รหัสโครงการ[SUT7-703-50-12-58]

รายงานการวิจัย

โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(Feasibility Study on Short Rotation Coppices for Energy Production in Northeast of Thailand)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ[SUT7-703-50-12-58]

รายงานการวิจัย

โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็น พลังงานชีวมวล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

(Feasibility Study on Short Rotation Coppices for Energy Production in Northeast of Thailand)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วีรชัย อาจหาญ

สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

พรรษา	ลิบลับ	สาวิตรี	คำหอม	ทิพย์สุภินทร์	หินชุย
นัยวัฒน์	สุขทั่ง	ณัฐพงษ์	ประภาการ	วิเชียร	ดวงสีเสน
สุภัทร	หนูแย้ม	กิตติยาภรณ์	รองเมือง	ธนธัช	มุขขันธ์
กฤษกร	รับสมบัติ	ปภัส	ชนะโรค	กงจักร	ลมวิชัย
ศรัลย์	ปานศรีพงษ์	นิวัตน์	คงกะพี้	ธราวุธ	บุญน้อม
ปัญญา	หันตุลา	เฉลิมขวัญ	อริยะวงศ์	ไพรฑูล	เทพมี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

เมษายน 2556

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2550 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณ คณะกรรมการผู้ตรวจสอบทางวิชาการ ที่ได้คำแนะนำข้อเสนอแนะต่อคณะผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ

หัวหน้าโครงการวิจัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice; SRC) เพื่อใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลการศึกษาเบื้องต้นพบว่าไม้โตเร็วที่มีความน่าสนใจในการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง สามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) ไม้โตเร็วประเภทขึ้นเองตามธรรมชาติ สามารถพบได้ใน ป่าเต็งรัง และป่าหญ้า คือ หญ้าคา สาบเสือ ผกากรอง เพ็ก และหญ้าพง และ2) ไม้โตเร็วประเภท ปลูก โดยทั่วไป จะปลูกสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ คือ หญ้าเนเปียร์ยักษ์

การศึกษาคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โตเร็วพบว่า หญ้าคา สาบเสือ ผกากรอง เพ็กและหญ้าเนเปียร์ มีค่าความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 83.35 77.91 83.64 82.49 และ57.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณสารระเหย เท่ากับ 85.28 77.91 83.64 82.49 และ 86.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเถ้า เท่ากับ 4.55 3.41 3.10 3.66 และ1.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 11.17 18.68 13.26 13.85 และ12.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความร้อนสูง 18,892 19,440 19,004 21,059 และ 18,757 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอน 45.40 44.50 44.7 45.6 และ 52.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไฮโดรเจน 4.68 4.48 4.32 4.61 และ4.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจน 0.74 1.05 1.09 0.78 และ1.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณซัลเฟอร์ เท่ากับ 0.11 0.14 0.10 0.09 และ 0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจน เท่ากับ 49.07 49.83 49.79 48.92 และ41.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดลองปลูกไม้โตเร็ว (SRC) เพื่อใช้เป็นพลังงานนั้นปลูกได้เพียงชนิดเดียว คือ หญ้าเนเปียร์ ส่วนไม้โตเร็ว (SRC) อื่นๆ ไม่สามารถเตรียมกล้าพันธุ์ได้ ผลการศึกษาพบว่า หญ้าเนเปียร์ที่อายุ 4 เดือน และ 8 เดือน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 1.52 และ1.78 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูง เฉลี่ย 261 และ 371 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนหน่อกอเฉลี่ย เท่ากับ 8 และ 13 ตามลำดับ ความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 81 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหน่าแน่นสด เท่ากับ 50 และ166 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ร้อยละของการรอดตาย เท่ากับ 62 และ 62 ตามลำดับ และ ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 1,462และ 7,220 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ต้นทุนการการผลิตไม้โตเร็ว หญ้า เนเปียร์ เท่ากับ 3,000 บาท (ไม่รวมค่าแปรรูป)

การเตรียมหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้าเริ่มต้นที่การเก็บเกี่ยวลำต้นและใบที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะถูกลำเลียงกจากแปลงแล้วส่งขายยังโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรงหรือส่งเข้าโรงงานแปรรูปส่วนตอหญ้าเนเปียร์ที่เหลือในแปลง จะเป็นงอกเป็นตอพันธุ์ต่อไปในแปลงซึ่งมีอายุการเป็นตอพันธุ์มากกว่า 5 ปี หากมีการดูแลรักษาดี ส่วนต้นก็สามารถนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ได้เช่นกัน แต่อายุของต้นที่จะนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ที่ดีควรมีอายุ 3-8 เดือน ในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลองแปรรูปหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้กระบวนการ 1) การสับ/ย่อย ลดขนาด ด้วยเครื่อง Chipper 2) การลดความชื้น/อบแห้ง ด้วยวิธี การตากแดด และ 3) การอัดเม็ด ด้วยเครื่อง pellet mill เชื้อเพลิงที่ได้มีลักษณะเป็นแท่งคล้ายตะเกียบ เส้นผ่านศูนย์กลาง 8 มิลลิเมตร ยาว 40-45 มิลลิเมตร โดยมีความหนาแน่นและความชื้นประมาณ 613 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และ 15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Abstract

This research studied the feasibility of planting short rotation coppice (SRC) for use as biomass fuel in the Northeastern region of Thailand. The primary study showed that SRC is attractive in using as bioenergy, and can be classified into two groups: 1) naturally originated SRC found in deciduous dipterocarp and savannas forests, i.e., *Imperata cylindrica Beauv.*, *Eupatorium odoratum Linn*., *Lantana camara L*., *Arundinaria pusilla* and *Neyraudia reynaudiana*; and 2) planted SCR, generally used for animal feed such as Napier grass (*Pannisetum purpureum* cv. Kingglass).

The study found that *Imperata cylindrica Beauv.*, *Eupatorium odoratum Linn*., *Lantana camara L*., *Arundinaria pusilla* and Napier grass had an initial moisture content of 83.35%, 77.91%, 83.64%, 82.49% and 57.9%, respectively; volatile content of 85.28%, 77.91%, 83.64%, 82.49% and 86.56%, respectively; ash content of 4.55%, 3.41%, 3.10%, 3.66% and 1.39%, respectively; high heating value of 18,892, 19,440, 19,004, 21,059 and 18,757 kJ/kg, respectively; carbon element (C) of 45.40%, 44.50%, 44.70%, 45.60% and 52.44%, respectively; hydrogen element (H) of 0.74%, 1.05%, 1.09%, 0.78% and 1.10%, respectively; sulfur element (S) of 0.11%, 0.14%, 0.10%, 0.09% and 0.27%, respectively; and oxygen element (O) of 49.07%, 49.83%, 49.79%, 48.92% and 41.49%, respectively.

The experiment on planting SRC was carried out only with Napier grass because the other naturally originated SRC species were not able to breed and used for the experiment. The study showed that the 4- and 8-month Napier grass had an average height of 261 and 371 cm, respectively; an average cluster of 8 and 13 shoots, respectively; an average moisture content of 81% and 60%, respectively; an average fresh bulk density 50 and 166 kg/m^3, respectively; an average survival rate percentage of 62% for both; and an average yield of 1,462 and 7,220 kg/rai, respectively. The plantation cost of Napier grass was 3,000 Baht (excluding processing cost).

The preparation of Napier grass for use as raw material in manufacturing/power plant begins with harvesting Napier grass. The stems and leaves of Napier grass can be either sold directly manufacturing plant or transferred to feedstock processing plant. The stool that remains after harvest will re-sprout and remains productive for up to 5 years under appropriate care. The cutting stem can be used to propagate a whole new plant as well but the seedling stem should come from a mother plant with an age

between 3 and 8 months. In this study, an experiment on feedstrock preparation of Napier grass was carried out through the following processes: 1) chipping/size reduction with a chipper; 2) reducing moisture with sun drying; and 3) pelletizing with a pellet mill. The final shape of biomass fuel obtained was cylindrical with 8 mm in diameter and 40-45 mm in length. Its bulk density and moisture content were 613 kg/m^3 and 15%, respectively.

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูปภาพ ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 ปริทัศวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.1 บทนำ 5
2.2 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5
2.3 เชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทย 9
2.4 สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล 9
2.5 ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับชีวมวล 11
2.6 ผลงานวิจัยโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว
(Short rotation forest; SRF) เพื่อเป็นพลังงานชีวมวล 13
2.6.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกไม้โตเร็ว (SRF)
เพื่อผลิตเป็นพลังงาน 16
2.6.2 การเปรียบเทียบต้นทุนผลตอบแทนไม้พลังงาน 3 ชนิดกับพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ ... 17
2.6.3 การประเมินศักยภาพการผลิตไม้โตเร็ว (SRF) ในภาพกว้างของประเทศ 20
2.6.4 รวบรวมเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า
(Biomass Feedstock Production) เพื่อนำมาประเมินรูปแบบจัดการและ
การแปรรูปเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว (SRF) พร้อมส่ง เพื่อลดต้นทุนการขนส่ง
เชื้อเพลิงไม้โตเร็วเข้าสู่โรงงาน 21
2.6.5 การจัดการห่วงโซ่อุปทานของไม้โตเร็ว (SFR) สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล 23
2.6.6 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว (SRF) 26
2.6.7 การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว (SRF) 32

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ 44

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (SRC) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล 45

3.3 การทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว 46

3.3.1 ชนิดของไม้โตเร็ว SRC 5 ชนิด 47

3.3.2 การวางแผนการปลูก 48

3.3.3 การไถปรับพื้นที่การไถปรับพื้นที่ 48

บทที่ 4 ผลการศึกษา

4.1 บทนำ 51

4.2 ไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice; SRC) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 51

4.3 การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice) ในปัจจุบัน 58

4.4 ผลการศึกษาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว (SRC) 59

4.5 ผลการทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว SRC 60

4.6 ผลการศึกษาการประเมินผลผลิตมวลชีวภาพไม้โตเร็ว (SRC) 64

4.7 ผลการเปรียบเทียบมวลชีวภาพไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice) กับ ไม้โตเร็ว (Short rotation forest) 64

4.8 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน /โรงไฟฟ้า 66

4.9 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตไม้โตเร็ว (SRC) 69

บทที่ 5 สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป 71

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 72

เอกสารอ้างอิง

ประวัติผู้วิจัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ต้นทุนผันแปรในการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวล 18
ตารางที่ 2.2 กำไรสุทธิของพืชเศรษฐกิจและไม้พลังงาน (บาทต่อไร่ต่อปี) 19
ตารางที่ 2.3 ผลผลิตเฉลี่ย คิดเป็นน้ำหนักสด ต่อไร่ ต่อปี ของไม้ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส กระถินเทพา และกระถินยักษ์ โดยจำแนกตามปริมาณน้ำฝน และระยะปลูก 20
ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพของไม้โตเร็ว (SRF) เทียบกับชีวมวลชนิดอื่น 21
ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate analysis) ของไม้โตเร็ว เทียบกับชีวมวลชนิดอื่น 22
ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบแบบละเอียด (Ultimate analysis) ของไม้โตเร็ว เทียบกับชีวมวลชนิดอื่น 22
ตารางที่ 2.7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้อัตราการสนับสนุน (Adder = 0.50 บาท) คงที่ และสามารถขายถ่าน และ CERs ได้ 36
ตารางที่ 2.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้อัตราการสนับสนุน (Adder = 0.50 บาท) คงที่ และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM 37
ตารางที่ 2.9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้อัตราการสนับสนุน (Adder = 0.50 บาท) คงที่ และไม่สามารถขายถ่าน และ CERs ได้ 37
ตารางที่ 2.10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน และ CERs ได้ 39
ตารางที่ 2.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM 40
ตารางที่ 2.12 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี (เพิ่ม Adder) และไม่สามารถขายถ่าน และ CERs ได้ 40
ตารางที่ 2.13 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงินคงที (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน และ CERs ได้ 41
ตารางที่ 2.14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงินคงที (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM 42
ตารางที่ 2.15 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงินคงที (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM 42
ตารางที่ 2.16 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 43
ตารางที่ 3.1 พื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว SRC 48
ตารางที่ 4.1 แสดงชื่อไม้โตเร็ว (SRC) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 51

สารบัญตาราง(ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว (SRC) ในปัจจุบัน 58
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงคุณสมบัติแบบประมาณของไม้โตเร็ว (SRC)..... 59
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงคุณสมบัติแบบละเอียดของไม้โตเร็ว (SRC) 60
ตารางที่ 4.5 ผลผลิตมวลชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ 64
ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบมวลชีวภาพไม้โตเร็ว (SRC) กับ ไม้โตเร็ว (SRF)..... 65
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคาระห์ธาตุอาหารของดิน 65
ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้โตเร็ว (SRC) 68
ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพของเครื่องจักร 68
ตารางที่ 4.10 แสดงต้นทุนการผลิตไม้โตเร็ว (SRC)..... 70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แผนที่ประเทศไทย 5
รูปที่ 2.2 ปริมาณฝนเฉลี่ยสะสมรายภาคของประเทศไทย ปี 2550 และ 2551 8
รูปที่ 2.3 แผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 27
รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ 30
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อพลังงานชีวมวล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 44
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนศึกษาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า (Biomass Feedstock Production) 46
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาการปลูกไม้โตเร็ว SRC 47
รูปที่ 3.4 แสดงการแบ่งพื้นที่แปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว SRC 48
รูปที่ 3.5 รถแทรกเตอร์ 49
รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ชนิดผาล 4 49
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ชนิดผาล 7 49
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ชนิดยกร่อง 50
รูปที่ 3.9 ดินที่ผ่านการเตรียมจากไถผาล 3 และผาล 7 50
รูปที่ 3.10 ดินที่ผ่านการยกร่อง 50
รูปที่ 4.1 เพ็ก 52
รูปที่ 4.2 หญ้าคา 53
รูปที่ 4.3 หญ้าพง 54
รูปที่ 4.4 สาบเสือ 55
รูปที่ 4.5 ผกากรอง 56
รูปที่ 4.6 หญ้าเนเปียร์ยักษ์ 57
รูปที่ 4.7 การเตรียมกล้า เพ็ก ผกากรอง สาบเสือ และหญ้าพง 61
รูปที่ 4.8 แสดงพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว (SRC) 62
รูปที่ 4.9 การปลูกหญ้าเนเปียร์ยักษ์ 62
รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำฝน 63
รูปที่ 4.11 การเก็บเกี่ยว 63
รูปที่ 4.12 แสดงภาพรวมการบริหารจัดการไม้โตเร็ว (SRC) 66

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.13 การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน 67
รูปที่ 4.14 การสับย่อย/ลดขนาด ไม้โตเร็ว (SRC); สับหยาบ..... 67
รูปที่ 4.15 ลักษณะไม้โตเร็ว (SRC) สับ 68
รูปที่ 4.16 ไม้โตเร็ว (SRC) อัดเม็ด 69

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

จากแผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (พ.ศ. 2551 –2565) ที่มีวัตถุประสงค์ของแผนเพื่อให้ประเทศไทยใช้พลังงานทดแทนเป็นพลังงานหลักของประเทศ แทนการนำเข้าน้ำมันเพื่อเพิ่มความมั่นคงในการจัดหาพลังงานให้ประเทศ โดยวางเป้าหมายในการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลให้ได้ 2,800 เมกะวัตต์ ภายในปี 2554 และ 3,700 เมกะวัตต์ ภายในปี 2565 และสนับสนุนให้มีการใช้เชื้อเพลิงชีวมวลมาผลิตเป็นความร้อนทดแทนเชื้อเพลิงจากฟอสซิล เทียบเท่าน้ำมันดิบ 6,900 ktoe ภายในปี 2565

เชื้อเพลิงชีวมวลที่ผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าชีวมวลให้ความสำคัญเป็นลำดับแรกคือแกลบ เพราะสามารถรวบรวมได้ง่าย แต่ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นก็คือราคาแกลบได้พุ่งสูงขึ้นอย่างมาก จากตันละ 250 บาท เป็น 600-800 บาท ทำให้ผู้ประกอบการโรงไฟฟ้าชีวมวลปัจจุบัน และผู้ประกอบการที่จะพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าชีวมวลใหม่ๆ ต้องคิดถึงทางเลือกอื่นๆ ที่จะทำให้โครงการคุ้มทุน และยั่งยืน ซึ่งการปลูกไม้โตเร็วไว้ใช้เป็นเชื้อเพลิง น่าจะเป็นทางเลือกที่ได้รับความสนใจ

ในประเทศไทยเรามีการปลูกสวนป่าไม้โตเร็วกันเป็นจำนวนมาก เช่น ยูคาลิปตัส กระถินณรงค์ กระถินเทพา แต่เป็นการใช้เพื่ออุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น กระดาษ เฟอร์นิเจอร์ ไม้สำเร็จรูป เป็นต้น ทั้งนี้เศษที่เหลือจากอุตสาหกรรมเหล่านั้นคือ กิ่งไม้ ปลายไม้ขนาดเล็ก ขี้เลื่อย ประมาณ 10% จะถูกนำไปใช้เป็นพลังงาน ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของโรงไฟฟ้าชีวมวลที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้ มติที่ประชุมคณะกรรมบริหารกองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน ในการประชุมครั้งที่ 2/2548 (ครั้งที่ 2) เมื่อวันที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2548 เห็นชอบจัดสรรเงินกองทุนฯ ให้ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ทำการวิจัยศึกษา “โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล” โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาแนวทางการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงประเภทไม้สำหรับทำความร้อนและการผลิตไฟฟ้า โดยส่งเสริมให้เกิดการขยายพื้นที่ส่วนป่าไม้โตเร็วเพื่อการพลังงาน พัฒนาระบบธุรกิจที่เหมาะสม โดยเน้นการมีส่วนร่วมของโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการผลิตความร้อน ผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็ก เจ้าของพื้นที่หรือเกษตรกร รวมถึง ภาครัฐที่เกี่ยวข้อง และไม่มีผลกระทบต่อพืชเศรษฐกิจอื่น

ซึ่งผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงความมีศักยภาพการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นพลังงานชีวมวลของประเทศไทย นอกจากนี้ยังจัดให้มีโครงการส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้น ทั้งนี้ไม้โตเร็วที่โครงการส่งเสริมให้ปลูก คือ ไม้กระถินยักษ์ โดยได้รับความร่วมมือและการมีส่วนร่วมของผู้ผลิตไฟฟ้ารายเล็กในการทำสัญญารับซื้อ การสนับสนุนหน่วยงานภาครัฐ คือ จากกองทุนอนุรักษ์

พลังงาน สนุบสนุนให้เกษตรกร ไร่ละ 500 บาท โดยมีเกษตรกรเข้าร่วมโครงการไม่ต่ำกว่า 1,000 ไร่ ในเขตจังหวัด สุพรรณบุรี กาญจนบุรี เป็นต้น

แม้ว่า ผลผลิตไม้โตเร็วของเกษตรกรร่วมโครงการ ในรอบปีที่ผ่านมาจะค่อนข้างต่ำ เทียบกับผลผลิตที่ได้จากการประเมิน คือ 7 ตันต่อปี อีกทั้งการเจิญเติบโตของต้นกระถินยักษ์จะค่อนข้างช้า แต่เกษตรกรที่เข้าร่วมโครงการ ก็ยังพอใจ อันเนื่องมาจากที่ดินเดิมของเกษตรกรนั้น เป็นที่ดินเสื่อมสภาพไม่สามารถปลูกเศรษฐกิจใดๆได้ แต่ยังสามารถปลูกไม้โตเร็วเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวลได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า“ธุรกิจพลังงานชีวมวล” และเป็นธุรกิจใหม่ที่นอกจากจะแก้ปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงชีวมวลได้แล้ว ยังสามารถเป็นการเพิ่มโอกาสให้แก่เกษตรกรสามารถนำมาใช้ในการปรับโครงสร้างการเกษตร และก่อให้เกิดพืชเศรษฐกิจตัวใหม่นั่นคือ “พืชพลังงาน”

ต่อมาในปี พ.ศ. 2549 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ได้รับจัดสรรงบประมาณจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (ภารกิจโครงการและประสานงานวิจัยโครงการบูรณาการด้านพลังงานหมุนเวียน) ให้ดำเนินการศึกษาวิจัย “โครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชน” โครงการนี้ เป็นการศึกษาระบบการจัดการบริหารโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กแบบครบวงจร ซึ่งรวมไปถึงระบบการจัดการวัตถุดิบ ทั้งนี้ทางโครงการฯ ได้ทำการทดลองปลูกไม้โตเร็ว 3 ชนิด คือ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส และกระถินเทพา จำนวน 144 ไร่ บริเวณมหาวิทยาลัย เพื่อใช้เป็นแปลงทดสอบและเป็นแหล่งเชื้อเพลิงหมุนเวียนให้กับโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 100 kW ของมหาวิทยาลัยอีกด้วย

จากประสบการณ์การศึกษาเชื้อเพลิงชีวมวลที่ผ่านมา รวมถึงการวิจัยทั้งทางด้านนโยบายและแผนพลังงาน ด้านวิศวกรรมพลังงานชีวมวล และระบบการจัดการเชื้อเพลิงชีวมวลทำให้เข้าใจถึงความมีศักยภาพด้านเชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทย ตลอดจนศักยภาพในการส่งเสริมพืชพลังงานให้เป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่

อย่างไรก็ดี การพัฒนาระบบการผลิตพืชพลังงานดังกล่าวเป็นการปรับโครงสร้างทางการเกษตร ซึ่งมีหัวข้อที่จำเป็นต้องศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาในลักษณะต่อยอดและคู่ขนานกับโครงการวิจัยที่ได้ดำเนินการไปแล้ว กล่าวคือการต่อยอดภาพรวมสถานะภาพการปลูกไม้โตเร็ว ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยตลอดจนศักยภาพการปลูกไม้โตเร็วในประเทศไทยในแต่ละภาคของประเทศ สำหรับใช้ขยายพื้นส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็ว ซึ่งในครั้งนี้จะเน้นในรายละเอียดเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สำหรับการศึกษาในลักษณะคู่ขนานนั้น จะใช้นำวิธีการศึกษาที่ได้พัฒนาขึ้น มาทำการศึกษาศักยภาพการปลูกพืชพลังงานชนิดอื่นคู่ขนานกันไป ซึ่งพืชพลังงานที่สนใจในการศึกษาครั้งนี้ คือ ไม้โตเร็วประเภท Short Rotation Coppice (SRC) ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้พุ่มเมื่อทำการตัดแล้วสามารถแตกหน่อออกเป็นกิ่งเล็กๆ และเก็บเกี่ยวต่อไปอีกได้ เช่น ต้นอ้อ หญ้าพง หญ้าช้าง หญ้าเพ็ก ซึ่งไม้ลักษณะนี้พบเห็นได้ทั่วไปบริเวณป่าเสื่อมโทรม ซึ่งบางชนิดจัดเป็นวัชพืชที่ต้องกำจัดอีกด้วยในต่างประเทศเริ่มมีการส่งเสริมให้มีการปลูก SRC เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุโรป

และอเมริกา (อังกฤษ และ แคนาดา) ทั้งนี้การศึกษาที่ผ่านมา จะสนใจกลุ่มไม้โตเร็ว ประเภท Short rotation forest (SRF) ซึ่งมีลักษณะเป็น ไม้ยืนต้น เช่นกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส ซึ่งมีความแตกต่างกับ Short Rotation Coppice (SRC)

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1) เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว(SRC)เพื่อใช้สำหรับเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล
2) เพื่อศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว (SRC) แต่ละชนิด โดยการสำรวจ เก็บตัวอย่าง วิเคราะห์ ในบริเวณที่มีการปลูก SRC หรือ ขึ้นเองตามธรรมชาติ
3) เพื่อศึกษา สมบัติทางเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว (SRC) แต่ละชนิด
4) เพื่อศึกษาและพัฒนาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิต SRC ป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า (Biomass Feedstock Production)
5) เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบการปลูกไม้โตเร็ว (SRC) แต่ละชนิด
6) เพื่อเป็นข้อมูลการส่งเสริม การปรับโครงสร้างทางการเกษตร โดยการปลูกพืชพลังงาน คือ ไม้โตเร็ว เพื่อป้อนเข้าโรงไฟฟ้า อันเป็นการส่งเสริมพืชเศรษฐกิจทางเลือกตัวใหม่ สร้างความเข้มแข็งด้านเศรษฐกิจ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ด้านเศรษฐกิจ

ในเศรษฐกิจภาครวมของประเทศ แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ด้านพลังงานจากไม้เป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรหันมาทำสวนป่าไม้โตเร็วกันเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถก่อให้เกิดรายได้ที่ถาวรมีความเสี่ยงน้อย เนื่องจากไม้โตเร็วส่วนใหญ่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงดินฟ้าอากาศ หากฝนไม่ตกนาน ๆ ก็สามารถอยู่รอดได้ ในด้านราคามีความมั่นคงกว่าพืชเกษตร ซึ่ง ณ ปัจจุบันมีการประกันราคาไม้โตเร็วเพื่อใช้เป็นพลังงานไว้ที่ 600 บาท/ตัน (ข้อมูลจาก โรงไฟฟ้าด่านช้าง-ไบโอเอ็นเนอร์ยี่, 2553)

2) ด้านสังคม

รายได้ที่เพิ่มขึ้นในภาคเกษตรกรรมนั้น จะทำให้เกิดความกินดีอยู่ดี มีการย้ายแรงงานกลับคืนถิ่น สอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาลที่มุ่งเน้นให้แต่ละชุมชนใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เป็นเครื่องมือการสร้างความเข้มแข็งทางเศรษฐกิจและสังคมให้กับชุมชนของตนเองได้

3) ด้านทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม

จากที่กล่าวมาข้างต้น การปลูกไม้โตเร็วเพื่อการพลังงานนั้นเป็นตัวอย่างการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างคุ้มค่า ซึ่งสอดคล้องกันกับการเปลี่ยนแปลงสถานการณ์ของสิ่งแวดล้อมโลก ลดการปลดปล่อยมลภาวะสู่บรรยากาศโลก ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และการปลูกไม้โตเร็ว

ดังกล่าว สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งจะนำไปสู่การพัฒนาโครงการ CDM - Project ในอนาคตได้อีกด้วย

นอกจากนี้พบว่าป่าไม้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศของประเทศ และเพื่อให้ระบบนิเวศมีความมั่นคงจะต้องมีพื้นที่ป่าไม้ไม่น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ในปัจจุบันพบว่าป่าไม้ของไทยเหลือเพียง 25 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น ซึ่งกรมป่าไม้ได้จำแนกเป็นเขตป่าอนุรักษ์ทั้งหมดแล้ว จึงจำเป็นต้องปลูกเพิ่มเป็นป่าเศรษฐกิจอีก 15 เปอร์เซ็นต์ หรือประมาณ 48 ล้านไร่ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้ คือป่าเสื่อมโทรมและยังคงมีสถานภาพเป็นป่าตามกฎหมายป่าไม้แต่ในความเป็นจริงได้ถูกราษฎรบุกรุกเข้าอยู่อาศัยแล้วเกือบทั้งสิ้น การขับไล่ราษฎรเหล่านั้นออกไปหรือบังคับให้ปลูกป่าไม่สามารถกระทำได้ ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด คือ การสร้างแรงจูงใจด้วยมาตรการต่าง ๆ ที่มีความเหมาะสม สอดคล้องกับสถานการณ์ นอกจากนั้นประเทศไทยมีที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมทำให้ปลูกต้นไม้ได้โตเร็วได้โตกว่าประเทศในเขตอบอุ่น หรือเขตหนาว 5 ถึง 7 เท่า

4) ด้านการขยายผล

สามารถขยายผลการศึกษาความเป็นไปได้และผลสำเร็จจากการทดลองปลูกไม้โตเร็ว เพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้า รวมทั้งสามารถสร้างความมั่นใจให้แก่ผู้ลงทุนและเกษตรกรที่เกี่ยวข้องกับเชื้อเพลิงไม้โตเร็วในพื้นที่ตัวอย่างออกไปสู่ภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2

ปริทัศวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงปริทัศวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวลในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งอธิบายถึงลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทย สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลที่จำเป็นในการพิจารณานำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า สมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบแบบประมาณ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ ค่าความร้อน และข้อเท็จจริงเกี่ยวกับชีวมวล รวมถึงผลงานวิจัยโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (Short rotation forest; SRF) เพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ซึ่งเป็นงานวิจัยก่อนหน้าโครงการวิจัยนี้ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 ลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี 20 จังหวัดได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ จังหวัดขอนแก่น จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดนครพนม จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดบึงกาฬ จังหวัดมหาสารคาม จังหวัดมุกดาหาร จังหวัดยโสธร จังหวัดร้อยเอ็ด จังหวัดเลยจังหวัดสกลนคร จังหวัดสุรินทร์ จังหวัดศรีสะเกษ จังหวัดหนองคาย จังหวัดหนองบัวลำภู จังหวัดอุดรธานี จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดอำนาจเจริญ ดังแสดงใน**รูปที่ 2.1**

รูปที่ 2.1 แผนที่ประเทศไทย
(ที่มา: สุจินต์ สวนไผ่, 2553.)

