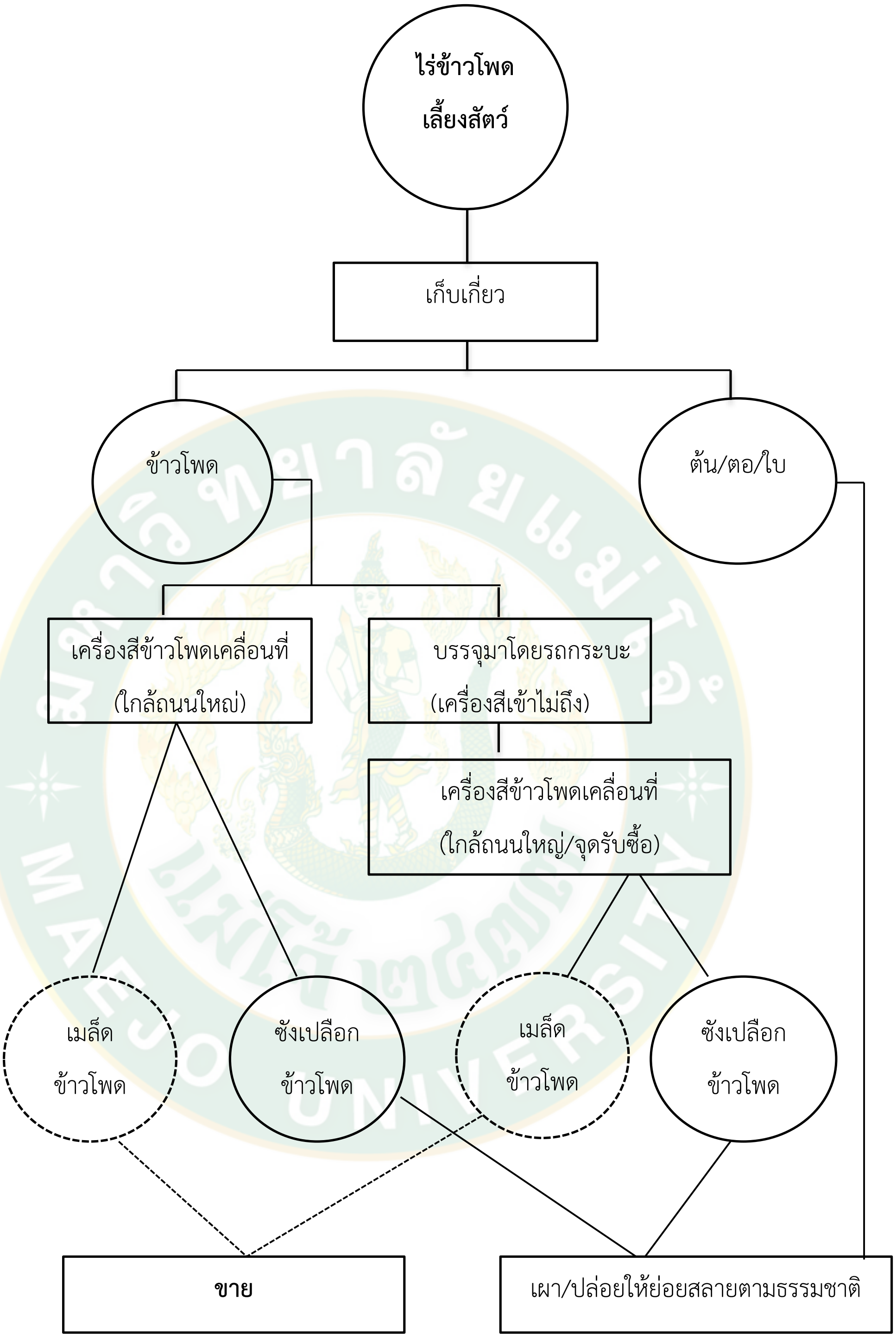
พื้นที่สูง

จากการลงพื้นที่พบว่าเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพดบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่ยังไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ โดยมีขั้นตอนการจัดการดังต่อไปนี้ หลังจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พร้อมสำหรับการเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะทำการเก็บฝักข้าวโพดที่แก่และแห้ง ด้วยมือแล้วบรรจุลงกระสอบนำมากองไว้บริเวณชายไร่ เกษตรกรจะบรรทุกข้าวโพดทั้งฝักลงมาจากที่สูงชันมาก แล้วมาสีหรือขายยังจุดรับซื้อที่รถสัญจรไปมาได้สะดวก เกษตรกรสีข้าวโพดเพื่อแยก เมล็ด ออกจากซัง/เปลือก เมล็ดข้าวโพดที่ได้ เกษตรกรจะนำไปขายให้กับพ่อค้าเพื่อขนส่งลงจากพื้นที่สูงสำหรับใช้ประโยชน์ต่อไป ส่วนซัง/เปลือกของข้าวโพดจะถูกกองทิ้งไว้ในบริเวณที่สีและหลังจากนั้น จะทำการเผาหรือปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ เช่นเดียวกับต้น/ตอ/ใบ ดังแสดงในภาพที่ 4.7 และภาพที่ 4.8

ภาพ ก (ต้น/ตอข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)

ภาพ ข (ซัง/เปลือกข้าวโพด)

ภาพที่ 4. 7 ภาพ ก,ข แสดงลักษณะเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพด (ต้น/ตอ/ใบข้าวโพด/ซัง/เปลือง

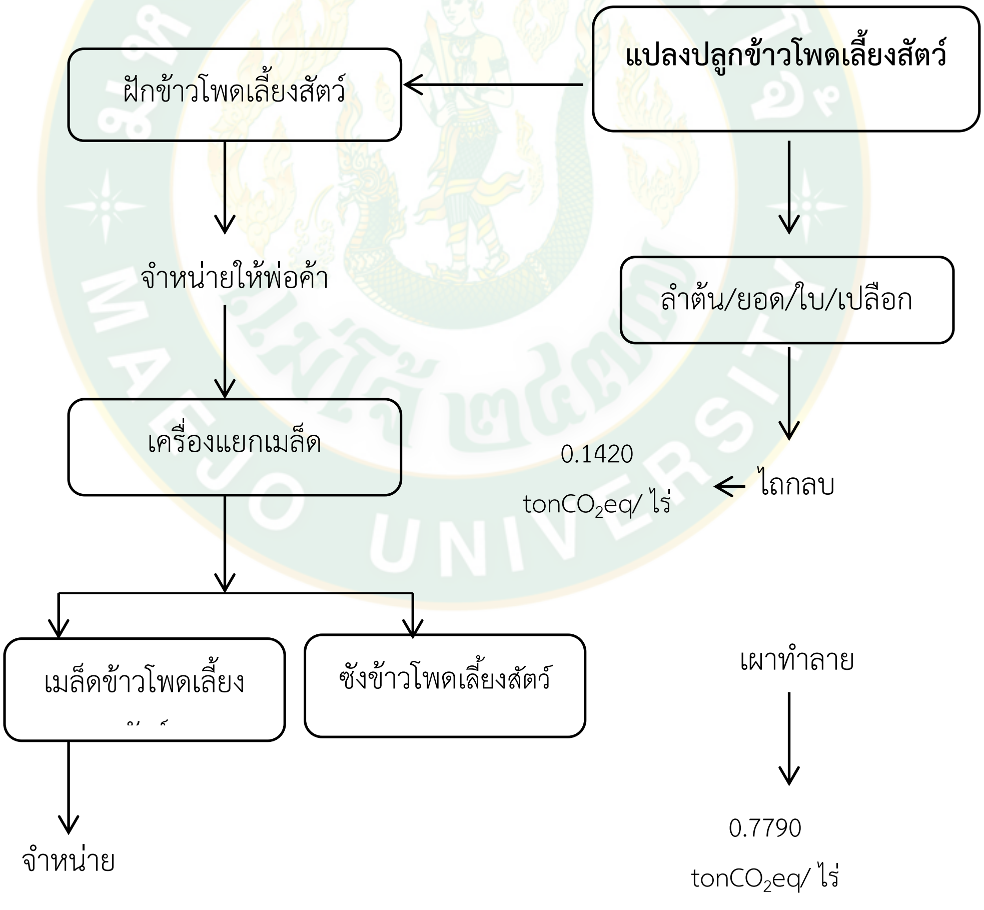


ภาพที่ 4. 8 ผังการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง

พื้นที่ราบ

จากการลงพื้นที่พบว่าเศษวัสดุเหลือใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ วัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากการเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ต้น/ใบ/ยอด/เปลือก และ วัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากการแปรรูปได้แก่ ซังข้าวโพด โดยวงจรของวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะแสดงไว้ในภาพที่ 4.9

เกษตรกรจะจำหน่ายข้าวโพดทั้งเมล็ดและซังข้าวโพดให้พ่อค้า แต่เกษตรกรจะได้ราคาเฉพาะส่วนที่เป็นเมล็ดเท่านั้นพ่อค้ารับซื้อไปแล้ว จะนำไปกะเทาะแยกเมล็ดออก ส่วนซังข้าวโพดก็สามารถจำหน่ายต่อได้ เช่น นำไปทำเชื้อเพลิงสำหรับใช้ในโรงไฟฟ้า ดังนั้น พ่อค้าจะมีกำไรจากการจำหน่ายทั้งเมล็ดและซังข้าวโพด ส่วนต้น/ยอด/ใบ/เปลือก ข้าวโพด เมื่อเก็บฝักออกไปแล้วส่วนใหญ่จะยังไม่มีการนำมาทำประโยชน์ เกษตรกรจะไถกลบหรือไม่ก็เผาทำลาย หรือปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ



(สถาพร ใจอารีย์ 2553)

ภาพที่ 4. 9 วงจรของวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

4.3.2 ศักยภาพการผลิตพลังงานจากเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

กรณีศึกษาสถานภาพของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในเขตพื้นที่เพาะปลูกพื้นที่ราบดังแสดงใน ตารางที่ 4.19 มีพื้นที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 378.764 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 653.26 กิโลกรัม/ไร่ ในปีการผลิต 2559 และกรณีศึกษาสถานภาพของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในเขตพื้นที่เพาะปลูกบนพื้นที่สูง ดังแสดงใน ตารางที่ 4.19 มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 304.350 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 630.32 กิโลกรัม/ไร่

ตารางที่ 4 19 ศักยภาพเชิงปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่	ประเภทเศษวัสดุเหลือใช้	พื้นที่ปลูก (ไร่)	ผลผลิต (กก./ไร่)	เศษวัสดุ	สัดส่วนเศษวัสดุต่อผลผลิต	ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้ (กก./ไร่)	สัดส่วนเศษวัสดุที่คงเหลือ (%)	ปริมาณเศษวัสดุเหลือใช้คงเหลือรวม (กก./ไร่)
ราบ	ข้าวโพด	378.764	653.26	ต้น/ตอ/ใบ	1.10	718.58	100	960.29
				ซัง/เปลือก	0.37	241.71	100	
สูง	ข้าวโพด	304.350	630.32	ต้น/ตอ/ใบ	1.10	693.35	100	926.56
				ซัง/เปลือก	0.37	233.21	100	

หมายเหตุ ปีการเพาะปลูก 2559

กรณีศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษาพื้นที่ราบ พบว่า เศษวัสดุจากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ มีอยู่ทั้งสิ้น 960.29 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นพลังงาน 16,464.52 MJ/ไร่ สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ 4,573.47 kWh ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.20

กรณีศึกษาศักยภาพการผลิตพลังงานจากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษาพื้นที่สูง พบว่า เศษวัสดุจากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ มีอยู่ทั้งสิ้น 926.56 กิโลกรัม/ไร่ คิดเป็นพลังงาน 15,886.17 MJ/ไร่ สามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ 4,412.82 kWh ดังแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ศักยภาพการผลิตพลังเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษาพื้นที่ราบและพื้นที่สูง

ลักษณะพื้นที่	ประเภทวัสดุเหลือใช้	ปริมาณคงเหลือ (กก./ไร่)	ความชื้น (%wb)	ค่าความร้อน[1] MJ/kg	พลังงานทั้งสิ้น (MJ/ไร่)	หน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh)/ไร่
ราบ	ต้น/ตอ/ใบ	718.58	10.65	16.316	11,724.35	4,573.47
	ซัง/เปลือก	241.71	12.30	19.611	4,740.17	
สูง	ต้น/ตอ/ใบ	693.35	10.65	16.316	11,312.69	4,412.82
	ซัง/เปลือก	233.21	12.30	19.611	4,573.48	

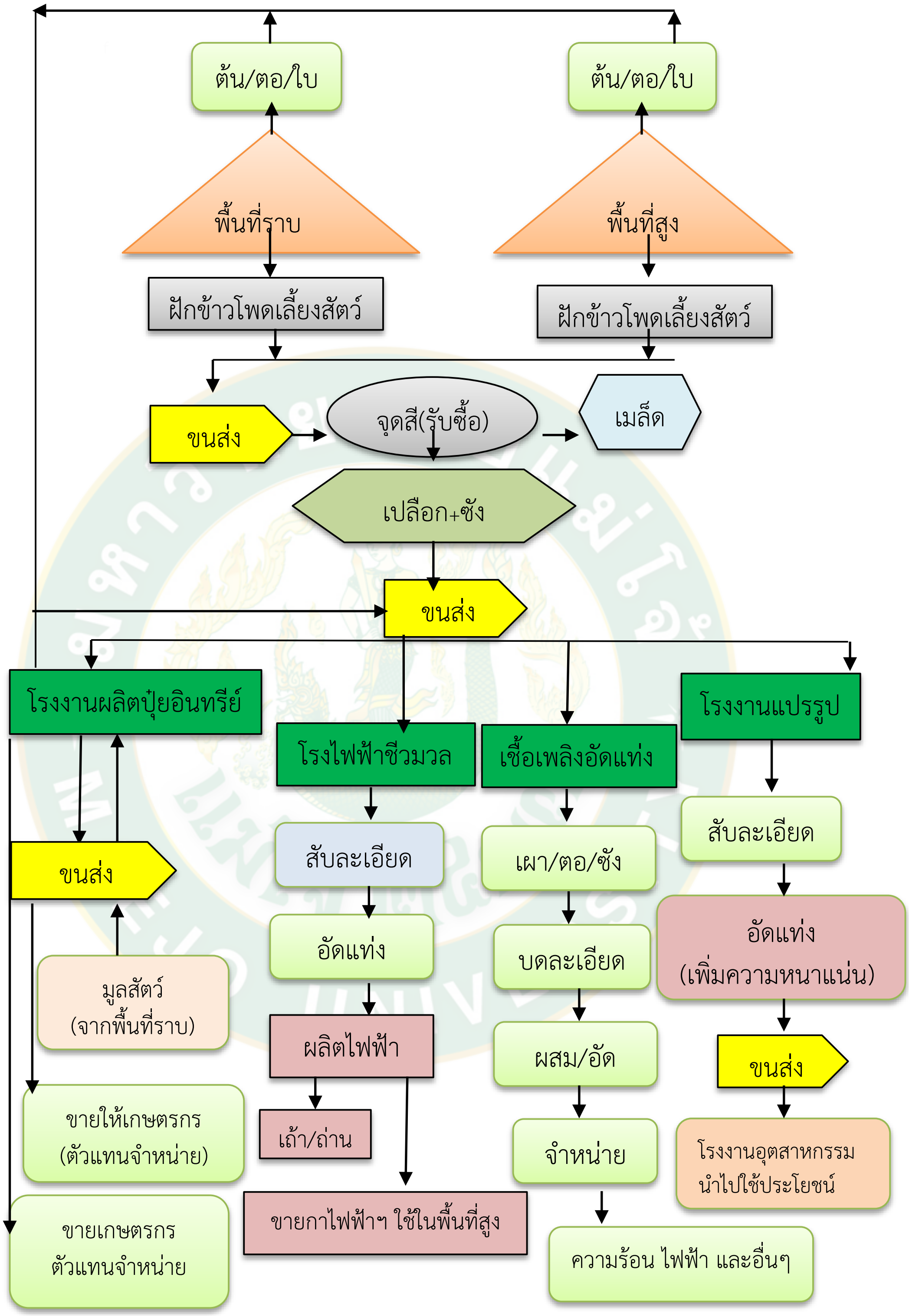
หมายเหตุ

[1] ค่าความร้อนสูง

4.3.3 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทั้งเพื่อลดหมอกควัน

จากการศึกษาในงานวิจัยนี้พบว่าแนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดที่เหมาะสม คือ รูปแบบการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดแบบรวมศูนย์ ที่สามารถดำเนินการเป็นศูนย์รวบรวมและแปรรูป โดยหลักการของจัดการเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดแบบรวมศูนย์ประเภทนี้จะเป็นจุดรวบรวม แปรรูปเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากที่ตั้งอยู่ในชุมชนพื้นที่สูงและมีการจัดตั้งองค์กรเป็นหน่วยวิสาหกิจในชุมชน องค์กรที่จัดตั้งขึ้นโดยชุมชนเป็นหน่วยธุรกิจชุมชนที่ทำหน้าที่ซื้อ-ขาย แลกเปลี่ยน เศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดหรือลงทุนจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดโดยเอกชนทีมีความเกี่ยวข้องกับธุรกิจข้าวโพดหรือเอกชนที่สนใจ

