



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี เพื่อใช้เป็นแหล่ง
พลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena* (*Leucaena*
leucocephala (Lam.) de Wit) after Three Years of Establishment for Sustainable
Energy Application

นามผู้วิจัย นางสาวกานต์วี ศรีพวงผกาพันธุ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์สายันท์ ทัดศรี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตต์, Dr.Agr.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวีตะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี เพื่อใช้เป็น
แหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena*
(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) after Three Years of Establishment
for Sustainable Energy Application

โดย

นางสาวกานต์วี ศรีพวงผกาพันธุ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2554

กานต์วี ศรีพวงผกาพันธุ์ 2554: การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/
สายพันธุ์ อายุ 3 ปี เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน ปรินญาวิทยาศาสตร์
มหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ศาสตราจารย์สัชฌน์ ทัดศรี, Ph.D. 115 หน้า

จากสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย พบว่ามีมูลค่าการนำเข้าพลังงานจาก
ต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี รัฐบาลจึงได้ส่งเสริมการใช้พืชเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในการผลิต
ไฟฟ้า ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบศักยภาพการให้ผลผลิต องค์ประกอบ
ทางเคมี ความหนาแน่นของเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อน และปริมาณเถ้า รวมถึงศักยภาพการฟื้น
ตัวภายหลังการตัด 1 ปี ของกระถินอายุ 3 ปี พันธุ์ทาร์มบ้า พันธุ์เปรู พันธุ์คันทิงแฮม สายพันธุ์ 5/7
และ 4/14 ในการใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายใน
บล็อก (Randomized Complete Block Design) จำนวน 5 ซ้ำ และใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร ที่
ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดนครราชสีมา ในการเก็บเกี่ยว
ผลผลิตของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้า ให้การเจริญเติบโต
ด้านความสูง และขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ที่ระดับ 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน) สูงที่สุด
(1,043 เซนติเมตร และ 4.9 เซนติเมตร ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์คันทิงแฮม ให้การเจริญเติบโตด้าน
ความสูงและขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ที่ระดับ 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน) น้อยที่สุด
(835 เซนติเมตร และ 3.7 เซนติเมตร ตามลำดับ) ในด้านผลผลิตเนื้อไม้พันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิต
น้ำหนักสดสูงสุด (22,981 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์คันทิงแฮมให้ผลผลิตน้ำหนักสดน้อยที่สุด
(8,896 กิโลกรัม/ไร่) ด้านคุณภาพของเนื้อไม้ พบว่าความแตกต่างของพันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีผลต่อ
ความหนาแน่นของเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อน และปริมาณเถ้า ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของลำ
ต้น พบว่าปริมาณออกซิเจน ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ ADF NDF ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส
ไม่มีความแตกต่างกันในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ แต่คาร์บอน และไฮโดรเจน มีปริมาณที่
แตกต่างกันในกระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ สำหรับการฟื้นตัวภายหลังการตัด 1 ปี ของกระถินอายุ
3 ปี พบว่ากระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตน้ำหนักสดของลำต้น และชีวมวลรวมไม่
แตกต่างกัน แต่ในด้านผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตส่วนลำต้น และชีวมวล
รวมสูงที่สุด ภายหลังการตัด 1 ปี

Karnrawee Sripongpakapun 2011: Growth and Biomass Production of Five Varieties/
Lines of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) after Three Years of
Establishment for Sustainable Energy Application. Master of Science (Agronomy),
Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor
Sayan Tudsri, Ph.D. 115 pages.