1) ลักษณะภูมิประเทศ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะแยกตัวออกจากภาคเหนือและภาคกลางอย่างเด่นชัด ทั้งนี้เพราะการยกตัวของแผ่นดินสองด้าน คือ ด้านตะวันตก และด้านใต้ ทำให้ภูมิประเทศตะแคงลาดเอียงไปทางตะวันออก การยกตัวของแผ่นดินด้านตะวันตกทำให้เกิดขอบสูงชันตามแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ต่อไปยังแนวเทือกเขาดงพญาเย็น โดยที่ด้านขอบชันหันไปทางตะวันตกต่อบริเวณที่ราบภาคกลาง ภูมิประเทศทางด้านใต้ตามแนวเทือกเขาสันกำแพง และเทือกเขาดงรักแผ่นดินยกตัวสูงขึ้นเช่นเดียวกับทางด้านตะวันตก โดยที่หันด้านขอบชันไปทางประเทศกัมพูชาคล้ายๆ กับพื้นที่ตะแคงหรือเอียงไปทางเหนือ บริเวณทางตอนกลางของภาค มีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายกระทะทางลุ่มแม่น้ำชีและแม่น้ำมูล ทั้งนี้เพราะแนวเทือกเขาภูพานทอดยาวค่อนไปทางด้านตะวันออกเฉียงเหนือของภาคในแนวทิศตะวันออกเฉียงใต้ ตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนทางตอนบนเป็นแอ่งหนองหาร และที่ราบลาดเอียงไปทางแม่น้ำโขง ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยาโดยทั่ว ๆ ไปของภาคนี้ส่วนใหญ่ประกอบด้วยหินชั้น ซึ่งมีหินทรายและชั้นเกลือแทรกอยู่ในบางบริเวณบางแห่งความหนาของชั้นเกลือนับเป็นร้อยเมตร หินดานที่เป็นหินทรายเหล่านี้เมื่อสึกกร่อนสลายตัวไปเป็นดินทราย ขาดความอุดมสมบูรณ์และไม่เก็บน้ำ ทำให้เกิดปัญหาความแห้งแล้งซึ่งปรากฏอยู่ทั่ว ๆ ไปในภูมิภาคนี้ ทั้ง ๆ ที่บางบริเวณมีปริมาณฝนมากกว่าภาคกลางของประเทศ

ภูมิประเทศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แบ่งเขตย่อยตามลักษณะและโครงสร้างได้ 4 บริเวณด้วยกัน คือ

บริเวณภูเขาและที่สูงด้านตะวันตก ครอบคลุมพื้นที่ตามแนวเทือกเขาเพชรบูรณ์ในเขต จ.เลย จ.ขอนแก่น ทอดยาวมาเชื่อมต่อกับเทือกเขาดงพญาเย็นในเขต จ.ชัยภูมิ และ จ.นครราชสีมา ลักษณะภูมิประเทศบริเวณนี้ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยภูเขาหินทราย ชุดพระวิหารภูพานและชุดภูกระดึง การกัดเซาะสึกกร่อนบางแห่งยังคงลักษณะภูมิประเทศ เป็นภูเขาที่มีด้านราบและมีขอบชัน เช่น ภูกระดึง เขาใหญ่ เป็นต้น เทือกภูเขาสูงเป็นแหล่งเกิดของแม่น้ำลำธารสายสำคัญ ๆ ที่ไหลไปทางตะวันออกตามแนวลาดเอียงของภูมิประเทศ ได้แก่ แม่น้ำชี แม่น้ำพอง แม่น้ำพรม แม่น้ำเชิญ และลำธารสายสั้น ๆ อีกมากมายบางบริเวณภูมิประเทศเป็นที่สูงสลับลูกเนินเตี้ย ๆ มีที่ราบแคบ ๆ ในเขต จ.ชัยภูมิ เขตนี้บางแห่งยังมีป่าดงดิบที่สมบูรณ์แห่งหนึ่งของประเทศ ปัจจุบันป่าดังกล่าวถูกถาง เพื่อทำไร่

บริเวณเทือกเขาสันกำแพงและเทือกเขาดงรัก ภูมิประเทศทางด้านใต้ของภาคนี้ ด้านที่ติดกับประเทศกัมพูชา พื้นที่ถูกยกตัวสูงขึ้นขนานไปตามแนวละติจูดบริเวณประเทศไทย เป็นที่สูงลาดเอียงไปทางเหนือ ส่วนในประเทศกัมพูชาเป็นที่ราบต่ำ จึงมักจะเรียกกันว่าเขมรสูงและเขมรต่ำ แนวเทือกเขาสูงดังกล่าวเป็นแหล่งของต้นน้ำลำธารหลายสาย เช่น ลำตะคอง ลำพระเพลิง แม่น้ำมูล ลำปลายมาศ ห้วยขะยูง ลำโคมใหญ่และลำโคมน้อย สาขาเหล่านี้ไหลลงสู่แม่น้ำมูลและแม่น้ำโขงในที่สุด ภูมิประเทศที่เป็นที่ราบเชิงเขามีการกัดเซาะสึกกร่อนบางแห่งเป็นภูมิประเทศมีทั้งที่สูงที่ต่ำสลับกันไป เช่น เดียวกับที่ราบลูกฟูก นอกจากหินชั้นแล้ว บางแห่งยังมีหินอัคนี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินบะซอลท์ ยุคเทอร์เชียรี

แทรกดันตัวขึ้นมาเป็นหย่อม ๆ ในเขต จ.บุรีรัมย์ สุรินทร์ และศรีษะเกษ บางบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำชี และแม่น้ำมูลจัดเป็นที่ราบลุ่มแม่น้ำที่มีอาณาบริเวณกว้างขวางที่สุดในภูมิภาคนี้ บางแห่งภูมิประเทศเป็นที่ราบลูกฟูกสลับลูกเนิน ซึ่งกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ที่ราบลุ่มแม่น้ำทั้งสองนี้ เนื่องจากเป็นที่ลุ่มต่ำประกอบกับบางบริเวณแม่น้ำไหลคดเคี้ยวโค้งตะวัด และบางแห่งแม่น้ำลัดทางเดินจึงมีทะเลสาบรูปแอกปรากฏอยู่ทั่ว ๆ ไป ประชากรตั้งบ้านเรือนอยู่ในเขตนี้หนาแน่นกว่าเขตอื่น ๆ ของภาคส่วนใหญ่มักจะรวมกันอยู่บน ที่ดอนเป็นกลุ่ม ๆ ซึ่งลักษณะการตั้งบ้านเรือนดังกล่าวแตกต่างไปจากการตั้งบ้านเรือนในบริเวณภาคกลางของประเทศ สาขาของแม่น้ำชีในส่วนที่เกิดจากเทือกเขาภูพาน เช่น ลำเซห้วยเซบก ไหลลงสู่แม่น้ำชี และไปรวมกับแม่น้ำมูลระหว่าง อ.เขื่องใน กับ อ.วารินชำราบ ในเขต จ.อุบลราชธานี และแม่น้ำมูลไหลลงสู่แม่น้ำโขงในเขต จ.อุบลราชธานี เช่นเดียวกัน

แอ่งที่ราบโคราช เป็นที่ราบต่ำที่อยู่ทางตอนล่าง (ด้านใต้) ของภาค เริ่มตั้งแต่บริเวณชายขอบของเทือกเขาพนมดงรัก ซึ่งอยู่ทางด้านใต้ขึ้นไปทางเหนือจดเชิงเขาภูพาน และชายขอบของเทือกเขาพญาเย็น ซึ่งอยู่ทางตะวันตกไปทางตะวันออกจนจดแม่น้ำโขง บริเวณแอ่งโคราชนี้มีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบลูกระนาด สลับกับลุ่มแม่น้ำโดยมีที่สูงอยู่ทางด้านตะวันตกและจะลาดต่ำลงไปทางตะวันออก มีแม่น้ำไหลลงสู่แม่น้ำโขง คือ แม่น้ำชี กับแม่น้ำมูล

แอ่งที่ราบสกลนครเป็นแอ่งที่อยู่ทางตอนเหนือของภาคมีพื้นที่เล็กกว่าแอ่งที่ราบโคราช เริ่มตั้งแต่บริเวณชายขอบเทือกเขาภูพานขึ้นไปทางเหนือจนจดริมฝั่งแม่น้ำโขงใน จ.หนองคาย และเริ่มตั้งแต่ภูกระดึงทางตะวันตกไปจนจดฝั่งแม่น้ำโขงใน จ.นครพนม แอ่งที่ราบนี้จะสูงทางตอนใต้ซึ่งติดกับภูพานแล้วลาดต่ำไปทางเหนือและทางตะวันออก แม่น้ำสายต่าง ๆ ที่ไหลผ่านลงสู่แม่น้ำโขง คือ แม่น้ำสงคราม แอ่งน้ำจืดหรือทะเลสาบน้ำจืด คือ หนองหาน ที่ จ.สกลนคร กับหนองหาน ที่ อ.กุมภวาปี จ.อุดรธานี (พรรณนภา สมหวัง, 2554)

2) ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีลักษณะภูมิอากาศแบบร้อนชื้นสลับร้อนแห้งแล้งหรือฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู

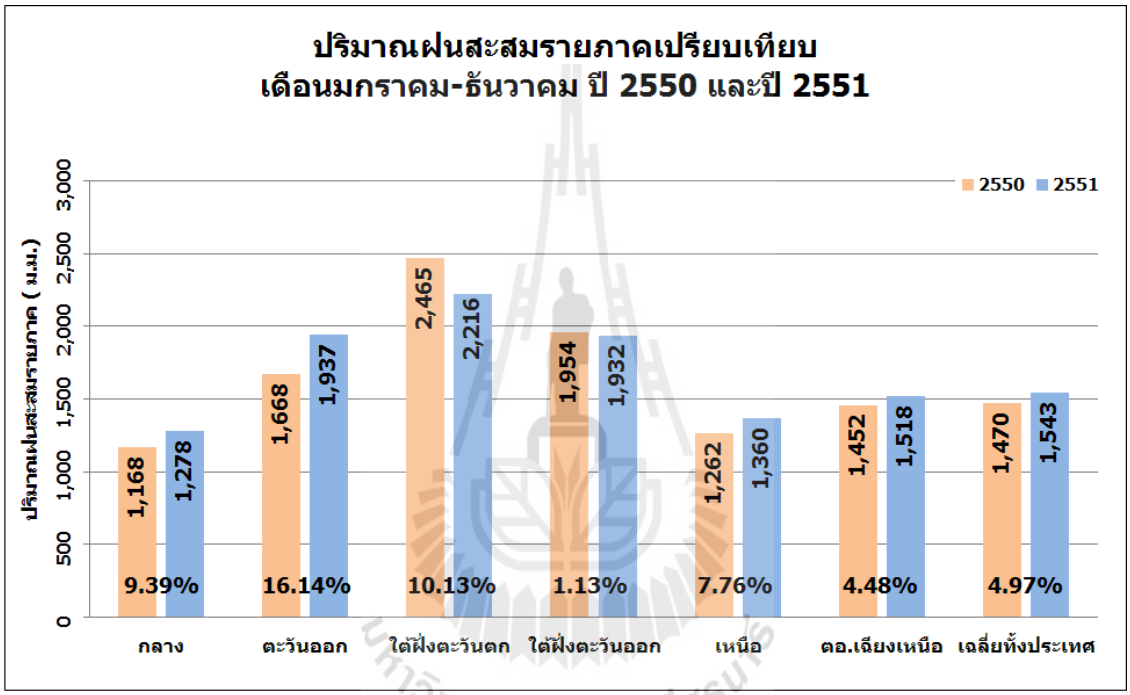
อุณหภูมิ

ฤดูร้อนอากาศร้อนจัดโดยทั่วไป อุณหภูมิสูงสุด 43.9 องศาเซลเซียส ที่ จ.อุดรธานี ฤดูหนาวอากาศเย็นจัด โดยทั่วไปอุณหภูมิต่ำสุด 0.1 องศาเซลเซียส ที่ จ.เลย ทั้งนี้เพราะเป็นลักษณะอากาศแบบภาคพื้นทวีป

ปริมาณน้ำฝน

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้รับฝนอย่างเด่นชัด 2 ทางด้วยกัน คือ ฝนจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ได้รับน้อย และไม่สม่ำเสมอเพราะมีทิวเขาเพชรบูรณ์ ดงพญาเย็น สันกำแพง และพนมดงรัก

กั้นฝนเอาไว้ พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนมากจึงเป็นด้านปลายลมของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และฝนจากพายุดีเปรสชันที่เคลื่อนที่เข้ามาในทิศทางตะวันออกไปทางตะวันตกปีละ 3-4 ลูก ทำให้ได้รับฝนเพิ่มขึ้น ซึ่งจังหวัดทางด้านตะวันออกก็จะได้รับฝนมากกว่าจังหวัดทางด้านตะวันตก เช่น เดียวกัน จังหวัดที่มีปริมาณฝนมากที่สุดของภาค คือ จ.นครพนม และจังหวัดที่มีปริมาณฝนน้อยที่สุด คือ จ.นครราชสีมา จากข้อมูลของสถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ และการเกษตร (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปี 2550 และ 2551 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ประมาณ 1,452 และ 1,518 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน**รูปที่ 2.2**



รูปที่ 2.2 ปริมาณฝนเฉลี่ยสะสมรายภาคของประเทศไทย ปี 2550 และ 2551 (ที่มา: สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552)

ฤดูกาล

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมี 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ฤดูหนาวและฤดูร้อน

ฤดูฝน

เริ่มประมาณปลายเดือนพฤษภาคมหรือต้นเดือนมิถุนายนและไปสิ้นสุดในเดือนตุลาคมฝนที่ได้รับเป็นฝนที่มากับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และจากพายุดีเปรสชันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักเกิดปัญหาฝนทิ้งช่วง โดยเฉพาะในปีที่ฝนเริ่มเร็วฝนอาจหยุดไประยะหนึ่งซึ่งจะทำให้พืชผลเสียหาย

ฤดูหนาว เริ่มประมาณกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เดือนตุลาคม เป็นระยะเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนมาเป็นฤดูหนาวมวลอากาศเย็น หรือ ลิ่มความกดอากาศสูงจากประเทศจีน

เริ่มแผ่ลงมาปกคลุมโดยทั่วไป ซึ่งได้นำความเย็น และแห้งแล้งมาลงสู่พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคทำให้อุณหภูมิค่อย ๆ ลดลง จังหวัดทางตอนเหนือของภาคได้รับอิทธิพลจากมวลอากาศเย็น หรือ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือนี้มากที่สุด จึงมีอุณหภูมิต่ำกว่าจังหวัดทางตอนกลาง และตอนใต้ของภาค จ.เลย เป็นจังหวัดที่มีอุณหภูมิโดยทั่วไปต่ำที่สุดของ ภาคและของประเทศ

ฤดูร้อน

เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเริ่มได้รับลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้และจากอ่าวไทย แต่เนื่องจากภูมิภาคนี้อยู่ห่างไกลทะเลอุณหภูมิจึงสูงโดยทั่วไปและแห้งแล้ง(พรรณนภา สมหวัง, 2554)

2.3 เชื้อเพลิงชีวมวลของประเทศไทย

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าประเทศไทยมีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร หรือ ชีวมวลมาใช้เป็นเชื้อเพลิงกันอย่างแพร่หลาย เช่น แกลบ กะลาปาล์ม ชานอ้อย ฯลฯ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในโรงงาน อย่างไรก็ตามยังมีเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรอื่นๆ ที่ยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อันเนื่องมาจากเศษวัสดุดังกล่าวยังอยู่ในสภาพที่ไม่พร้อมใช้งานจำเป็นต้องมีการจัดการ แปรรูปเข้ามาเกี่ยวข้อง การจำแนกเชื้อเพลิงชีวมวลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1) เชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ (Commercialized Biomass) คือ เศษวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และสามารถนำมาใช้ได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการแปรรูปซื้อ-ขาย ง่ายในที่นี้ เช่น แกลบ ชานอ้อย กะลาปาล์ม ซึ่งส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลายในเชิงพาณิชย์

2) เชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ (Non-Commercialized Biomass) คือเศษวัสดุเหลือใช้ที่กระจัดกระจายในไร่ นา สวนเกษตร และเศษวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากอุตสาหกรรมการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรที่ไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที ในที่นี้ เช่น ซังข้าวโพด ฟางข้าว ยอด/ใบอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง ทางปาล์ม ทะลายปาล์ม และเปลือกไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งยังเป็นชีวมวลที่คงเหลือยังไม่ถูกนำมาใช้งานในเชิงพาณิชย์ อย่างไรก็ดีเชื้อเพลิงดังกล่าวนี้ สามารถนำมาเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลเชิงพาณิชย์ได้ โดยผ่านกระบวนการจัดการ คือ การรวบรวม และแปรรูปให้พร้อมใช้ทั้งนี้จำเป็นต้องทำการศึกษาสมบัติของเชื้อเพลิงดังกล่าวอย่างละเอียดต่อไป

2.4 สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวล

การเปลี่ยนชีวมวลนั้นให้เป็นพลังงานนั้นสามารถทำได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติต่างๆ ของเชื้อเพลิงชีวมวลซึ่งมีความแตกต่างกัน ได้แก่ สมบัติทางกายภาพ องค์ประกอบแบบประมาณ องค์ประกอบแบบแยกธาตุ และค่าความร้อน

สมบัติทางกายภาพ (ขนาด ความหนาแน่น และความชื้น)

เชื้อเพลิงชีวมวลบางชนิดมีขนาดไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับ ชนิด สายพันธุ์ วิธีการเก็บเกี่ยว เช่น เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องจักรหรือเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน ซึ่งการที่เชื้อเพลิงชีวมวลมีขนาดที่ไม่แน่นอนดังกล่าว ทำให้ความหนาแน่นต่ำ (Bulk Density) ทำให้ไม่คุ้มค่าในการขนส่ง

องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value)

เป็นสมบัติเฉพาะของเชื้อเพลิงชีวมวลที่แสดงถึงสัดส่วนของปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และปริมาณเถ้า (Ash Content) เป็นสมบัติที่นิยมใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ในส่วนของปริมาณเถ้า ซึ่งเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)

เป็นสมบัติที่แสดงถึงธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงชีวมวล อันประกอบไปด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ซึ่งองค์ประกอบของธาตุต่างๆ จะมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของชีวมวลแต่ละชนิด ทั้งนี้ธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ และมีผลต่อค่าความร้อน คือคาร์บอนและไฮโดรเจนเนื่องจากคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดเป็นคาร์บอนได-ออกไซค์ น้ำ และพลังงานในกระบวนการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามหากมีปริมาณไฮโดรเจนมากในปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บางส่วน พลังงานที่ระบบปลดปล่อยออกมาจึงลดลง

ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแสดงถึงปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนักในรูปของความร้อน ซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติ และองค์ประกอบของเชื้อเพลิง จากการทบทวนเอกสารงานวิจัยพบว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการเปลี่ยนคาร์บอน และไฮโดรเจนในเชื้อเพลิงชีวมวลไปเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งจะเห็นได้ว่าค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวล ขึ้นอยู่กับสมบัติแบบแบบแยกธาตุ (Ultimate analysis) ซึ่งค่าต่างๆเหล่านี้มีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของชีวมวลแต่ละชนิด(Senelwa และSims,1999)สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Demirbas (2007) ซึ่งได้ทำการศึกษากับวัสดุชีวมวลถึง 16 ชนิด นอกจากนี้ Demirbas (2007) ยังได้ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นกับค่าความร้อน โดยพบว่าค่าความชื้นในวัสดุชีวมวลเป็นผลทำให้ค่าความร้อนลดลงเพราะความชื้นในเชื้อเพลิงชีวมวลจะอยู่ระหว่างช่องว่างในเซลล์ที่ตาย และผนังเซลล์ เมื่อเชื้อเพลิงชีวมวลถูกเผาไหม้ความชื้นจะเป็นตัวดูดซับความร้อนบางส่วนทำให้พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาลดลง

ค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำ (High and Low Heating Value; HHV and LHV)

นิยามของค่าความร้อนสูง (High Heating Value; HHV) หมายถึงพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบสมบูรณ์(Gross Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 25 °C ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่รวมถึงพลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent Heat of Vaporization) ส่วนค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV) หมายถึงพลังงานความร้อนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง (Net Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 150°C ซึ่งไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่น (Condensate) ไอน้ำมาใช้งาน โดยปกติค่าความร้อนใช้งานของเชื้อเพลิง จะไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่นดังกล่าวนี้ด้วย

จากนิยามของค่าความร้อนสูง และค่าความร้อนต่ำข้างต้นเราสามารถหาค่าดังกล่าวได้โดยใช้เครื่อง Bomb Calorimeter ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดมาตราฐานที่ใช้สำหรับการหาค่าความร้อนภายใต้สภาวะที่เกิดการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแห้ง (ความชื้น 0%) ถือได้ว่าเป็นค่าความร้อนสูง (HHV) ส่วนค่าความร้อนที่วัดได้ เมื่อเชื้อเพลิงมีค่าความชื้นต่างๆ จากเครื่อง Bomb Calorimeter จะเป็นค่าความร้อนต่ำ (LHV)

2.5 ข้อเท็จจริงเกี่ยวกับชีวมวล

ชีวมวลแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเฉพาะอย่าง คุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดเด่น คุณสมบัติบางอย่างถือเป็นจุดด้อยเช่น การกระจายตัวของแหล่งชีวมวล ขนาด ความชื้น สิ่งเจือปน และปริมาณขี้เถ้า ซึ่งคุณสมบัติของชีวมวลมีผลอย่างมากต่อการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและการเลือกใช้เทคโนโลยี