โดยตั้งเป็นจุดรวบรวมและแปรรูปบริเวณจุดรับซื้อผลผลิตข้าวโพดหรือบริเวณใกล้เคียงแล้วส่งเชื้อเพลิงเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดในลักษณะอัดแท่งไปขายยังพื้นราบ หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้าใช้เองบนพื้นที่หรือใช้เป็นวัสดุผสมกับมูลสัตว์ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้ในพื้นที่และขาย ดังแสดงในภาพที่ 4.10 ซึ่งมีแนวทางในการจัดการหลักๆ อยู่ 4 แนวทางหรือเทคโนโลยีด้วยกันดังนี้



ภาพที่ 4. 10 แนวทางการจัดการเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

1. นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลข้าวโพดอัดแท่งเพื่อจำหน่าย

(พานิชย์ ยศปัญญา 2554) กล่าวว่าเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเปลือก และซังข้าวโพดมีสัดส่วนการผลิต Biomass Pellet เท่ากับ 2.48 2 ต่อ 1 กิโลกรัมชีวมวลอัดแท่ง

จากผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรมีวัสดุเหลือใช้ คือ ต้น ตอ ใบเปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เหลือใช้เฉลี่ยเท่ากับ 1,886.85 กิโลกรัม/ไร่ สามารถนำมาผลิตเป็น Biomass Pellet ได้เท่ากับ 760.83 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 4.11

ภาพที่ 4. 11 การแปรรูปชีวมวลอัดเม็ดใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2. นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพด เพื่อใช้ทางการเกษตรในปีถัดไป จากการศึกษา พบว่า มีวัสดุเหลือทิ้งจำนวน 1,886.85 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ถึง 2,641.59 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 4.12

ภาพที่ 4. 12 การปุ๋ยอินทรีย์จากเปลือกซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3. นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือจากชีวมวลข้าวโพดมาผลิตโรงไฟฟ้าชีวมวล

จากผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรมีวัสดุเหลือใช้ คือ ต้น ตอ ใบเปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เหลือใช้เฉลี่ยเท่ากับ 1,886.85 กิโลกรัม/ไร่ สามารถนำมาผลิตเป็น Biomass Pellet เพื่อจำหน่าย ได้เท่ากับ 760.83 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 4.13

ภาพที่ 4. 13 ขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4. นำเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงอัดแท่ง เช่น ถ่าน เพื่อใช้ในครัวเรือน หรือจำหน่าย

(พานิชย์ ยศปัญญา 2554) กล่าวว่าเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเปลือกและซังข้าวโพดมีสัดส่วนการผลิตถ่ายอัดแท่ง เท่ากับ 3.34 ต่อ 1 กิโลกรัมชีวมวลถ่านอัดแท่ง

จากผลการวิจัย พบว่า เกษตรกรมีวัสดุเหลือใช้ คือ ต้น ตอ ใบเปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เหลือใช้เฉลี่ยเท่ากับ 1,886.85 กิโลกรัม/ไร่ สามารถนำมาผลิตเป็นถ่านอัดแท่ง ได้เท่ากับ 564.92 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งกระบวนการผลิตแสดงดังภาพที่ 4.14

ภาพที่ 4. 14 การแปรรูปถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.3.4 มาตรการในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

จากการวิเคราะห์วิถีการดำเนินงานของเกษตรกร และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่เกิดขึ้นในพื้นที่สามารถหามาตรการต่างๆ ในการใช้ประโยชน์และลดพลังงานคาร์บอนได้ดังนี้

มาตรการที่ 1 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้เองจากวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

พื้นที่ราบ พบว่ามีวัสดุเหลือทิ้งจำนวน 241.71 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ถึง 336.99 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อทำการวิเคราะห์ถ้าเกษตรกรผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เองสามารถลดปริมาณพลังงานจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 102.108 MJ/ไร่ และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 36.9678 kgCO_2eq/ไร่ และตารางที่ 4.21

พื้นที่สูง พบว่ามีวัสดุเหลือทิ้งจำนวน 233.21 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสามารถผลิตปุ๋ยอินทรีย์ได้ถึง 326.49 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อทำการวิเคราะห์ถ้าเกษตรกรผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เองสามารถลดปริมาณพลังงานจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 98.93 MJ/ไร่ และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 35.1595 kgCO_2eq/ไร่ และตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 แสดงการผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากเศษวัสดุเหลือใช้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กรณีศึกษาพื้นที่ราบและพื้นที่สูง

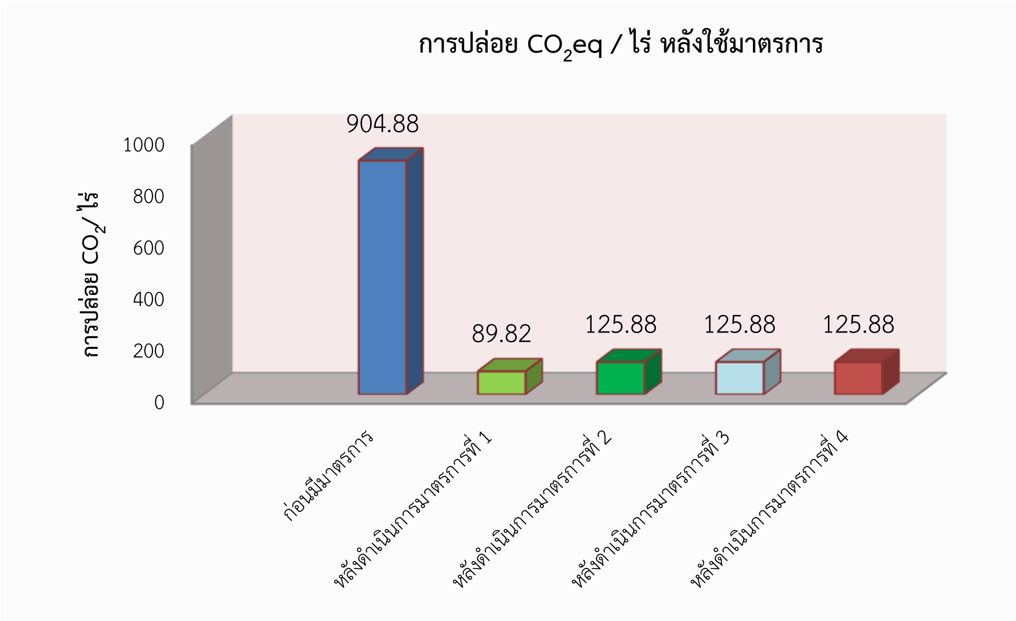
ลักษณะพื้นที่	ประเภทชีวมวล	ปริมาณคงเหลือ (กก/ไร่)	ความชื้น (%wb)	ปริมาณมูลสัตว์ที่ต้องการ[1]	ปริมาณปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้[2] (กก./ไร่)	คิดเป็นมูลค่า[3] (บาท/ไร่)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก kgCO_2eq/kg ปุ๋ยอินทรีย์	kgCO_2eq/kg ปุ๋ยเคมี
ราบ	ซัง/เปลือก	241.71	12.30	241.71	336.99	2,021.94	0.1097	2.6000
สูง	ซัง/เปลือก	233.21	12.30	233.21	326.49	1,958.94		

หมายเหตุ วีรชัย อาจหาญ. (2552).

[1] การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้สัดส่วน มูลสัตว์: ชีวมวล เท่ากับ 50: 50

[2] การผลิตปุ๋ยอินทรีย์จากชีวมวลข้าวโพด ใช้วัตถุดิบ 1 ตัน ได้ปุ๋ยอินทรีย์ 0.7 ตัน

[3] ราคาปุ๋ยอินทรีย์ตันละ 6,000 บาท



ภาพที่ 4. 15 แสดงมาตรการการช่วยลดก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพด

มาตรการที่ 2 การนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาผลิตเป็นไฟฟ้าชีวมวลเพื่อใช้ในชุมชน สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอ ใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถึง 0.779 tonCO_2eq/ไร่ (สถาพร ใจอารีย์ 2535)

มาตรการที่ 3 เกษตรกรรวมกลุ่มนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาแปรรูปอัดแท่งเพิ่มความหนาแน่นเพื่อจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถึง 0.779 tonCO_2eq/ไร่ (สถาพร ใจอารีย์ 2535)

มาตรการที่ 4 เกษตรกรนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อจำหน่าย เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถึง 0.779 tonCO_2eq/ไร่ (สถาพร ใจอารีย์ 2535)

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาเพื่อทำการวิเคราะห์การใช้พลังงาน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2 พื้นที่คือ 1. การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ราบ และ 2. การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง ในปีการเพาะปลูก 2559 สามารถสรุปได้ว่า

5.1 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในเขตพื้นที่ราบ

1. เวลาในการทำงานดำเนินการเพาะปลูกตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ถึงกระบวนการขนส่งไปถึงจุดรับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 7.91 ชั่วโมง/คน/ไร่ ต่อแรงงาน 1 คน ต่อพื้นที่ 1 ไร่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดการเพาะปลูกเป็นน้ำมันดีเซลเฉลี่ยเท่ากับ 6.03 ลิตร/ไร่ และน้ำมันเบนซินเฉลี่ยเท่ากับ 1.82 ลิตร/ไร่ ใช้ปริมาณเมล็ดพันธ์เฉลี่ยเท่ากับ 2.96 กิโลกรัม/ไร่ มีการใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 55 กิโลกรัม/ไร่ ใช้สารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 1.30 ลิตร/ไร่ และได้ผลผลิตเฉลี่ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ เท่ากับ 653.26 กิโลกรัม/ไร่

2. พลังงานรวมในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบปีการเพาะปลูก 2559 เฉลี่ยเท่ากับ 2,203.40 MJ / Rai ขึ้นอยู่กับวิธีการในขั้นตอนการเพาะปลูก ถึงการเก็บเกี่ยวและขนส่ง เป็นพลังงานที่พิจารณามาจาก แรงงานคน น้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องจักรกลการเกษตร เมล็ดพันธ์ ปุ๋ยเคมีและสารเคมี โดยขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือขั้นตอนการดูแลรักษา รองลงมาเป็นขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการขนส่ง และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ

3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบปีการเพาะปลูก 2559เฉลี่ยเท่ากับ 117.9856 kgCO_2eq / Rai ขึ้นอยู่กับวิธีการและปัจจัยการผลิตที่ใช้ตลอดกระบวนการเพาะปลูก ซึ่งพิจารณามาจาก น้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องจักรกลการเกษตร เมล็ดพันธ์ปุ๋ยเคมี และสารเคมี โดยขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือขั้นตอนการดูแลรักษา รองลงมาเป็นขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูก ขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการเพาะปลูก และขั้นตอนการเก็บเกี่ยวตามลำดับ

5.2 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง

1. เวลาในการทำงานดำเนินการเพาะปลูกตั้งแต่การเตรียมพื้นที่ถึงกระบวนการขนส่งไปถึงจุดรับซื้อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูงใช้เวลาเฉลี่ยเท่ากับ 8.17 ชั่วโมง/คน/ไร่ ต่อแรงงาน 1 คน ต่อ

พื้นที่ 1 ไร่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ตลอดการเพาะปลูกเป็นน้ำมันดีเซลเฉลี่ยเท่ากับ 6.13 ลิตร/ไร่ และน้ำมันเบนซินเฉลี่ยเท่ากับ 2.81 ลิตร/ไร่ ใช้ปริมาณเมล็ดพันธ์เฉลี่ยเท่ากับ 3.77 กิโลกรัม/ไร่ มีการใช้ปุ๋ยเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 48.58 กิโลกรัม/ไร่ ใช้สารเคมีเฉลี่ยเท่ากับ 2.71 ลิตร/ไร่ และได้ผลผลิตเฉลี่ยข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูงเท่ากับ 630.32 กิโลกรัม/ไร่

2. พลังงานรวมในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูงปีการเพาะปลูก 2559 เฉลี่ยเท่ากับ 2,062.56 MJ / Rai ขึ้นอยู่กับวิธีการในขั้นตอนการเพาะปลูก ถึงการเก็บเกี่ยวและขนส่ง เป็นพลังงานที่พิจารณามาจาก แรงงานคน น้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องจักรกลการเกษตร เมล็ดพันธ์ ปุ๋ยเคมี และสารเคมี โดยขั้นตอนที่ใช้พลังงานมากที่สุดคือขั้นตอนการดูแลรักษา รองลงมาเป็นขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูก ขั้นตอนการเพาะปลูก และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ตามลำดับ

3. การปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูงปีการเพาะปลูก 2559เฉลี่ยเท่ากับ 133.7879 kgCO_2eq / Rai ขึ้นอยู่กับวิธีการและปัจจัยการผลิตที่ใช้ตลอดกระบวนการเพาะปลูก ซึ่งพิจารณามาจาก น้ำมันเชื้อเพลิง เครื่องจักรกลการเกษตร เมล็ดพันธ์ ปุ๋ยเคมี และสารเคมี โดยขั้นตอนที่ปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดคือขั้นตอนการดูแลรักษา รองลงมาเป็นขั้นตอนการขนส่ง ขั้นตอนการเพาะปลูก ตามลำดับ

5.3 แนวทางและมาตรการในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

<u>มาตรการที่ 1</u> การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เพื่อใช้เองจากวัสดุเหลือทิ้งจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถลดปริมาณพลังงานจากการใช้ปุ๋ยเคมีได้ถึง 100.519 MJ/ไร่ และสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปุ๋ยเคมี และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ถึง 815.0636 kgCO_2eq/ไร่

<u>มาตรการที่ 2</u> การนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาผลิตเป็นไฟฟ้าชีวมวลเพื่อใช้ในชุมชน สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอ ใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถึง 0.779 tonCO_2eq/ไร่ (สถาพร ใจอารีย์ 2535)

<u>มาตรการที่ 3</u> เกษตรกรรวมกลุ่มนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาแปรรูปอัดแท่งเพิ่มความหนาแน่นเพื่อจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถึง 0.779 tonCO_2eq/ไร่ (สถาพร ใจอารีย์ 2535)

<u>มาตรการที่ 4</u> เกษตรกรนำชีวมวลที่เหลือทิ้งจากการเกษตรในไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาแปรรูปเป็นถ่านอัดแท่งเพื่อจำหน่าย เพื่อเพิ่มรายได้ให้เกษตรกร สามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

ในกรณีการเผาทำลาย ต้น ตอใบ เปลือก และซังข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถึง 0.779 tonCO_2eq/ไร่ (สถาพร ใจอารีย์ 2535)

5.4 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งนี้

1.ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ทำการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบที่ประกอบด้วยการไถดะนั้น อาจจะประหยัดเวลาการทำงานได้ดี แต่เพื่อลดปริมาณการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงควรทำการไถดะโดยใช้รถไถนาแบบเดินตามขนาดกำลัง 10 -11.5 แรงม้า

2. ในการใส่ปุ๋ยเป็นขั้นตอนที่มีพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง จากการที่มีการใส่ปุ๋ยในสูตรที่มีเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนสูง เพราะสูตรปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าพลังงานเทียบเท่า และค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่สูง ดังนั้นควรที่จะหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่สูง หรืออาจจะทำการผสมปุ๋ยขึ้นมาใช้เองหรือถ้าจะให้ดี และเป็นการรักษาสภาพดินให้มีความร่วนซุยเหมาะในการเพาะปลูกก็ควรที่จะใช้ปุ๋ยชีวภาพ เช่น ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิเคราะห์การใช้พลังงานและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ควรวิเคราะห์ในส่วนของ ขั้นตอนกระบวนการแปรรูปข้าวโพดเป็นอาหารสัตว์อัดเม็ด เพื่อที่จะได้ข้อมูลครอบคลุมครลตลอดกระบวนการผลิตอาหารสัตว์จากข้าวโพด

บรรณานุกรม

กรกต พรมโสดา. 2551. **การจัดทาข้อมูลการประเมินวัฏจักรชีวิตการผลิตไม้ยางพาราแปรรูปเพื่อการจัดการสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กลุ่มยุทธศาสตร์และสาระสนเทศ. 2557. “พื้นที่ปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ จังหวัดเชียงใหม่” **สำนักงานการเกษตรจังหวัดเชียงใหม่.**

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2555. **รายงานพลังงานของประเทศไทย 2555.** (ออนไลน์), แหล่งที่มา http://www.dede.go.th/dede สืบค้นเมื่อเมื่อวันที่ 6 พ.ย. 2561

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ผสมเปิดสุวรรณ1. 2558. https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=9091 (ออนไลน์) ค้นเมื่อ 6 พฤศจิกายน 2562

ชัยชาญ ฤทธิเกรียงไกร. 2547. พลังงานทดแทน: พลังงานชีวมวลกับศักยภาพในประเทศไทย. **วารสารโลกพลังงาน**. ปีที่ 6 ฉบับที่ 23. 2547.