From the energy situation in Thailand, it showed that the imported value of energy is increasing every year. The government has promoted the biological fuel for electricity production especially energy from plant production. The objectives of this study were to compare the wood productivity, chemical composition of wood, wood density, heat value, ash and plant regrowth after 1 year-cut in 3 years old of the 5 varieties/lines of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Tarramba, Peru, Cunningham, 5/7 and 4/14). A randomized complete block design was used with 5 replications. The spacing was done at 1x0.5 m. The experiment was conducted at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong district, Nakhon Ratchasima province. The results showed that at 3 years old, the plant height and stem diameter (at 130 cm height level from the ground) of Tarramba were the highest (1,043 and 4.9 cm, respectively). While the lowest plant height and stem diameter (at 130 cm. height level from the ground) were of Cunningham (835 and 3.7 cm, respectively). For the wood production, Tarramba achieved the highest fresh wood productivity (22,981 kg/rai) whereas Cunningham gave the lowest (8,896 kg/rai). However, there were not statistically different in wood density, heat value and ash content among the tested varieties/lines. The chemical composition (oxygen, nitrogen, sulfur, ADF, NDF, lignin, cellulose and hemicellulose) in the stem were also not statistically different among the tested varieties/lines. There were statistically different in carbon and hydrogen content in the stem of all 5 varieties/lines. For plant regrowth, there were not statistically different in fresh wood weight and total biomass production of all 5 varieties/lines, but Tarramba exhibited the highest dry wood weight and total biomass production.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สาธิต หัตถศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
รองศาสตราจารย์ ดร.ประภา ศรีพิจิตร และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมถึง รองศาสตราจารย์ ดร.จินดารัฐ วีระวุฒิ ประธานการสอบ
และ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำการค้นคว้า
ตลอดจนการเขียน และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชวลิต และคุณแม่จินตนา ศรีพวงผกาพันธุ์ ที่ให้การสนับสนุน
ในด้านการศึกษาและให้กำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา รวมทั้งคุณวัญ ศรีพวงผกาพันธุ์ น้องสาว
คุณย่า คุณยาย และญาติๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบพระคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์
การวิจัย รวมทั้งขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ พี่ น้อง ลูก และป้าทุกๆ คน ในโครงการกระถินฯ ณ ศูนย์วิจัย
ข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่ช่วยดูแลแปลงทดลอง และช่วยเก็บข้อมูลให้เป็นอย่างดี รวมถึง
เพื่อน พี่ และน้องปริญญาโท-เอก ทุกคนที่ช่วยเหลือกันในทุกๆ เรื่องด้วยดีตลอดมา

กานต์รวี ศรีพวงผกาพันธุ์
เมษายน 2554

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
อุปกรณ์	25
วิธีการ	26
ผลและวิจารณ์	35
ผล	35
วิจารณ์	76
สรุปและข้อเสนอแนะ	85
สรุป	85
ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	87
ภาคผนวก	104
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	115

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีในด้านต่างๆ ของใบกระถิน	15
2 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550 - 2554 เปรียบเทียบ กับค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมา (2544 - 2553) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าว ฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา	36
3 อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550 - 2554 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมา (2544 - 2553) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าว ฟ่าง แห่งชาติ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา	38
4 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550 - 2554 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมา (2544 - 2553) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าว ฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางช่อง จังหวัดนครราชสีมา	39
5 การเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	41
6 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ที่ ระดับความสูง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน	41
7 ผลผลิตน้ำหนักรากสด (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของผลผลิต กระถิน 5 พันธุ์/ สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	44
8 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	46
9 ผลผลิตน้ำหนักรากใบร่วง (กิโลกรัม/ไร่) ก่อนอบและหลังอบของกระถิน 5 พันธุ์/สาย พันธุ์ อายุ 3 ปี	49
10 ความหนาแน่นเนื้อไม้ ปริมาณเถ้า และค่าพลังงานความร้อนของกระถิน 5 พันธุ์/ สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	50
11 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโล กรัมน้ำหนักรากแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	51
12 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) ในใบ กิ่งก้าน ลำต้น และใบร่วง ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	53

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
13 ผลผลิตไนโตรเจนในใบ กิ่งก้าน ลำต้น ใบร่วง และรวมทั้งหมด (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้นรวม + ใบร่วง) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	58
14 ผลผลิตคาร์บอนในใบ กิ่งก้าน ลำต้น ใบร่วง และรวมทั้งหมด (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้นรวม + ใบร่วง) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	60
15 จำนวนต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	63
16 ความสูงของต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	64
17 เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร จากพื้นดิน	65
18 ผลผลิตน้ำหนักราก (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	67
19 ผลผลิตน้ำหนักราก (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	71
20 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัม/น้ำหนักรากแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	72
21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตใบ กิ่งก้าน ลำต้น (น้ำหนักรากแห้ง) และความสูง, เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับผลผลิตลำต้น และความสูง ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	74
22 สมการถดถอยเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression) ระหว่างผลผลิตน้ำหนักรากแห้งชีวมวลรวม (Y_{biomass}) กับผลผลิตน้ำหนักรากแห้งใบ (X_{leaf}), น้ำหนักรากแห้งกิ่งก้าน (X_{branch}), น้ำหนักรากแห้งลำต้น (X_{stem}) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	75