1) การกระจายตัวของแหล่งชีวมวล

รูปแบบการกระจายตัวของแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ มี 2 ลักษณะ คือ อยู่รวมเป็นกลุ่ม และอยู่กระจัดกระจายเชื้อเพลิงชีวมวลที่อยู่รวมเป็นกลุ่มคือเศษวัสดุเหลือใช้ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูป ณ ที่ใดที่หนึ่ง เช่น ทะลายปาล์ม ซึ่งเกิดขึ้น ณ โรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม เป็นต้น และที่อยู่กระจัดกระจายตามพื้นที่เพาะปลูกหรือไม่มีการรวบรวม เช่น ฟางข้าว ใบอ้อย เหง้ามันสำปะหลัง และทางปาล์ม ขึ้นอยู่กับวิธีการเก็บเกี่ยว การนำเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ที่อยู่กระจัดกระจายมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะมีข้อเสียเปรียบ คือ เสียค่าใช้จ่ายในการรวบรวมเพิ่มขึ้น

2) ขนาดและความหนาแน่น

ขนาดของเชื้อเพลิงชีวมวลไม่เชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะมีความแตกต่างไม่สม่ำเสมอกันเป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเชื้อเพลิงชีวมวลมีขนาดใหญ่จะไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้โดยตรง เพราะประสิทธิภาพการเผาไหม้จะต่ำ ทั้งนี้โดยปกติแล้วเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีขนาดใหญ่จะมีความหนาแน่นน้อย ทำให้เสียพื้นที่ในการขนส่ง จึงควรที่จะนำมาตัด

สับ ย่อย ให้เป็นชิ้นเล็กๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการเผาไหม้ดีขึ้น แต่ก็มีค่าใช้จ่ายในการย่อยเพิ่มขึ้นเช่นกัน

3) ความชื้น

ความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวลเป็นสิ่งที่ต้องคำนึงในการนำมาเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากความชื้นของเชื้อเพลิงชีวมวลมีผลต่อค่าความร้อนแล้วนั้น ซึ่งการที่จะนำเชื้อเพลิงชีวมวลที่มีความชื้นสูงมาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องผ่านกระบวนการลดความชื้นก่อนนำไปใช้นอกจากนี้ เชื้อเพลิงชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่ยังไม่เสถียร สามารถย่อยสลายได้ (Composting) โดยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติซึ่งอัตราการย่อยสลายจะเหมาะสม ในสภาวะที่มีความชื้น ประมาณ 50-60 % ดังนั้นถ้านำเชื้อเพลิงชีวมวลมากองเก็บไว้ โดยไม่ผ่านกระบวนการลดความชื้นก่อนจะทำให้เชื้อเพลิงผุสลาย ส่งผลต่อคุณภาพ และสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของเชื้อเพลิงชีวมวลได้ ทั้งนี้หากเชื้อเพลิงชีวมวลมีค่าความชื้นสูงมากๆ เช่น กากมัน-สำปะหลัง ซึ่งมีความชื้นประมาณ 80-90% การลดความชื้นก่อนเพื่อนำมาใช้ผลิตเป็นเชื้อเพลิงอาจจะไม่คุ้มค่าควรพิจารณานำมาผลิตพลังงานโดยใช้เทคโนโลยีอื่นเช่นกระบวนผลิตก๊าซชีวภาพ โดยการหมักแบบไร้อากาศ ซึ่งสามารถผลิตแก๊สเชื้อเพลิง สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อนและไฟฟ้าได้เช่นกัน

4) สิ่งเจือปน

สิ่งเจือปนที่ติดมากับเชื้อเพลิงชีวมวลมีหลายอย่าง เช่น เศษดิน หิน กรวดทราย และอื่นๆ ซึ่งสิ่งเจือปนเหล่านี้มีผลทำให้ระบบการเผาไหม้มีประสิทธิภาพต่ำลง และทำให้เครื่องจักรในการลดขนาดเชื้อเพลิงสึกหรอเช่น Biomass Chipper ดังนั้นในการออกแบบกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลจำเป็นต้องคำนึงถึงจุดนี้เป็นพิเศษ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.6 ผลงานวิจัยโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (Short rotation forest; SRF) เพื่อเป็นพลังงานชีวมวล

จากงานที่ผ่านมาของคณะผู้วิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่อง **โครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (Short rotation forest; SRF)** เพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ได้รับจัดสรรงบประมาณปี 2549 จาก ภารกิจโครงการและประสานงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ มีผลการศึกษาดังนี้

จากข้อมูลการสำรวจพื้นที่ป่าของประเทศไทย ปี 2543 โดยส่วนภูมิสารสนเทศ สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่ป่าอนุรักษ์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืชกระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม พบว่าประเทศไทยมีพื้นที่ป่าทั้งสิ้น 106 ล้านไร่ หรือคิดเป็น 25% ของพื้นที่ประเทศ ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ทั้งนี้มีสวนป่าหรือการปลูกป่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น โดยพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ามีทั้งหมดประมาณ 10.5 ล้านไร่ โดยแยกเป็นพื้นที่ปลูกป่าโดยภาครัฐ 8.18 ล้านไร่ และภาคเอกชน 2.32 ล้านไร่ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกเพิ่มอีกถึง 15 % หรือประมาณ 65 ล้านไร่

การใช้ประโยชน์ไม้โดยทั่วไป พบว่า มีการนำมาใช้ทำประโยชน์หลากหลายอาทิ เช่น เครื่องเรือนไม้ ไม้อัดไม้ประกอบ เยื่อกระดาษและกระดาษ ไม้แกะสลัก ไม้เสาเข็ม และไม้ค้ำยัน ตลอดจนใช้เป็นไม้เชื้อเพลิงในปี 2547 พบว่าประเทศไทยมีความต้องการใช้ไม้และผลิตภัณฑ์จากไม้มากกว่าความสามารถในการผลิตจำนวนหลายล้านลูกบาศก์เมตร โดยข้อมูลสามารถผลิตได้ภายในประเทศเพียง 1,900 ล้านลูกบาศก์เมตรเท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการจึงต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศดังนี้

1) ไม้ท่อนและไม้แปรรูป แบ่งเป็นไม้ท่อน 381,336 ลูกบาศก์เมตร มูลค่า 4,342 ล้านบาท และไม้แปรรูป 1,835,276 ลูกบาศก์เมตร มูลค่า 17,524 ล้านบาท
2) ผลิตภัณฑ์ไม้ ได้แก่ ไม้อัด ไม้บาง แผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด ปาร์เก ฟืน ถ่าน เครื่องเรือน ประตู หน้าต่าง และอื่นๆ รวมมูลค่า 5,150 ล้านบาท
3) เยื่อกระดาษ 459,795,403 ตัน มูลค่า 9,857 ล้านบาท
4) กระดาษ 606,652 ตัน รวมมูลค่า 31,539 ล้านบาท

แหล่งไม้แต่เดิมคือป่าธรรมชาติ ซึ่งปัจจุบันไม่มีแล้วโดยป่าเกือบทั้งหมดในประเทศไทยที่เหลือถูกสำรองไว้เพื่อการรักษาสิ่งแวดล้อมดังนั้นแหล่งไม้ที่ใช้ในปัจจุบันนอกจากไม้นำเข้าแล้วคือ ไม้ยางพาราและไม้จากสวนป่าซึ่งไม้จากสวนป่าในปัจจุบันเป็นไม้ตัดสางขยายระยะอายุ 5-7 ปี ไม้มีขนาดเล็ก (เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-6 นิ้ว) มีส่วนกระพี้อยู่มากมีแก่นเพียงเล็กน้อย และความแข็งของ

เนื้อไม้ต่ำ เนื้อไม้ยุบตัวและแตกปลายหากต้องการไม้ที่มีคุณสมบัติดีต้องรออีกนับสิบปีจึงจะใช้ได้ยกเว้นไม้ยูคาลิปต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษและกระดาษ ซึ่งสามารถใช้ไม้ที่มีอายุเพียง 3 ปี

ผู้ประกอบการด้านอุตสาหกรรมไม้ในประเทศไทยที่ดำเนินธุรกิจกับสวนป่ายูคาลิปตัสมีอยู่ 2 รายใหญ่ รายแรก คือ กลุ่มเกษตรรุ่งเรืองพืชผล ผู้ประกอบธุรกิจการค้าผลิตผลทางการเกษตร (ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด ฯลฯ)ได้จัดตั้งบริษัทลูก 2 บริษัท คือ บริษัท อะโกรไลน์ จำกัด ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสของตนเองประมาณ 200,000 ไร่ และส่งเสริมจำหน่ายกล้าไม้พันธุ์ดีให้เกษตรกร ประมาณ 300,000 ไร่ พร้อมแนะนำการปลูกดูแล และรักษาแล้วรับซื้อไม้ยูคาลิปตัสคืน เพื่อนำไปให้บริษัทแอดวานส์อะโกร จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ ผู้ประกอบการรายที่สอง คือกลุ่มปูนซีเมนต์ไทย โดยบริษัทสยามฟอเรสทรี จำกัด มีเกษตรกรเป็นสมาชิกประมาณ 160,000 ไร่ และไม่เป็นสมาชิกประมาณ 700,000 ไร่ โดยรอบบริษัทในรัศมี 150 กม. ซึ่งผู้เป็นสมาชิกจะได้รับกล้าไม้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture) และการเสียบยอด (grafting) โดยมีการประกันรับซื้อไม้คืนไม้ที่รับซื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4 นิ้ว ราคา 750 บาท/ตัน หากเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 4 นิ้ว ราคา 850 บาท/ตัน และเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นิ้ว ราคา 550 บาท/ตัน ปัจจุบันนำไม้ไปผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ โดยบริษัทสยามคราฟท์

ในการส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ โดยเฉพาะการปลูกไม้เพื่อพลังงานไม้ที่ควรปลูกควรเป็นพันธุ์ไม้ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง และสามารถขึ้นได้ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และเนื้อไม้ให้ค่าความร้อนสูง ซึ่งในจำนวนนี้มีพันธุ์ไม้เด่นๆที่น่าสนใจ คือ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินยักษ์

ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ไม้ยูคาลิปตัสที่เหมาะสมกับประเทศไทยที่ได้รับการยอมรับและปลูกกันอย่างแพร่หลาย คือ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalytus camaldulensis* Schlecht.) อยู่ในวงศ์ Myrtaceae เป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่ง ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสม เนื่องจากมีรูปทรงลำต้นเปลาตรงสามารถเจริญเติบโต และ ตัดฟันเพื่อใช้ประโยชน์ได้ตั้งแต่อายุ 3–5 ปี และยังสามารถแตกหน่อได้ดี โดยไม่ต้องปลูกใหม่ ยูคาลิปตัสเป็นพันธ์ไม้จากต่างประเทศที่มีมากกว่า 700 ชนิด มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปออสเตรเลียเป็นส่วนใหญ่ สำหรับประเทศไทยได้เริ่มนำยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ มาทดลองปลูกเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2493 แต่เริ่มปลูกทดลองกันอย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ. 2507 ผลปรากฏว่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถเจริญเติบโตได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ และ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงจึงนิยมปลูกกันมากอย่างแพร่หลาย ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพของดินแทบทุกประเภท ตั้งแต่ในที่ริมน้ำที่ราบมีน้ำท่วมบางครั้งในรอบปี หรือแม้แต่ดินที่เป็นทรายและมีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน พื้นที่ดินเลวที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 650 มม.ต่อปี รวมทั้งพื้นที่ที่มีดินเค็ม ดินเปรี้ยวแต่จะไม่ทนทานต่อดินที่มีองค์ประกอบของหินปูนสูง

เนื้อไม้ มีแก่นสีน้ำตาล กระพี้สีน้ำตาลอ่อน กระพี้และแก่นสีแตกต่างเห็นได้ชัด ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่มีอายุมากขึ้นจะมีสีน้ำตาลแดง เข้มกว่าไม้ที่มีอายุน้อย เนื้อไม้มีลักษณะค่อนข้างละเอียด เสี้ยนสน (Interlocked grain) บางครั้งบิดไปตามแนวลำต้น เนื้อไม้มีความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 0.6–0.9 ในสภาพแห้งแล้งซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของไม้ เนื้อไม้แตกง่ายหลังจากตัดฟันตามแนวยาวขนานลำต้นแต่ถ้าทำให้ถูกหลักวิธีก็สามารถนำมาเลื่อยทำเครื่องเรือน และก่อสร้างได้ ไม้ยูคาลิปตัสเป็นไม้ที่มีสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดีและมีขี้เถ้าน้อย

กระถินเทพา

กระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd.) อยู่ในวงศ์ Mimosaceae เป็นพันธุ์ไม้ต่างประเทศมีถิ่นกำเนิดในรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย หมู่เกาะโมลัคคาส์ ประเทศอินโดนีเซีย และแถบตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศปาปัวนิวกินี โดยพบขึ้นอยู่ทั่วไปในเขตติดต่อระหว่างป่าชายเลน และแนวป่าไม้พุ่มเตี้ยตลอดจนป่าตามริมฝั่งแม่น้ำและทุ่งหญ้าต่างๆ ไม่พบขึ้นในป่าดิบชื้นที่มีไม้ใหญ่ขึ้นหนาแน่น แต่มีขึ้นบ้างตามแนวชายป่าที่มีแสงแดดส่องถึง

กระถินเทพาจัดเป็นไม้บุกเบิกชนิดหนึ่ง ที่สามารถปรับตัวเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ซึ่งสภาพแวดล้อมถูกทำลาย ดังนั้นจึงมีการนำไปปลูกเป็นสวนป่าในหลายประเทศ เช่น มาเลเซีย ปาปัวนิวกินี เนปาล ฟิลิปปินส์ บังคลาเทศ เป็นต้น สำหรับประเทศไทยเริ่มมีการนำเข้ามาปลูกในปี พ.ศ. 2523

เนื้อไม้ มีส่วนกระพี้บางสีเหลืองอ่อน แก่นสีน้ำตาล ไม้มีเสี้ยนตรงบริเวณสัมผัส และเสี้ยนสนเล็กน้อยบริเวณด้านรัศมี เนื้อไม้แข็งและทนทานมีค่าถ่วงจำเพาะประมาณ 0.56 ซึ่งนับว่าสูงกว่าไม้จากสวนป่าทั่ว ๆ ไป สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น ทำไม้แปรรูปเฟอร์นิเจอร์ ไม้โครงสร้างต่างๆ หรือ ใช้ในงานก่อสร้างที่ไม่ต้องรับน้ำหนักมากและไม่เป็นชิ้นส่วนที่ฝังลงในดิน นอกจากนี้ไม้กระถินเทพา ยังสามารถนำมาแปรรูปทำไม้อัดหรือเยื่อกระดาษที่มีคุณภาพดีได้อีกด้วย นอกจากนี้ไม้กระถินเทพาเป็นไม้ที่มีสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงที่ดี

กระถินยักษ์

กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* (Lamk.) de Wit) อยู่ในวงศ์ Mimosaceae (LEGUMINOSAE) เป็นไม้ขนาดกลางไม่ผลัดใบ ลำต้นเรียบสีน้ำตาลแดงมีการกระจายพันธุ์ในเขตร้อนของอเมริกา และหมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก กระถินยักษ์นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยตั้งแต่สมัยสุโขทัย กระถินยักษ์ จัดเป็นไม้โตเร็ว รอบตัดฟันสั้น อายุ 5-6 ปี ก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดีในการทำเสารั้ว ฟืน ถ่าน จนถึงการทำเยื่อกระดาษ ใบกระถินยักษ์สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง แต่หากให้เป็นอาหารสัตว์ติดต่อกันนานจะทำให้สัตว์ขนร่วงหยุดเจริญเติบโตได้เนื่องจากมีสาร mimosine นอกจากนี้ กระถินยักษ์เป็น พืชตระกูลถั่ว จึงสามารถปลูก เพื่อบำรุงดินได้ ในต่างประเทศมีรายงานว่า บัคเตรีในปมรากสามารถตรึงไนโตรเจนได้มากกว่า 5,000 กิโลกรัมต่อพื้นที่ 1 เฮกแตร์ ดังนั้นการปลูกป่ากระถินยักษ์จะช่วยปรับปรุงป่าที่เสื่อมโทรม ให้กลับเป็นสภาพป่า

ที่อุดมสมบูรณ์ได้เพราะกระถินยักษ์เติบโตเร็วมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อม และช่วยในการปรับปรุงดินอีกด้วยและในแง่ของเกษตรกรรมการปลูกพืชระหว่างต้นกระถินยักษ์ก็จะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี

เนื้อไม้ กระพี้มีสีเหลืองอ่อนเกือบขาว แก่นมีสีน้ำตาลแดง เปลือกบาง เนื้อไม้เป็นเสี้ยนตรงเลื่อยได้ ตบแต่งได้ง่าย เนื้อไม้ใช้ในการก่อสร้างได้ดี ไม้กระถินยักษ์สามารถทำเป็นไม้ฟืนได้ดี

2.6.1 การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงาน

การปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวลนั้น มีความแตกต่างกับการปลูกสวนป่า เศรษฐกิจ กล่าวคือ การปลูกสวนป่าเศรษฐกิจ ต้องการไม้ที่มีขนาดใหญ่ (เส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้วขึ้นไป) ซึ่งโดยทั่วไปจะมีเยื่อไยสูง นำไปใช้ในการทำเยื่อกระดาษ เสาเข็ม หรือเฟอร์นิเจอร์ ดังนั้น ระยะเวลาการเก็บเกี่ยวของสวนป่าเศรษฐกิจดังกล่าวจะใช้ระยะเวลานานอย่างน้อย 4 ปี ทั้งนี้เศษไม้ปลาย ที่มีขนาดต่ำกว่า 2 นิ้วจะถูกนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

การนำไม้โตเร็ว (SRF) มาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลจะไม่สนใจในเรื่องของขนาดดังนั้น การปลูกไม้โตเร็ว (SRF) สำหรับใช้เป็นพลังงานชีวมวลจึงไม่จำเป็นที่จะต้องใช้ระยะเวลาเก็บเกี่ยวนานถึง 4 ปี ซึ่งการศึกษาการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวลในส่วนของลักษณะการเจริญเติบโต ผลผลิตต่อไร่ ระยะปลูกที่เหมาะสม และอื่นๆ ยังไม่มีข้อมูลการทดลองอย่างเป็นทางการ

ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกไม้โตเร็ว(SRF)เพื่อเป็นพลังงานชีวมวล จะทำการวิเคราะห์โดยใช้พื้นฐานการพิจารณา และสมมติฐานดังต่อไปนี้

1) การเตรียมดินหรือการเตรียมแปลงปลูกเหมือนพืชไร่อื่นๆ เช่น อ้อย มันสำปะหลัง หรือ ข้าวโพด
2) วิธีการปลูกแบบขุดหลุมและปลูกโดยใช้กล้าไม้ เหมือนการปลูกสวนป่าเศรษฐกิจ ทั้งนี้ใช้ระยะปลูกคือ 0.8 x 2.0 เมตร หรือประมาณ 1,000 ต้นต่อไร่ ราคาเฉลี่ยกล้าพันธุ์ ของไม้ทั้ง 3 ชนิด คือ ต้นละ 2 บาท
3) การใช้ปุ๋ย จะใช้ สูตร 15-15-15 อัตรา 25 ก.ก./ไร่ (0.5 กระสอบ) ปีละ 1 ครั้ง
4) การดูแลรักษา หรือการทำรุ่นกำจัดวัชพืช ใช้รถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก พรวนด้วย Rotary Cultivator ระหว่างร่อง ปีละ 1 ครั้ง
5) ผลผลิตเฉลี่ย 7 ตันต่อปีต่อไร่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 1-2 นิ้ว (เป็นผลผลิตที่ได้จากการศึกษาใน**บทที่ 3** ซึ่งข้อกำหนดในการรับซื้อไม้โตเร็วเพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวลนั้นมีความแตกต่างกับการปลูกเพื่อจำหน่ายให้กับโรงงาน เยื่อกระดาษ กล่าวคือจะไม่คำนึงถึงขนาดของไม้ สามารถลดระยะเวลาเก็บเกี่ยวลงได้ ในที่นี้จะใช้ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 2 ปี

6) ราคารับซื้อไม้ เฉลี่ยตันละ 600 บาท เป็นราคาของบริษัทด่านช้าง ไบโอ-เอ็นเนอร์ยี่ จำกัด อ. ด่านช้าง จ. สุพรรณบุรี และ บริษัท สยามฟอเรสทรี จำกัด, จ.กาญจนบุรี ในปี 2549
7) ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวตัดฟัน 150 บาทต่อตัน ค่าขนไม้จากแปลงขึ้นรถบรรทุก 50 บาทต่อตัน ค่าขนส่ง 150 บาทต่อตัน (ระยะทางไม่เกิน 100 กิโลเมตร) รวมทั้งสิ้น 350 บาทต่อตัน

โดยต้นทุนและผลตอบแทนในการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวล ดังแสดงไว้ใน**ตารางที่ 2.1**

2.6.2 การเปรียบเทียบต้นทุนผลตอบแทนไม้พลังงาน 3 ชนิดกับพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ

โดยสรุปแล้วจะเห็นว่าเกษตรกรผู้ปลูกไม้โตเร็ว(SRF) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลนั้น อยู่ในสภาวะขาดทุน โดยผลการเปรียบเทียบระหว่างพืชเศรษฐกิจทั้ง 13 ชนิดในระหว่างปี 2546-48 กับการปลูกไม้โตเร็ว(SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวล พบว่าในบรรดาพืชเศรษฐกิจทั้ง 10 ชนิด สับปะรดมีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงที่สุด 6,256.09 บาท รองลงมาได้แก่ ยางพารามีกำไรสุทธิเฉลี่ยสูงที่สุด 3,692.99 บาทต่อไร่ต่อปี และ ข้าวนาปรัง 1,122.95 บาทต่อไร่ต่อปีขณะที่ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดสามารถสร้างกำไรสุทธิได้ประมาณ 1,800-1,900 บาทต่อไร่ต่อปี ดังแสดงไว้ใน**ตารางที่ 2.2**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.1 ต้นทุนผันแปรในการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวล

รายการ	ระยะเวลา		
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	รวม
1. ต้นทุนผันแปร	**3,575.00**	**625.00**	**4,200.00**
1.1 ค่าแรงงาน	**1,300.00**	**350.00**	**1,650.00**
เตรียมดิน	350.00	0.00	350.00
ปลูก	600.00	0.00	600.00
ดูแลรักษา ซ่อมแซม	350.00	350.00	700.00
1.2 ค่าวัสดุ	**2,275.00**	**275.00**	**2,550.00**
ค่ากล้าพันธุ์	2,000.00	0.00	2,000.00
ค่าปุ๋ย	275.00	275.00	550.00
2. ต้นทุนคงที่	**300.00**	**315.00**	**615.00**
ค่าเช่าที่ดิน	300.00	315.00	615.00
3 ค่าดอกเบี้ยเงินลงทุน	**271.25**	**65.80**	**337.05**
4. ต้นทุนรวมต่อไร่	**3,875.00**	**940.00**	**4,815.00**
5. จำนวนผลผลิต (กก.ต่อไร่)	-	-	**14,000.00**
6. ราคาผลผลิต (บาทต่อ กก.)	-	-	**0.60**
7. รายได้ (บาทต่อไร่)	-	-	**8,400.00**
8. ค่าเก็บเกี่ยวและขนส่ง (0.35 บาทต่อ กก.)	-	-	**4,900.00**
9. กำไร (ขาดทุน) สุทธิ (บาทต่อไร่)	-	-	**-1,315.00**
10. ผลผลิตคุ้มทุน (กก.ต่อไร่)	-	-	**16,191.67**

จากผลการวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการปลูกไม้โตเร็ว(SRF) เพื่อเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล พบว่าต้นทุนการผลิตจะสูงกว่ารายรับที่คาดว่าจะได้ สาเหตุ คือ

1) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนกล้าไม้ ซึ่งมีประมาณร้อยละ 41 ซึ่งสามารถลดลงได้ กรณีที่เกษตรผลิตกล้าไม้เอง

2) ค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว และขนส่ง ค่อนข้างสูง เทียบเท่ากับต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ซึ่ง จำเป็นต้องมีระบบการจัดการวัตถุดิบอย่างเป็นรูปธรรม โดยอาศัยความร่วมมือทั้งภาครัฐและเอกชน

3) ราคารับซื้อต่ำ ซึ่งทำให้ได้ผลตอบแทนต่ำกว่าการลงทุน ซึ่งราคาผลิตผลิตที่ทำให้เกิดการคุ้มทุนจะอยู่ที่ ตันละ 700 บาท

ตารางที่ 2.2 กำไรสุทธิของพืชเศรษฐกิจและไม้พลังงาน (บาทต่อไร่ต่อปี)

รายการ	กำไรสุทธิ (บาท/ไร่)			
	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548	เฉลี่ย
ข้าวนาปี	197.06	234.52	352.53	260.37
ข้าวนาปรัง	749.42	1,154.94	1,451.27	1,122.95
อ้อยโรงงาน	- 40.50	155.21	160.82	144.07
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	646.64	656.91	478.63	595.12
มันสำปะหลัง	459.44	505.30	1,182.59	760.93
ยางพารา	2,809.97	3,575.92	4,637.39	3,692.99
กาแฟ	- 460.07	- 522.62	- 644.85	- 533.60
ถั่วลิสง	1,069.57	669.30	67.79	600.71
ลำไย	- 1,769.87	- 2,499.55	- 2,273.83	- 1,949.37
สับปะรด	7,002.01	8,324.94	3,471.18	6,256.09
ยูคาลิปตัส (ปลูกด้วยกล้าไม้)	1,322.50	1,010.00	575.00	969.17
ยูคาลิปตัส (การแตกหน่อ)	1,800.00	1,875.00	1,725.00	1,800.00
กระถินเทพา	2,147.50	1,822.50	1,600.00	1,856.67
กระถินยักษ์	2,197.50	1,872.50	1,650.00	1,906.67