ธเนศ อุทิศธรรม และคณะ. 2550. ศักยภาพพลังงานจากชีวมวลเหลือใช้ในประเทศไทย.**การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3**, โรงแรมใบหยกสกายกรุงเทพฯ.

ธเนศ ไชยชนะ. 2547. **การวิเคราะห์การใช้พลังงานในการปลูกข้าวในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย,** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

นเรศ ใหญ่วงศ์. 2554. **การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องด้วยวิธีการคัดกรองตัวแปร.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

บริษัท คูโบตา จำกัด http://www.kubota.com, (มกราคม 2547).

เบญจมาศ ปุยออก และคณะ. 2550. การศึกษาศักยภาพการผลิตไฟฟาจากเศษวัสดุเหลือใชทางการเกษตร, **การประชุมเชิง วิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 3**, โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพฯ.

พานิชย์ ยศปัญญา. 2547. ถ่านอัดแท่งจากซังข้าวโพดภูมิปัญญาสร้างสรรค์เพิ่มพลังงาน. **เทคโนโลยีชาวบ้าน, ฉบับที่ 342**, หน้า 22-24.

เพ็ญนภา คงรัตนโชค. 2548. **ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมันสาปะหลังและยางพารา จังหวัดระยอง.** วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. วิทยาศาสตร์(เทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม). สืบค้นเมื่อ 24 กันยายน 2558 จาก ฐานข้อมูลวิทยานิพนธ์ไทย. http://www.thaithesis.org/detail.php?id=1202548000115

พิชยพิมพ์ คำเพียร. 2557. **“การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตำบลศิลาอำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์”** มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. “คู่มือการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในการผลิตข้าวสำหรับเจ้าหน้าที่โครงการ”

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และสำนักคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2545. **“คู่มือการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในการผลิตข้าวสำหรับเจ้าหน้าที่โครงการ”** เดือนตุลาคม 2545

รมณีย์ หวังดีธรรม. 2549. ชีวมวลกับการดารงชีวิตของมนุษย์ในโลกแห่งอนาคต. วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี **วารสารการวิจัยและพัฒนา. 21, 3** (กรกฎาคม – กันยายน 2549): 23-26.

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของข้าวโพด. 2559. https://sites.google.com/site/khaykhiki/laksna **(ออนไลน์)** ค้นเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 62

วีรชัย อาจหาญ. 2552. **โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน).** รายงานการวิจัย. กองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน.

วีระชัย อาจหาญ และคณะ. 2553. **โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและมหาวิทาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

วีระชัย อาจหาญ และคณะ. 2555. **โครงการศึกษาแนวทางบริหารจัดการเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงและลดการเกิดหมอกควัน** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีและมหาวิทาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ศูนย์สารสนเทศข้อมูลพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2559. “**สถานการณ์พลังงานในประเทศไทยมกราคม-เมษายน** ”กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. กระทรวงพลังงาน

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. “ข้อมูลค่าความร้อนของน้ำมันเบนซินน้ำมันดีเซล และไฟฟ้า” มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2548. “ข้อมูลค่าความร้อนของน้ำมันเบนซินน้ำมันดีเซล และไฟฟ้า” มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. **ต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตข้าว. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.**

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. **คู่มือการคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสาหรับอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม** ภายใต้โครงการผลิตปาล์มน้ำมันและน้ำมันปาล์มอย่างยั่งยืน. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรและGIZ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2558. “**แผนพัฒนาผลิตกำลังไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ.**

2558 – 2579 (PDP2015)”.กระทรวงพลังงาน

เสวียน เปรมประสิทธิ์. (2553). **การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาฟางข้าวในจังหวัด อุตรดิตถ์ พิษณุโลก และพิจิตร**: โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสาคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สถาพร ใจอารีย์. (2553). **งานวิจัยพลวัตรของคาร์บอนในดินจากการไถกลบตอซังข้าวโพดของประเทศไทย.** สานักงานพัฒนาที่ดินเขต 1, กรมพัฒนาที่ดิน

อโนชา เทพสุภรณ์กุล และคณะ.(2553). **พลวัตรของคาร์บอนในดินจากไถกลบตอซังข้าวในนาข้าว**

เสวียน เปรมประสิทธิ์. (2555). **ปริมาณคาร์บอนรวมในนาข้าวของ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนล่าง:** โครงการวิจัยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสานักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.สานักงานเกษตรจังหวัดน่าน. ข้อมูลพืชเศรษฐกิจจังหวัดน่านสืบค้นเมื่อ 6 ธันวาคม 2558 จาก http://www.nan.doae.go.th/production.htm

อาชัย พิทยภาคย์. “**การประเมินศักยภาพในการผลิตเชื้อเพลิงทดแทนจากพืชน้ำมันท้องถิ่น**” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.

Dipankar De., Singh, R.S. and Hukun Chandra. 2001. “Technological impact on energyconsumption in rain fed soybean cultivation in Madhya Pradesh”, **Applied Energy.,** V70, 193-213.

Fiedler, P., Lange, M., Schultze, M., “Supply Logistics for the Industrialized Use of biomass – Principles and Planning Approach”, **International Symposium on Logistics and Industrial Informatics,** Wildau, Germany (2007): 13-15 September.

Garivait, S., Chaiyo, U., Patumsawad, S., Deakhuntod, J., “Physical and Chemical Properties of Thai Biomass Fuels from Agricultural Residues”. **International Conference on Sustainable Energy and Environment**. 1-23 November 2006. Bangkok. Thailand.

Ibrahin Gezer., (2003) “Use of energy and labor in Apricot Agriculture in Turkey”, **Biomass & Bioenergy**., V 24: 251-219.

IPCC. (2007). Climate Change 2007: Impact, Adaptation and Vulnerability. Contribution of work Group II to the Fourth AssessmentReport of the Intergovernmental Panel on Climate. Cambridge, **UK: Cambridge University Press.** pp. 65-68

Mandal M.G., Suda, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M. and Bandyopadhyay, K.K. (2002) “Bioenergyand economic analysis of soybean-based crop production system in central India”,**Biomass and Bioenergy**., V 23: 337-345.

MunsonMachineryCompany**[Online]** http://www.fao.org/docrep/t0275e/T0275E0b.gif. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 พ.ย. 2561

Piero Venturi and Gianpietro Venturi. (2003) “**Analysis of energy comparison for crops in european agricultural systems**”. Biomass & Bioenergy., Faculty of agricultural,University of Bologna. Italy.

Pimentel, D., Hurd, L.E.,Bellolli, A.C, Foster, M.J., Oka, I.N., Shales, O.D. and Whitman, R.J. (1973) “**Food production and the Energy Crisis**” Science., Vol.182 (Nov.),443-449

Perpina, C., Alfonso, D., Perez-Navarro, A., Penalvo, E., Vargas, C., Cardenas, R., “Methodology based on Geographic Information Systems for biomass logistics and transport optimization”, **Renewable Energy.** 34(2009): 555-565.

Samootsakorn, P. (1982) **Energy Budgeting for Thai Rice Agriculture.** Ph.D. Thesis **Reading University.**

ภาพผนวก ก

รายชื่อเกษตรกร

ตารางที่ ก 1 รายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	พื้นที่ปลูกข้าวโพด
1	นางแสงเทียน ปะทะดวง	8/1 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	4
2	นางทิมริกาญ ยะตุ้ย	17 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	10
3	นางแสงเลย จ๋าสุวรรณ	87 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	14
4	นางเทวา วงศ์ทันตา	175 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	12
5	นางเสรียม เดชพรม	81 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	8
6	นางบัวเพชร อัฐวงศ์	30/5 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	4
7	นางวันเทิง บุญมาภิ	83/4 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	7
8	นางสุพินย์ เดชพรม	163 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	8
9	นายเทอญ ต๊ะวิกา	93 ม.3 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	2.764
10	นายชรัญ สุวรรณกาส	65/3 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	4
11	นางธีรพร อุตรอินทร์	162 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	5
12	นางสุจันทร์ กาศสกุล	18 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	3
13	นางอำพรรณ เสือเพชร	73 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	12
14	นางกุมภา ประชาดิษฐ์	74 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	10
15	นางพัชรี สีมา	16 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	10
16	นางลอยล่อง วงศ์เปิบ	172/1 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	11
17	นางอัจฉริยา กำเฮือน	20/2 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	3
18	นางสร้อยฟ้า เปิงอ้าย	83/1 ม.1 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	4
19	นางอัมพันธ์ กาศสกุล	44 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	19
20	นางสมหมาย บุญมาภิ	42 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	13
21	นางทองเหลือง กาศสกุล	126/2 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	13
22	นางเพิ่ม บุญมาภิ	101 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	30
23	นางนงคราญ กาศสกุล	142/1 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	11
24	นางบัวนิ่ง บุญทา	159/1 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	15
25	นายพริก ใจกาศ	98/2 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	31
26	นายบุญช่วย เชาว์แล่น	118/2 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	3

ตารางที่ ก 1 รายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	พื้นที่ปลูกข้าวโพด
27	นางกรองทิพย์ ร่มเย็น	15 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	7
28	นายประทาน ตันบุตร	145/1 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	3
29	นางระนอง โพดี	166 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	12
30	นางสรอด วาระยา	47 ม.2 ต.แม่ทราย อ.ร้องกวาง จ.แพร่	7
31	นางสุดาทิพย์ ชัยดายันต์	104 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	10
32	นายเทอญ ต๊ะวิกา	93 ม.3 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	7
33	นางทองอยู่ อินต๊ะขัด	94 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	5
34	นางสุภีร์ ตะมาแก้ว	67 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	4
35	นางสุพันธ์ สิงห์คา	78 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	18
36	นายพัน เป็งยะสา	66 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	16
37	นายวงศ์ ยอดเรือน	61 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	6
38	นายนัฐเทพ อิศรี	29/1 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	4
39	นายครอง แก้วมาเรือน	9 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	13
40	นายบุญจบ ยอดสาร	10 ต.ทุ่งศรี อ.ร้องกวาง จ.แพร่	9

ตารางที่ ก 2 รายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนที่สูง

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	พื้นที่ปลูกข้าวโพด
1	นายไพโรจน์ แสนซุ้ง	97 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	5.12
2	นายทักษิน แสนย้าง	88 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	7
3	นางอุษี แสนย้าง	88 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
4	นายจื่อ แสย้าง	55 ม. 9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	15
5	นายทรงศักดิ์ แสนซุ้ง	114 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	10
6	นายนิวัฒน์ แสนย้าง	31 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
7	นายสมพบ ถวัลย์พงษ์สกุล	193 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	7
8	นายคมสัน ยั่งยืนสกุล	95 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	5
9	นายชาญวิทย์ สวรรณคีรียง	41 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	2

ตารางที่ ก 2 รายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนที่สูง (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	พื้นที่ปลูกข้าวโพด
10	นายอำนวย แสนซุ้ง	11 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
11	นายสิทธิชัย แสนซุ้ง	125 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	11
12	นายยุทธศัดิ์ สวรรณคีรียง	116 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	3
13	นายสมชาย ถามูล	193 ม. 3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	6
14	นายกั๋ว แสนซุ้ง	29 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	18
15	นางพัฒนรินทร์ ถามูล	193 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	10
16	นายสมบูรณ์ แสนย้าง	132 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	5
17	นายตามพ์ แสนซุ้ง	127 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	5
18	นางลลิตา แสนย้าง	162 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
19	นายประสิทธิ์ แสย้าง	162 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	12
20	นายสมศักดิ์ แสนโซ้ง	266 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
21	นางนุจรินทร์ วิลัย	266 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	8
22	นายชาญชัย แสนย้าง	79 ม. 3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	13
23	นายช้าง แสนโซ้ง	66 ม. 9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	11
24	นายเสนีย์ แสนโซ้ง	85 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	3.23
25	นางสัรินยา แสนโซ้ง	ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	8
26	นายแสวง แสนโซ้น	102 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
27	นายทวัป แสนย้าง	ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	9
28	นายยิ่งยศ สวรรณคีรียง	ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	15
29	นายธวัชร แสนโซ้ง	282 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	12
30	นายอภิชาติ แสนโซ้ง	143 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	7
31	นายณรงศักดิ์ แสนซุ้ง	75 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	10
32	นายประกอบ เพชรวัชรนันท์	127 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	7
33	นายสุรพล แสนโซ้ง	14 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	2
34	นายย้ง แสนโซ้ง	85 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	4
35	นายก้าว แสนย่าง	187 ม.3 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	9
36	นางชง แสนย่าง	31 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	11

ตารางที่ ก 2 รายชื่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนที่สูง (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อ-สกุล	ที่อยู่	พื้นที่ปลูกข้าวโพด
37	นางรัตมณี วรวุฒิไพศาล	21/2 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	5
38	นายพั้ง แสนซุ้ง	34 ม.4 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	8
39	นายสุชาติ แสนย่าง	74 ม.9 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	10
40	นายชวกร ศุภสันต์สกุล	82 ม.6 ต.สันทะ อ.นาน้อย จ.น่าน	7

ภาพผนวก ข

แบบสัมภาษณ์ข้อมูลเกษตรกร

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

แบบสอบถามการสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วันที่ ....เดือน..........................พ.ศ............

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1.1 ชื่อเกษตรกร..เบอร์โทร......................................

1.2 ที่อยู่ ....

1.3 เพศ ☐ 1. ชาย ☐ 2. หญิง

1.4 อายุ...................ปี

1.5 สถานภาพสมรส ☐ 1. โสด ☐ 2. สมรส ☐ 3. หม้าย ☐ 4. หย่า

1.6 ระดับการศึกษา

☐ 1. ประถมศึกษา ☐ 2. มัธยมศึกษา

☐ 3. มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช./ปกศ.ต้น ☐ 4. ปวส./อนุปริญญา/ปวท.

☐ 5. ปริญญาตรี ☐ 6. สูงกว่าปริญญาตรี

☐ 7. อื่นๆ ระบุ..

1.7 จำนวนสมาชิกในครอบครัว...คน

ส่วนที่ 2 ข้อมูลพื้นที่การเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.1 พื้นที่ปลูก..ไร่ พันธุ์ข้าวโพด...

2.2 ลักษณะการถือครองที่ดิน ☐ เจ้าของ ☐ เช่า

2.3 ฤดูปลูก เริ่มเดือน .... เก็บเกี่ยวเดือน ....

การเตรียมพื้นที่ปลูกใช้เวลาประมาณ................................ เดือน..วัน

จำนวนครั้งของการปลูกต่อปี

2.4 วิธีปลูก...