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	105
2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน	105
3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักสด (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของผลผลิต กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	106
4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	107
5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักใบร่วง (กิโลกรัม/ไร่) ก่อนอบและหลังอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	108
6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนาแน่นเนื้อไม้ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	108
7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถ้า และค่าพลังงานความร้อนของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	109
8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	110
9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	111
10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร จากพื้นดิน	112
11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักสด (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี	113

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักร้าง (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วน ต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลัง การตัด 1 ปี	114

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแสดงระยะปลูกระหว่างแถว และต้นกระถินในแปลงย่อย	26
2	การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ในองค์ประกอบผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	32
3	สัดส่วนขององค์ประกอบผลผลิตน้ำหนักแห้งของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี	47
4	การเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เมื่ออายุ 3 ปี	48
5	การฟื้นตัวภายหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี (วันที่ 6 เมษายน 2553)	62
6	การเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ฟื้นตัวภายหลังการตัด 1 ปี	68

การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี เพื่อใช้เป็นแหล่ง พลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) after Three Years of Establishment for Sustainable Energy Application

คำนำ

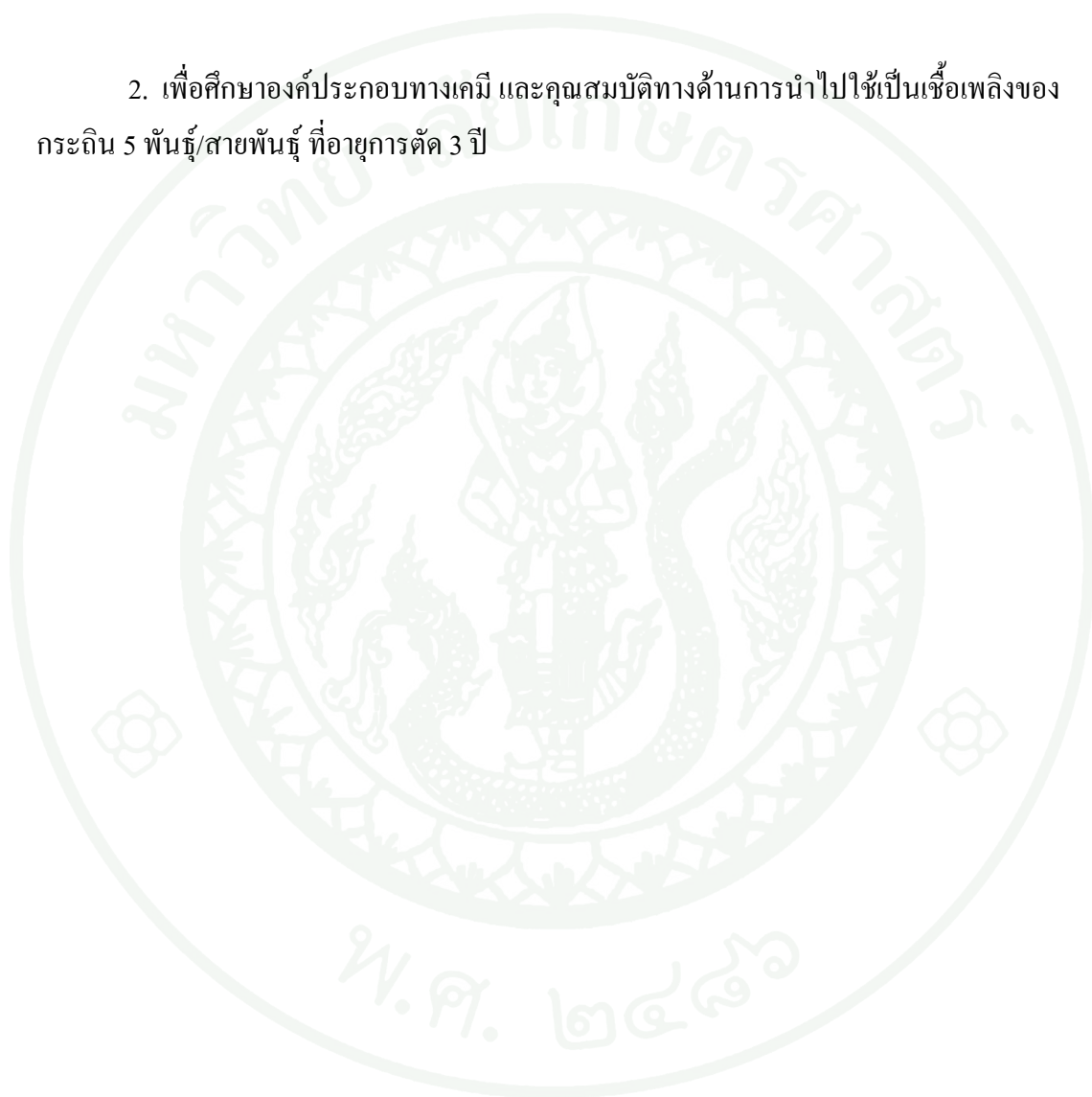
พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการพัฒนาประเทศหลายด้าน ทั้งด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การคมนาคมขนส่ง การผลิตกระแสไฟฟ้า และงานบริการอื่นๆ อีกหลายประเภท จึงนับได้ว่าพลังงานเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ เพื่อตอบสนองต่ออัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจ และอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร (ณัฐ และคณะ, 2551; นคร, 2553) จากสถานการณ์พลังงานของประเทศไทย พบว่าในแต่ละปีมีมูลค่าการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศสูงขึ้นทุกปี ทั้งน้ำมันเชื้อเพลิง ถ่านหิน แก๊สธรรมชาติ และไฟฟ้า จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2547 รัฐบาลได้ส่งเสริมการใช้เชื้อเพลิงชีวภาพ และได้เพิ่มราคาการรับซื้อไฟฟ้าสำหรับโครงการที่ใช้พลังงานหมุนเวียน ทำให้ปริมาณการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศมีแนวโน้มลดลง จากนโยบายด้านพลังงานของรัฐบาลที่ส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนที่มีศักยภาพ โดยเฉพาะโครงการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็ก และโครงการผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก รวมถึงการศึกษาความเหมาะสมในการพัฒนาพลังงานทางเลือกอื่นๆ มาใช้ประโยชน์ในการผลิตไฟฟ้า และยังให้การสนับสนุนงานวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนโดยเฉพาะงานวิจัยเกี่ยวกับพลังงานจากพืช (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์, 2552) เนื่องจากประเทศไทยมีศักยภาพในด้านเป็นแหล่งเชื้อเพลิงชีวมวล หากสามารถนำพลังงานเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ก็จะเป็นแหล่งพลังงานที่ยั่งยืนของประเทศต่อไปได้