อย่างไรก็ดีเมื่อเปรียบเทียบต้นทุนผลตอบแทนของการปลูกไม้โตเร็ว (SRF) เมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจอื่นๆ ทำให้เห็นถึงโอกาสของการปลูกไม้โตเร็ว(SRF) ทดแทนการปลูกพืชเศรษฐกิจบางชนิดได้ โดยเฉพาะพืชไร่ อ้อยโรงงาน มันสำปะหลัง ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือแม้กระทั่งไม้ผล ลำไย กาแฟ

ในด้านผลกระทบกรณีหากมีการส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็ว(SRF)เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลยังไม่พบผลเสียที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการส่งเสริมฯ ก็จะเน้นกรณีที่พื้นที่ของเกษตรกรเอง นั้นไม่สามารถปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดใดได้เลยอันเนื่องมาจากพื้นที่เสื่อมโทรมหรือห่างไกลตลาด ซึ่งการปลูกไม้โตเร็ว(SRF) เพื่อผลิตเป็นพลังงานชีวมวลสามารถนำมาส่งเสริมเป็นอาชีพเสริมหรือทางเลือกใหม่ให้แก่เกษตรกรได้อีกด้วย

2.6.3 การประเมินศักยภาพการผลิตไม้โตเร็ว (SRF) ในภาพกว้างของประเทศ

การประเมินศักยภาพการผลิตไม้โตเร็วในภาพกว้างของประเทศ โดยใช้วิธีการประเมิน 2 ส่วนร่วมกัน คือ

1) การประเมินพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกไม้โตเร็วแต่ละชนิด จะใช้ข้อมูลปัจจัยข้อจำกัดด้านภูมิอากาศ ของไม้โตเร็วแต่ละชนิดมาทำการกำหนดชั้นความเหมาะสมของพื้นที่ โดยอาศัยโปรแกรม Climatic Mapping Program ในการตัดสินว่าไม้โตเร็วแต่ละชนิด เหมาะสมหรือไม่เหมาะสมกับประเทศไทย

2) การประเมินผลผลิตชีวมวลของไม้โตเร็วในแต่ละพื้นที่ ใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลด้านผลผลิต ในพื้นที่ต่างๆของประเทศไทย และทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

ทั้งนี้ผลผลิตการประเมินศักยภาพการผลิตไม้โตเร็วเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวล แสดงไว้ใน**ตารางที่ 2.3**

ตารางที่ 2. 3 กำไรสุทธิของพืชเศรษฐกิจและไม้พลังงาน (บาทต่อไร่ต่อปี)

ชนิดไม้	**ประมาณน้ำฝน (มม/ปี)**	**ผลผลิตสด (ตัน/ไร่/ปี) แยกตามระยะปลูก**				
		1X1	**1X2**	**2X2**	**2X3**	**4X4**
ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส	800-1,000	3.730	2.961	2.753	2.544	2.146
	1,000-1,200	4.778	4.099	3.808	3.770	3.278
	>1,200	6.814	5.455	5.137	4.572	4.183
กระถินเทพา	<1,200	5.453	4.978	4.740	4.500	3.417
	1,200-1,500	6.096	5.453	5.334	5.215	5.150
	>1,500	7.666	7.101	6.536	6.209	6.096
กระถินยักษ์	800-1,000	3.589	2.050	1.910	1.428	0.944
	1,000-1,200	6.144	3.234	2.700	2.164	1.628
	>1,200	7.213	4.405	3.488	2.965	2.442

2.6.4 รวบรวมเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า (Biomass Feedstock Production) เพื่อนำมาประเมินรูปแบบจัดการและการแปรรูปเชื้อเพลิงไม้โตเร็ว (SRF) พร้อมส่ง เพื่อลดต้นทุนการขนส่งเชื้อเพลิงไม้โตเร็วเข้าสู่โรงงาน

การศึกษาขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนสู่โรงไฟฟ้า (Biomass Feedstock Production) จำเป็นที่จะต้องทราบสมบัติของไม้โตเร็วแต่ละชนิด โดยทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี โดยจะทำการวิเคราะห์ขนาด ความชื้นและความหนาแน่น ทั้งนี้ผลการศึกษาพบว่าไม้โตเร็วอายุ 1.5–2 ปี มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ในช่วง 3-5 เซนติเมตร (ประมาณ 1-2 นิ้ว) ความสูงเฉลี่ย 2.5 เมตร (3 เมตร กรณียูคาลิปตัส) โดยความชื้นและความหนาแน่น แสดงไว้ใน**ตารางที่ 2.4** ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความชื้นและความหนาแน่นของไม้โตเร็วชนิดต่างๆ เทียบกับชีวมวลชนิดอื่นๆ โดยผลการวิเคราะห์แสดงไว้ใน**ตารางที่ 2.4** และ **ตารางที่ 2.5**

ตารางที่ 2.4 สมบัติทางกายภาพของไม้โตเร็ว (SRF) เทียบกับชีวมวลชนิดอื่น

ประเภทชีวมวล	ความชื้น (%db)	ความหนาแน่น (kg /m^3)	หมายเหตุ
ไม้กระถินยักษ์	44.35	253	เป็นท่อน ยาว 2 ม.ขนาด ϕ 1-2”
ไม้ยูคาลิปตัส	60.34	357	เป็นท่อน ยาว 2 ม.ขนาด ϕ 1-2”
ไม้กระถินเทพา	65.38	461	เป็นท่อน ยาว 2 ม.ขนาด ϕ 1-2”
แกลบ	4.45	150	แกลบเก่า
กะลามะพร้าว	7.75	228	-
ซังข้าวโพด	5.16	98	ชนิดสีพร้อมเปลือก
เหง้ามันสำปะหลัง	53.40	193	เก็บในแปลงเกษตรกรย่อยแล้ว
กากมันสำปะหลัง	72.90	685	กากมันสำปะหลังสด
เปลือกมันสำปะหลัง	69.25	363	เปลือกมันสำปะหลังสด
ทางปาล์ม	65.5	570	ซับแล้ว ยาว 10 ซม.ขนาดϕ1/2”

หมายเหตุ ตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เป็นชีวมวลที่มีอยู่บริเวณใกล้เคียง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ. นครราชสีมา ยกเว้น กะลามะพร้าว และทางปาล์ม เก็บตัวอย่างมาจาก จ. ประจวบคีรีขันธ์ และ จ. ชุมพร ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate analysis) ของไม้โตเร็ว เทียบกับชีวมวลชนิดอื่น

ชนิดชีวมวล	Moisture Content (%)	Proximate Value			High Heating Value, HHV (kJ/kg)
		Volatile Matter (%)	Ash Content (%)	Fixed Carbon (%)	
ไม้กระถินยักษ์	0.63	81	1.78	17	15,910
ไม้ยูคาลิปตัส	1.14	79	2.64	17	15,414
ไม้กระถินเทพา	1.03	82	1.86	15	16,047
แกลบ	3.53	63	19.45	14	12,393
กะลามะพร้าว	4.46	76	1.32	18	15,945
ซังข้าวโพด	2.23	81	1.38	15	15,580
เหง้ามันสำปะหลัง	4.66	80	2.73	13	14,591
กากมันสำปะหลัง	3.55	82	3.28	11	14,407
เปลือกมันสำปะหลัง	4.94	84	1.55	10	13,670
ทางปาล์ม	1.62	76	4.72	18	14,777

ตารางที่ 2.6 องค์ประกอบแบบละเอียด (Ultimate analysis) ของไม้โตเร็ว เทียบกับชีวมวลชนิดอื่น

ชนิดชีวมวล	สัดส่วนของธาตุ (ร้อยละ)				
	C	H	N	S	O
ไม้กระถินยักษ์	47.55	6.55	0.38	0.01	54.49
ไม้ยูคาลิปตัส	48.93	8.05	0.52	0.02	57.52
ไม้กระถินเทพา	48.26	7.20	0.70	0.03	56.19
แกลบ	37.40	4.63	0.54	0.07	42.64
กะลามะพร้าว	46.20	5.42	0.87	0.05	52.54
ซังข้าวโพด	48.09	7.45	0.38	0.01	55.93
เหง้ามันสำปะหลัง	46.12	7.55	1.13	0.03	54.83
กากมันสำปะหลัง	43.21	8.01	0.35	0.02	51.59
เปลือกมันสำปะหลัง	42.58	8.60	0.62	0.008	51.81
ทางปาล์ม	47.94	7.63	0.63	0.03	56.23

2.6.5 การจัดการห่วงโซ่อุปทานของไม้โตเร็ว (SFR) สำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

จากการศึกษาพบว่าการผลิตชีวมวลหรือ การผลิตไม้โตเร็ว (SFR) สำหรับใช้เป็นพลังงานชีวมวลในประเทศไทยยังใช้เทคโนโลยีการผลิตน้อยมาก การผลิตไม้โตเร็วส่วนใหญ่จะใช้แรงงานคนและทำเป็นอาชีพหลักน้อยมาก ซึ่งผู้บริโภค(สถานประกอบการ หรือโรงงานอุตสาหกรรม) จะรับซื้อไม้หรือชีวมวลแทบทุกชนิด โดยกำหนดราคาตามราคาตลาด และคุณภาพ (ความชื้น) จึงทำให้บางครั้งราคาเชื้อเพลิงชีวมวลผันแปร สำหรับการศึกษาเทคโนโลยี และขั้นตอนการผลิตไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นพลังงานชีวมวลในบทนี้ เน้นการศึกษาการจัดการห่วงโซ่อุปทาน อันประกอบไปด้วย

1) การเก็บเกี่ยว (Harvesting)

2) การรวบรวมและการลำเลียง (Collecting and Forwarding)

3) การเลาะกิ่ง (Processing)

4) การสับหรือย่อย (Chipping and chunking)

ซึ่งมีความจำเป็นต่อผู้ผลิต (เกษตรกร) และ ผู้บริโภค (สถานประกอบการ) ในกรณีที่มีการส่งเสริมการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นพลังงานชีวมวลอย่างเต็มรูปแบบ เพื่อนำมาซึ่งการผลิตไม้โตเร็วให้เพียงพอด้านปริมาณและมีคุณภาพตรงต่อความต้องการ โดยมีเป้าหมาย คือ การใช้ต้นทุนการเตรียมและการจัดหาเชื้อเพลิงที่เหมาะสม

1) การเก็บเกี่ยวไม้โตเร็ว (Short Rotation Forest harvesting)

วิธีการเก็บเกี่ยว หรือตัดไม้ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ การตัดด้วยเลื่อยโซ่ (Chainsaw) ซึ่งต่อมาในการทำสวนป่าเศรษฐกิจขนาดใหญ่ มีการนำเครื่องจักรเข้ามาใช้เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถตัดได้เร็วและปลอดภัยกว่าเครื่องจักรที่นำมาใช้เช่น Feller Buncher ทั้งนี้เครื่องจักรดังกล่าวเหมาะสมกับการทำสวนป่าเศรษฐกิจที่มีการผลิตไม้ขนาดใหญ่ เพื่อวัตถุประสงค์ในการทำเยื่อไม้หรือเฟอร์นิเจอร์ ดังนั้นจึงไม่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้ในการเกี่ยวเกี่ยวไม้โตเร็ว

จากการศึกษาและการสำรวจเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวไม้โตเร็วที่มีอายุสั้น ขนาดเล็ก พบว่ายังไม่มีเครื่องจักรที่เหมาะสมในปัจจุบันทั้งนี้การพัฒนาเครื่องจักรเฉพาะดังกล่าวนี้กำลังอยู่ในช่วงเริ่มต้น อย่างไรก็ดีจากการศึกษาพบว่า ผู้ประกอบการหรือวิศวกรผู้ผลิตเครื่องจักรนิยมดัดแปลงเครื่องเก็บเกี่ยวพืชเกษตร นำมาใช้สำหรับเก็บเกี่ยวไม้โตเร็ว ในกรณีในทวีปยุโรป นิยมปลูกพืช Willow Crop *(Salix alba*-L.*)* ซึ่งเป็นพืชล้มลุก (Small Shrub) โตเร็วสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงและ เยื่อกระดาษได้ดี การใช้เครื่องจักรในการเกี่ยวเก็บทำได้โดยทำการดัดแปลงเครื่องเก็บเกี่ยวหญ้ามาใช้เป็น Coppice Harvester สามารถเก็บเกี่ยว และย่อย Willow Crop ภายในตัวเอง

สำหรับเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวไม้โตเร็วในประเทศไทยพบว่า ยังไม่ได้ให้ความสำคัญมากนักไม่ว่าจะเป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร นักวิชาการ วิศวกรเครื่องจักรกลการเกษตร อาจเป็นเพราะการปลูกไม้โตเร็วเพื่อใช้เป็นพลังงานยังไม่แพร่หลายสามารถใช้แรงงานคนในการ เก็บเกี่ยวได้ จากการทดสอบเก็บเกี่ยวไม้กระถินยักษ์ขนาดเฉลี่ย 1.5 นิ้ว โดยใช้มีดพร้าตัดฟัน พบว่ากำลังการตัดไม้กระถินยักษ์เฉลี่ย 0.8-1.0 ตัน / แรงงานชาย 1 คน (อัตราค่าจ้าง 150 บาท/คน/วัน) ทั้งนี้ไม่รวมการขนไม้ขึ้นรถ ซึ่งโดยเฉลี่ยอัตราค่าจ้าง 50 บาท/ตัน

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณา ปัญหาการขาดแคลนแรงงานภาคเกษตรที่เกิดขึ้นในประเทศไทย ไม่ว่าจะเป็นการขาดแคลนแรงงานตัดอ้อย แรงงานขุดมันสำปะหลัง ทำให้จำเป็นที่จะต้องพัฒนา หรือนำเทคโนโลยีการเก็บเกี่ยวไม้โตเร็วมาใช้ อันเนื่องมาจากการใช้เครื่องจักรกลเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนเป็นที่ยอมรับว่าเครื่องจักรกลสามารถทำงานได้รวดเร็ว แก้ปัญหาการขาดแคลนแรงงาน การใช้แรงงานต่างด้าว และประหยัดกว่าอันเนื่องมีต้นทุนต่อหน่วยที่ต่ำ แต่อย่างไรก็ดีจำเป็นที่จะต้องศึกษาถึงผลกระทบของการใช้เครื่องจักรในการเกี่บเกี่ยว ซึ่งอาจมีผลต่อการเติบโตหมุนเวียน และผลผลิตชีวมวลไม้โตเร็ว เนื่องจากเครื่องจักรนั้นมีน้ำหนักมากมีผลต่อการบดอัดของดิน ซึ่งมีผลต่อระบบรากของไม้โตเร็ว ทั้งนี้เครื่องจักรที่เหมาะสมที่จะนำมาพัฒนามาเป็นเครื่องเก็บเกี่ยวไม้โตเร็วที่เหมาะสมกับประเทศไทย คือ รถตัดอ้อย (ชนิด Cut and chip) ซึ่งสามารถดัดแปลงหัวตัดให้เหมาะสมกับสมบัติและความแข็งของไม้โตเร็วได้ สามารถตัดและย่อยไม้โตเร็วขนาดเล็กลำเลียงใส่รถบรรทุกพร้อมส่ง ซึ่งในต่างประเทศมีการดัดแปลงรถตัดอ้อยมาใช้กับการเก็บเกี่ยวไม้โตเร็วกันบ้างแล้ว

ในกรณีที่การปลูกไม้โตเร็ว บางครั้งจำเป็นต้องขยายระยะเวลาการเก็บเกี่ยว อันเนื่องมาจากความคุ้มค่าทางด้านเศรษฐศาสตร์ การเก็บเกี่ยวไม้ขนาดใหญ่ไม่สามารถใช้เครื่องเก็บเกี่ยวแบบตัดสับ (cut and chip) ไม่ได้ ในกรณีนี้จำเป็นต้องใช้ เครื่องเก็บเกี่ยวชนิด feller buncher ซึ่งขั้นตอนการดำเนินการจะต้องมีการรวบรวมไม้ที่ถูกตัดทั่วพื้นที่ให้มารวมอยู่ที่จุดเดียวกัน เพื่อทำการขนถ่ายออกนอกพื้นที่ปลูก โดยใช้เครื่องจักร คือ forwarder หรือ skidder ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อจากนี้

2) การรวบรวมและขนถ่ายออกนอกพื้นที่ (Collecting)

การรวบรวมไม้ที่ถูกตัดทั่วพื้นที่ให้มารวมอยู่ที่จุดเดียวกันเพื่อทำการขนถ่ายออกนอกพื้นที่ปลูก สามารถใช้เครื่องต่อไปนี้ ได้ คือ

2.1) Forwarder เป็นเครื่องจักรที่นิยมใช้กันทั่วไปในการรวบรวม และลำเลียงไม้ออกนอกพื้นที่สามารถลำเลียงได้ทั้งไม้ซุง หรือเศษกิ่งไม้ที่ผ่านการริดเลาะกิ่งแล้ว (วิธีการเลาะกิ่งจะใช้เครื่อง Processor ซึ่งอธิบายในหัวข้อต่อไป)

2.2) Cable Haulers ใช้สำหรับการขนถ่ายไม้บริเวณพื้นที่ลาดชัน ชนิดของ Cable haulers

2.3) Skidder เป็นเครื่องจักรง่ายๆที่ใช้สำหรับลากจูงท่อนไม้หรือต้นไม้ที่กระจัดกระจายมากองรวมเพื่อรอการขนส่งหรือเพื่อใช้ในกระบวนการต่อๆไป โดยจะใช้ลากจูงเพียงด้านหนึ่งของท่อนหนึ่งจะทำให้อีกด้านหนึ่งถูกลากไปกับดิน ชนิดของ Cable haulers

3) การเลาะกิ่ง (Processing)

หลักจากทำการเก็บกี่ยวหรือตัดไม้เรียบร้อยโดยทั่วไปจะทำการการรวบรวมไม้ที่ถูกตัดทั่วพื้นที่ให้มารวมอยู่ที่จุดเดียวกัน เพื่อทำการขนถ่ายออกนอกพื้นที่ปลูก ซึ่งก่อนจะทำการลำเลียงออกนอกพื้นที่นิยมทำการเลาะกิ่งเพื่อจำแนกไม้ออกเป็นกลุ่ม คือ ท่อนซุง กิ่งไม้ เศษไม้ เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่างๆ จะใช้เครื่องเลาะกิ่ง ซึ่งจำแนกออกเป็นหลายประเภท เช่น 1) Bed processor เป็นเครื่องเลาะกิ่งก้านแบบจับ 2 จุด พ่วงกับ forwarder ซึ่งสามารถตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ ซึ่งสามารถควบคุมไม้ท่อนใหญ่ได้ดีกว่าแบบ 1 จุด 2) Grapple processor เป็นเครื่องเลาะกิ่งก้านแบบจับ 1 จุด พ่วงกับ forwarder สามารถเลาะได้รวดเร็วกว่าแบบ 2 จุด แต่ควบคุมไม้ท่อนใหญ่ได้ยาก 3) Tractor-mounted processor เป็นเครื่องเลาะกิ่งก้านแบบจับ 2 จุด พ่วงกับรถแทรคเตอร์ ซึ่งสามารถตัดให้ได้ขนาดตามต้องการได้ 4) Sliding boom processor: เป็นรถแบบ purpose-built ใช้สำหรับเลาะกิ่งก้าน ตัดในแนวขวาง

4) การสับ หรือการย่อยไม้ (Chipping and chunking)

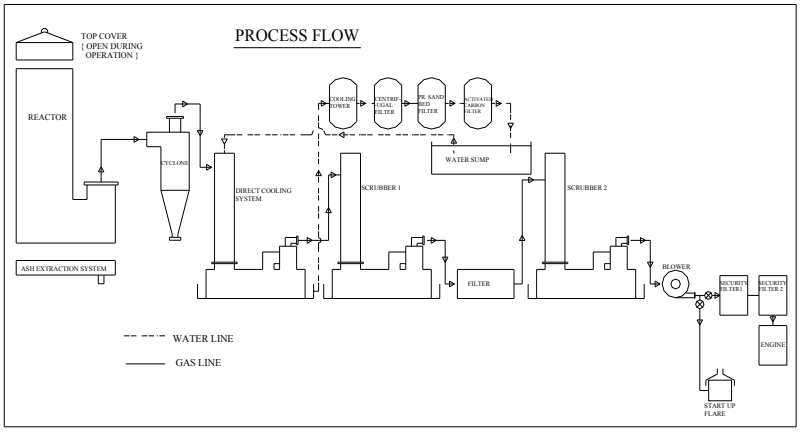
การสับหรือการย่อยไม้ให้เป็นชิ้นหรือก้อนตามขนาดต่างๆ ที่ต้องการโดยอาศัยเครื่องมือแบบต่างๆ เครื่องจักรในการย่อยไม้หรือชีวมวลอื่นๆ มีมากหมายหลายชนิด และเป็นที่ยอมรับถึงความสามารถในการแปรรูปชีวมวล ให้มีขนาดพร้อมใช้งาน โดยทั่วไปเครื่อง chip ไม้สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ On-site chipping กับ Centralize chipping ในปัจจุบันสับหรือย่อยผลิตไม้โตเร็วนิยมใช้ระบบ Centralize chipping มากกว่าอันเนื่องมาจากการลงทุนระบบ chip ไม้นั้นค่อนข้างสูงหากใช้ระบบ Centralize chipping ต้นทุนการ chip ไม้ต่อตัน มีแนวโน้มต่ำกว่า(ประมาณตันละ 190 บาท) อย่างไรก็ดี การใช้ระบบ On-site chipper อาจจะสามารถช่วยลดค่าขนส่งได้อันเนื่องมาจากไม้ที่ผ่านการ chip แล้วปริมาตรบรรทุกจะมากกว่าไม้เป็นท่อน ทั้งนี้ทั้งนั้นจำเป็นต้องพิจารณาต้นทุนกระบวนการเตรียมเชื้อเพลิงชีวมวลทั้งระบบ

2.6.6 เทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว (SRF)

การประเมินเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมและสอดคล้องกับไม้โตเร็ว (SRF) จะมีขนาดของโรงไฟฟ้าอยู่ในช่วง 600-2,000 kW ซึ่งถือว่าเป็นโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก โดยระบบการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลที่เหมาะสมกับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กดังกล่าว คือ เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่สามารถรองรับการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กอยู่ในช่วง 1-2,000 kW ส่วนเทคโนโลยีการเผาไหม้โดยตรง จะเหมาะสมกับโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดตั้งแต่ 5 MW ขึ้นไปหลักการของเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่น คือ อาศัยปฏิกิริยาอุณหเคมี ที่ทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงชีวมวลที่เป็นของแข็งไปเป็นแก๊สเชื้อเพลิงที่มีองค์ประกอบ คือ แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) 18-22% แก๊สไฮโดรเจน (H_2) 18-20% และ แก๊สมีเทน (CH_4) 1-2% มีค่าความร้อนเฉลี่ย 4.5-5.5 เมกะจูลต่อลูกบาศ์เมตร สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันปิโตรเลียมหรือแก๊สธรรมชาติได้โดยแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทำความสะอาดยางเหนียวและฝุ่น (Tar and dust) และลดอุณหภูมิแล้ว จะสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในที่เป็นต้นกำลังผลิตกระแสไฟฟ้าได้

จากข้อดีของเทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงหรือแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification) ดังกล่าวทำให้พลังงานที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนสะดวก ลดปัญหาด้านมลพิษสิ่งแวดล้อม มีการลงทุนด้านระบบบำบัดมลพิษน้อยกว่าเมื่อเทียบกับเทคโนโลยีการเผาไหม้ตรง จึงถูกยอมรับว่าเป็นเทคโนโลยีที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยข้อมูลเทคโนโลยีที่จะนำเสนอในงานวิจัยนี้ คือ เทคโนโลยี Biomass Gasification ชนิด Open Top Downdraft Gasification ผลิตโดย SATAKE CORPORATION Co.,Ltd., Japan ซึ่งมีโรงงานต้นแบบขนาด 100 kW อยู่ที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา เป็นกรณีศึกษา

ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวล “สุรนารี” มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ 1) ระบบเตาผลิตแก๊สชีวมวล 2) ระบบทำความสะอาดแก๊ส 3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า โดยส่วนประกอบที่สำคัญและการจัดวางระบบ แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.3** และส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารี ดังแสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4**



รูปที่ 2.3 แผนผังส่วนประกอบที่สำคัญของต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

1) เตาผลิตแก๊สชีวมวล

เตาผลิตแก๊สชีวมวลเป็นชนิด Open Top Downdraft Gasifier ภายนอกทำจากวัสดุโลหะม้วนกลมภายในบุด้วยฉนวนกันความร้อนทำจากวัสดุทนความร้อนทำหน้าที่เก็บรักษาอุณหภูมิที่ได้จากการเผาไหม้และลดการสูญเสียความร้อน ด้านบนของเตาประกอบด้วย Hopper Feeder รับเชื้อเพลิงชีวมวล และฝาปิดที่ Seal ด้วยน้ำทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้อากาศเข้าเตาขณะ Shut down ระบบ ด้านข้างของเตาจะมีทางเข้าของอากาศหลายส่วนเพื่อป้อนอากาศและควบคุมอากาศเข้าสู่เตาสำหรับใช้ในการเผาไหม้ ด้านล่างของเตามีระบบเกลียวลำเลียงขี้เถ้าที่ได้จากการเผาไหม้ออกจากเตาสามารถควบคุมระยะเวลาการลำเลียงขี้เถ้าออกได้ แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ก)**