2.5 การไถพรวนกี่ครั้งต่อฤดูปลูก...............ครั้ง/ฤดู ใช้เวลา......................วัน ต่อ..............................ไร่

ใช้รถไถพลังงานที่ใช้ ☐ น้ำมันดีเซล ☐ เบนซิน ☐ อื่น ๆ.................กี่ลิตร/ฤดูปลูก

2.6 การจัดการก่อนเพาะปลูกเผาชีวมวลก่อนเตรียมพื้นที่ปลูกหรือไม่ ☐ เผา ☐ ไม่เผา

2.7 วิธีการขาย

สถานที่ขาย... ระยะทางจากไร่...กิโลเมตร

2.8 การขนส่ง...ตัน/เที่ยว

2.9 ราคาที่เกษตรกรขายได้จริง...บาท/ตัน

2.10 ลักษณะดินที่สังเกตได้

☐ ดินทราย ☐ ดินร่วน ☐ดินร่วนปนทราย ☐ ดินร่วนเหนียว

2.11 การจัดการน้ำ

1.	แหล่งน้ำหลักที่ใช้ ☐ น้ำฝน ☐ ระบบชลประทาน ☐ บ่อขุด ☐ น้ำบาดาล ☐ แม่น้ำหรือคลองธรรมชาติ ☐ อื่นๆ ระบุ	2.	แหล่งน้ำสำรองที่ใช้ ☐ น้ำฝน ☐ ระบบชลประทาน ☐ บ่อขุด ☐ น้ำบาดาล ☐ แม่น้ำหรือคลองธรรมชาติ ☐ อื่นๆ ระบุ.....................................
3.	ท่านใช้ปั๊มน้ำสำหรับการสูบน้ำเข้าแปลงหรือไม่ ☐ ไม่ ☐ ใช้ (กรุณาตอบข้อ4)	4.	4.1 ชนิดของปั๊ม: .... 4.2 ยี่ห้อ: .... 4.3 รุ่น: .... 4.4 แรงม้า: .... 4.5 ราคา: .... 4.6 ชนิดเชื้อเพลิง: .... 4.7 อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่): ...... 4.8 ต้นทุนของเชื้อเพลิงต่อไร่: .... 4.9 จำนวนชั่วโมงสูบน้ำ: .... 4.10 อัตราการสูบ (ลิตร/นาที): ....

2.12 การใช้ปุ๋ย

1.	ท่านมีการใช้ปุ๋ยหรือไม่ ? ☐ ไม่ใช้ ☐ ใช้	2.	ความถี่ในการใช้ปุ๋ยต่อการปลูกหนึ่งรอบ (จำนวนครั้ง):.. ....
3.	วิธีการใส่ปุ๋ย..		

4 รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมี

ครั้งที่ใช้	ชนิด *O = ปุ๋ยอินทรีย์ C= ปุ๋ยเคมี*	ชื่อของปุ๋ยเคมี	สัดส่วน N:P:K	ราคา	วัน/เวลาที่ใส่ (หลังปลูก)	ปริมาณ (กก./ไร่)	จำนวนแรงงาน	ค่าจ้างแรงงาน
1.			_ : _ :_					
2.			_ : _ :_					
3.			_ : _ :_					
4.			_ : _ :_					

2.13 วัสดุปรับปรุงดิน

1.	ท่านใช้อินทรียวัตถุสำหรับปรับปรุงดินหรือไม่ ☐ ไม่ใช้ ☐ ใช้	.2	จำนวนครั้งที่ใช้ต่อรอบการปลูก:..
3.	ท่านใช้อินทรีย์วัตถุ ชนิดเดียวกันในปริมาณที่เท่ากันกับทุกๆ แปลงหรือไม่? ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่ (กรุณาระบุในส่วนที่แตกต่าง)	4.	ท่านใช้อินทรีย์วัตถุ ชนิดเดียวกัน ในปริมาณที่เท่ากันกับทุกๆรอบของการปลูกหรือไม่? ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่ (กรุณาระบุในส่วนที่แตกต่าง) ....

5. รายละเอียดการใช้ปุ๋ยอินทรีย์

ครั้งที่ใช้	ชนิดอินทรีย์วัตถุ *S = ฟาง M =มูลสัตว์ (ระบุชนิดสัตว์), C = ปุ๋ยหมัก G = ปุ๋ยพืชสด, EM = จุลินทรีย์ O = อื่นๆ ระบุ*	ราคา	จำนวนวันหลังเพาะปลูก	ปริมาณ (กก./ไร่)	จำนวนแรงงาน	ค่าจ้างแรงงาน
1.						
2.						

2.14 การใช้ปูนขาว

1.	ท่านมีการใช้ปูนขาวหรือไม่? ☐ ไม่ใช้ ☐ ใช้	2.	ปริมาณการใช้ (กก./ไร่):.................................. ....
3.	ราคาปูนขาว:.. บาท	4.	ค่าจ้างแรงงานในการใส่ปูน:............................

2.15 การใช้สาร/ยาฆ่าแมลง

1 .	ท่านมีการใช้ยาฆ่าแมลงหรือไม่? ☐ ไม่ใช้ ☐ ใช้	2 .	จำนวนครั้งในการใช้ต่อการปลูกหนึ่งรอบ:............ ....ครั้ง
3 .	ท่านใช้ยาฆ่าแมลงชนิดเดียวกัน ในปริมาณที่เท่ากันกับทุกๆแปลงหรือไม่? ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่ (กรุณาระบุในส่วนที่แตกต่าง)	4 .	ท่านใช้ยาฆ่าแมลงชนิดเดียวกัน ในปริมาณที่ เท่ากันกับทุกๆรอบของการปลูกหรือไม่? ☐ ใช่ ☐ ไม่ใช่ (กรุณาระบุในส่วนที่แตกต่าง) ....

2.16 รายละเอียดการใช้สาร/ยาฆ่าแมลง

ครั้งที่ใช้	ชนิด	ราคา	จำนวนวัน *(หลังปลูก)*	การเจือจาง ตัวอย่างการตอบ เช่น กรัมต่อ20 ลิตร	ปริมาณ (ลิตร/ไร่)	จำนวนแรงงาน	ต้นทุนแรงงาน
1							
2							

2.17 การใช้สาร/ยากำจัดวัชพืช

	ท่านมีการใช้ยากำจัดวัชพืชหรือไม่? ☐ ไม่ใช้ ☐ ใช้		จำนวนครั้งในการใช้ต่อการปลูกหนึ่งรอบ: ....ครั้ง

รายละเอียดการใช้สาร/ยากำจัดวัชพืช

ครั้งที่ใช้	ชนิด	ราคา	จำนวนวัน *(หลังปลูก)*	การเจือจาง *ตัวอย่างการตอบ เช่น กรัมต่อ 20 ลิตร*	ปริมาณ (ลิตร/ไร่)	จำนวนแรงงาน	ต้นทุนแรงงาน
1							
2							

2.18 การเก็บเกี่ยว

1	วิธีการเก็บเกี่ยว ☐ แรงงาน ☐ เครื่องจักร
2	การใช้ประโยชน์จากผลผลิต ☐ ผลิตพลังงานระบุ ชนิด.. ☐ ด้านอื่นๆ ระบุ...

3. ผลผลิต

ชนิดพันธุ์	ปริมาณ(ตัน/ไร่)	ผลผลิตรวม(ตัน)	ผลผลิตที่ขาย (ตัน)	ราคาขาย

2.19 ข้อมูลการใช้เครื่องจักรในขั้นตอนต่างๆ

ขั้นตอนการปลูก	ชนิดเครื่องจักร	ผู้ผลิต	รุ่น	ราคา	ระยะเวลาที่ใช้งาน (วัน,ชม./วัน)	ชนิดเชื้อเพลิง	อัตราสิ้นเปลือง (ลิตร/ไร่)	อายุการใช้งาน (ปี)	อายุของเครื่อง (ปี)	เช่า/ หรือเป็นเจ้าของ
การเตรียมพื้นที่										
การปลูก										
การจัดการน้ำ/การสูบน้ำ										
การใส่ปุ๋ย										
การใช้ยาฆ่าแมลง/กำจัดศัตรูพืช										
การเก็บเกี่ยว										

2.20 การจัดการเศษวัสดุหลังการเก็บเกี่ยว

1.	วิธีการจัดการ ☐ กำจัดออก ☐ 100% ☐ >50% ☐ <50% ☐ 0% ☐ เผา: ☐ 100% ☐ >50% ☐ <50% ☐ 0% ☐ ปล่อยทิ้งไว้ (ไม่เผา) ☐ 100% ☐ >50% ☐ <50% ☐ 0%	2.	สัดส่วนในการใช้ประโยชน์ ☐ 100% ☐ >50% ☐ <50% ☐ 0% ส่วนที่ใช้ .... ลักษณะการใช้ประโยชน์ ....
3.	เหตุผลในการเผา ☐ เตรียมพื้นที่ปลูก ☐ กำจัดแมลงศัตรูพืช ☐ กำจัดวัชพืช ☐ อื่นๆ ระบุ:	4.	สัดส่วนในการเผา ☐ 100% ☐ >50% ☐ <50% ☐ 0%

ผู้สัมภาษณ์

นายศุภชัย เพชรธาราวดี

วิทยาลัยพลังงานทดแทน

ภาคผนวก ค

ประมวลภาพการสัมภาษณ์เกษตรกร

ภาพที่ ค 1 การเตรียมพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ภาพที่ ค 2 การเตรียมพื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง

ภาพที่ ค 3 การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบโดยการใช้รถปลูก

(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ ค 4 (ก,ข,ค,ง) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง

ภาพที่ ค 5 การใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดพื้นที่ราบ

ภาพที่ ค 6 ฉีดพ่นสารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ภาพที่ ค 7 ฉีดพ่นสารเคมีข้าวโพดบนพื้นที่สูง

ภาพที่ ค 8 การใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดบนพื้นที่สูง

(ก)

(ข)

ภาพที่ ค 9 (ก,ข) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

(ก)

(ข)

ภาพที่ ค 10 (ก,ข) การเก็บเกี่ยวข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นที่สูง

ภาพที่ ค 11 เก็บกองข้าวโพดบนพื้นที่สูง

ภาพที่ ค 12 นำผลผลิตข้าวโพดบนพื้นที่สูงขึ้นรถ

ภาพที่ ค 13 นำผลผลิตข้าวโพดพื้นที่ราบขึ้นรถ

ภาพที่ ค 14 บรรทุกข้าวโพดไปยังจุดรับซื้อ(โรงสี)

(ก)

(ข)

ภาพที่ ค 15 (ก,ข) การสัมภาษณ์เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

(ก) (ข)

ภาพที่ ค 16 (ก,ข) การสัมภาษณ์เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนพื้นสูง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

ภาคผนวก ง
ข้อมูลในขั้นตอนต่างๆ ของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

1.1 ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ตาราง ง. 1.1 แสดงการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		เครื่องยนต์	
				(ชนิด)	(ลิตร)	ยี่ห้อ	hp.
1	4	2.00	2	Diesel	9.00	K	8
2	10	4.00	2	Diesel	25.00	Y	7.5
3	14	7.00	4	Diesel	31.00	K	8
4	12	4.00	4	Diesel	26.00	k	8
5	8	4.00	3	Diesel	20.00	K	8
6	4	2.00	2	Diesel	9.00	Y	7.5
7	7	2.00	4	Diesel	15.00	K	8
8	8	2.00	3	Diesel	18.00	K	8
9	2	0.30	3	Diesel	5.00	y	7.5
10	4	2.00	2	Diesel	9.00	K	8
11	5	3.00	4	Diesel	11.00	K	8
12	3	2.00	3	Diesel	7.00	K	8
13	12	6.00	4	Diesel	26.00	K	8
14	10	8.00	4	Diesel	22.00	K	8
15	10	8.00	4	Diesel	22.00	Y	8
16	11	8.00	4	Diesel	24.00	K	8
17	3	1.00	4	Diesel	7.00	K	8
18	4	1.00	3	Diesel	9.00	K	8
19	19	12.00	2	Diesel	42.00	K	8
20	13	8.00	4	Diesel	28.00	K	8
21	13	6.00	4	Diesel	28.00	K	8
22	30	12.00	3	Diesel	66.00	K	8
23	11	8.00	2	Diesel	24.00	K	8

ตาราง ง. 1.1 แสดงการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		เครื่องยนต์	
				(ชนิด)	(ลิตร)	ยี่ห้อ	hp.
24	15	8.00	2	Diesel	33.00	K	8
25	31	12.00	3	Diesel	68.00	K	8
26	3	1.30	4	Diesel	7.00	K	8
27	7	2.00	4	Diesel	15.00	Y	7.5
28	3	1.50	2	Diesel	7.00	K	8
29	12	5.00	3	Diesel	26.00	K	8
30	7	2.00	3	Diesel	15.00	K	8
31	10	3.00	4	Diesel	22.00	K	8
32	7	2.00	3	Diesel	15.00	Y	7.5
33	5	1.00	2	Diesel	11.00	K	8
34	4	1.00	3	Diesel	9.00	K	8
35	18	8.00	4	Diesel	39.00	K	8
36	16	8.00	4	Diesel	35.00	Y	7.5
37	6	2.45	3	Diesel	13.00	K	8
38	4	2.00	4	Diesel	9.00	K	8
39	13	4.00	3	Diesel	28.00	y	7.5
40	9	2.00	3	Diesel	20.00	K	8

1.2 ขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ตาราง ง. 1.2 แสดงการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

แปลงที่	พื้นที่	เวลา	คน	เชื้อเพลิง		เมล็ด
	(ไร่)	(ซม.นาที)	(คน)	(ชนิด)	(ลิตร)	(กก.)
1	4	8.00	12	-	-	10.00
2	10	8.00	26	-	-	15.00
3	14	7.00	7	Diesel	35.00	32.00
4	12	8.00	20	-	-	26.00
5	8	8.00	20	-	-	24.00
6	4	8.00	10	-	-	11.00
7	7	8.00	21	-	-	21.00
8	8	8.00	24	-	-	25.00
9	2	1.00	5	Diesel	10.00	6.00
10	4	8.00	12	-	-	12.00
11	5	8.00	15	-	-	15.00
12	3	8.00	9	-	-	9.00
13	12	6.45	5	Diesel	20.00	38.00
14	10	6.00	4	Diesel	15.00	30.00
15	10	8.00	25	-	-	35.00
16	11	8.00	25	-	-	35.00
17	3	8.00	9	-	-	10.00
18	4	8.00	12	-	-	14.00
19	19	8.00	4	Diesel	35.00	60.00
20	13	8.00	25	-	-	45.00
21	13	8.00	24	-	-	40.00
22	30	16.00	10	Diesel	46.00	90.00
23	11	8.00	23	-	-	32.00

ตาราง ง. 1.2 แสดงการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง (ชนิด)	(ลิตร)	เมล็ด (กก.)
24	15	8.00	28	-	-	45.00
25	31	16.00	8	Diesel	46.00	90.00
26	3	8.00	9	-	-	9
27	7	8.00	16	-	-	23
28	3	8.00	9	-	-	10
29	12	8.00	31	-	-	40
30	7	8.00	21	-	-	25
31	10	8.00	20	-	-	30
32	7	8.00	12	-	-	25
33	5	8.00	12	-	-	15
34	4	8.00	12	-	-	12
35	18	8.00	4	Diesel	20.00	40
36	16	8.00	15	-	-	40
37	6	8.00	18	-	-	20
38	4	8.00	15	-	-	15
39	13	4.45	3	Diesel	30.00	35
40	9	3.30	3	Diesel	15.00	30

1.3 ขั้นตอนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ตาราง ง. 1.3.1 แสดงการการใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	ปุ๋ย			
				N	P	K	(กก.)
1	4	5.30	16	61	15	15	200
2	10	6.40	24	92	23	23	300
3	14	8.00	26	427	105	105	1,400
4	12	8.00	30	190	75	75	750
5	8	7.00	16	244	60	60	800
6	4	8.00	12	69	23	23	250
7	7	8.00	16	61	15	15	200
8	8	8.00	10	259	98	98	1,000
9	2.764	4.30	6	61	15	15	200
10	4	8.00	4	61	15	15	200
11	5	6.00	8	69	23	23	250
12	3	5.30	8	61	15	15	200
13	12	8.00	20	61	15	15	200
14	10	8.00	16	107	38	38	400
15	10	8.00	28	274	113	113	1,100
16	11	8.00	20	274	90	90	1,000
17	3	4.30	6	38	15	15	150
18	4	8.00	8	61	15	15	200
19	19	8.00	34	274	90	90	1,000
20	13	8.00	21	152	60	60	600
21	13	8.00	24	153	38	38	500
22	30	8.00	40	380	150	150	1,500
23	11	7.30	21	175	60	60	650