การใช้แหล่งพลังงานหมุนเวียนในการผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยมาจากหลายแหล่ง เช่น พลังงานน้ำ พลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานจากแก๊สชีวภาพ และพลังงานชีวมวล ทั้งนี้แหล่งของพลังงานชีวมวลเหมาะสมที่จะเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนให้กับประเทศไทยแหล่งหนึ่ง เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีชีวมวลที่ได้จากการเพาะปลูกจำนวนมาก และรูปแบบหนึ่งของพลังงานชีวมวลที่น่าสนใจเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า คือ พลังงานชีวมวลจากไม้โตเร็ว (fast growing tree) (ณัฐ และ

คณะ, 2551; สายัณห์ และคณะ, 2552; นคร, 2553) ประเทศไทยมีไม้โตเร็วหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ซึ่งกระถินเป็นไม้โตเร็วชนิดหนึ่งที่สามารถเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดี รวมทั้งให้ค่าพลังงานความร้อนที่สูง อีกทั้งกระถินสามารถตรึงไนโตรเจน จึงช่วยในเรื่องการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และใบของกระถินรวมถึงส่วนของต้นอ่อนยังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้อีกด้วย (สายัณห์, 2547; สายัณห์ และคณะ, 2552) ด้านงานวิจัยในการทดสอบ และคัดเลือกพันธุ์หรือสายพันธุ์กระถินส่วนใหญ่เน้นในการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารสัตว์ แต่ในด้านการนำไปใช้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานชีวมวลยังมีงานวิจัยน้อยมาก รวมทั้งอายุของกระถินที่เหมาะสมในการตัดเพื่อให้ได้ผลผลิตดีที่สุดสำหรับการนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งมีเพียงงานวิจัยของสายัณห์ และคณะ (2552) แต่เป็นการศึกษาเปรียบเทียบพันธุ์/สายพันธุ์กระถินที่มีอายุก่อนการตัดเพียง 1 ปี หลังจากการปลูกสร้าง ในขณะที่การตัดอายุการตัดกระถินออกไปทำให้ได้รับผลผลิตเพิ่มมากขึ้น กระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์อาจมีการปรับตัวแตกต่างกัน ดังนั้นในงานทดลองนี้จึงใช้พันธุ์/สายพันธุ์เช่นเดียวกับการศึกษาของ อัญญาภรณ์ (2552) ยกเว้นสายพันธุ์ 4/14 มาศึกษาเปรียบเทียบการให้ผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพลังงานชีวมวลต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ศักยภาพในการให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตชีวมวลรวมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่อายุการตัด 3 ปี
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่อายุการตัด 3 ปี