2) ระบบทำความสะอาดแก๊ส

1) Cyclone Collector

เป็นอุปกรณ์แยกฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส ใช้หลักการดักฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์ถ่วงทำให้เกิดแก๊สหมุนวน (Vortex) จากนั้นฝุ่นหรืออนุภาคจะตกลงสู่ด้านล่างของ Cyclone Collector ส่วนแก๊สจะหมุนวนอยู่ด้านบนแล้วไหลตามท่อไปสู่ระบบ Water Scrubber และ Chiller Scrubber ซึ่งเป็นส่วนประกอบ แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ข**)

2) Water Scrubber and Chiller Scrubber

เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นหรืออนุภาคออกจากแก๊ส โดยใช้ละอองน้ำ ส่วน Chiller Scrubber เป็นอุปกรณ์ดักยางเหนียวและฝุ่นโดยใช้น้ำเย็นซึ่งไอระเหยของยางเหนียวจะ Condense ลงมา พร้อมกับน้ำลงไปสู่ระบบบำบัดน้ำเสีย ลักษณะของ Water Scrubber และ Chiller Scrubber แสดงไว้ใน**รูปที่ 2.4 (ค)**

3) ระบบบำบัดน้ำเสีย (Closed-loop wastewater treatment)

ระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เป็นระบบปิด โดยจะหมุนเวียนน้ำที่มาจาก Scrubber แล้วบำบัดโดยใช้วิธีทางเคมี (Chemical Treatment) โดยใช้หลักการโคแอกูเลชั่น (Coagulation) ซึ่งใช้สารเร่งการรวมตัวตะกอน(Coagulant) คือ PAC (Polymer Aluminum Chloride) ร่วมกับสารเคมีที่ช่วยในกระบวนการเพื่อให้อนุภาคของตะกอนมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น ระบบบำบัดน้ำเสียมีส่วนประกอบคือ

- **Flocculation Tank** ทำหน้าที่เป็นถังบำบัดน้ำที่ผ่าน Water Scrubber และ Chiller Scrubber เนื่องจากน้ำที่นำไปใช้จะทำหน้าที่ดักฝุ่นหรือยางเหนียวออกจากแก๊สจะไหลลงสู่ถัง จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปยัง Flocculation Tank และบำบัดโดยวิธีทางเคมี (Chemical Treatment) ทำให้ฝุ่นหรืออนุภาคจับตัวกันเป็นก้อนเรียกว่าตะกอน ตะกอนเกิดขึ้นสามารถนำไปตากแห้งแล้วนำกลับมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อีกครั้ง สำหรับน้ำส่วนใสจะนำกลับไปใช้หมุนเวียนในระบบต่อไป แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ง)**

- **Buffer Tank** เป็นถังเก็บน้ำ / พักน้ำเสีย โดยน้ำเสียที่มาจาก Water Scrubber และ Chiller Scrubber จะถูกดึงกลับมาที่ถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank A) และจะถูกดึงไปบำบัดในFlocculation Tank และผ่านการบำบัดขั้นที่ 2 โดยการกรองด้วยถ่านคาร์บอน (Active Carbon) ก่อนจะรวบรวมกลับมายัง (Water Tank B) เพื่อนำกลับไปใช้กับระบบทำความสะอาดแก๊สต่อไป สำหรับน้ำเสียส่วนที่ตกตะกอน จะบำบัดโดยผ่านตะแกรง (Screen) แล้วรวบรวมไปเก็บไว้ในถังรวบรวมน้ำเสีย (Water Tank C) เพื่อนำกลับไปบำบัดอีกครั้ง ลักษณะของ Buffer Tank ดังแสดงไว้ใน**รูปที่ 2.4 (จ)**

4) Biomass Filter Unit

ทำหน้าที่ดักความชื้น ฝุ่นและอนุภาคอื่นๆ โดยใช้ไม้ที่สับแล้วขนาดเล็กเป็นตัวดูดซับ เนื่องจากแก๊สเชื้อเพลิงที่ถูกทำความสะอาดจากระบบ Scrubber นั้นยังมีความชื้นสูง และมีละอองไอของน้ำมันดินเหลืออยู่ หน่วยบำบัดนี้จะช่วยยืดอายุการใช้งานของถุงกรองใน Bag Filter Unit ได้ ลักษณะของ Biomass Filter Unit แสดงไว้ใน**รูปที่ 2.4 (ฉ)**

5) Bag Filter Unit

ทำหน้าที่ดักฝุ่นหรืออนุภาค และความชื้นครั้งสุดท้ายหลังจากผ่านกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยฝุ่นหรืออนุภาคที่ผ่านเข้ามาจะถูกจับไว้รวมกันเป็นแผ่นของฝุ่นหรืออนุภาคที่ผิวหน้าของถุงกรองซึ่งสามารถกรองอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากถึง 0.1 มิลลิเมตร เพื่อให้ได้แก๊สที่สะอาดสามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ช)**

3) ระบบผลิตกระแสไฟฟ้า

1) Start Up Flare

ทำหน้าที่ทดสอบการลุกไหม้ของแก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้(Producer Gas) และระบายแก๊สออกจากระบบกรณีฉุกเฉิน Start Up Flare จะติดตั้งไว้ในระบบก่อนทางเข้าเครื่องยนต์ แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ซ)**

2) Engine-generator Set

เป็นชุดเครื่องยนต์ใช้เชื้อเพลิงแก๊สที่ได้มาจากการเผาไหม้ภายในเตาผลิตแก๊สชีวมวลแล้วผ่านกระบวนการต่างๆเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการเป็นเชื้อเพลิง แล้วนำกำลังที่ได้จากเครื่องยนต์ไปขับ Generator เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าออกมา ต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กนี้ Gas-engine generator Set แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ฌ)**

3) Control System

ประกอบไปด้วยตู้ควบคุมการทำงานของเตาผลิตแก๊สชีวมวล (Biomass Power Plant Control) แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ญ)** และตู้ควบคุมแก๊สชีวมวล (Biomass Gas Control) แสดงไว้ใน **รูปที่ 2.4 (ฎ)**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ก. เตาผลิตแก๊สชีวมวล

ข. Cyclone Collector

ค. Water Scrubber and Chiller Scrubber

ง. Flocculation Tank

จ. Buffer Tank

ฉ. Biomass Filter Unit

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ

ช. Bag Filter Unit

ซ. Start Up Flare

ฌ. Engine-generator Set

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ (ต่อ)

ญ. Biomass Power Plant Control

ฎ. Biomass Gas Control

รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบสำคัญต่างๆ ของโรงไฟฟ้าชีวมวลสุรนารีฯ (ต่อ)

2.6.7 การศึกษาต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากไม้โตเร็ว (SRF)

1. สมมติฐานโครงการ

ต้นทุนในการก่อสร้างโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก โดยเป็นโครงการที่มีกำลังการผลิตขนาด 1,200 kW (เงินลงทุนประมาณ 70 ล้านบาท) มีผลพลอยได้เสริมจากการขายถ่าน และการขาย CERs (โครงการ CDM) ณ ราคาการรับซื้อวัตถุดิบ 400 บาทต่อตัน โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) <u>งบประมาณรายได้</u>

- กำลังการผลิตทั้งสิ้น 335 วัน (จำนวนวันที่ทำการบำรุงรักษาเครื่องจักร 30 วัน) โดยทำการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน (On peak 13 ชั่วโมงต่อวัน และ Off peak 11 ชั่วโมงต่อวัน) คิดเป็นจำนวน 8,040 ชั่วโมงต่อปี

- ราคาจำหน่ายไฟฟ้า อัตรา On peak หน่วยละ 2.9278 บาท Off peak หน่วยละ 1.1154 บาท โดยกำหนดค่า Ft. ที่ 0.6632 บาท และอัตรา Feed-in Tariff เท่ากับ 0.50 บาทต่อหน่วย ราคาจำหน่ายดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นในอัตราร้อยละ 2 ต่อปี โดยการรับชำระค่าไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคนั้น จะชำระเป็นเงินสดในเดือนถัดไปทั้งจำนวน

- การผลิตมีผลิตภัณฑ์พลอยได้ คือ ถ่านหุงต้ม ซึ่งมีอัตราการเกิด 0.12 กิโลกรัมต่อหน่วยไฟฟ้า โดยสามารถจำหน่ายได้ในราคากิโลกรัมละ 7 บาท และคาดว่าราคาจะสูงขึ้นร้อยละ 1 ต่อปี ทั้งนี้ การรับชำระเงินจากผู้ซื้อกำหนดให้ชำระเป็นเงินสดในเดือนที่ขายร้อยละ 50 ของยอดขาย และเดือนถัดไป ร้อยละ 50 ของยอดขาย

- คาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดได้จากกระบวนการผลิตเกิดขึ้นในอัตรา 0.51 ตันต่อ 1,000 หน่วยไฟฟ้า โดยสามารถขอรับคืนได้ในอัตรา 10 EUR ต่อตัน กำหนดอัตราแลกเปลี่ยนที่ 48 บาทต่อ EUR และคาดว่าอัตราผลตอบแทนจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 1 ต่อปี ทั้งนี้การรับชำระเงินจะชำระเป็นเงินสดในเดือนที่ขายร้อยละ 50 ของผลตอบแทน และเดือนถัดไปร้อยละ 50 ของผลตอบแทน

2) <u>งบประมาณวัตถุดิบ</u>

- ในกระบวนการผลิตใช้วัตถุดิบ (ไม้) 2 ตันต่อชั่วโมง วัตถุดิบดังกล่าวจัดซื้อได้ในราคาตันละ 400 บาท

- วัตถุดิบมีค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บ 200 บาทต่อตัน ค่าใช้จ่ายในการเคลื่อนย้าย 50 บาทต่อตัน และค่าใช้จ่ายในการเตรียมวัตถุดิบ (สับ) 200 บาทต่อตัน การจัดซื้อดังกล่าวกำหนดการชำระเงินภายใน 15 วัน ทั้งนี้มีการสำรองวัตถุดิบไว้เพื่อการผลิต 30 วัน

3) <u>งบประมาณค่าใช้จ่ายในการผลิต</u>

- ค่าแรงงานทางอ้อม 200,000 บาทต่อปี

- ค่าไฟฟ้า 777 บาทต่อชั่วโมงการผลิต

(ทั้งโรงงานต้องการกำลังไฟฟ้าในการเดินระบบประมาณ 200 kW)

- ค่าน้ำประปาใช้ 0.64 หน่วยต่อชั่วโมงการผลิต และมีอัตราค่าน้ำ 25 บาทต่อหน่วย

- ค่าวิเคราะห์คุณภาพ 50,000 บาทต่อปี

- ค่าวัสดุสิ้นเปลือง 30,000 บาทต่อปี

4) งบประมาณค่าแรงงาน ค่าใช้จ่ายในการขายและบริการ

ลำดับ	รายการ	อัตรากำลัง		อัตราเงินเดือน	รวมโรงไฟฟ้า	รวมสำนักงาน	เดือนที่เริ่มการจ้าง
		โรงไฟฟ้า	สำนักงาน				
1	ผู้จัดการโรงงาน	1		25,000	25,000	-	4
2	วิศวกรโรงงาน	1		22,000	22,000	-	4
3	หัวหน้าฝ่ายบัญชี		1	15,000	-	15,000	4
4	บัญชี/ธุรการ/จัดซื้อ		1	10,000	-	10,000	4
5	ช่างเทคนิค	2		15,000	30,000	-	4
6	เจ้าหน้าที่ Operator	2		8,000	16,000	-	4
					93,000	25,000	

- ทั้งนี้กำหนดการขึ้นเงินเดือนของพนักงานในฝ่ายผลิต อัตราร้อยละ 1 ต่อปี และมีสวัสดิการให้ในอัตราร้อยละ 0.5 ของเงินเดือน

- ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้อง คิดเป็นสัดส่วนต่อรายได้รวม ได้แก่ ค่าสาธารณูปโภค ร้อยละ 0.2 ค่าวัสดุสิ้นเปลืองร้อยละ 0.12 ค่าซ่อมแซมและอะไหล่ร้อยละ 1 ค่าใช้จ่ายเดินทางและค่าขนส่งร้อยละ 0.3 ค่าส่งเสริมการขาย/คอมมิชชั่นร้อยละ 0.3 และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ร้อยละ 0.2 เมื่อนำรายละเอียดมาจัดทำงบประมาณค่าใช้จ่ายในการขายและบริหาร

5) สินทรัพย์และค่าเสื่อมราคา

รายการ	จำนวนการใช้งาน		ราคาต่อหน่วย	รวม	ระยะเวลาการใช้งาน (ปี)	พร้อมใช้งาน (เดือน)
	โรงงาน	สำนักงาน				
เงินทุนหมุนเวียน				2,000,000		
สินทรัพย์ลงทุน						
อาคารโรงไฟฟ้า	1		4,000,000	4,000,000	20	4
เครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้า	1		36,000,000	36,000,000	20	4
เครื่องยนต์ Gas Engine	1		20,000,000	20,000,000	20	4
อุปกรณ์เชื่อมต่อไฟฟ้าเข้าระบบ (GRID)	1		2,177,000	2,177,000	20	4
เครื่องใช้สำนักงาน		1	500,000	500,000	5	4
สินทรัพย์อื่น ๆ (PDD Registration)		1	2,000,000	2,000,000	10	4
เครื่องอบแห้ง	1		2,000,000	2,000,000	10	4
เครื่องสับไม้	2		500,000	1,000,000	10	4
				69,677,000		

6) เงินกู้และเงินสดสำรองขั้นต่ำ

- เป็นการกู้ยืมระยะยาวจำนวน 20,926,100 บาท (ร้อยละ 30 ของเงินลงทุนทั้งหมด) ระยะเวลาการกู้ 7 ปี โดยมีระยะเวลาผ่อนชำระดอกเบี้ย 12 เดือน ทั้งนี้อัตราดอกเบี้ย MLR = 6.25%, MOR = 6.50%

- กำหนดการสำรองเงินสดขั้นต่ำไว้จำนวน 2,000,000 บาท

2. ผลการวิเคราะห์ทางการเงิน

จากการวิเคราะห์ทางการเงินของโครงการโดยอ้างอิงตามข้อสมมติฐานข้างต้น สรุปได้ว่าต้นทุนรวมในการผลิตกระแสไฟฟ้ามีค่า 2.63 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยมาจาก ต้นทุนในการผลิต ต้นทุนจากการบริหารโครงการ และต้นทุนจากการเสียค่าดอกเบี้ยในการกู้ยืมเงินลงทุน (เงินกู้ 30% ของเงินลงทุน) ทั้งนี้โครงการจะมีรายได้จากการจำหน่ายกระแสไฟฟ้า การขายถ่าน การขาย CERs และได้รับเงินสนับสนุนจากรัฐบาล (adder = 0.294 บาท/หน่วย) เป็นรายได้รวม 4.98 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้

ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางการเงินสามารถสรุปได้ คือ มีผลตอบแทนภายในทางการเงินจากโครงการลงทุน (Financial Internal Rate of Return: FIRR) ร้อยละ 16.37 และกระแสเงินสดสุทธิจากการลงทุน (Net Present Value: NPV) = 144.14 ล้านบาท มีระยะเวลาการคืนทุน (Payback Period: PP) 7.47 ปี เมื่อเทียบกับระยะเวลาของโครงการ 30 ปี ต้นทุนเงินลงทุน (WACC) ร้อยละ 8.23 เท่านั้น และเมื่อทำการศึกษาความอ่อนไหว (sensibility analysis) โดยสมมติค่าการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่มีผลต่อโครงการฯ ในกรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ไม่ดีมากที่สุด (Worst Case) บนข้อสมมุติฐานที่โครงการสามารถขายถ่านและ CERs ได้ โดยกำหนดให้ราคารับซื้อวัตถุดิบมีค่าผันแปรไปจากที่สามารถรับซื้อได้ในราคา 400 บาทต่อตัน เป็น 600, 800, 1000 และ 1,200 บาทต่อตันวัตถุดิบ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.7** จากผลการเปลี่ยนแปลงจะเห็นได้ว่าต้นทุนรวมในการผลิตเพิ่มขึ้นจาก 2.64 บาท/kWh เป็น 2.97-3.97 บาท/kWh ตามราคาวัตถุดิบที่เพิ่มขึ้น ทำให้โครงการมีระยะเวลาการคืนทุนเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย เป็น 8.65–14.91 ปี ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อราคาวัตถุดิบเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 800 บาทต่อตัน เป็นต้นไป โครงการเริ่มที่จะไม่เหมาะสมแก่การลงทุนโดยพิจารณาจากระยะเวลาการคืนทุนที่มากกว่า 10 ปี และมีค่า FIRR ลดลงตั้งแต่ร้อยละ 11.91 จนถึงไม่สามารถที่จะประเมินค่าได้

ทั้งนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ถ้าหากโครงการไม่สามารถขาย CERs ได้และไม่สามารถขายทั้ง CERs และไม่สามารถขายถ่านได้ ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.8** และ**ตารางที่ 2.9** โดยในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ไม่ดีมากที่สุด(Worst Case) คือ ไม่สามารถขายได้ทั้งCERs และถ่าน ที่ราคารับซื้อวัตถุดิบในการผลิตสูงกว่า 1,000 บาทต่อตัน เป็นต้นไป จะทำให้โครงการไม่สามารถมีความเป็นไปได้ในการลงทุนหรือดำเนินโครงการเลย เนื่องจากจะไม่สามารถคืนทุนได้ตลอดระยะเวลาของโครงการ 30 ปี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.7 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้อัตราการสนับสนุน (Adder = 0.50 บาท) คงที่ และสามารถขายถ่าน และ CERs ได้

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.64**	**2.97**	**3.30**	**3.63**	**3.97**
ต้นทุนการผลิต (บาท/หน่วย)	2.46	2.79	3.13	3.46	3.79
ต้นทุนบริหาร (บาท/หน่วย)	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
ดอกเบี้ยเงินกู้ (บาท/หน่วย)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**5.26**	**5.26**	**5.26**	**5.26**	**5.26**
ราคาไฟฟ้าจำหน่าย (บาท/หน่วย)	4.01	4.01	4.01	4.01	4.01
ราคาถ่าน (by product) (บ./หน่วย)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
ราคา CERs (บาท/หน่วย)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.50**	**0.50**	**0.50**	**0.50**	**0.50**
Project FIRR	16.37%	14.11%	11.91%	9.77%	7.63%
Project NPV (ล้านบาท)	144.14	123.20	102.27	81.40	60.33
Payback Period (ปี)	7.47	8.65	10.17	12.17	14.91
WACC	8.23%	8.23%	8.23%	8.23%	8.23%

ตารางที่ 2.8 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้อัตราการสนับสนุน (Adder = 0.50 บาท) คงที่ และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.63**	**2.96**	**3.29**	**3.62**	**3.95**
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**4.98**	**4.98**	**4.98**	**4.98**	**4.98**
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.50**	**0.50**	**0.50**	**0.50**	**0.50**
Project FIRR	14.96%	12.67%	10.46%	8.27%	5.99%
Project NPV (ล้านบาท)	128.38	107.33	86.33	65.25	43.94
Payback Period (ปี)	8.19	9.61	11.48	14.01	17.77
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

ตารางที่ 2.9 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้อัตราการสนับสนุน (Adder = 0.50 บาท) คงที่ และไม่สามารถขายถ่าน และ CERs ได้

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.61**	**2.94**	**3.27**	**3.60**	**3.93**
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**4.01**	**4.01**	**4.01**	**4.01**	**4.01**
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.50**	**0.50**	**0.50**	**0.50**	**0.50**
Project FIRR	9.05%	6.74%	4.11%	-	-
Project NPV (ล้านบาท)	72.46	51.11	29.26	8.58	1.85
Payback Period (ปี)	12.81	16.05	21.03	-	-
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

3. การเสนออัตรารับซื้อค่าไฟฟ้า

1) กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของราคารับซื้อวัตถุดิบในช่วงราคา 400-1,200 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ โดยมีอัตราการสนับสนุนการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลจากรัฐบาลที่ 0.50 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิตได้ พบว่าต้นทุนการผลิตมีค่าอยู่ในช่วง 2.61-3.97 บาท/kWh ซึ่งสามารถขายไฟฟ้าได้ในราคา 4.01 – 5.26 บาท/kWh โดยจะทำให้โครงการสามารถคืนทุนได้ภายในปีที่ 7.47 จนถึงไม่สามารถที่จะคืนทุนได้ ซึ่งระยะเวลาในการคืนทุนดังกล่าวยังไม่สามารถทำให้เกิดแรงจูงใจในการลงทุนจากผู้ประกอบการดังนั้น ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการเสนออัตราการสนับสนุนใหม่ เพื่อให้โครงการน่าลงทุนและให้ผลตอบแทนที่คุ้มต่อการลงทุน โดยกำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนไม่ถึง 1 ใน 4 ของระยะเวลาโครงการ กล่าวคือ กำหนดให้มีการเพิ่มอัตราการสนับสนุนเพื่อให้โครงการมีระยะเวลาคืนทุน 7 ปี ในทุก ๆ ความเป็นไปได้ของโครงการจากที่ได้นำเสนอในข้างต้น คือ มีการขายผลพลอยได้(ถ่าน) หรือ มีการดำเนินโครงการ CDM จากความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลทดแทนจากการผลิตโดยใช้เชื้อเพลิงฟอสซิล ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.10** - **ตารางที่ 2.11**

ในกรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีมากที่สุด (Best Case) บนข้อสมมุติฐานที่โครงการสามารถขายถ่านและ CERs ได้ พบว่าเพื่อให้โครงการสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 7 ปี ต้องให้อัตราการสนับสนุนเท่ากับ 0.66 - 1.98 บาท/kWh ซึ่งจะทำให้ราคาขายกระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเป็น 5.48 - 7.26 บาท/kWh จากต้นทุนการผลิต 2.64 – 4.01 บาท/kWh สำหรับต้นทุนการรับซื้อวัตถุดิบ 400 - 1,200 บาทต่อตัน โดยจะทำให้โครงการมีผลตอบแทนภายในทางการเงิน (FIRR) 17.55%-17.99% สำหรับในกรณีที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ไม่ดีมากที่สุด (Worst Case) คือ ไม่มีการขายถ่าน หรือ CERs เกิดขึ้นในโครงการ พบว่าเงินสนับสนุนต้องเพิ่มสูงขึ้นเป็น 1.67 – 3.00 บาท/kWh เพื่อให้โครงการสามารถคืนทุนได้ภายในระยะเวลา 7 ปี ทั้งนี้ จากการเพิ่มขึ้นของราคารับซื้อวัตถุดิบในทุก ๆ 200 บาทต่อตัน พบว่าต้องเพิ่มอัตราการสนับสนุนประมาณ 0.45 บาท/kWh ต่อการเพิ่มขึ้นของราคาวัตถุดิบ

ตารางที่ 2.10 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน และ CERs ได้

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.64**	**2.98**	**3.33**	**3.67**	**4.01**
ต้นทุนการผลิต (บาท/หน่วย)	2.46	2.79	3.13	3.46	3.79
ต้นทุนบริหาร (บาท/หน่วย)	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20
ดอกเบี้ยเงินกู้ (บาท/หน่วย)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**5.48**	**5.92**	**6.37**	**6.81**	**7.26**
ราคาไฟฟ้าจำหน่าย (บาท/หน่วย)	4.22	4.67	5.11	5.56	6.00
ราคาถ่าน (by product) (บ./หน่วย)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
ราคา CERs (บาท/หน่วย)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.66**	**0.99**	**1.32**	**1.65**	**1.98**
Project FIRR	17.55%	17.67%	17.78%	17.88%	17.99%
Project NPV (ล้านบาท)	155.86	159.11	162.36	165.61	168.86
Payback Period (ปี)	7.00	7.00	7.01	7.01	7.01
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

ตารางที่ 2.11 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.64**	**2.98**	**3.32**	**3.66**	**4.00**
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**5.46**	**5.91**	**6.35**	**6.80**	**7.24**
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.86**	**1.19**	**1.52**	**1.85**	**2.18**
Project FIRR	17.67%	17.78%	17.90%	18.00%	18.11%
Project NPV (ล้านบาท)	154.93	158.21	161.49	164.77	168.06
Payback Period (ปี)	7.00	7.01	7.01	7.01	7.02
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

ตารางที่ 2.12 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้ระยะเวลาคืนทุนคงที่ 7 ปี (เพิ่ม Adder) และไม่สามารถขายถ่าน และ CERs ได้

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.64**	**2.98**	**3.32**	**3.66**	**4.00**
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**5.59**	**6.03**	**6.48**	**6.92**	**7.38**
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**1.67**	**2.00**	**2.33**	**2.66**	**3.00**
Project FIRR	17.81%	17.92%	18.03%	18.13%	18.30%
Project NPV (ล้านบาท)	158.72	162.00	165.28	168.56	172.58
Payback Period (ปี)	7.01	7.01	7.02	7.02	7.00
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

2) กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงิน (FIRR) คงที่ ร้อยละ 15