ตาราง ง. 1.3.1 แสดงการการใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ปุ๋ย			
				N	P	K	(กก.)
24	15	8.00	35	190	75	75	750
25	31	8.00	55	495	150	150	1,750
26	3	4.30	9	31	7.5	7.5	100
27	7	8.00	15	84	15	15	250
28	3	5.30	6	31	7.5	7.5	100
29	12	8.00	24	153	38	38	500
30	7	6.45	17	61	15	15	200
31	10	8.00	28	190	75	75	750
32	7	8.00	16	244	60	60	800
33	5	6.00	10	69	23	23	250
34	4	7.00	8	61	15	15	200
35	18	8.00	28	274	90	90	1,000
36	16	8.00	28	145	53	53	550
37	6	8.00	10	69	23	23	250
38	4	6.20	9	30	30	30	200
39	13	8.00	21	61	15	15	200
40	9	6.00	15	45	45	45	300

ตาราง ง. 1.3.2 แสดงการใช้สารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง (ชนิด)	เชื้อเพลิง (ลิตร)	เครื่องจักร hp.	เครื่องจักร Year	สารเคมี (kg)
1	4	8.00	5	-	-	คันโยก		10.00
2	10	7.00	8	Benzene	13	4	3	20.00
3	14	8.00	10	Benzene	20	4	4	25.00
4	12	6.30	10	Benzene	18.5	4	4	4.00
5	8	8.00	12	Benzene	17	4	5	21.00
6	4	8.00	8	-	-	คันโยก		11.00
7	7	8.00	10	-	-	คันโยก		4.00
8	8	8.00	12	-	-	คันโยก		21.00
9	2.764	8.00	5	-	-	คันโยก		6.00
10	4	8.00	6	-	-	คันโยก		3.00
11	5	8.00	8	-	-	คันโยก		3.00
12	3	8.00	5	-	-	คันโยก		6.00
13	12	8.00	8	-	-	คันโยก		10.00
14	10	8.00	6	-	-	คันโยก		12.00
15	10	6.30	12	Benzene	20.00	4	3	24.00
16	11	7.00	12	Benzene	22.00	3.5	2	20.00
17	3	8.00	4	-	-	คันโยก		4.00
18	4	8.00	6	-	-	คันโยก		4.00
19	19	7.00	20	Benzene	40.00	4	2	26.00
20	13	8.00	15	Benzene	25.00	4	3	10.00
21	13	8.00	17	Benzene	20.00	4	3	12.00
22	30	8.00	25	Benzene	50.00	4	4	30.00
23	11	7.40	16	Benzene	25.00	4	4	15.00

ตาราง ง 1.3.2 แสดงการใช้สารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		เครื่องจักร		สารเคมี
				(ชนิด)	(ลิตร)	hp.	Year	(L)
24	15	8.00	20	Benzene	34.00	4	3	15.00
25	31	8.00	24	Benzene	60.00	4	4	40.00
26	3	8.00	2	-	-	คันโยก		10.00
27	7	8.00	8	-	-	คันโยก		5.00
28	3	8.00	5	-	-	คันโยก		5.00
29	12	7.30	14	Benzene	23.80	4	4	15.00
30	7	8.00	10	-	-	คันโยก		10.00
31	10	8.00	10	-	-	คันโยก		4.00
32	7	8.00	9	-	-	คันโยก		4.00
33	5	8.00	8	-	-	คันโยก		7.00
34	4	8.00	6	-	-	คันโยก		5.00
35	18	8.00	19	Benzene	35.00	4	5	24.00
36	16	6.30	14	Benzene	29.00	4	6	11.00
37	6	8.00	9	-	-	คันโยก		5.00
38	4	8.00	6	-	-	คันโยก		4.00
39	13	8.00	10	Benzene	15.00	4	4	12.00
40	9	8.00	6	-	-	คันโยก		10.00

1.4 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ตาราง ง. 1.4 แสดงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ผลผลิต (กก.)	ผลผลิต (กก./ไร่)
1	4	5.30	8	2,830	707.50
2	10	6.40	30	6,470	647.00
3	14	8.00	50	9,069	647.79
4	12	8.00	45	8,120	676.67
5	8	7.00	16	5,387	673.38
6	4	8.00	12	2,580	645.00
7	7	8.00	21	4,670	667.14
8	8	8.00	30	5,093	636.63
9	2.764	4.30	6	1,756.47	635.48
10	4	8.00	12	2,640	660.00
11	5	6.00	18	3,465	693.00
12	3	5.30	10	1,859	619.67
13	12	8.00	35	8,264	688.67
14	10	8.00	50	6,970	697.00
15	10	8.00	40	6,535	653.50
16	11	8.00	43	7,030	639.09
17	3	4.30	12	1,946	648.67
18	4	8.00	16	2,583	645.75
19	19	8.00	60	1,2306	647.68
20	13	8.00	40	8,539	656.85
21	13	8.00	45	8,230	633.08
22	30	8.00	60	18,565	618.83
23	11	7.30	22	7,188	653.45

ตาราง ง. 1.4 แสดงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ผลผลิต (กก.)	ผลผลิต (กก./ไร่)
24	15	5.30	28	8,945	596.33
25	31	6.40	50	20,435	659.19
26	3	8.00	9	2,034	678.00
27	7	8.00	21	4,290	612.86
28	3	7.00	10	1,971	657.00
29	12	8.00	30	7,536	628.00
30	7	8.00	24	5,621	803.00
31	10	8.00	45	7,234	723.40
32	7	4.30	14	4,393	627.57
33	5	8.00	11	3,452	690.40
34	4	6.00	16	2,570	642.50
35	18	5.30	54	10,754	597.44
36	16	8.00	38	10,934	683.38
37	6	7.00	16	4,127	687.83
38	4	8.00	10	2,712	678.00
39	13	8.00	32	8,498	653.69
40	9	8.00	45	5,710	634.44

1.5 ขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

ตาราง ง. 1.5 แสดงการขนส่งผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ

แปลงที่	พื้นที่	เวลา	คน	เชื้อเพลิง		ระยะทาง (กม.)		ผลผลิต	
	(ไร่)	(ชม.นาที)	(คน)	(ชนิด)	(ลิตร)	ไป	กลับ	(กก.)	(กก./ไร่)
1	4	4.50	4	Diesel	7	6	6	2,830	707.50
2	10	8.00	4	Diesel	10	10	10	6,470	647.00
3	14	4.20	4	Diesel	15	15	15	9,069	647.79
4	12	4.00	4	Diesel	15	15	15	8,120	676.67
5	8	7.20	3	Diesel	20	13	13	5,387	673.38
6	4	4.00	3	Diesel	10	15	15	2,580	645.00
7	7	4.20	4	Diesel	10	12	12	4,670	667.14
8	8	4.00	4	Diesel	7	3	3	5,093	636.63
9	2.764	2.50	3	Diesel	10	10	10	1,756.47	635.48
10	4	4.00	3	Diesel	15	20	20	2,640	660.00
11	5	2.00	3	Diesel	7	15	15	3,465	693.00
12	3	4.00	4	Diesel	11	10	10	1,859	619.67
13	12	8.00	5	Diesel	15	10	10	8,264	688.67
14	10	6.00	5	Diesel	11	10	10	6,970	697.00
15	10	8.00	4	Diesel	7	5	5	6,535	653.50
16	11	8.00	4	Diesel	7	5	5	7,030	639.09
17	3	4.00	4	Diesel	7	10	10	1,946	648.67
18	4	4.00	5	Diesel	8	13	13	2,583	645.75
19	19	4.00	4	Diesel	20	16	16	1,2306	647.68
20	13	8.00	5	Diesel	13	7	7	8,539	656.85
21	13	8.00	5	Diesel	20	15	15	8,230	633.08
22	30	6.00	4	Diesel	20	12	12	18,565	618.83
23	11	8.00	4	Diesel	15	10	10	7,188	653.45

ตาราง ง. 1.5 แสดงการขนส่งผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่ราบ (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		ระยะทาง (กม.)		ผลผลิต	
				(ชนิด)	(ลิตร)	ไป	กลับ	(กก.)	(กก./ไร่)
24	15	8.00	5	Diesel	15	8	8	8,945	596.33
25	31	8.00	4	Diesel	28	11	11	20,435	659.19
26	3	4.00	5	Diesel	7	5	5	2,034	678.00
27	7	6.00	4	Diesel	11	8	8	4,290	612.86
28	3	4.00	4	Diesel	15	12	12	1,971	657.00
29	12	6.00	3	Diesel	11	21	21	7,536	628.00
30	7	6.00	4	Diesel	7	7	7	5,621	803.00
31	10	4.00	4	Diesel	10	15	15	7,234	723.40
32	7	8.00	3	Diesel	15	13	13	4,393	627.57
33	5	4.00	3	Diesel	11	15	15	3,452	690.40
34	4	4.00	5	Diesel	9	12	12	2,570	642.50
35	18	4.00	5	Diesel	15	18	18	10,754	597.44
36	16	8.00	4	Diesel	35	7	7	10,934	683.38
37	6	2.00	3	Diesel	10	7	7	4,127	687.83
38	4	4.00	5	Diesel	9	12	12	2,712	678.00
39	13	8.00	4	Diesel	20	24	24	8,498	653.69
40	9	6.00	5	Diesel	11	15	15	5,710	634.44

2.1 ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ตาราง ง. 2.1 แสดงการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		เครื่องยนต์	
				(ชนิด)	(ลิตร)	ยี่ห้อ	hp.
1	5.12	6.35	13	-	-	-	-
2	7	8.00	14	-	-	-	-
3	4	8.00	11	-	-	-	-
4	15	6.00	23	-	-	-	-
5	10	6.00	18	-	-	-	-
6	4	7.25	12	-	-	-	-
7	7	8.00	16	-	-	-	-
8	5	8.00	12	-	-	-	-
9	2	7.30	4	-	-	-	-
10	4	8.00	13	-	-	-	-
11	11	7.00	13	-	-	-	-
12	3	8.00	4	-	-	-	-
13	6	8.30	14	-	-	-	-
14	18	6.30	26	-	-	-	-
15	10	8.00	16	-	-	-	-
16	5	7.30	9	-	-	-	-
17	5	8.00	12	-	-	-	-
18	4	8.00	9	-	-	-	-
19	12	7.50	18	-	-	-	-
20	4	5.40	8	-	-	-	-
21	8	8.00	15	-	-	-	-
22	13	7.00	20	-	-	-	-
23	11	6.30	18	-	-	-	-

ตาราง ง. 2.1 แสดงการเตรียมพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		เครื่องยนต์	
				(ชนิด)	(ลิตร)	ยี่ห้อ	hp.
24	3.23	8.00	6	-	-	-	-
25	8	9.00	14	-	-	-	-
26	4	8.00	10	-	-	-	-
27	9	8.00	15	-	-	-	-
28	15	8.30	28	-	-	-	-
29	12	8.00	25	-	-	-	-
30	7	7.00	13	-	-	-	-
31	10	8.30	18	-	-	-	-
32	7	7.00	13	-	-	-	-
33	2	7.30	5	-	-	-	-
34	4	8.00	14	-	-	-	-
35	9	8.00	17	-	-	-	-
36	11	8.30	21	-	-	-	-
37	5	7.00	11	-	-	-	-
38	8	8.00	17	-	-	-	-
39	10	8.00	20	-	-	-	-
40	7	8.00	15	-	-	-	-

2.2 ขั้นตอนการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ตาราง ง. 2.2 แสดงการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

แปลงที่	พื้นที่	เวลา	คน	เชื้อเพลิง		เมล็ด
	(ไร่)	(ชม.นาที)	(คน)	(ชนิด)	(ลิตร)	(กก.)
1	5.12	7.30	13	-	-	20.00
2	7	8.00	16	-	-	25.00
3	4	7.00	13	-	-	17.00
4	15	8.30	30	-	-	47.00
5	10	8.00	20	-	-	30.00
6	4	6.40	12	-	-	18.00
7	7	7.00	21	-	-	23.00
8	5	6.50	14	-	-	19.00
9	2	8.00	6	-	-	10.00
10	4	7.00	12	-	-	19.00
11	11	9.00	25	-	-	32.00
12	3	8.00	9	-	-	14.00
13	6	8.00	16	-	-	22.00
14	18	7.30	46	-	-	75.00
15	10	8.00	24	-	-	40.00
16	5	7.30	16	-	-	19.00
17	5	7.00	14	-	-	20.00
18	4	7.30	12	-	-	18.00
19	12	8.30	29	-	-	30.00
20	4	8.00	14	-	-	20.00
21	8	7.00	21	-	-	30.00
22	13	8.00	34	-	-	36.00
23	11	7.00	28	-	-	34.00

ตาราง ง. 2.2 แสดงการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง (ชนิด)	(ลิตร)	เมล็ด (กก.)
24	3.23	8.00	8	-	-	15.00
25	8	8.00	15	-	-	28.00
26	4	7.00	10	-	-	16.00
27	9	7.30	25	-	-	30.00
28	15	6.00	40	-	-	67.00
29	12	8.00	31	-	-	50.00
30	7	6.20	21	-	-	35.00
31	10	8.00	28	-	-	35.00
32	7	7.00	17	-	-	29.00
33	2	8.00	8	-	-	11.00
34	4	8.00	14	-	-	19.00
35	9	7.20	27	-	-	33.00
36	11	8.00	35	-	-	40.00
37	5	7.00	16	-	-	25.00
38	8	8.00	27	-	-	30.00
39	10	7.00	34	-	-	39.00
40	7	8.00	24	-	-	28.00

2.3 ขั้นตอนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ตาราง ง. 2.3.1 แสดงการการใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ปุ๋ย			
				N	P	K	(กก.)
1	5.12	8.00	4	69	-	-	150
2	7	8.00	5	77	8	8	200
3	4	8.00	4	46	-	-	100
4	15	7.50	10	176	15	15	450
5	10	7.00	8	153	15	15	400
6	4	8.00	7	69	23	23	250
7	7	7.30	10	61	15	15	200
8	5	7.40	5	92	-	-	200
9	2	8.00	2	46	-	-	100
10	4	8.00	4	46	15	15	200
11	11	6.40	20	69	23	23	300
12	3	7.00	6	46	-	-	100
13	6	6.40	10	130	15	15	350
14	18	8.00	19	337	38	38	900
15	10	8.00	15	214	30	30	600
16	5	8.00	5	184	-	-	400
17	5	8.00	7	61	15	15	200
18	4	8.00	6	61	15	15	200
19	12	8.00	21	222	38	38	650
20	4	6.30	6	138	-	-	300
21	8	6.00	14	153	38	38	500
22	13	7.50	17	290	60	60	900
23	11	8.00	15	221	60	60	750

ตาราง ง. 2.3.1 แสดงการการใส่ปุ๋ยเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ปุ๋ย			
				N	P	K	(กก.)
24	3.23	8.00	5	115	-	-	250
25	8	7.00	12	230	-	-	500
26	4	8.00	7	54	7.5	7.5	150
27	9	7.40	12	130	15	15	350
28	15	7.00	28	245	15	15	600
29	12	8.00	20	153	38	38	500
30	7	6.40	12	107	15	15	300
31	10	7.00	23	153	38	38	500
32	7	7.50	13	184	-	-	400
33	2	8.00	4	46	-	-	100
34	4	6.50	8	61	15	15	200
35	9	7.00	17	184	-	-	400
36	11	8.00	19	145	53	53	550
37	5	6.30	10	46	23	23	250
38	8	8.00	15	122	30	30	400
39	10	7.40	21	199	15	15	500
40	7	6.30	15	138	-	-	300

ตาราง ง. 2.3.2 แสดงการใช้สารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ชม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง (ชนิด)	เชื้อเพลิง (ลิตร)	เครื่องจักร hp.	เครื่องจักร Year	สารเคมี (L)
1	5.12	2.30	4	Benzene	2.50	4	4	15.00
2	7	4.00	4	Benzene	5.00	4	3	18.00
3	4	6.30	3	-	-	คันโยก		10.00
4	15	7.30	6	Benzene	10.00	4	4	30.00
5	10	5.30	4	Benzene	6.50	4	5	25.00
6	4	5.40	4	-	-	คันโยก		15.00
7	7	3.00	4	Benzene	5.00	4	4	10.00
8	5	7.00	4	-	-	คันโยก		20.00
9	2	4.30	3	-	-	คันโยก		6.00
10	4	6.00	2	-	-	คันโยก		6.00
11	11	5.30	5	Benzene	7.00	4	5	25.00
12	3	4.00	4	-	-	คันโยก		13.00
13	6	3.30	3	Benzene	5.00	4	3	23.00
14	18	8.00	6	Benzene	13.00	4	4	50.00
15	10	6.30	5	Benzene	5.00	4	3	30.00
16	5	2.00	3	Benzene	5.00	3.5	2	22.00
17	5	2.30	4	Benzene	5.00	4	5	4.00
18	4	5.30	3	-	-	คันโยก		4.00
19	12	5.30	6	Benzene	6.25	4	2	30.00
20	4	6.00	3	-	-	คันโยก		10.00
21	8	3.30	4	Benzene	5.00	4	3	18.00
22	13	6.30	6	Benzene	7.50	4	4	30.00
23	11	4.50	6	Benzene	6.25	4	4	25.00

ตาราง ง 2.3.2 แสดงการใช้สารเคมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง (ชนิด)	เชื้อเพลิง (ลิตร)	เครื่องจักร hp.	เครื่องจักร Year	สารเคมี (L)
24	3.23	4.30	2	-	-	คันโยก		7.00
25	8	3.45	3	Benzene	4.00	4	3	20.00
26	4	5.00	3	-	-	คันโยก		10.00
27	9	8.00	4	-	-	คันโยก		28.00
28	15	8.00	6	Benzene	4.00	4	4	45.00
29	12	5.50	4	Benzene	6.25	4	4	35.00
30	7	8.00	3	-	-	คันโยก		20.00
31	10	5.30	4	Benzene	3.75	4	5	25.00
32	7	7.30	4	-	-	คันโยก		20.00
33	2	4.00	2	-	-	คันโยก		7.00
34	4	5.30	3	-	-	คันโยก		12.00
35	9	3.00	4	Benzene	5.00	4	3	24.00
36	11	4.40	4	Benzene	5.00	4	5	33.00
37	5	6.00	3	-	-	คันโยก		15.00
38	8	8.00	3	-	-	คันโยก		20.00
39	10	3.50	4	Benzene	5.00	4	6	28.00
40	7	8.00	3	-	-	คันโยก		20.00

2.4 ขั้นตอนการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ตาราง ง. 2.4 แสดงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ผลผลิต	
				(กก.)	(กก./ไร่)
1	5.12	8.00	12	4,130	806.69
2	7	8.00	18	4,712	673.18
3	4	8.00	12	2,321	580.32
4	15	8.00	36	8,431	562.05
5	10	8.00	24	5,783	578.32
6	4	8.00	12	2,145	536.32
7	7	8.00	21	5,329	761.32
8	5	8.00	15	2,831	566.12
9	2	8.00	8	1,561	780.32
10	4	8.00	12	3,521	880.32
11	11	8.00	43	7,934	721.23
12	3	8.00	12	1,691	563.65
13	6	8.00	18	3,282	546.99
14	18	8.00	50	13,346	741.43
15	10	8.00	40	7,303	730.32
16	5	8.00	16	2,652	530.32
17	5	8.00	12	2,652	530.32
18	4	8.00	11	2,021	505.32
19	12	8.00	28	8,564	713.65
20	4	8.00	13	2,321	580.32
21	8	8.00	19	4,543	567.82
22	13	8.00	48	7,274	559.55
23	11	8.00	37	5,974	543.05

ตาราง ง. 2.4 แสดงการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	ผลผลิต	
				(กก.)	(กก./ไร่)
24	3.23	8.00	11	2,736	847.04
25	8	8.00	30	4,533	566.57
26	4	8.00	15	2,981	745.32
27	9	8.00	20	4,953	550.32
28	15	8.00	45	8,455	563.65
29	12	8.00	30	8,964	746.99
30	7	8.00	24	3,993	570.46
31	10	8.00	35	6,903	690.32
32	7	8.00	28	3,962	566.03
33	2	8.00	14	1,161	580.32
34	4	8.00	18	2,221	555.32
35	9	8.00	31	6,153	683.65
36	11	8.00	38	7,434	675.77
37	5	8.00	16	2,922	584.32
38	8	8.00	23	4,743	592.82
39	10	8.00	32	5,903	590.32
40	7	8.00	20	3,812	544.61

2.5 ขั้นตอนการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

ตาราง ง. 2.5 แสดงการขนส่งผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง (ชนิด)	เชื้อเพลิง (ลิตร)	ระยะทาง (กม.) ไป	ระยะทาง (กม.) กลับ	ผลผลิต (กก.)	ผลผลิต (กก./ไร่)
1	5.12	2.30	3	Diesel	50.00	26	26	4,130	806.69
2	7	1.30	4	Diesel	40.00	20	20	4,712	673.18
3	4	2.00	3	Diesel	30.00	28	28	2,321	580.32
4	15	2.30	8	Diesel	80.00	15	15	8,431	562.05
5	10	2.40	6	Diesel	50.00	13	13	5,783	578.32
6	4	2.00	3	Diesel	20.00	15	15	2,145	536.32
7	7	2.00	3	Diesel	30.00	12	12	5,329	761.32
8	5	2.00	4	Diesel	30.00	17	17	2,831	566.12
9	2	2.30	2	Diesel	20.00	25	25	1,561	780.32
10	4	3.00	3	Diesel	20.00	20	20	3,521	880.32
11	11	2.00	4	Diesel	70.00	24	24	7,934	721.23
12	3	2.00	4	Diesel	20.00	21	21	1,691	563.65
13	6	3.30	4	Diesel	30.00	30	30	3,282	546.99
14	18	5.30	10	Diesel	120.00	20	20	13,346	741.43
15	10	4.00	8	Diesel	90.00	30	30	7,303	730.32
16	5	3.00	4	Diesel	30.00	24	24	2,652	530.32
17	5	3.30	3	Diesel	30.00	15	15	2,652	530.32
18	4	2.00	3	Diesel	30.00	23	23	2,021	505.32
19	12	3.20	6	Diesel	60.00	19	19	8,564	713.65
20	4	4.30	3	Diesel	30.00	20	20	2,321	580.32
21	8	6.00	4	Diesel	40.00	20	20	4,543	567.82
22	13	4.00	6	Diesel	60.00	25	25	7,274	559.55
23	11	6.30	6	Diesel	60.00	26	26	5,974	543.05

ตาราง ง. 2.5 แสดงการขนส่งผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พื้นที่สูง (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่ (ไร่)	เวลา (ซม.นาที)	คน (คน)	เชื้อเพลิง		ระยะทาง (กม.)		ผลผลิต	
				(ชนิด)	(ลิตร)	ไป	กลับ	(กก.)	(กก./ไร่)
24	3.23	4.00	2	Diesel	20	28	28	2,736	847.04
25	8	3.00	4	Diesel	40	30	30	4,533	566.57
26	4	2.00	2	Diesel	20	23	23	2,981	745.32
27	9	2.00	4	Diesel	40	25	25	4,953	550.32
28	15	2.30	10	Diesel	80	20	20	8,455	563.65
29	12	5.00	3	Diesel	75	25	25	8,964	746.99
30	7	2.00	4	Diesel	43	25	25	3,993	570.46
31	10	3.00	6	Diesel	60	21	21	6,903	690.32
32	7	2.40	4	Diesel	40	19	19	3,962	566.03
33	2	3.00	2	Diesel	20	16	16	1,161	580.32
34	4	4.30	3	Diesel	30	19	19	2,221	555.32
35	9	2.00	5	Diesel	50	28	28	6,153	683.65
36	11	4.00	6	Diesel	60	32	32	7,434	675.77
37	5	3.00	3	Diesel	30	27	27	2,922	584.32
38	8	7.30	4	Diesel	40	19	19	4,743	592.82
39	10	4.00	5	Diesel	55	23	23	5,903	590.32
40	7	3.00	3	Diesel	34	14	14	3,812	544.61

ภาคผนวก จ

บทความวิจัยที่ได้เผยแพร่ในระดับชาติ และนานาชาติ

ISBN 978-974-474-059-5
TREC-10
The 10th Thailand Renewable Energy for Community Conference
EGAT
การประชุมสัมมนาวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10
พลังงานยุคเปลี่ยนผ่าน
เล่าขานวิถีพอเพียง หล่อเลี้ยงชุมชนยั่งยืน
New Era of Community Energy
ณ หอประชุมเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง
ร่วมจัดโดย

NC
003

การศึกษาภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่
Study on Greenhouse Gas Emissions from Maize Planting in Plain Area Phrae Province

ศุภชัย เพชรธาราวดี[1], ณัฐวุฒิ ดุษฎี[1], ชูวัฒน์ ธาราวักษ์[1], ประกิตต์ โก๊ะสูงเนิน[1], และธเนศ ไชยชนะ[1]*
[1] วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ที่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

การศึกษาภาวะการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบัญชีรายการของกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ ปีเพาะปลูก 2559 ตามแนวทางการหาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยใช้เทคนิค Life Cycle Assessment (LCA) โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรตัวอย่าง จำนวน 40 ราย ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตเฉลี่ย 653.62 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 55.70 กิโลกรัมต่อไร่ สารกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 1.32 ลิตรต่อไร่ สารกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 0.54 ลิตรต่อไร่ น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 5.5 ลิตรต่อไร่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 0.2445 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แบ่งเป็น จากก๊าซไนตรัสออกไซด์จากปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 45.89 รองลงมาคือการผลิตปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 26.50 จากการใช้ปัจจัยการผลิต คิดเป็นร้อยละ 16.68 จากการใช้เชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 10.51 และจากการขนส่งผลผลิต คิดเป็นร้อยละ 0.42 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ก๊าซเรือนกระจก ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

* Corresponding author: Tel.: 0815406768. E-mail address: tanatecha@hotmail.com

จังหวัดแพร่ เพื่อประเมินปริมาณการการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่กระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูกจนถึงกระบวนการขนส่งไปยังจุดรับซื้อ หรือโรงสีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และเป็นข้อเสนอแนะแนวทางการลดภาวการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นำไปสู่เศรษฐกิจคาร์บอนต่ำ และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อย่างยั่งยืนต่อไป

วิธีการวิจัย

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการ

1.เก็บรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลในการศึกษาได้มาจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ดังนี้

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์เกษตรกรครัวเรือนที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ จากกลุ่มปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แปลงใหญ่ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง 40 ราย

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) เป็นข้อมูลที่รวบรวมจากเอกสาร รายงานการศึกษาบทความ วารสารงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากหน่วยงานต่างๆทั้งภาครัฐบาลและเอกชนซึ่งข้อมูลที่ไม่สามารถรวบรวมตรวจวัด ได้จากกระบวนการผลิตของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้ง ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ที่ซึ่งได้จากคู่มือของ Intergovernmental Panel on Climate Change 2006 (IPCC 2006) [4] ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก [5-6]

รายการ	หน่วย	ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก
การผลิตดีเซล	$kgCO_2eq/kg$	0.3282
การเผาไหม้ดีเซล	$kg\ CO_2eq/L$	2.7446
การผลิตเบนซิน	$kg\ CO_2eq/kg$	0.7069
การเผาไหม้เบนซิน	$kg\ CO_2eq/L$	2.2376
การผลิตปุ๋ยไนโตรเจน	$kg\ CO_2eq/kg\text{-}N$	2.6000
การผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส	$kgCO_2eq/kg\text{-}P$	0.2520
การผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม	$kg\ CO_2eq/kg\text{-}K$	0.1600
การปล่อยก๊าซ N2O โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย	$kgCO_2eq/kg\text{-}N$	0.0030
การปล่อยก๊าซ N2O โดยอ้อมจากการสูญเสียปุ๋ย N ในรูป NH_3+NO_x จากการใส่ปุ๋ยเคมี	$kgN_2O\text{-}N/kg\ N$	0.0100
สัดส่วนที่สูญเสียในรูป NH3+NOx	ไม่มีหน่วย	0.1000
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งแบบปกติ 100% Loading	$kg\ CO_2\ eq/ton\text{-}km$	0.1402
รถกระบะบรรทุก 4 ล้อ ขนาดเล็ก น้ำหนักบรรทุกสูงสุด 7 ตัน วิ่งเที่ยวกลับ 0% Loading	$kg\ CO_2\ eq/km$	0.3111
เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	$kgCO_2eq/kg$	0.1750
สารเคมีกำจัดวัชพืช	$kgCO_2eq/L$	10.2089
สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	$kgCO_2eq/L$	16.5873

NC
003

2.การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ (Quantitative Analysis) การวิเคราะห์เชิงปริมาณโดยใช้สถิติพรรณนา (Descriptive Statistics) โดย วิเคราะห์สภาพทั่วๆ ไปของเกษตรกร พื้นที่และแปลงเพาะปลูก ทั้งนี้การวิเคราะห์อาจใช้ตารางค่าร้อยละ ค่าสัดส่วน ค่าผลรวม และค่าเฉลี่ย เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่าง

2.2 จัดทำบัญชีรายการก๊าซเรือนกระจก ข้อมูลที่ใช้คำนวณการปล่อยก๊าซเรือน กระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งแต่การได้มาซึ่งวัตถุดิบ สารเคมี พลังงาน ตลอดกระบวนการปลูก จนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิต และสิ้นสุดที่การขนส่งจากไร่ข้าวโพดถึงจุดรับซื้อ หรือโรงสีข้าวโพด ประกอบด้วย ข้อมูลสารขาเข้า (Input Data) ได้แก่ ข้อมูลเมล็ดพันธุ์ ปัจจัยการผลิตต่างๆ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และข้อมูลสารขาออก (Output Data) ได้แก่ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปีเพาะปลูก 2559

2.3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยใช้เทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิตของสินค้า (Life Cycle Assessment of Greenhouse Gas Emissions of Products : LCA-GHG ตามแนวทางของประเทศไทยและมาตรฐานนานาชาติ โดยใช้สมการดังต่อไปนี้ [6-8]

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนเชื้อเพลิง

= ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ทั้งหมด (กิโลกรัม) x ค่าสัมประสิทธิ์การผลิตดีเซล ($kgCO_2eq$/กิโลกรัม (1)

= ปริมาณน้ำมันดีเซลที่ใช้ทั้งหมด (ลิตร) x ค่าสัมประสิทธิ์การเผาไหม้ดีเซล 1 ลิตร ($kgCO_2eq$/ลิตร) (2)

2. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตปุ๋ย

= (ปริมาณไนโตรเจน (กิโลกรัม) x ค่าสัมประสิทธิ์การผลิตปุ๋ยไนโตรเจน ($kgCO_2eq/kg$-N)) +
(ปริมาณฟอสฟอรัส (กิโลกรัม) x ค่าสัมประสิทธิ์การผลิตปุ๋ยฟอสฟอรัส ($kgCO_2eq/kg$-P)) + (3)
(ปริมาณโพแทสเซียม (กิโลกรัม) x ค่าสัมประสิทธิ์การผลิตปุ๋ยโพแทสเซียม ($kgCO_2eq/kg$-K))

3. การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) จากการใช้ปุ๋ย

- การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย

= ปริมาณปุ๋ย N (กิโลกรัม) × ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกโดยตรง ($kgCO_2eq/kg$-N) (4)
× 44/28 × 298

- การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยอ้อมจากการสูญเสียปุ๋ย N ในรูป NH_3+NO_x จากการใส่ปุ๋ยเคมี

= ปริมาณปุ๋ย N (kg) × สัดส่วนที่สูญเสียในรูป NH_3+NO_x × ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก (5)
(kgN_2O-N/kg N) × 44/28× 298

4. การขนส่งผลผลิตไปยังจุดรับซื้อหรือโรงสีข้าวโพด

$$EM_{Tra} = \sum \left[\left(EF_{Tra1j} \times W_{Traj} \times T_{Traj} \right)_{Go\ trip} + \left(\frac{EF_{Tra2j} \times W_{Traj} \times T_{Traj}}{W_{Maxoftruck}} \right)_{Returntrip} \right] \quad (6)$$