นอกจากนี้ทางคณะผู้วิจัยได้เสนอรูปแบบอัตราสนับสนุนสำหรับโครงการการผลิตไฟฟ้าด้วยโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กโดยกำหนดให้โครงการมีผลตอบแทนภายในทางการเงิน(FIRR) คงที่ร้อยละ 15 สำหรับในทุกๆ ความเป็นไปได้ซึ่งในกรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีมากที่สุด (Best Case) บนข้อสมมุติฐานที่ โครงการสามารถขายถ่านและ CERs ได้ พบว่าต้องให้อัตราการสนับสนุน 0.50-1.55 บาท/kWh สำหรับต้นทุนในการรับซื้อวัตถุดิบ 400-1,200 บาท/ตัน และเพื่อให้สามารถดำเนินโครงการได้ แม้ไม่มีรายได้เพิ่มจากการขาย CERs และถ่าน พบว่าในกรณีที่มีราคาวัตถุดิบเพิ่มขึ้นจาก 400 บาท/ตัน สูงขึ้นเป็น 600-1,200 บาท/ตัน ต้องเพิ่มอัตราการสนับสนุน 1.29-2.52 บาท/kWh ดังแสดงใน**ตารางที่ 2.13** - **ตารางที่ 2.15**

ตารางที่ 2.13 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงินคงที (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน และ CERs ได้

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.64**	**2.97**	**3.32**	**3.66**	**4.00**
ต้นทุนการผลิต (บาท/หน่วย)	2.46	2.79	3.13	3.46	3.79
ต้นทุนบริหาร (บาท/หน่วย)	0.16	0.16	0.17	0.18	0.19
ดอกเบี้ยเงินกู้ (บาท/หน่วย)	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**5.26**	**5.44**	**5.84**	**6.26**	**6.68**
ราคาไฟฟ้าจำหน่าย (บาท/หน่วย)	4.01	4.18	4.59	5.01	5.42
ราคาถ่าน (by product) (บ./หน่วย)	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
ราคา CERs (บาท/หน่วย)	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.50**	**0.63**	**0.93**	**1.24**	**1.55**
Project FIRR	16.37%	15.06%	15.00%	15.02%	15.03%
Project NPV (ล้านบาท)	144.14	132.73	133.77	135.56	137.34
Payback Period (ปี)	7.47	8.14	8.24	8.29	8.34
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

ตารางที่ 2.14 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงินคงที่ (เพิ่ม Adder) และสามารถขายถ่าน แต่ไม่มีรายได้จากโครงการ CDM

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.63**	**2.97**	**3.31**	**3.65**	**3.99**
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**4.99**	**5.41**	**5.81**	**6.23**	**6.65**
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.51**	**0.82**	**1.12**	**1.43**	**1.74**
Project FIRR	15.04%	15.05%	15.00%	15.02%	15.03%
Project NPV (ล้านบาท)	129.12	130.93	132.00	133.81	135.62
Payback Period (ปี)	8.15	8.21	8.30	8.36	8.41
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

ตารางที่ 2.15 แสดงผลการวิเคราะห์ทางการเงินกรณี กำหนดให้มีผลตอบแทนภายในทางการเงินคงที่ (เพิ่ม Adder) และไม่สามารถขายถ่าน และ CERs ได้

รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)				
	400	600	800	1,000	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**2.63**	**2.97**	**3.31**	**3.65**	**3.99**
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**5.07**	**5.49**	**5.91**	**6.33**	**6.73**
การวิเคราะห์ทางการเงิน	400	600	800	1,000	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**1.29**	**1.60**	**1.91**	**2.22**	**2.52**
Project FIRR	15.01%	15.03%	15.05%	15.06%	15.02%
Project NPV (ล้านบาท)	130.70	132.50	134.31	136.12	137.21
Payback Period (ปี)	8.25	8.31	8.36	8.42	8.51
WACC	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%	8.26%

4. ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ

ทั้งนี้ยังมีการศึกษาความเป็นไปได้อีกรูปแบบหนึ่งที่เรียกว่าการศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจหรือการวิเคราะห์ทางเศรษฐกิจ (Economic analysis) โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าอัตราผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Internal Rate of Return: EIRR) ประกอบการตัดสินใจเพื่อแสดงให้เห็นว่า โครงการที่กำลังพิจารณาอยู่นั้นจะให้ผลตอบแทนต่อระบบเศรษฐกิจส่วนรวมของประเทศหรือไม่เพียงใด โดยทำการปรับค่าจากราคาตลาดเพื่อให้สะท้อนถึงมูลค่าที่แท้จริงที่เรียกว่าราคาเงา (shadow price) หรือราคาในทางบัญชี (accounting price) ซึ่งจากที่ได้ทำการทดสอบในกรณีเกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ไม่ดีมากที่สุด คือ ไม่มีการขายถ่าน หรือ CERs เกิดขึ้นในโครงการมีอัตราการให้เงินสนับสนุนที่ 0.50 บาท/kWh และมีราคารับซื้อวัตถุดิบที่ 1,200 บาทต่อตัน พบว่าจะมีผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ร้อยละ 30.17 ซึ่งเป็นผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ที่สูง กระแสเงินสดสุทธิทางเศรษฐศาสตร์มีค่าเป็นบวกที่ 212.44 ล้านบาท และระยะเวลาคืนทุนเพียง 3.60 ปี วิเคราะห์ได้ว่าหากมีสถานการณ์ต่าง ๆ ในทางที่ไม่ดี โครงการนี้ยังคงน่าลงทุนและให้ผลตอบแทนที่คุ้มต่อการลงทุนทางเศรษฐศาสตร์เป็นอย่างยิ่ง ดังแสดงรายละเอียดให้เห็นใน**ตารางที่ 2.16**

ตารางที่ 2.16 แสดงผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

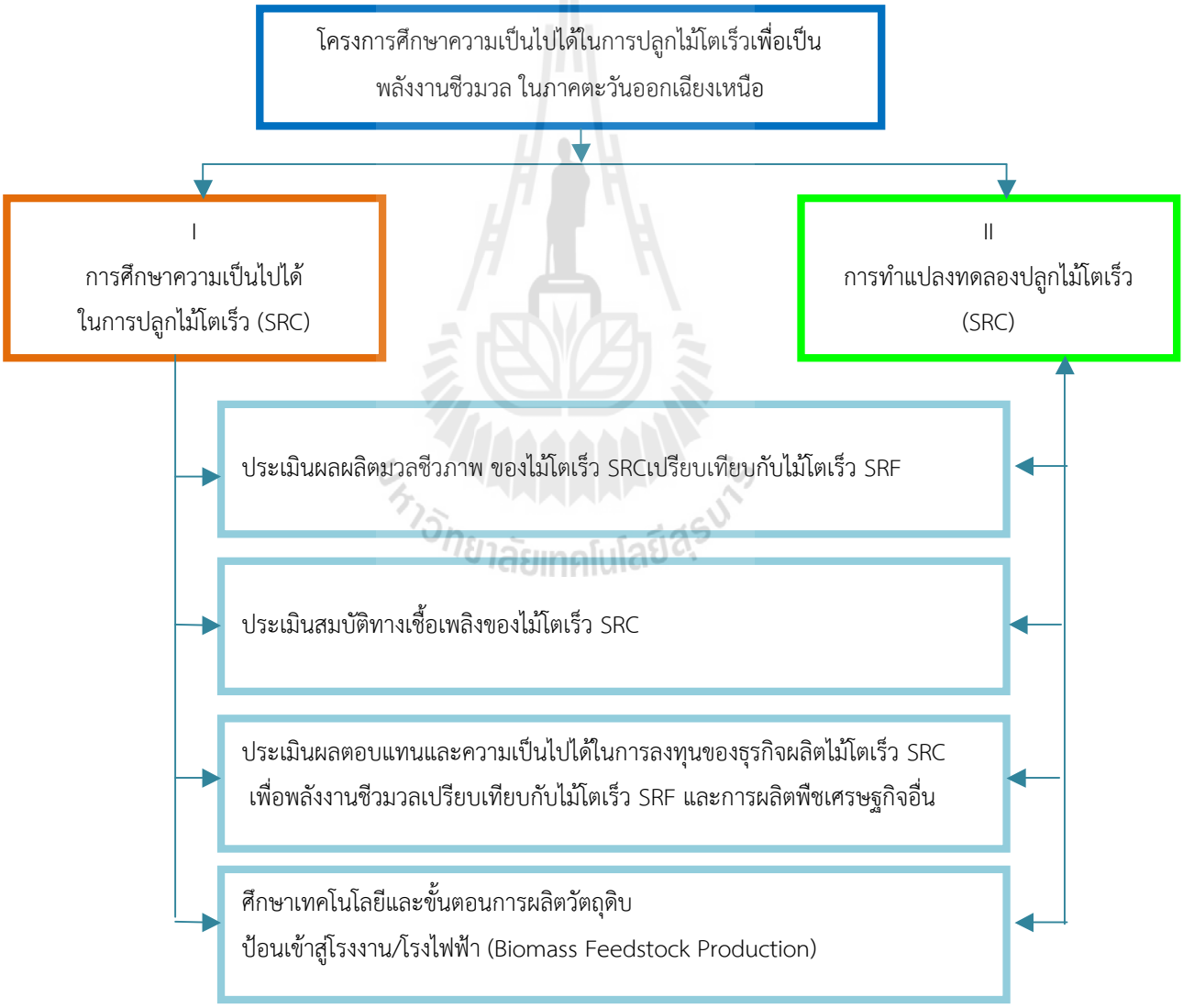
รายการ	ราคาวัตถุดิบ (บาท/ตัน)
	1,200
ต้นทุนรวม (บาท/หน่วย)	**3.02**
ต้นทุนการผลิต (บาท/หน่วย)	2.88
ต้นทุนบริหาร (บาท/หน่วย)	0.12
ดอกเบี้ยเงินกู้ (บาท/หน่วย)	0.02
ราคาขาย (บาท/หน่วย)	**4.11**
ราคาไฟฟ้าจำหน่าย (บาท/หน่วย)	4.11
ราคาถ่าน (by product) (บาท/หน่วย)	0.00
ราคา CERs (บาท/หน่วย)	0.00
การวิเคราะห์ทางการเงิน	1,200
Adder ค่าไฟ (บาท/หน่วย)	**0.50**
Project EIRR	30.17%
Project NPV (ล้านบาท)	212.44
Payback Period (ปี)	3.60

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานวิจัยที่แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือ 1)การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (SRC) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลและ2) การทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว(SRC) แต่ละขั้นตอนจะอธิบายถึงวิธีการอย่างละเอียด และมีแผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยอย่างชัดเจน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการศึกษาโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3.2 การศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว (SRC) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

1) รวบรวมข้อมูลชนิด และ พันธุ์ไม้โตเร็ว ประเภท Short Rotation Coppice ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วยวิธีการสืบค้นจากหนังสืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องสื่ออิเล็กทรอนิคส์ และผู้เชี่ยวชาญด้านป่าไม้ของประเทศ ข้อมูลที่รวบรวมประกอบไปด้วย

- ชนิด พันธุ์ และ การจำแนก
- ลักษณะทั่วไป ใบ ดอก กิ่ง ลำต้น
- ลักษณะเฉพาะของ SRC และ การ Coppicing
- สภาพภูมิประเทศ และภูมิอากาศ ที่ต้องการ
- แหล่งที่พบมาก ในประเทศไทย
- การเพาะปลูก หรือ การสืบพันธุ์ตามธรรมชาติ

2) ประเมินผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว (SRC) เปรียบเทียบกับไม้โตเร็ว(SRF) โดยผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว (SRC) นั้นใช้ข้อมูลจากการทำแปลงทดลองปลูกของโครงการวิจัยนี้ตามรายละเอียดใน **หัวข้อ 3.3** ส่วนผลผลิตมวลชีวภาพของไม้โตเร็ว (SRF) ใช้ข้อมูล ที่ได้มาจากงานวิจัย **โครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน** (ได้รับจัดสรรงบประมาณปี 2549 จากภารกิจโครงการและประสานงานวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ)ที่ได้ทำการทดลองปลูกไม้โตเร็ว 3 ชนิด คือ กระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส และกระถินเทพา จำนวน 144 ไร่ บริเวณมหาวิทยาลัยเพื่อใช้เป็นแปลงทดสอบ และเป็นแหล่งเชื้อเพลิงหมุนเวียนให้กับโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาด 100 kW ของมหาวิทยาลัย

3) ประเมินสมบัติทางเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว SRC

- สมบัติทางกายภาพ

  ความชื้น(%M)ตามมาตรฐาน E871-82 (1998)

  ความหนาแน่น(Bulk density) ตามมาตรฐาน E873-82(1998)

- สมบัติแบบประมาณ(Proximate Analysis)

  ปริมาณความชื้น(%M)ตามมาตรฐาน E871-82 (1998)

  ปริมาณสารละเหย(%V)ตามมาตรฐาน E872-82 (1998)

  ปริมาณเถ้า(%A) ตามมาตรฐานD1102-84(2001)

  ปริมาณคาร์บอนคงตัว(%FC)คำนวณตามสมการ (3.1)

ปริมาณคาร์บอนคงตัว(%)= 100-ปริมาณความชื้น (%)*-ปริมาณสารละเหย* (%)*-ปริมาณเถ้า* (%) (3.1)

- สมบัติแบบละเอียด (Ultimate Analysis)

  ปริมาณธาตุ คาร์บอน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์วิเคราะห์ด้วยเครื่อง CHNS Elemental Analyzer รุ่น CHNS-932

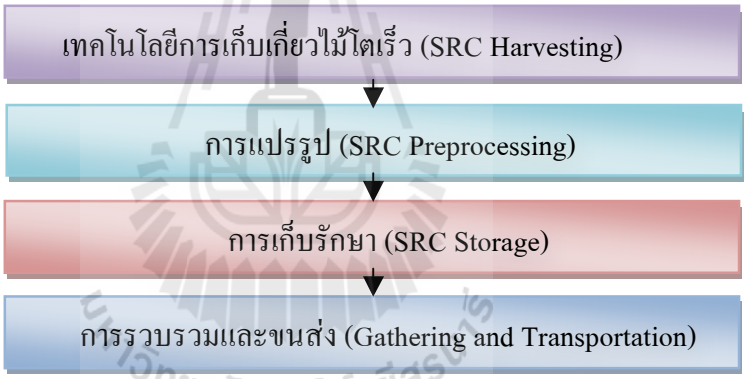
  ปริมาณธาตุออกซิเจน คำนวณจากสมการ (3.2)

ปริมาณธาตุออกซิเจน(%)= 100(%) –ปริมาณเถ้า(%)–ปริมาณคาร์บอน(%)-ปริมาณไฮโดรเจน (%)
-ปริมาณไนโตรเจน(%)-ปริมาณซัลเฟอร์ (%) (3.2)

- ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อน วิเคราะห์ ตามมาตรฐาน E711-87(2004)

4) ศึกษาเทคโนโลยี และขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า (Biomass Feedstock Production) เพื่อนำมาประเมินรูปแบบจัดการและการแปรรูปเชื้อเพลิงไม้โตเร็วพร้อมส่งเพื่อลดต้นทุนการขนส่งเชื้อเพลิงไม้โตเร็วเข้าสู่โรงงานดังแสดงใน**รูปที่ 3.2**



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนศึกษาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า (Biomass Feedstock Production)

3.3 การทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว

การศึกษาการปลูกไม้โตเร็ว SRC 5 ชนิด ชนิดละ 4 ไร่ มีขั้นตอนการดำเนินการ คือ เลือกชนิดไม้โตเร็ว SRC วางแผนการปลูก ไถเตรียมพื้นที่ เตรียมกล้าไม้และเมล็ดพันธุ์ และทำการปลูกบริเวณแปลงทดลองของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี โดยการศึกษาจะนับเปอร์เซ็นต์รอดตาย วัดข้อมูลด้านความโต ความสูงและมวลชีวภาพของต้นไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรเมื่อต้นไม้มีอายุ 4 เดือน และ 8 เดือน ตามลำดับ ทั้งนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนปลูก และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง เพื่อเป็น

ข้อมูลในการศึกษาผลกระทบของการปลูกไม้โตเร็วชนิดต่างๆต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงใน **รูปที่ 3.3**

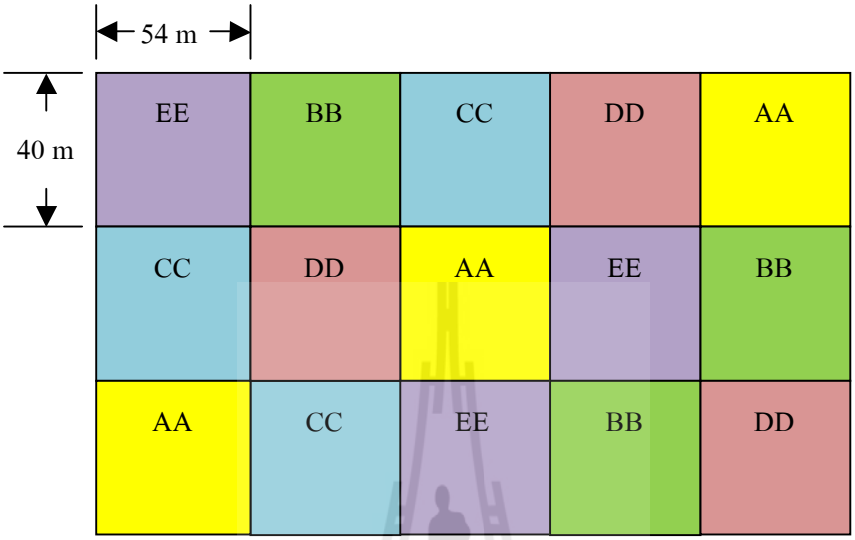
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการศึกษาการปลูกไม้โตเร็ว SRC

3.3.1 ชนิดของไม้โตเร็ว SRC 5 ชนิด

- เพ็ก สัญลักษณ์ AA
- หญ้าเนเปียร์ยักษ์ สัญลักษณ์ BB
- หญ้าผกากรอง สัญลักษณ์ CC
- หญ้าพง สัญลักษณ์ DD
- สาบเสือ สัญลักษณ์ EE

3.3.2 การวางแผนการปลูก

ปลูกเป็นระยะ 1.5 เมตร x 1.3 เมตรสลับกันแบบ Split Plots Design พื้นที่ 20 ไร่ ดังแสดงใน**รูปที่ 3.4** และ**ตารางที่ 3.1**



รูปที่ 3.4 แสดงการแบ่งพื้นที่แปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว SRC

ตารางที่ 3.1 พื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว SRC

ชนิดไม้โตเร็วSRC	**พื้นที่ปลูก ระยะ 1.5x1.3 m^2 (ไร่)**
เพ็ก	4
หญ้าเนเปียร์ยักษ์	4
ผกากรอง	4
หญ้าพง	4
สาบเสือ	4

3.3.3 การไถปรับพื้นที่การไถปรับพื้นที่

ใช้รถแทรกเตอร์ที่ติดผาล4 ในการไถบุกเบิกเที่ยวแรก แล้วใช้ผาล 7 เพื่อย่อยดิน และใช้ผาลยกร่องเพื่อยกย่องสำหรับการปลูกต่อไปดังแสดงใน**รูปที่ 3.5 -3.10**

รูปที่ 3.5 รถแทรกเตอร์

รูปที่ 3.6 อุปกรณ์ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ชนิดผาล 4

รูปที่ 3.7 อุปกรณ์ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ชนิดผาล 7

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ชนิดยกร่อง

รูปที่ 3.9 ดินที่ผ่านการเตรียมจากไถผาล3 และผาล 7

รูปที่ 3.10 ดินที่ผ่านการยกร่อง

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในหัวข้อไม้โตเร็ว(Short Rotation Coppice; SRC) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว(Short Rotation Coppice) ในปัจจุบันการศึกษาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว(SRC) การทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว(SRC) การศึกษาการประเมินผลผลิตมวลชีวภาพไม้โตเร็ว(SRC) การเปรียบเทียบมวลชีวภาพไม้โตเร็ว(Short Rotation Coppice) กับไม้โตเร็ว (Short rotation forest) การศึกษาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า ต้นทุนการผลิตไม้โตเร็ว (SRC) มีรายละเอียดดดังนี้

4.2 ไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice; SRC) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการศึกษาไม้โตเร็ว*(Short Rotation Coppice;* SRC*)* ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าไม้โตเร็ว(SRC) ที่มีความน่าสนใจในการนำมาเป็นเชื้อเพลิงสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ *1)ไม้โตเร็ว(SRC)* ***ประเภทขึ้นเองตามธรรมชาติ***สามารถพบได้ในป่าเต็งรัง และป่าหญ้า คือเพ็ก หญ้าคา หญ้าพง สาบเสือ และผกากรอง *และ 2)ไม้โตเร็ว(SRC)* ***ประเภทปลูก***โดยทั่วไปจะปลูกสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ คือ หญ้าเนเปียร์ยักษ์ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.1** ไม้โตเร็วทั้งสองประเภทมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงชื่อไม้โตเร็ว (SRC) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ประเภท ไม้โตเร็ว (SRC)	
ขึ้นเองตามธรรมชาติ	**ปลูก**
เพ็ก	หญ้าเนเปียร์ยักษ์
หญ้าคา	
หญ้าพง	
สาบเสือ	
ผกากรอง	

1) เพ็ก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Vietnamosasapusilla(A.Cheval. & A. Camus) Hguyen*

ชื่ออื่นๆ เพ็ก (ร้อยเอ็ด) ไผ่เพ็ด (เพชรบูรณ์) เพ็ด (เพชรบูรณ์, นครราชสีมา)

ลักษณะทั่วไปเพ็กเป็นพืชอายุหลายปี แตกกอสูง 70-120 เซนติเมตร ลำต้นแข็งเนื้อไม้เป็นเสี้ยนเหนียวแบบไม้ไผ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 เซนติเมตร ใบหยาบกระด้างแผ่นใบยาว 8-14 เซนติเมตร กว้าง 1 เซนติเมตร มีกิ่งก้านแตกจากข้อ ดอกเป็นช่อแยกแขนง(panicle) ระบบรากตื้นแต่มีเหง้าแข็งแรง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เพ็กขึ้นในที่ดอนและในที่ร่มเงาของป่าโปร่ง เช่น ป่าพลวง ป่าเหียง ทนต่อสภาพแห้งแล้งและการถูกไฟเผาแหล่งที่พบมากในประเทศไทยเพ็กพบมากทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ อำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ การเพาะปลูกและวิธีการสืบพันธุ์ เพ็กแพร่พันธุ์โดยหน่อหรือเหง้าดังแสดงใน**รูปที่ 4.1**

รูปที่ 4.1 เพ็ก

2) หญ้าคา

ชื่อวิทยาศาสตร์ ImperatacylindricaBeauv.

ชื่ออื่นๆ คาหลวง , คา (ภาคกลาง) ลาแล,ลาลาง มลายู และ เก้อฮี (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน)

ลักษณะทั่วไปหญ้าคาเป็นวัชพืชอายุหลายปีแพร่ระบาดด้วยไหลใต้ดินและเมล็ด ลำต้นตั้งตรงสูง 15-20 ซม. ไหลใต้ดินมีใบเกล็ดหุ้ม ใบเรียบรูปขนานปลายใบแหลมอาจยาวถึง 150 ซม.กว้าง 4-18 มม. มีขนที่บริเวณโคนต้นและขอบกาบใบ ช่อดอกแบบแขนง ดอก ย่อยอัดกันแน่น ยาว 3-20 ซม. กว้าง 0.5-2.5 ซม. สีขาวหรือครีม ดอกย่อยยาว 3-6 มม. ล้อมรอบด้วยขน อ่อนนุ่มยาว 10 มม. ผลิตเมล็ดได้มากถึง 3,000 เมล็ดต่อต้น ขยายพันธุ์รวดเร็วด้วยไหลใต้ดินสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต หญ้าคาเจริญเติบโตได้ดีทั้งในที่ดินแห้ง และดินชื้น แหล่งที่พบมากในประเทศไทย หญ้าคาพบทั้งในพืชไร่พืชสวนและพื้นที่รกร้างว่างเปล่าการเพาะปลูก และวิธีการสืบพันธุ์หญ้าคาขยายพันธุ์ด้วยเหง้า และเมล็ดดังแสดงใน**รูปที่ 4.2**

รูปที่ 4.2 หญ้าคา

3) หญ้าพง

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Neyraudiareynaudiana* **(Kunth) H. Keng ex Hitchc.**

ชื่ออื่นๆ พง, เลา (ทั่วไป) ; ยูง

ลักษณะทั่วไปหญ้าพงเป็นพืชอายุหลายปีมีลักษณะคล้ายอ้อหรือแขม ลำต้นตั้งตรง สูง 3-4 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 15-20 มิลลิเมตร เนื้อไม้ในลำต้นนุ่ม ใบเป็นแบบรูปใบหอก(lanceolate) ใบมีขนาดใหญ่ยาว 170-190 เซนติเมตร กว้าง 3.5-4.5 เซนติเมตร หน้าใบมีขนปกคลุมเล็กน้อย ลูบด้วยมือไปปลายใบผิวใบเรียบ ถ้าลูบย้อนกลับจะสากมือ หลังใบไม่มีขนเส้นกลางใบ(mid rib) สีขาวนวลเด่นชัด กาบใบไม่มีขน ยาว 25.5-37.0 เซนติเมตรลิ้นใบ(ligule)เป็นขอบชายครุยเป็นเส้น(fringe of hair) ออกดอกช่วงเดือนธันวาคมถึงมิถุนายนช่อดอกออกที่ปลายยอดแบบช่อแยกแขนง(panicle) มีขนแบบเส้นไหมสีขาวเงินช่อดอก(inflorescence)มีขนาดใหญ่และหนัก ยาว 170-220 เซนติเมตร ส่วน Head ของช่อดอกยาว 50.0-75.5 เซนติเมตร ช่อดอกจะลู่เอนไปด้านใดด้านหนึ่ง กลุ่มช่อดอกย่อย (spikelet) มีดอกย่อย(floret) 4-8 ดอก ดอกล่างสุดเป็นดอกหมัน(infertile) กลีบดอกมีขนยาวตรงเส้นนูนของกลีบ 2 เส้นสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตหญ้าพงพบขึ้นอยู่บนพื้นที่สูงของทุกภาค บริเวณพื้นที่ความสูงเหนือระดับน้ำทะเล 90-1000 เมตร ขึ้นไปแหล่งที่พบมากในประเทศไทย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง อำเภอเมือง อำเภอภูเรือ และอำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย แนวเทือกเขากิ่งอำเภอวิภาวดี จังหวัดสุราษฎร์ธานีการเพาะปลูกและวิธีการสืบพันธุ์ปลูกขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์ ดังแสดง ใน**รูปที่ 4.3**

รูปที่ 4.3 หญ้าพง

4) สาบเสือ

ชื่อวิทยาศาสตร์Eupatorium odoratum Linn.