EM_{Tra} = ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่งปัจจัยการผลิต (kg CO_2 eq/ปี)

EFT_{ra1j} = ค่า Emission Factor ของการขนส่งปัจจัยการผลิต i เที่ยวไป (kg CO_2 eq/ton-km)

EFT_{ra2j} = ค่า Emission Factor ของการขนส่งปัจจัยการผลิต i เที่ยวกลับ (kg CO_2 eq/km)

WT_{raj} = ปริมาณการขนส่งปัจจัยการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 กิโลกรัม (Ton)

TT_{raj} = ระยะทางของการขนส่งปัจจัยการผลิต i (km)

$W_{max\ of\ truck}$ = น้ำหนักบรรทุกสูงสุดของรถ (Ton)

5. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิต

= ปริมาณปัจจัยการผลิตที่ใช้ทั้งหมด (ลิตร) x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิตแต่ละชนิด (CO_2eq/ลิตร) (7)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเชื้อเพลิง

การประเมินภาวการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัม คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า พบว่าในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 16.9004 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0257 kgCO_2eq /kg ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของเชื้อเพลิงในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มา	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2eq/ไร่)	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่างๆ	สมการที่	A = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	A/653.26
น้ำมันเชื้อเพลิง				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการผลิตดีเซล	สมการที่ 1	= 5.5 x 0.3282 = 1.8051	= 1.8051/653.26 = 0.0027
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการเผาไหม้ของดีเซล	สมการที่ 2	= 5.5 x 2.7446 = 15.0953	= 15.0953/653.26 = 0.0231
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรวม		= 16.9004	= 0.0257

NC
003

2. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย

พบว่าในการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการใช้ปุ๋ยเคมีทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโปแทสเซียม มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรวมเท่ากับ 42.2928 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0648 kgCO_2eq /kg และในส่วนของการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยตรงและจากการสูญเสียจากการใส่ปุ๋ย ตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 29.0149 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.1122 kgCO_2eq /kg ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มา	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	
			(kg CO_2eq/ไร่)	(kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
การผลิตปุ๋ย				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย N	สมการที่ 3	= 15.49 × 2.6000 = 40.2740	= 40.2740 /653.26 = 0.0617
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย P	สมการที่ 3	= 4.90 × 0.2520 = 1.2348	= 1.2348/653.26 = 0.0019
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการผลิตปุ๋ย K	สมการที่ 3	= 4.90 × 0.1600 = 0.7840	= 0.7840/653.26 = 0.0012

ตารางที่ 3 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตปุ๋ย และการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย ในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ **(ต่อ)**

(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากขั้นตอนการใช้ปุ๋ยรวม		= 42.2928	= 0.0648
ก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ย				
(5)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยตรงจากการใส่ปุ๋ย	สมการที่ 4	= 15.49×0.0030 ×44/28×298 = 21.7612	= 21.7612/653.26 = 0.1011
(6)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์ โดยอ้อมจากสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจน ในรูป NH3+NOx การใส่ปุ๋ยเคมี	สมการที่ 5	= 15.49×0.1×0.01 ×44/28 ×298 = 7.2537	= 7.2537/653.26 = 0.0111
(7)	การปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยรวม		= 29.0149	= 0.1122

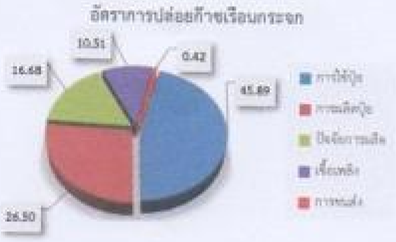
3. ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิต และการขนส่ง

จากการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่ง พบว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เท่ากับ 0.5180 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0079 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดวัชพืช เท่ากับ 12.5569 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0192 kgCO_2eq /kg การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เท่ากับ 8.9571 kg CO_2eq/ ไร่ และ 0.0137 kgCO_2eq /kg และการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปยังจุดรับซื้อหรือโรงสี เท่ากับ 0.00104 kgCO_2eq /kg ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้ปัจจัยการผลิต และขนส่งในรูปกิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ขั้นตอนที่	รายการ	ที่มา	ผลการประเมินข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (kg CO_2eq/ไร่)	(kgCO_2eq/ 1 kg ข้าวโพด)
การใช้ปัจจัยการผลิต				
(1)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	สมการที่ 7	= 2.96×0.1750 = 0.5180	= 0.5180/653.26 = 0.0079
(2)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดวัชพืช	สมการที่ 7	= 1.23×10.2089 = 12.5569	= 12.556/653.26 = 0.0192
(3)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากสารเคมีกำจัดศัตรูพืช	สมการที่ 7	= 0.54×16.5873 = 8.9571	= 8.9571/653.26 = 0.0137
(4)	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการใช้ปัจจัยการผลิตรวม		= 22.0320	= 0.0408
การขนส่ง	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการขนส่ง	สมการที่ 6		=0.00104

อัตราส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 0.2445 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า พบว่าจากก๊าซไนตรัสออกไซด์จากปุ๋ยมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 45.89 รองลงมาคือการผลิตปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 26.50 จากการใช้ปัจจัยการผลิต คิดเป็นร้อยละ 16.68 จากการใช้เชื้อเพลิง คิดเป็นร้อยละ 10.51 และจากการขนส่งผลผลิต คิดเป็นร้อยละ 0.42 ตามลำดับ แสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

จากอัตราการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ เราสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก โดยการลดปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีค่าสัมประสิทธิ์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง จึงส่งผลให้กระบวนการดูแลรักษา การใส่ปุ๋ยเคมี และกำจัดศัตรูพืช มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงมาก ดังนั้นควรจะลดการใช้ปุ๋ยเคมี และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช และใช้ปุ๋ยคอกปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน หรือสารชีวภัณฑ์ สารสกัดสมุนไพรป้องกันแมลงศัตรูพืชจากธรรมชาติทดแทน ตัวอย่างเช่น เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า เชื้อราบิวเวอร์เรีย น้ำหมักจากตะไคร้ และน้ำหมักสะเดา ฯลฯ ไม่เท่านั้นยังสามารถช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสู่ชั้นบรรยากาศ ส่งผลให้สุขภาพดีขึ้น และรักษาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นอีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

ศึกษาภาวการณ์ปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ ปีการเพาะปลูก 2559 โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรตัวอย่าง จำนวน 40 ราย พบว่าเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีผลผลิตเฉลี่ย 653.62 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยเคมีเฉลี่ย 55.70 กิโลกรัมต่อไร่ สารกำจัดวัชพืชเฉลี่ย 1.32 ลิตรต่อไร่ สารกำจัดศัตรูพืชเฉลี่ย 0.54 ลิตรต่อไร่ น้ำมันดีเซลเฉลี่ย 5.5 ลิตรต่อไร่ การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 1 กิโลกรัม เท่ากับ 0.2445 $kgCO_2eq$ พบว่าในส่วนการปล่อยก๊าซไนตรัสออกไซด์จากการใช้ปุ๋ยมากที่สุด 0.1122 $kgCO_2eq$ รองลงมาการผลิตและใช้ปุ๋ย N,P,K 0.0648 $kgCO_2eq$ การใช้ปัจจัยการผลิต 0.0408 $kgCO_2eq$ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง 0.0257 $kgCO_2eq$ และน้อยที่สุดคือกระบวนการขนส่ง 0.00104 $kgCO_2eq$ ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

[1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2555). ต้นทุนการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในการผลิตข้าว.สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.

[2] พิชยพิมพ์ คำเพียร. (2557). "การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตำบลศิลา อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์"มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

[3] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2558).สถิติการเกษตรของประเทศไทยประจำปี 2558-2559 สืบค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2560 จาก https://www.oae.go.th

[4] IPCC. (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. In B. L. Eggleston H.S. Japan: IGES [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol1.html (วันที่สืบค้นข้อมูล : 20 กรกฎาคม 2560)

[5] Garivait. S. 2005. Monitoring and assessment of biomass open burning in agricultural areas/lands in Thailand. Pollution control department (PCD).

[6] Minami, K., Takata, K., Noike, T., Tilche, A. and Janaki, k. 1997. Atmospheric methane sources,sink, and strategies for reducing agricultural emission. Journal of Water Science and Technology. Vol.36. Pp. 509-516.

[7] ปิยะบุตร วานิชพงษ์พันธุ์. (2546). การปลดปล่อยและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจาก นาข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[8] รัตนาวรรณ มั่งคั่ง และคณะ. (2553). การวิเคราะห์และจัดการคาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์ข้าว สำหรับการติดฉลากคาร์บอน เพื่อสนับสนุนเศรษฐกิจคาร์บอนต่ำในการบรรเทาภาวะโลกร้อน, รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์.

บทความฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการ

การประชุมวิชาการ และประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1

"เทิดพระเกียรติวันแม่แห่งชาติ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน"

1st National Graduate Research Conference and Creative Innovation Competition

GCIC 1st 2017

วันที่ 17-18 สิงหาคม 2560

ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ชั้น 1 อาคารเทพศาสตร์สถิตย์
63 หมู่ 4 ต.หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
โทร 0-5387-5520 Fax 0-5349-8133 E-mail : GCIC.MJU@gmail.com

บทความฉบับสมบูรณ์ในรายงานการประชุมวิชาการ

การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1

(1st National Graduate Research Conference and Creative Innovation Competition)

"เทิดพระเกียรติวันแม่แห่งชาติ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน"

วันที่ 17 – 18 สิงหาคม 2560

ณ ห้องเชียงใหม่ ชั้น 2 ศูนย์ประชุมนานาชาติดิเอ็มเพรส

โรงแรมดิเอ็มเพรสเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่

Copyright © 2017

จัดทำโดย : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เชียงใหม่ ประเทศไทย ‖ สิงหาคม 2560

การประชุมวิชาการและประกวดนวัตกรรมบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 1
1st National Graduate Research Conference and Creative Innovation Competition
วันที่ 17–18 สิงหาคม 2560 โรงแรม[illegible] จังหวัดเชียงใหม่

การวิเคราะห์พลังงานในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

ANALYSIS OF ENERGY IN THE PRODUCTION OF MAIZE IN PLAIN AREA

ศุภชัย เพชรธาราวดี* ณัฐวุฒิ ดุษฎี ชูรัตน์ ธารารักษ์ ประกิตต์ โก๊ะสูงเนิน และ ธเนศ ไชยชนะ

S. Phettharawadee*, N. Dussadee, C. Tararak, P. Kohsungnoen and T. Chaichana

School of Renewable Energy, Maejo University

**Corresponding author, e-mail: supachai9359@hotmail.com, Tel.: 082-1939495*

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษาวิเคราะห์การใช้พลังงานในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบในช่วงฤดูฝน พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในเขตจังหวัดแพร่ ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประกอบด้วยการเตรียมดิน การเพาะปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการขนส่งไปยังโรงสีข้าวโพด ในระหว่างกระบวนการเหล่านี้ได้กำหนดปัจจัยการผลิตและเปลี่ยนแปลงไปเป็นค่าพลังงานเทียบเท่ากันต่อพื้นที่การผลิต (MJ / Rai) ผลการศึกษาพบว่ากระบวนการผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ย 653.62 กิโลกรัม / ไร่ การใช้พลังงานเฉลี่ย 2,148.68 MJ / Rai โดยส่วนใหญ่เป็นพลังงานจากการใช้ปุ๋ยเคมีร้อยละ 60.29 ของพลังงานทั้งหมด รองลงมาคือการใช้พลังงานสำหรับเครื่องจักรกลการเกษตรร้อยละ 19.65 และ12.17%, 7.36%, และ0.52% ตามลำดับสำหรับการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิง การใช้พลังงานจากสารเคมี และแรงงานตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การใช้พลังงาน

Abstract

This study was conducted to analyze the energy use in maize production in plain areas during rainy season. The study area is located in Phrae Which has a corn production process. The maize production consists of soil preparation, cultivation, harvesting and maintenance and transport to corn mill. During these processes, production factors were determined and changed to an equivalent value of energy consumption per production area (MJ/Rai). The study indicated that the average yield of corn was 653.62 kg / rai. The average energy use was 2,148.68 MJ / Rai. The majority part of energy is from chemical fertilizer of 60.29% of total energy following by the energy from agriculture machinery of 19.65% and 12.17%, 7.36%, and 0.52%, for the energy from fuel, and energy from chemicals and labor respectively.

Keywords: Maize, Energy consumption

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Maize) เป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีอายุการเก็บเกี่ยวราวประมาณ 4–5 เดือน [1] ถือได้ว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ของประเทศเป็นอย่างมาก และมีประมาณถึงร้อยละ 90.95 ของผลผลิตทั้งหมด ใช้ในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ของประเทศ [2] ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นธัญพืชที่มีคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งคุณค่าทางโภชนาการต่อ 100 กรัม มีคาร์โบไฮเดรต18.7 กรัม โปรตีน 3.27 กรัม ไขมัน 1.35 กรัม และองค์ประกอบอื่นๆ 76.95 กรัม [3]

ฤดูการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศ จำแนกได้ 2 รุ่น คือ รุ่นฤดูฝน ปลูกตั้งแต่เดือน พฤษภาคม–ตุลาคม ผลผลิตจะเก็บเกี่ยวมาก ในช่วงเดือนกันยายน ประมาณร้อยละ 86 ของผลผลิตทั้งประเทศ และรุ่นที่ 2 ฤดู

แล้ง จะปลูกตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน.–เมษายน เก็บเกี่ยวมากที่สุดในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ ประมาณร้อยละ 14 ของผลผลิตทั้งประเทศ และภูมิภาคที่มีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุดคือ ภาคเหนือของประเทศไทย [4]

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 7.1 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 4.6 ล้านตัน ในฤดูกาลของปี พ.ศ. 2558–2559 [5] ที่สำคัญพบว่ามีแนวโน้มในการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดมากขึ้นในขณะเดียวกันพบว่าราคารับซื้อค่อนข้างต่ำทำให้เกษตรบางรายขาดทุน เนื่องจากต้นทุนที่เพิ่มขึ้นสาเหตุหนึ่งมาจากการนำพลังงานในรูปแบบต่างๆมาใช้มากและหลากหลายขึ้น รวมถึงราคาเหล่านั้นก็มีราคาสูง ซึ่งในอดีตการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นมักใช้แต่แรงงานจากคนและจากสัตว์ ซึ่งไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในปริมาณที่มากสำหรับการดูแลรักษารวมถึงไม่ต้องใช้เชื้อเพลิงราคาสูง และมีแนวโน้มจะสูงขึ้นในอนาคตเหมือนการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรในปัจจุบัน การใส่ปุ๋ยก็ใช้ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ ที่ผลิตเองหรือได้จากสัตว์เลี้ยง การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชใช้ปุ๋ยเคมีบำรุงต้นข้าวโพด ไม่มีความจำเป็นหรืออาจจะใช้น้อยเมื่อเทียบกับปัจจุบัน รวมถึงราคาปุ๋ยและสารเคมีก็มีราคาสูง จึงส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตมีค่าสูง ดังนั้นจึงควรที่จะทราบว่าในกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตั้งแต่เตรียมพื้นที่จนถึงขนส่งผลผลิตไปขายให้กับโรงสีมีการใช้ปัจจัยอะไรบ้างในปริมาณที่เท่าไร และคิดเป็นพลังงานที่เท่าไหร่ เพื่อที่จะสามารถคาดการปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยเฉพาะข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นับเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนและนโยบายด้านพลังงาน ต่างๆ อาทิ ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้พลังงานในกระบวนการหรือขั้นตอนต่างๆ ของการผลิต ใช้ในการหามาตรการสำรองพลังงานสำหรับการผลิต ใช้ในการวางแผนให้การช่วยเหลือทางด้านพลังงานแก่เกษตรกร หรือใช้เป็นมาตรการควบคุมปริมาณการใช้พลังงานของเกษตรกร

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือต้องการที่จะทำการประเมินการใช้พลังงานในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบจังหวัดแพร่ ในทุกขั้นตอนการผลิต ตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ จนถึงขั้นตอนในการเก็บเกี่ยวและขนส่งไปยังโรงสีข้าวโพดหรือโรงรับซื้อ เพื่อต้องการทราบถึงความต้องการใช้พลังงานในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อย่างแท้จริง