ชื่ออื่น ๆช้าผักคราด ไช้ปู่กอ ชิโพกวย เซโพกวย บ่อโส่ บ้านร้าง เบญจมาศ ผักคราด ผักคราดบ้านร้าว ฝรั่งรุกที่ ฝรั่งเหาะ พาทั้ง เพาะจีแคมนทน มุ้งกระต่าย ยี่สุ่นเถื่อน รำเคย เส้โพกวย หญ้าค่าพั้ง หญ้าดงร้าง หญ้าดอกขาว หญ้าฝรั่งเศส หญ้าพระศิริไอยสววค์ หญ้าเมืองวาย หญ้าเมืองฮ้าง หญ้าลืมเมือง หญ้าเลาฮ้าง หญ้าเหม็น หนองเส้นเปรง หมาหลง หญ้าเสือหมอบ ฝรั่งเหาะ ฝรั่งรุกที่ หญ้าครกขาว หญ้าเมืองงายหญ้าฝรั่งเศสหญ้าเครื่องบินปวยกีเช่าเฮียงเจกลั้ง

ลักษณะทั่วไป ต้นเป็นพรรณไม้ล้มลุก แตกกิ่งก้านสาขามากมาย จนดูเป็นทรงพุ่ม ตามลำต้นและ กิ่งก้านจะมีขนนุ่มประปรายลำต้นสูงประมาณ 3-5 ฟุต ใบเป็นไม้ใบเดี่ยวออกตรงข้ามกันเป็นคู่ ๆ ลักษณะของใบเป็นรูปหอก ปลายแหลม โคนใบสอบแคบ ขอบใบจักเป็นฟันเลื่อย ตัวใบจะมีขนปกคลุมทั่วทั้งใบ มีสีเขียวขนาดของใบกว้างประมาณ 1-2.5 นิ้วยาว 2-4 นิ้ว ก้านใบยาว 1-2 นิ้วมีขนปกคลุมด้วย ดอกออกเป็นช่ออยู่ตรงส่วนยอดของต้น ลักษณะของดอกที่โคนกลีบดอกจะเชื่อมติดกันเป็นหลอดและตรงปลายจะแยกออกเป็น 5 กลีบ สีน้ำเงินอมม่วงอ่อน หรือสีขาวม่วง ผลมีขนาดเล็ก แห้ง เรียวบาง มีสีดำ ซึ่งผลนี้จะเป็นสัน หรือเป็นเหลี่ยม 5 เหลี่ยม ยาวประมาณ 4 มม. สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เป็นพรรณไม้กลางแจ้งที่เจริญงอกงามได้รวดเร็วมาก ไม่ว่าที่ไหนหรือดินชนิดใดก็ขึ้นได้ ชอบความชื้นปานกลางการเพาะปลูกและวิธีการสืบพันธุ์ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดดังแสดงใน**รูปที่ 4.4**

รูปที่ 4.4 สาบเสือ

5) ผกากรอง

ชื่อวิทยาศาสตร์Lantana camara, Linn

ชื่ออื่น ๆ ผกากรองต้น ขะจาย ตาปู ขี้กา คำขี้ไก่ สาบแร้ง

ลักษณะทั่วไป ผกากรองเป็นไม้พุ่มที่พบทั่วไปในบ้านเรา ใบจะมีสีเขียวเข้มใบรูปไข่ขอบใบจักเล็กน้อย ผิวใบจะมีขนอยู่ทำให้รู้สึกสากๆ เมื่อจับต้องโดยอาจปลูกเป็นแถวหรืออาจปลูกเป็นกลุ่มให้เกิดเป็นพุ่มก็ได้ ดอกของผกากรองมีลักษณะสีสันที่สวยงามมาก มีหลายสีตั้งแต่เหลือง ชมพูและม่วง สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ต้องการแสงแดดจัด ต้องการน้ำน้อย สามารถปลูกได้ในดินทุกชนิดแต่ดินที่เหมาะคือดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดีการเพาะปลูกและวิธีการสืบพันธุ์โดยการเพาะเมล็ดและปักชำดังแสดงใน**รูปที่ 4.5**

รูปที่ 4.5 ผกากรอง

6) หญ้าเนเปียร์ยักษ์

ชื่อวิทยาศาสตร์ *P. purpureum*cv. Kinggrass

ชื่ออื่น ๆ หญ้าเนเปียร์

ลักษณะทั่วไป หญ้าเนเปียร์ยักษ์มีทรงต้นเป็นกอค่อนข้างตั้งตรงคล้ายอ้อยหญ้าเนเปียร์ยักษ์มีลำต้นสูงใหญ่กว่าหญ้าเนเปียร์ธรรมดากล่าวคือหญ้าเนเปียร์ยักษ์เมื่อโตเต็มที่จะสูงประมาณ 3.80 เมตร ขณะที่หญ้าเนเปียร์สูงประมาณ 3 เมตร สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต เป็นหญ้าอายุหลายปี เจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิดตั้งแต่ดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียวที่มีการระบายน้ำค่อนข้างดี ตอบสนองต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน และน้ำได้ดีเหมาะสำหรับปลูกบริเวณพื้นที่ที่มีฝนตกเฉลี่ย มากกว่า 1,000 มิลลิลิตร ขึ้นไปแต่ก็ทนแล้งได้พอสมควร ไม่ทนน้ำท่วมขังและการเหยียบย่ำของสัตว์การเพาะปลูกและวิธีการสืบพันธุ์ปลูกขยายพันธุ์ด้วยท่อนพันธุ์ 2–3 ท่อนต่อหลุม ระยะระหว่างหลุม 75 x 75 เซนติเมตร ต้นพันธุ์หญ้าเนเปียร์ 1 ไร่สามารถปลูกขยายพันธุ์ในพื้นที่ประมาณ 20 ไร่ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.6**

รูปที่ 4.6 หญ้าเนเปียร์ยักษ์

4.3 การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice) ในปัจจุบัน

ไม้โตเร็ว(SRC) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีการนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ใช้เป็นอาหารสัตว์ ใช้เป็นยาสมุนไพร ใช้เป็นอาหาร ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.2** แต่หากพิจารณาโดยละเอียดจะพบว่าการนำไม้โตเร็ว(SRC) เหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ในปัจจุบันน้อยมากเมื่อเทียบกับไม้โตเร็วที่ขึ้นอยู่ทั่วไปตามธรรมชาติโดนจะสังเกตได้จากการที่ไม้โตร็ว(SRC) เหล่านั้นจะเจริญเติบโตได้ทั่วไปตามชายถนน ตามป่าต่างๆ หรือตามแปลงเกษตรที่เรียกว่าวัชพืช

ไม้โตเร็ว(SRC)ที่ปลูก ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ยักษ์หากปล่อยให้มีอายุหรือแก่เกินไปสัตว์จะไม่สามารถกินได้ หญ้าเนเปียร์ที่มายุมากจึงไม่เหมาะสมกับการเป็นอาหารสัตว์ โดยในทางใช้ประโยชน์ที่ทางคณะผู้วิจัยขอเสนอ คือ การนำมาแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวล สำหรับทดแทนเชื้อเพลิงที่ได้มาจากฟอสซิลแต่อย่างไรก็ดีต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติทางเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว(SRC)แต่ละชนิดด้วย

ตารางที่ 4.2 การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว (SRC) ในปัจจุบัน

ลำดับ	**ชื่อไม้โตเร็ว (SRC)**	**การใช้ประโยชน์**
ประเภท ขึ้นเองตามธรรมชาติ		
1	เพ็ก	-หน่ออ่อนใช้ประกอบเป็นอาหารคล้ายหน่อไม้ - ต้น ใช้ทำแผงตากสาหร่ายทะเล ทำผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในครอบครัว เช่น ที่รองจาน ตะกร้าขยะใบเล็ก ๆ
2	หญ้าคา	- ใช้ประโยชน์ในการมุงหลังคา กระท่อม คอกเลี้ยงหมู เล้าไก่ เล้าเป็ด สามารถกันแดดกันฝนได้เป็นอย่างดี - มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร
3	หญ้าพง	- ระยะต้นอ่อนเป็นแหล่งอาหารสัตว์ตามธรรมชาติสำหรับแทะเล็มของโค กระบือ ต้นและใบเป็นอาหารหยาบสำหรับช้าง - ต้นใช้ทำเยื่อกระดาษ
4	สาบเสือ	- มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร
5	ผกากรอง	- มีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร - กลิ่นสามารถใช้ไล่แมลงได้
ประเภท ปลูก		
1	หญ้าเนเปียร์ยักษ์	- ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์

4.4 ผลการศึกษาสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว (SRC)

สมบัติของเชื้อเพลิงชีวมวลที่จำเป็น ในการพิจารณานำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตความร้อนและกระแสไฟฟ้า ได้แก่ องค์ประกอบแบบประมาณองค์ประกอบแบบแยกธาตุ และค่าความร้อน

องค์ประกอบแบบประมาณ (Proximate Value)

เป็นสมบัติเฉพาะตัวของเชื้อเพลิงชีวมวลที่แสดงถึงสัดส่วนของปริมาณความชื้น (Moisture Content) ปริมาณสารที่ระเหยได้ (Volatile Matter) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed Carbon) และปริมาณเถ้า (Ash Content) ใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM เป็นสมบัติที่นิยมใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้เชื้อเพลิงของโรงงานอุตสาหกรรม ในส่วนของปริมาณเถ้าจะเป็นของเสียที่เกิดขึ้นจากการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งสมบัติต่างๆ แสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.3**

ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแสดงถึงปริมาณพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมาขณะเผาไหม้เชื้อเพลิงต่อหน่วยน้ำหนัก ในรูปของความร้อนซึ่งค่าความร้อนของเชื้อเพลิงชีวมวลแต่ละชนิดจะมีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสมบัติและองค์ประกอบของเชื้อเพลิง

นิยามของค่าความร้อนสูง (High Heating Value; HHV) หมายถึงพลังงานความร้อนที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงแบบสมบูรณ์ (Gross Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 25°C ซึ่งเป็นพลังงานความร้อนที่รวมถึงพลังงานความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (Latent Heat of Vaporization) ส่วนค่าความร้อนต่ำ (Low Heating Value; LHV) หมายถึงพลังงานความร้อนสุทธิที่ปลดปล่อยออกมาจากการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ของเชื้อเพลิง (Net Calorific Value) โดยเริ่มจากเชื้อเพลิงมีอุณหภูมิ 25 °C และผลิตภัณฑ์สุดท้ายมีอุณหภูมิ 150°C ซึ่งไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่น (Condensate) ไอน้ำมาใช้งาน โดยปกติค่าความร้อนใช้งานของเชื้อเพลิง จะไม่รวมถึงพลังงานที่ได้จากการควบแน่นดังกล่าวนี้ด้วย ซึ่งสมบัติ ค่าความร้อนชีวมวล แสดงไว้ใน**ตารางที่ 4.3**

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงคุณสมบัติแบบประมาณของไม้โตเร็ว (SRC)

ชื่อไม้โตเร็ว (SRC)	ความชื้นเริ่มต้น	Proximate Value			HHV, (kJ/kg)
		%VM	%Ash	%FC	
หญ้าคา	83.35	85.28	4.55	11.17	18,892
สาบเสือ	77.91	77.91	3.41	18.68	19,440
ผกากรอง	83.64	83.64	3.10	13.26	19,004
เพ็ก	82.49	82.49	3.66	13.85	21,059
ต้นหญ้าเนเปียร์	57.9	86.56	1.39	12.05	18,757

องค์ประกอบแบบแยกธาตุ (Ultimate Value)

เป็นสมบัติที่แสดงถึงธาตุองค์ประกอบของเชื้อเพลิงชีวมวล อันประกอบไปด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ สามารถทำการวิเคราะห์ได้โดยใช้เครื่อง Carbon, Hydrogen, Nitrogen and Sulfur Analyzer; CHNS-932) ซึ่งองค์ประกอบของธาตุต่างๆ จะมีความแตกต่างกันโดยขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของชีวมวลแต่ละชนิดทั้งนี้ธาตุองค์ประกอบที่สำคัญ และมีผลต่อค่าความร้อน คือ คาร์บอน และไฮโดรเจน เนื่องจากคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนแล้วเกิดเป็นคาร์บอนได-ออกไซค์ น้ำ และพลังงานในกระบวนการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม หากมีปริมาณไฮโดรเจนมาก ในปฏิกิริยาการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ จะเกิดน้ำมากเช่นกัน ซึ่งเป็นผลทำให้น้ำส่วนนี้ดูดซับพลังงานไว้บางส่วน พลังงานที่ระบบปลดปล่อยออกมาจึงลดลงแสดงไว้ใน **ตารางที่ 4.4**

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงคุณสมบัติแบบละเอียดของไม้โตเร็ว (SRC)

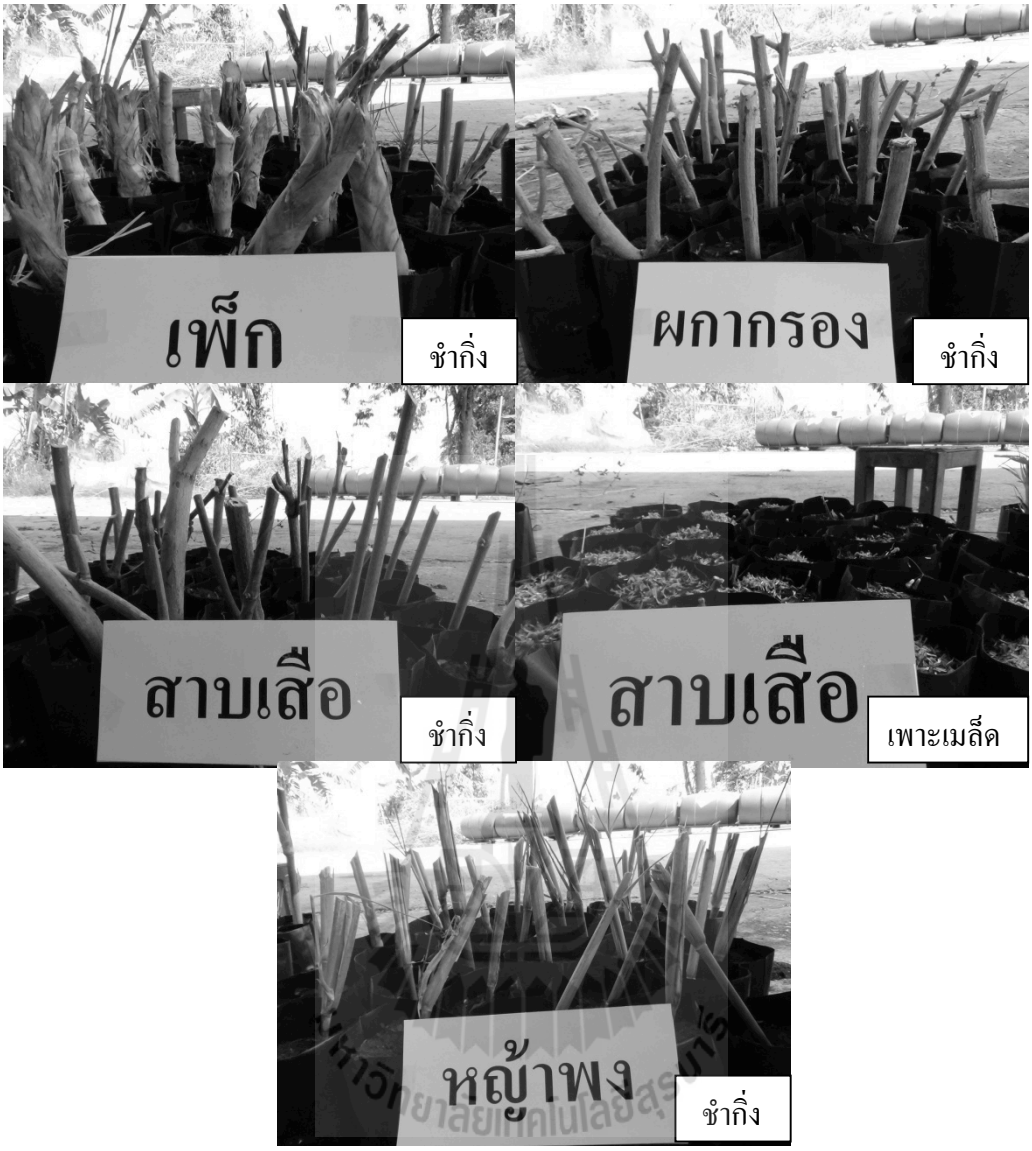
ชื่อไม้โตเร็ว (SRC)	Ultimate Value				
	%C	%H	%N	%S	%O
หญ้าคา	45.40	4.68	0.74	0.11	49.07
สาบเสือ	44.50	4.48	1.05	0.14	49.83
ผกากรอง	44.7	4.32	1.09	0.10	49.79
เพ็ก	45.6	4.61	0.78	0.09	48.92
ต้นหญ้าเนเปียร์	52.44	4.70	1.10	0.27	41.49

4.5 ผลการทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็ว SRC

1) การเตรียมกล้าไม้/เมล็ดพันธุ์

ในการแผนการเตรียมกล้าไม้/เมล็ดพันธุ์ ของงานวิจัยนี้ได้วางแผนการเตรียม คือ เพ็ก ผกากรอง สาบเสือเตรียมโดยใช้กิ่งจากธรรมชาติจากป่าเต็งรังของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หญ้าพงเตรียมจากท่อนพันธุ์ที่ได้จากเขามะค่า เขตอุทยานแห่งชาติทับลานอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา และหญ้าเนเปียร์ยักษ์เตรียมจากท่อนพันธุ์ที่ได้จากศูนย์วิจัย และพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

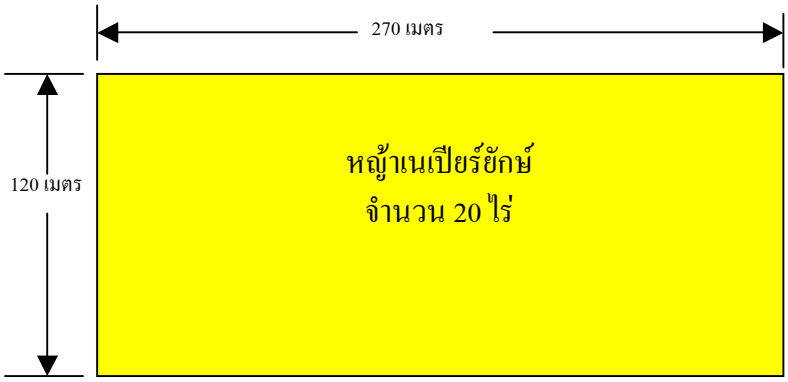
การเตรียมกล้า เพ็กผกากรอง สาบเสือ และหญ้าพงนั้นเกิดปัญหาเนื่องจากเมื่อนำกิ่ง เหง้า และท่อนพันธุ์ดังกล่าวมาทดลองขยายพันธุ์ ผลปรากกฏว่าไม่สามารถขยายพันธุ์ได้อาจเป็นเพราะสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม ดังแสดง ใน**รูปที่ 4.7** ซึ่งต้องมีการศึกษาถึงวิธีการขยายพันธุ์อย่างละเอียดเพิ่มเติมต่อไป ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงแก้ปัญหาด้วยการทำแปลงทดลองปลูกไม้โตเร็วเพียงชนิดเดียว คือ **หญ้าเนเปียร์ยักษ์** โดยปลูกเป็นพื้นที่จำนวน 20 ไร่ ทดแทนไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ



รูปที่ 4.7 การเตรียมกล้า เพ็ก ผกากรอง สาบเสือ และหญ้าพง

2) การวางแผนปลูกไม้โตเร็วSRC

การปลูกหญ้าเนเปียร์ยักษ์ปลูกในพื้นที่ 120 เมตร x 270 เมตร (จำนวน 20 ไร่) ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร (จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา) การเตรียมดินใช้วิธีไถ 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกไถด้วยผาน 4 ตากหน้าดินทิ้งไว้ประมาณ3 วัน แล้วลงผาน7 มีระยะปลูกแถว x ต้น = 1.5 เมตร x 1.3 เมตร ดังแสดในรูปที่ **4.8** และ **4.9**

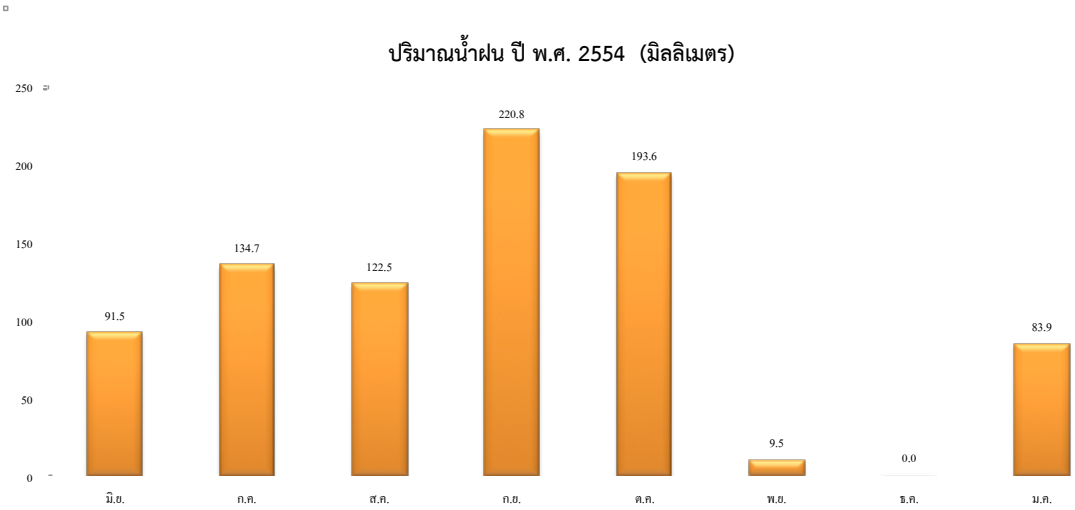


รูปที่ 4.8 แสดงพื้นที่ปลูกไม้โตเร็ว(SRC)

รูปที่ 4.9 การปลูกหญ้าเนเปียร์ยักษ์

3) การดูแลรักษา

งานวิจัยนี้ดูแลรักษาหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ด้วยวิธีธรรมชาติ คือ ใช้น้ำฝนตามฤดูการปริมาณน้ำฝน(ปี 2554) ดังแสดงใน**รูปที่ 4.10** ไม่ใส่ปุ๋ยไม่ใช้ยาฆ่าแมลงและกำจัดวัชพืช และดายหญ้า 1 ครั้ง เมื่อหญ้าเนเปียร์ยักษ์ อายุครบ 1 เดือน



รูปที่ 4.10 ปริมาณน้ำฝน

4) การเก็บเกี่ยว

งานวิจัยนี้ใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยว เมื่อหญ้าเนเปียร์ยักษ์อายุ 8 เดือน วัตถุประสงค์ของการตัดเพื่อนำไปทดลองแปรรูปเป็นเชื้อเพลิง หาวิธีการแปรรูปที่เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.11**

รูปที่ 4.11 การเก็บเกี่ยว

4.6 ผลการศึกษาการประเมินผลผลิตมวลชีวภาพไม้โตเร็ว (SRC)

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์ยักษ์ ที่อายุ 4 และ 8 เดือนพบว่าผลผลิตหญ้าเนเปียร์ยักษ์ที่อายุ 4 เดือน และ 8 เดือน เท่ากับ 1.46 ตัน และ 7.22 ตัน ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.5** ซึ่งเมื่อเทียบกับผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย สุริยา อยชานันท์ (2552) พบว่าผลผลิตหญ้าเนเปียร์ยักษ์จากงานวิจัยนี้น้อยกว่าผลผลิตหญ้าเนเปียร์ยักษ์จากงานวิจัย สุริยา อยชานันท์ ที่ปลูกในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา เหมือนกันและเปอร์เซนต์การรอดตาย มีค่าเท่ากับ 62 เปอร์เซนต์ เนื่องจากหญ้าเนเปียร์ยักษ์ จากงานวิจัยของ สุริยา อยชานันท์ นั้นมีระบบการดูแลรักษา ให้ปุ๋ย มีระบบการให้น้ำ ซึ่งต่างจากหญ้าเนเปียร์ยักษ์จากงานวิจัยนี้ ที่ปลูกแล้วปล่อยให้หญ้าเนเปียร์เจริญเติบโตตามธรรมชาติ ซึ่งจากผลดังกล่าวยังถือว่ามีค่าค่อนข้างน้อย แต่ถ้าต้องการให้เปอร์เซนต์การรอดตาย และผลิตให้เพิ่มมากขึ้นจำเป็นต้องมีการดูแล รักษา ให้ปุ๋ย และมีระบบการให้น้ำ ซึ่งการปลูกแล้วปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติของงานวิจัยนี้ จะนำผลผลิตที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการปลูกไม้โตเร็วชนิดอื่นที่ปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติ เช่นเดียวกัน ในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 4.5 ผลผลิตมวลชีวภาพของหญ้าเนเปียร์ยักษ์

ผลผลิตมวลชีวภาพ	อายุ 4 เดือน	อายุ 8 เดือน	อายุ 8 เดือน
เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น(cm) ;DBH	1.52	1.78	-
ความสูงเฉลี่ย (cm)	261	371	-
จำนวนหน่อกอเฉลี่ย	8	13	-
ความชื้นเริ่มต้น (%)	81	60	60-64*
ความหน่าแน่นสด (kg/m^3)	50	166	-
ร้อยละของการรอดตาย	62	62	-
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	1,462	7,220	>60,000*

หมายเหตุ * ข้อมูลจาก สุริยา อยชานันท์ (2552)พื้นที่ปลูก จังหวัดนครราชสีมา

4.7 ผลการเปรียบเทียบมวลชีวภาพไม้โตเร็ว (Short Rotation Coppice) กับไม้โตเร็ว (Short rotation forest)

จากการทดลองปลูกหญ้าเนเปียร์ยักษ์ด้วยการดูแลรักษาแบบธรรมชาติ แล้วนำผลผลิตที่ได้มาเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ ที่คณะผู้วิจัยได้ปลูกในพื้นที่ห่างจากแปลงปลูกหญ้าเนเปียร์ยักษ์ประมาณ 100 เมตร (โครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน) ผลการศึกษาพบว่าในระยะเวลา 2 ปี ผลผลิตหญ้าเนเปียร์ยักษ์เท่ากับ 8,640 กิโลกรัมแห้ง(อายุ 8 เดือน) ยูคาลิปตัสเท่ากับ 2,242 กิโลกรัมแห้ง(อายุ 12 เดือน) กระถินเทพาเท่ากับ 1,510 กิโลกรัมแห้ง(อายุ 12 เดือน) และกระถินยักษ์เท่ากับ 710 กิโลกรัมแห้ง (อายุ 12 เดือน) ดังแสดงใน**ตารางที่ 4.6** จะเห็น

ได้ว่าหญ้าเนเปียร์ยักษ์สามารถให้ผลผลิตได้มากว่าและมีอายุน้อยกว่า ไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ ที่ใช้ระบบการดูแลรักษาเหมือนกันแต่อย่างไรก็ดีต้องพิจารณาถึงต้นทุน-ผลตอบแทนที่ได้ต่อไป

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบมวลชีวภาพไม้โตเร็ว (SRC) กับ ไม้โตเร็ว (SRF)

ผลผลิตมวลชีวภาพ	หญ้าเนเปียร์	ยูคาลิปตัส [1)]	กระถินเทพา [1)]	กระถินยักษ์[1)]
ระยะปลูก(m^2)	1.3 x 1.5	1.8 x 0.8	1.8 x 0.8	1.8 x 0.8
จำนวน (ต้นต่อไร่) ; ปลูก	820	1,111	1,111	1,111
จำนวน(ต้นต่อไร่); รอดตาย	508	1,045	593	1,017
เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (cm)	1.78	2.31	2.26	1.11
ความสูงเฉลี่ย (cm)	371	383	306	252
จำนวนหน่อกอเฉลี่ย	13	-	-	-
ความชื้นเริ่มต้น (%)	60.10	60.34	65.38	44.35
ความหน่าแน่นสด (kg/m^3)	166	357	461	235
ร้อยละของการรอดตาย	62	94.06	53.40	91.57
ผลผลิต **(กิโลกรัมแห้งต่อไร่)**	277[2)]	1,121[3)]	755[3)]	355[3)]
ผลผลิต **(กิโลกรัมแห้งต่อไร่)**	2,880[4)]	1,872[5)]	1,733[5)]	380[5)]

หมายเหตุ [1)]ข้อมูลจากงานวิจัยโครงการศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชนของคณะผู้วิจัยปี 2549

[2)] อายุ 4 เดือน [3)] อายุ 12 เดือน [4)] อายุ 8เดือน [5)] อายุ 24 เดือน

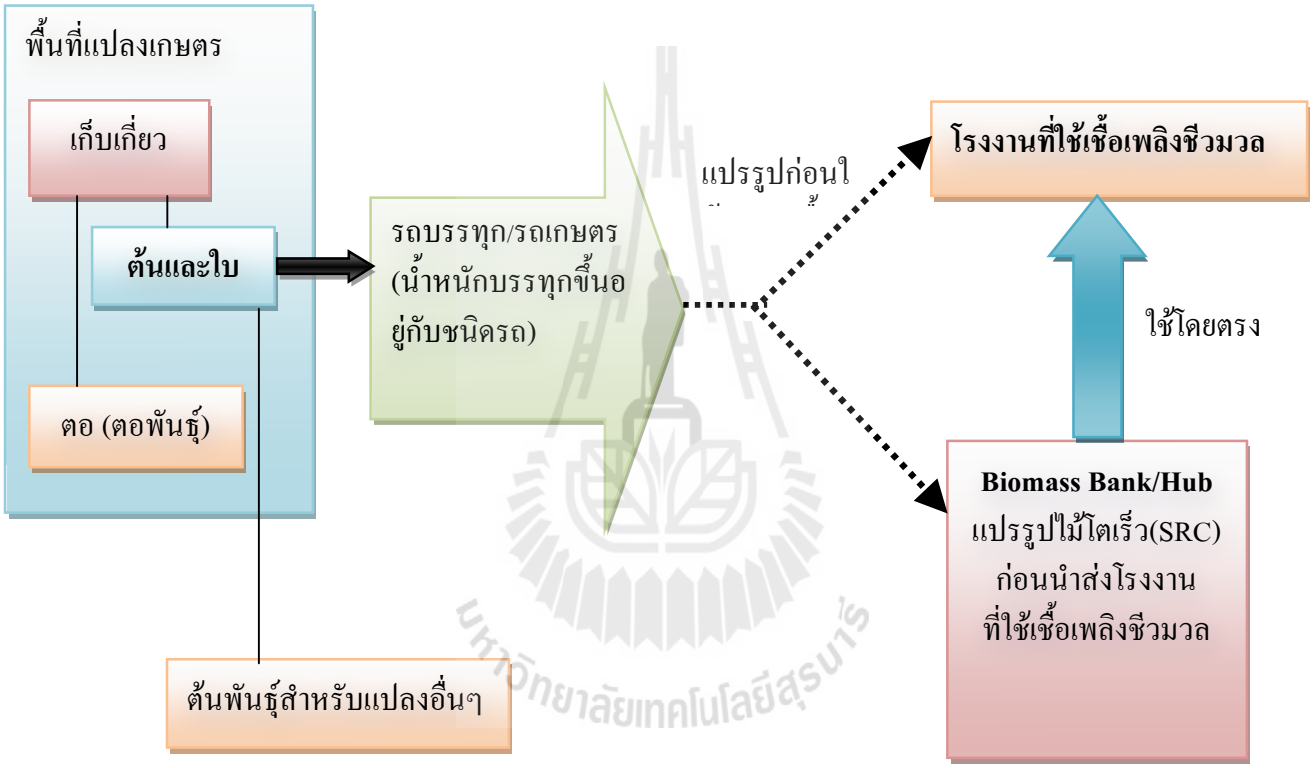
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารของดิน

รายการทดสอบ	ก่อนปลูก	หลังปลูก
Total Nitrogen (% N)	0.15	0.10
Available Phosphorus (ppm P)	20.98	18.46
Exchangeable Potassium (ppm K)	20.25	11.75
ppm Ca	893.00	893.00
ppm Mg	12.30	11.77
ppm Na	42.20	41.40
CEC (me/100g or c $mol_c kg^{-1}$)	12.00	10.00
Organic matter (%OM)	1.23	1.41

จาก**ตารางที่ 4.7** แสดงให้เห็นปริมาณธาตุอาหารของดินก่อนปลูก และหลังปลูก พบว่าปริมาณธาตุอาหารของดินมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่ปริมาณธาตุอาหารของดินหลังปลูกมีแนวโน้มลดลงดังแสดงในตาราง

4.8 ผลการศึกษาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้า

กระบวนการแปรรูปไม้โตเร็ว(SRC) ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ เริ่มต้นจากการที่เกษตรเก็บเกี่ยวสิ่งที่เหลือในแปลงคือ ตอหญ้าเนเปียร์ สำหรับเป็นตอพันธุ์ต่อไปในแปลง อายุการเป็นตอพันธุ์มากกว่า 5 ปี หากมีการดูแลรักษาดี ส่วนต้นสามารถนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ในแปลงอื่นๆ แต่อายุของต้นที่จะนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ที่ดีควรมีอายุ 3- 8 เดือน ในส่วนของต้นและใบที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะถูกลำเลียงกจากแปลงด้วยรถบรรทุก (โดยน้ำหนักรถบรรทุกขึ้นอยู่กับชนิดของรถ)ล้วส่งขายยังโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรงหรือส่งเข้าโรงงานแปรรูป ประกอบไปด้วย ขั้นตอน ดังแสดงใน**รูปที่ 16** ดังต่อไปนี้



รูปที่ 4.12 แสดงภาพรวมการบริหารจัดการไม้โตเร็ว (SRC)

1) การเก็บเกี่ยว ปัจจุบันการเก็บรวบรวมไม้โตเร็ว(SRC)จะใช้แรงงานคน จากการทดสอบความสามารถในการรวบรวมไม้โตเร็ว(SRC) ในแปลง พบว่าความสามารถในการรวบรวมไม้โตเร็ว(SRC) พร้อมขนขึ้นรถบรรทุกเฉลี่ยประมาณ 1 ตันต่อคน-วัน (ไม้โตเร็ว(SRC) เฉลี่ย 7.22ตัน/ไร่) ทั้งนี้ทั้งนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะไม้โตเร็ว(SRC) ภายในแปลง ดังแสดงใน**รูปที่ 4.13**

รูปที่ 4.13 การเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

2) การขนส่ง สภาพแปลงปลูกไม้โตเร็ว(SRC)ส่วนใหญ่ จะสามารถนำรถบรรทุกขนส่งเข้าไปลำเลียงไม้โตเร็ว(SRC)ออกมาได้ อย่างไรก็ดีการนำรถบรรทุก 10 ล้อ ขนาดใหญ่เข้าไปในแปลงที่อยู่ลึกๆทำได้ค่อนข้างลำบาก จึงควรเลือกใช้รถที่มีขนาดเล็กลง เช่นรถบรรทุกเกษตร (อีแต๋น) รถปิคอัพ รถบรรทุก 4 ล้อ และ 6 ล้อ รถแทรกเตอร์พ่วงเทเลอร์ ยกเว้นหากมีการขนส่งไม้โตเร็ว(SRC) เป็นระยะทางไกลจะใช้รถบรรทุก 10 ล้อทางคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้รถปิคอัพเนื่องจากแปลงปลูกอยู่ห่างจากโรงงานแปรรูปเพียง 7 กิโลเมตร

3) การสับ/ย่อย ลดขนาด ใช้เครื่อง Chipperดังแสดงใน**รูปที่ 12** กำลังการผลิต 800 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เพื่อลดขนาดของไม้โตเร็ว(SRC) ให้เหมาะสมกับเครื่องสับละเอียดไม้โตเร็ว(SRC) สับหยาบที่ได้มีลักษณะเป็นชิ้นขนาดความยาวประมาณ 25 มิลลิเมตร(ต้น) และ 25-100 มิลลิเมตร ดังแสดงใน**รูปที่ 4.14-4.15**

รูปที่ 4.14 การสับย่อย/ลดขนาดไม้โตเร็ว(SRC)**;** สับหยาบ

รูปที่ 4.15 ลักษณะไม้โตเร็ว (SRC) สับ

4) การลดความชื้น/อบแห้งในการวิจัยนี้ใช้วิธีการลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดด ใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศในแต่ละวัน ซึ่งเป็นวิธีการลดความชื้นที่เสียค่าใช้จ่ายเฉพาะค่าแรงงานงานเท่านั้นแต่อย่างไรก็ดีต้องมีพื้นที่หรือลานตากที่เหมาะสมและเพียงพอ

5) การอัดเม็ด ใช้เครื่อง pellet mill กำลังการผลิต 1,500 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เชื้อเพลิงไม้โตเร็ว(SRC) อัดเม็ดที่ได้มีขนาด กว้าง 8 มิลลิเมตร ยาว 40-45 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 613 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน**รูปที่ 4.16**

ตารางที่ 4.8 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้โตเร็ว (SRC)

ลักษณะ	ความชื้น(%)	ความหนาแน่น(kg/m^3)
ไม้โตเร็ว(SRC)สด	60.10	166
ไม้โตเร็ว(SRC)สับ/ย่อยละเอียด	60.10	202
ไม้โตเร็ว(SRC)อัดเม็ด	15.00	613

ตารางที่ 4.9 ประสิทธิภาพของเครื่องจักร

เครื่องจักร	ขนาดเครื่องจักร (kW)	กำลังการผลิต(กิโลกรัม/ชั่วโมง)
เครื่องสับ(Chipper)	15	800
เครื่องอัดเม็ด(Pellet mill)	200	1,500

รูปที่ 4.16 ไม้โตเร็ว(SRC) อัดเม็ด

4.9 ผลการศึกษาต้นทุนการผลิตไม้โตเร็ว (SRC)

ต้นทุนการการผลิตไม้โตเร็ว(SRC) หญ้าเนเปียร์รวมต้นทุนแปรผันละต้นทุนคงที่เท่ากับ 3,000 บาท มีค่าต่ำกว่าไม้โตเร็วชนิดอื่นๆการใช้หญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงจะมีต้นทุนการแปรรูปที่สูงเนื่องจากหญ้าเนเปียร์มีความชื้นสูงมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเชื้อเพลิงพร้อมใช้จะมีความชื้นประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นควรมีการศึกษาเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนไม้โตเร็วหญ้าเนเปียร์ ให้เป็นพลังงานด้วยเทคโนโลยีอื่นอาทิ เช่น การผลิตพลังงานจากแก๊สชีวภาพเนื่องจากหญ้าเนเปียร์มีความชื้นสูง จึงมีความเหมาะสมสำหรับการหมักเพื่อผลิตแก๊สชีวภาพมากว่าการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง

ตารางที่ 4.10 แสดงต้นทุนการผลิตไม้โตเร็ว (SRC)

รายละเอียด	ต้นทุน (บาทต่อไร่)			
	หญ้าเนเปียร์	ยูคาลิปตัส	กระถินเทพา	กระถินยักษ์
1.ต้นทุนผันแปร				
ค่าจ้างเหมาเตรียมดิน	450	350	350	350
ค่าแรงปลูก	350	600	600	600
ค่าจ้างเหมาดูแลรักษา	100	700	700	700
ค่ากล้าพันธุ์	1,000	2,750	2,750	1,100
ค่าปุ๋ยและค่าแรง	-	-	-	-
ค่าแรงเก็บเกี่ยว	500	655	606	133
ค่าการขนส่ง	300			
2. ต้นทุนคงที่				
ค่าเช่าที่ดิน	300	600	600	600
รวมต้นทุน	**3,000**	**5,655**	**5,606**	**3,483**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
สรุป ปัญหาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป

ผลการศึกษาความเป็นไปได้ในการปลูกไม้โตเร็ว(Short Rotation Coppice; SRC) เพื่อเป็นพลังงานชีวมวล ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าไม้โตเร็วที่มีความน่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1)ไม้โตเร็ว(SRC) ประเภทขึ้นเองตามธรรมชาติสามารถพบได้ในป่าเต็งรัง และป่าหญ้า คือ เพ็ก หญ้าคา หญ้าพง สาบเสือ และผกากรอง และ 2) ไม้โตเร็ว(SRC) ประเภท ปลูก โดยทั่วไป จะปลูกสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ คือ หญ้าเนเปียร์ยักษ์

การศึกษาคุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โตเร็ว(SRC) พบว่า หญ้าคา สาบเสือ ผกากรอง เพ็ก และหญ้าเนเปียร์ มีค่าความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 83.35 77.91 83.64 82.49 และ 57.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณสารระเหย เท่ากับ 85.28 77.91 83.64 82.49 และ 86.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเถ้า เท่ากับ 4.55 3.41 3.10 3.66 และ 1.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 11.17 18.68 13.26 13.85 และ12.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าความร้อนสูง 18,892 19,440 19,004 21,059 และ 18,757 กิโลจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณคาร์บอน เท่ากับ 45.40 44.50 44.7 45.6 และ 52.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไฮโดรเจน เท่ากับ 4.68 4.48 4.32 4.61 และ 4.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจน เท่ากับ 0.74 1.05 1.09 0.78 และ1.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณซัลเฟอร์ เท่ากับ 0.11 0.14 0.10 0.09 และ0.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณออกซิเจน เท่ากับ 49.07 49.83 49.79 48.92 และ 41.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การทดลองปลูกไม้โตเร็ว (SRC) เพื่อใช้เป็นพลังงานนั้นปลูกได้เพียงชนิดเดียว คือ หญ้าเนเปียร์ ส่วนไม้โตเร็ว(SRC) อื่นๆ ไม่สามารถเตรียมกล้าพันธุ์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีผลการศึกษาการเจริญเติบโต ผลผลิต การแปรรูปเป็นเชื้อเพลิงเฉพาะหญ้าเนเปียร์เพียงชนิดเดียว ดังนี้ หญ้าเนเปียร์ที่อายุ 4 เดือน และ 8 เดือน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น เท่ากับ 1.52 และ 1.78 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ย เท่ากับ 261 และ 371 เซนติเมตร ตามลำดับ จำนวนหน่อกอเฉลี่ย เท่ากับ 8 และ 13 ตามลำดับ ความชื้นเริ่มต้น เท่ากับ 81 และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความหน่าแน่นสด เท่ากับ 50 และ 166 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ร้อยละของการรอดตาย เท่ากับ 62 และ 62 ตามลำดับ และ ผลผลิตเฉลี่ย เท่ากับ 1,462 และ 7,220 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

การศึกษาเทคโนโลยีและขั้นตอนการผลิตวัตถุดิบป้อนเข้าสู่โรงงาน/โรงไฟฟ้าสำหรับวัตถุดิบหญ้าเนเปียร์ เริ่มต้นจากการที่เกษตรเก็บเกี่ยว สิ่งที่เหลือในแปลง คือ ตอหญ้าเนเปียร์ สำหรับเป็นตอพันธุ์ต่อไปในแปลง อายุการเป็นตอพันธุ์มากกว่า 5 ปี หากมีการดูแลรักษาดี ส่วนต้นสามารถนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ในแปลงอื่นๆ แต่อายุของต้นที่จะนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ที่ดีควรมีอายุ 3-8 เดือน ในส่วนของต้น

และใบที่จะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงจะถูกลำเลียงกจากแปลงด้วยรถบรรทุก (โดยน้ำหนักรถบรรทุกขึ้นอยู่กับชนิดของรถ)แล้วส่งขายยังโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงชีวมวลโดยตรงหรือส่งเข้าโรงงานแปรรูปในงานวิจัยนี้ได้ทำการทดลงแปรรูปหญ้าเนเปียร์เพื่อเป็นเชื้อเพลิงโดยใช้กระบวนการ 1) การสับ/ย่อยลดขนาดด้วยเครื่อง Chipper 2) การลดความชื้น/อบแห้ง ด้วยวิธีการตากแดด และ 3) การอัดเม็ดด้วยเครื่อง pellet mill เชื้อเพลิงที่ได้มีลักษณะเป็นแท่งคล้ายตะเกียบ กว้าง 8 มิลลิเมตร ยาว 40-45 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 613 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความชื้นประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์

ต้นทุนการการผลิตไม้โตเร็ว (SRC) หญ้าเนเปียร์ รวมต้นทุนแปรผันละต้นทุนคงที่ เท่ากับ 3,000 บาท มีค่าต่ำกว่าไม้โตเร็วชนิดอื่นๆ

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

ในงานวิจัยนี้ไม่สามารถปลูกไม้โตเร็ว (SRC) ประเภท ขึ้นเองตามธรรมชาติ คือ เพ็ก หญ้าคา หญ้าพง สาบเสือ และผกากรอง เพื่อศึกษาได้เนื่องจากไม่สามารถเตรียมกล้าพันธุ์ได้แต่ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติความเป็นเชื้อเพลิงของไม้โตเร็วดังกล่าว นั้นสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับไม้ ดังนั้นจึงควรมีการสนับสนุนงานวิจัยในด้านการเตรียมกล้าพันธุ์ของไม้โตเร็วประเภทนี้ และด้านการเก็บเกี่ยวเพื่อใช้เป็นพลังงาน เพื่อให้เกิดพืชพลังงานใหม่ในประเทศต่อไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

สุจินต์ สวนไผ่, 2553.แผนที่การแบ่งเขตการปกครอง. [ออนไลน์] http://www.skoolbuz.com/library/content/1380

พรรณนภา สมหวัง, 2554. ภูมิลักษณ์ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย.[ออนไลน์] http://tc.mengrai.ac.th/punnapa/socal/

สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำและการเกษตร (องค์การมหาชน)กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.2552. สรุปสถานการณ์น้ำประเทศไทย ปีพุทธศักราช 2551. [ออนไลน์] http://www.haii.or.th/haiiweb/index.php?option=com_remository&Itemid=85&func=startdown&id=84&lang=th

มูลนิธิสืบนาคะเสถียร .ป่าไม้ในเมืองไทย. [ออนไลน์] http://www.seub.or.th/index.php?option=com_content&view=article&id=182:2009-11-19-09-26-37&catid=47:2009-11-03-07-40-22&Itemid=70

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง.ป่าเต็งรัง.[ออนไลน์] http://www.huaikhakhaeng.net/forest/dip.html.

กรมปศุสัตว์.หญ้าเพ็ก . [ออนไลน์] http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/nutrition_1.htm

โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม.หญ้าคา . [ออนไลน์] http://tc.mengrai.ac.th/rungrat/pan/61.htm

กรมปศุสัตว์.หญ้าโขมง . [ออนไลน์] http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/nutrition_ 1.htm

กรมปศุสัตว์.หญ้าพง.[ออนไลน์] http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/nutrition_ 1.htm

กรมปศุสัตว์.พันธุ์พืชอาหารสัตว์ที่สำคัญ [ออนไลน์]http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowlage/ARTICLE/Pro6.htm

สมุนไพรดอทคอม.สาบเสือ . [ออนไลน์] http://www.samunpri.com/PicHerbs/index.php/2/ADSC_0039

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ประวัตินักวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีรชัย อาจหาญ เกิดเมื่อวันที่ 26 มิถุนายน 2513 จังหวัดสิงห์บุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรกลวิธาน) ระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(วิศวกรรมเกษตร) จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอก Ph.D. (Agricultural and Forest Engineering) จาก University of Tsukuba ประเทศญี่ปุ่นในปี พ.ศ. 2544 ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง อาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร และหัวหน้าศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านชีวมวล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี มีผลงานวิชาการ/ผลงานวิจัย/ประสบการณ์ 15 ปี ในการพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน ในปี 2537-2543 (7 ปี) วิจัยและพัฒนาการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาใช้เป็นต้นกำลังในรถแทรกเตอร์เกษตร โดยการพัฒนาต้นแบบรถแทรกเตอร์พลังงานแสงอาทิตย์ ขนาด 15 hp ซึ่งเป็นวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท-เอก และปี 2544-ปัจจุบัน (10 ปี) เน้นการวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานชีวมวล/ชีวภาพ และการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงาน ทั้งส่วนของการวิจัยและพัฒนา และเป็นผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษาแก้ไขปัญหา และวางแผนยุทธศาสตร์ด้านพลังงาน เช่น การนำเอาวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สชีวมวล (Biomass Gasification) การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล การพัฒนาเทคโนโลยีการก่อสร้างระบบผลิตแก๊สชีวภาพ การพัฒนาระบบการใช้ประโยชน์จากแก๊สชีวมวล แก๊สชีวภาพการดัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลใช้กับแก๊สชีวมวลและแก๊สชีวภาพ การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวมวล (Biomass Feedstock Technology) การพัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชพลังงาน เช่นไม้โตเร็วสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง ตลอดจนการวิเคราะห์ตรวจวัดการใช้พลังงานในอาคารและโรงงาน ปัจจุบันยังมีงานวิจัยด้านการบริหารจัดการขยะชุมชนเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนที่เป็นตัวอย่างโครงการงานวิจัยที่นำไปสู่การใช้ประโยชน์สำหรับการแก้ปัญหาระดับประเทศ ได้อย่างแท้จริงและเป็นโครงการนำร่องสำหรับภาคเอกชนหลาย ๆ แห่ง