ตารางที่ 1 ค่าพลังงานเทียบเท่า (Energy Equivalent) ที่ใช้ในการวิเคราะห์พลังงาน

ชนิดของพลังงาน	สัมประสิทธิ์ของพลังงาน	แหล่งที่มา
1. คน	1.96 MJ/คน/ชั่วโมง	[7]
2. สัตว์	10.10 MJ/ตัว/ชั่วโมง	[7]
3. เชื้อเพลิง		
-น้ำมันดีเซล	43.3 MJ/ลิตร	[8]
-น้ำมันเบนซิน	39.7 MJ/ลิตร	[8]
-ไฟฟ้า	14.4 MJ/kW-h	[8]
4. เครื่องยนต์		
-ปั๊มน้ำ/เครื่องพ่นยา	13.56 MJ/ไร่	[9]
-รถไถเดินตาม	70.31 MJ/ไร่	[9]
-รถไถแบบนั่ง	337.62 MJ/ไร่	[9]
5. ปุ๋ย		
-N	76 MJ/kg	[10]
-P	14 MJ/kg	[10]
-K	10 MJ/kg	[10]
-ปุ๋ยคอก	0.303 MJ/kg	[11]
6. ยาปราบศัตรูพืช	120 MJ/kg	[9]

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบในเขตพื้นที่จังหวัดแพร่ โดยการสุ่มเลือกเก็บข้อมูลสมาชิกผู้ปลูกข้าวโพดแปลงใหญ่มาจำนวน 40 ราย จำนวนพื้นที่ปลูก 387 ไร่ กระบวนการผลิตข้าวประกอบด้วย การเตรียมพื้นที่ปลูก การเพาะปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว และการขนส่งไปยังโรงสีข้าวโพด

เก็บข้อมูลปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ประเภทของเครื่องยนต์ (เดิน รถแทรกเตอร์, ปั๊มน้ำ, ปั๊มเคมี, ฯลฯ), กำลังขับของเครื่องยนต์ (แรงม้า) และเชื้อเพลิง การบริโภค (ลิตร), แรงงาน (มนุษย์) ปริมาณ (กก.), ราคาเมล็ด (บาท/กก.), ปุ๋ย (กก./NPK), สารเคมี (กก. หรือลิตร) เวลาทำงาน (ชั่วโมง) และพื้นที่เพาะปลูก (ไร่) ทำการวิเคราะห์ปรับแก้ให้เป็นข้อมูลทางพลังงานภายใต้พื้นฐานเดียวกัน (MJ/ไร่) โดยใช้ค่าพลังงานเทียบเท่า (Energy Equivalent) ในการปรับแก้ ซึ่งค่าพลังงานเทียบเท่า (สัมประสิทธิ์พลังงาน) แสดงดังตารางที่ 1

ข้อมูลของปัจจัยการผลิตเปลี่ยนเป็น การใช้พลังงานในหน่วย MJ / ไร่ โดยสมการที่ใช้ (1) ถึง (7) คือ [6]

-พลังงานจากคนและสัตว์

$$\text{Energy(MJ/rai)} = \frac{\text{Energy Equivalent (MJ/h/Unit)} \times \text{Time(h)} \times \text{Unit}}{\text{Area (Rai)}} \qquad (1)$$

-พลังงานจากเชื้อเพลิง (น้ำมัน, ไฟฟ้า)

$$\text{Energy(MJ/rai)} = \frac{\text{Energy Equivalent of fuel (MJ/Liter)} \times \text{Quanlity(Unit)}}{\text{Area (Rai)}} \qquad (2)$$

-พลังงานจากปุ๋ย

$$\text{Energy (MJ/Rai)} = \begin{bmatrix} \text{N Use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of N (MJ/kg)} \\ + \text{P Use Rate (Kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of P (MJ/kg)} \\ + \text{K Use Rate (kg/Rai)} \times \text{Energy Equivalent of K (MJ/kg)} \end{bmatrix} \qquad (3)$$

$$\text{N Use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} \times \text{\% of N}}{100} \qquad (4)$$

$$\text{P Use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} \times \text{\% of P} (P_2O_5)}{100} \qquad (5)$$

$$\text{K Use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} \times \text{\% of K} (P_2O)}{100} \qquad (6)$$

$$\text{Total Fertilizer Use Rate (kg/Rai)} = \frac{\text{Total Quanlity of Fertilizer Use (kg)}}{\text{working Area (Rai)}} \qquad (7)$$

-พลังงานจากสารเคมีปราบศัตรูพืช

$$\text{Energy (MJ/rai)} = \frac{\text{Energy Equivalent Of Chemical (MJ/kg)} \times \text{Quantity (kg)}}{\text{Working Area (Rai)}} \quad (8)$$

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

1. กระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูก ขั้นตอนการเตรียมพื้นที่ปลูก ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ การไถตะดากหน้าดินเป็นครั้งแรก การไถครั้งที่สองคือการไถแปรพรวนดินเพื่อเตรียมปลูก โดยใช้เครื่องจักรกลเกษตรประเภทรถแทรกเตอร์คูโบต้ามีกำลังเครื่องยนต์ตั้งแต่ 40-80 แรงม้า กระบวนการนี้ใช้ค่าเฉลี่ยเวลาทำงาน 0.43 ชั่วโมง / คน / ไร่ , ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล 2.23 ลิตร / ไร่ และการใช้พลังงาน 435.07 MJ/Rai ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่1 การใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูก และการเพาะปลูก

กระบวนการ	รูปแบบการปลูก	อัตราการทำงาน (h/m/rai)	น้ำมันเชื้อเพลิง L/rai	อัตราการใช้พลังงาน (MJ/rai)
การเตรียมพื้นที่ปลูก	แรงงาน	-	-	-
	รถไถแบบนั่ง	0.43	2.23	435.07
การเพาะปลูก	แรงงาน	1.62	-	3.17
	รถไถแบบนั่ง	0.40	2.06	174.41

2. กระบวนการเพาะปลูก มีระบบการปลูกอยู่ 2 ระบบ ระบบแรกคือการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้แรงงานคน กระบวนการนี้มีค่าเฉลี่ยในการทำงาน 1.62 ชั่วโมง / ไร่ / คน และใช้พลังงาน 3.17 MJ / Rai และระบบที่สอง คือปลูกข้าวโพดโดยใช้รถปลูก กระบวนการนี้มีค่าเฉลี่ยในการทำงาน 0.40 ชั่วโมง / คน / ไร่ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล 2.06 ลิตร / ไร่ และการใช้พลังงาน 174.41 MJ / Rai ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1

3. กระบวนการดูแลรักษา เกษตรกรต้องใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิต โดยส่วนมากจะทำการใส่ปุ๋ยอยู่ 2 ครั้ง คือครั้งแรกจะใส่ช่วงหลังปลูก 25 วัน และครั้งที่สองเมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีอายุประมาณ 2 เดือน หรือ 60 วันโดยจะใส่ปุ๋ยเคมีอยู่ 2 สูตรหลักๆ ได้แก่ ปุ๋ยยูเรีย หรือ สูตร 46-0-0 และปุ๋ยสูตรเสมอ 15-15-15 สำหรับการใช้สารเคมี สารกำจัดโรคระบาดและแมลงศัตรูพืช มีการฉีดพ่นจำนวน 2 ครั้งด้วยกัน คือช่วงก่อนปลูก และหลังปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 20 วัน พบว่ามีกาใช้พลังงานในกระบวนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การใช้พลังงานในกระบวนการดูแลรักษาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใช้งาน	อัตราการทำงาน (h/m/rai)	ปุ๋ย kg/rai	สารเคมี Liter/rai	อัตราการใช้พลังงาน (MJ/rai)
แรงงาน	1.25	-	-	2.46
ปุ๋ยรวม	-	55.70	-	1,294.81
N	-	15.49	-	1,177.16
P	-	4.90	-	68.63
K	-	4.90	-	94.02
ยาปราบวัชพืช	2.13	-	1.32	158.10

4. กระบวนการเก็บเกี่ยว สำหรับการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะใช้เฉพาะแรงงานคนเท่านั้นและพบว่าปัจจัยที่จำเป็น และการใช้พลังงานในกระบวนการนี้ต้องใช้ค่าเฉลี่ยเวลาทำงาน 1.25 ชั่วโมง / คน / ไร่ และการใช้พลังงาน 3.71 MJ / Rai ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3

5. กระบวนการขนส่ง สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะทำการเก็บข้อมูลการขนส่งจากพื้นที่เพาะปลูก หรือแปลงปลูกไปยังโรงสีข้าวโพดเท่านั้น ซึ่งขบวนการขนส่งผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะใช้รถอยู่ 2 ชนิด คือรถกระบะสี่ล้อ และ

รถบรรทุกขนาดหกล้อ กระบวนการนี้มีค่าเฉลี่ยในการทำงาน 0.7 ชั่วโมง / คน / ไร่ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล 1.74 ลิตร / ไร่ และการใช้พลังงาน 76.95 MJ / Rai ดังข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การใช้พลังงานในกระบวนการเก็บเกี่ยวและการขนส่งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

กระบวนการ	รูปแบบ	อัตราการทำงาน (h/m/rai)	น้ำมันเชื้อเพลิง L/rai	อัตราการใช้พลังงาน (MJ/rai)
การเก็บเกี่ยว	แรงงาน	1.25	–	2.64
การขนส่ง	รถยนต์ดีเซล	0.73	1.74	76.59

กระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เริ่มจากกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูก–สิ้นสุดกระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการเก็บเกี่ยวและขนส่ง ต้องใช้อัตราการทำงานเป็นเวลา 4.43 ชั่วโมง / คน / ไร่ ต้องการน้ำมันดีเซลตลอดกระบวนการรวม 5.5 ลิตร / ไร่ ต้องการใช้เมล็ด 2.96 กก. / ไร่ ปริมาณปุ๋ยต้องใช้เท่ากับ 55.70 กก. / ไร่ และสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช 1.32 ลิตร. / ไร่

การใช้พลังงานรวมตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบเฉลี่ยอยู่ที่ 2,148.68 MJ / Rai ซึ่งในแต่ละกระบวนการในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะใช้พลังงานแตกต่างกัน ดังนี้ การใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูกเฉลี่ยอยู่ที่ 435.07 MJ / ไร่ กระบวนการเพาะปลูกโดยใช้รถปลูกใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 174.41 MJ / Rai สำหรับใช้ใช้แรงงานในการปลูกใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 3.17 MJ / Rai กระบวนการดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย,ใช้สารเคมีใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 1,455.37 MJ / ไร่ สำหรับการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 3.71 MJ / Rai และกระบวนการขนส่งใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 76.95 MJ / ไร่

อัตราส่วนการใช้พลังงานสำหรับ กระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ แสดงในรูปที่ 1 พลังงานหลักคือพลังงานจากการใช้ปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 60.29% ของพลังงานทั้งหมดตามมาด้วย พลังงานจากเครื่องจักรกลการเกษตร 19.65 % และ 12.17%, 7.36%, และ 0.52% สำหรับพลังงานจากเชื้อเพลิงการใช้สารเคมี และแรงงานตามลำดับ

รูปที่ 1 แสดงอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ

จากอัตราการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ เราสามารถประหยัดและลดพลังงานได้ โดยลดปริมาณการใส่ปุ๋ย เนื่องจากปุ๋ยไนโตรเจนมีส่วนประกอบค่าเทียบเท่าพลังงานหรือค่าสัมประสิทธิ์ของพลังงานสูง จึงส่งผลให้กระบวนการดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย มีการใช้พลังงานในภาคการเกษตรกรสูงมาก ดังนั้นควรจะหลีกเลี่ยงการใช้ปุ๋ยเคมี และใช้ปุ๋ยคอกปุ๋ยอินทรีย์ทดแทน หรือใช้สารชีวภัณฑ์ สารสกัดสมุนไพรป้องกันแมลง

ศัตรูพืชจากธรรมชาติทดแทน ตัวอย่างเช่น เชื้อราไตรโคเดอร์ม่า เชื้อราบิวเวอร์เรีย น้ำหมักจากตะไคร้ และน้ำหมักสะเดา ฯลฯ ไม่เท่านั้นยังสามารถประหยัดพลังงาน สุขภาพดีขึ้น และยังสามารถป้องกัน และรักษาสภาพแวดล้อมให้ดีขึ้นอีกด้วย

สรุปผลการศึกษา

ปัจจัยการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบ ในฤดูฝน ช่วงเดือนพฤษภาคม – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ได้ผลผลิตเฉลี่ย 653.62 กก./ไร่ ตลอดกระบวนการปลูกใช้อัตราการทำงานเป็นเวลา 4.43 ชั่วโมง / คน / ไร่ ต้องการน้ำมันดีเซล 5.5 ลิตร / ไร่ ใช้เมล็ด 2.96 กก. / ไร่ ปริมาณปุ๋ยเท่ากับ 55.70 กก. / ไร่ และสารเคมีในการกำจัดศัตรูพืช 1.32 ลิตร. / ไร่ การใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นจะใช้พลังงานแตกต่างกันดังนี้ การใช้พลังงานในกระบวนการเตรียมพื้นที่ปลูกเฉลี่ยอยู่ที่ 435.07 MJ / ไร่ กระบวนการเพาะปลูกโดยใช้รถปลูกใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 174.41 MJ / Rai สำหรับใช้ใช้แรงงานในการปลูกใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 3.17 MJ / Rai กระบวนการดูแลรักษา การใส่ปุ๋ย,ใช้สารเคมี ใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 1,455.37 MJ / ไร่ สำหรับการเก็บเกี่ยวใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 3.71 MJ / Rai และกระบวนการขนส่งใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ 78.95 MJ / ไร่ การใช้พลังงานรวมตลอดกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ราบเฉลี่ยอยู่ที่ 2,148.68 MJ /Rai

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กลุ่มยุทธศาสตร์และสารสนเทศ. (2557). "พื้นที่ปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ จังหวัดเชียงใหม่". สำนักงานการเกษตร จังหวัดเชียงใหม่.

พิชยพิมพ์ คำเพียร. (2557). "การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตำบลศิลา อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์". มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.

สารานุกรมเสรี (2559). คุณค่าทางโภชนาการของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. สืบค้นเมื่อ 10 มิถุนายน 2560 จาก https://th.wikipedia.org/wiki/

ฐิติพล นันทชารักษ์ (2545). การประเมินผลโครงการการส่งเสริมการตลาดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์รัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิตมหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร.(2558).สถิติการเกษตรของประเทศไทยประจำปี 2558-2559 สืบค้นเมื่อ 18 มิถุนายน 2560 จาก https://www.oae.go.th

ธเนศ ไชยชนะ, 2547. การวิเคราะห์การใช้พลังงานในการปลูกข้าวในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Dipankar De., Singh, R.S. and Hukun Chandra., (2001) "Technological Impact on energyconsumption in rain fed soybean cultivation in Madhya Pradesh", Applied Energy., V70, 193-213.

สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2538) "ข้อมูลค่าความร้อนของน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และไฟฟ้า". มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Mandal M.G., Suda, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M. and Bandyopadhyay, K.K. (2002). "Bioenergyand economic analysis of soybean-based crop production system in central India", Biomass and Bioenergy., V 23: 337-345.

Piera Venturi and Gianpietro Venturi. (2003). "Analysis of energy comparison for crops in European agricultural systems". Biomass & Bioenergy., Faculty of agricultural,University of Bologna. Italy.

Ibrahin Gezer., (2003) "Use of energy and labor in Apricot Agriculture in Turkey", Biomass & Bioenergy., V 24: 251-21

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายศุภชัย เพชรธาราวดี
เกิดเมื่อ	09/12/2535
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2558 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชา เกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อ.ร้องกวาง จ.แพร่ พ.ศ.2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนปงพัฒนาวิทยาคม อ.ปง จ.พะเยา พ.ศ.2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นโรงเรียนบ้านสันติสุข อ.ปง จ.พะเยา พ.ศ.2548 ระดับประถมศึกษาโรงเรียนบ้านสันติสุข อ.ปง จ.พะเยา
ประวัติการทำงาน	2558-2561 ทำงานตำแหน่ง นักวิชาการคลินิกเทคโนโลยีเครือข่าย มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ อำเภอร้องกวาง จังหวัดแพร่