การตรวจเอกสาร

ประวัติและแหล่งที่มาของกระถิน

กระถินมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit อยู่ใน Family Leguminosae และ Sub-family Mimosoideae เป็นพืชพื้นเมืองดั้งเดิมของอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก ต่อมาได้แพร่กระจายไปทั่วทั้งในเขตร้อน กึ่งร้อน และพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนสูง ได้แก่ แอฟริกา เอเชีย และทางตอนเหนือของออสเตรเลีย โดยมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไปดังนี้ ออสเตรเลีย และ อเมริกา เรียก Leucaena, ฮาวาย เรียก Koa hale, แม็กซิโก เรียก Guaje หรือ Uaxin, จีน เรียก Yin ho huan และ ไทย เรียก กระถิน (Katin) เป็นต้น (Humphreys, 1980; Pound and Cairo, 1983; Brewbaker *et al.*, 1985; Haque *et al.*, 2007) ในระยะแรกกระถินใช้เป็นพืชร่มเงาแก่พืชอื่น เช่น ชา กาแฟ และ โกโก้ เป็นต้น ต่อมาได้กลายเป็นพืชอาหารสัตว์ที่สำคัญในประเทศเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศออสเตรเลีย และเกาะฮาวาย กระถินได้รับความนิยมใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ เพราะเป็นพืชที่ทนทานต่อการแทะเล็ม ทนแล้ง และสามารถเจริญได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เฉลิมพล, 2530; Swasdiphanich, 1992) และประเทศไทยได้นำเอากระถินเข้ามาปลูกตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยา (ชาญชัย, 2511) ในประเทศไทยมักเรียกรวมกันระหว่างกระถินบ้าน และกระถินยักษ์ว่า “กระถิน” ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกกันโดยทั่วไป แต่สำหรับการเรียกชื่อของกระถินตามภาคต่างๆ ของประเทศมักมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกัน เช่น ภาคเหนือเรียก ผักก้านดิน หรือ ผักหนองบก ภาคกลางเรียก กระถินดอกขาว กระถินหัวหงอก หรือกะเส็ดโคก ภาคอีสานเรียก ผักก้านดิน หรือผักกะเส็ด และภาคใต้เรียก สะตอเทศ หรือสะตอเบา เป็นต้น (สุริย์ และ อนันต์, 2540)

ลักษณะทั่วไปของกระถิน

กระถินที่พบส่วนมากเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางโดยมีความสูงประมาณ 7-18 เมตร ลำต้นเรียบสีน้ำตาลแดง กระพี้สีเหลืองอ่อนเกือบขาว แก่นมีสีน้ำตาลแดง เปลือกไม้บาง เนื้อไม้เป็นเส้นตรง ลำต้นเรียบ สีน้ำตาลแดง เปลือกบาง ใบเป็นใบรวมแบบขนนก (bipinnate) ยาว 15-20 เซนติเมตร ใบย่อยจะมีลักษณะรีวคล้ายใบหอก และมีใบตลอดทั้งปี ดอกจะเป็นดอกรวมเป็นกลุ่ม และมีก้านดอกยาว สีของดอกมีสีนวลหรือสีเหลืองปนขาว เมื่อแก่มีสีเขียวเข้มและกลายเป็นสีแดง หรือน้ำตาลเมื่อแก่เต็มที่ ฝักมีลักษณะแบนบางและตรง กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาวประมาณ 12-18 เซนติเมตร แต่ละช่อดอกมีฝักประมาณ 15-20 ฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝักประมาณ 8-15 เมล็ด

เมล็ดมีสีน้ำตาลแก่ รูปร่างแบนรี กว้างประมาณ 3-4 มิลลิเมตร มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร ส่วนระบบรากของกล้าไม้ขนาดเล็กโดยปกติจะมีรากแก้วยาวเท่ากับความสูงของต้น รากแขนงมีน้อย และมีขนาดเล็กอยู่ใกล้กับผิวดิน สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้จากปมที่มีไรโซเบียมอาศัยอยู่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-2.5 มิลลิเมตร (วีระ, 2523; เจษฎา, 2527) จากการศึกษาของ อรุณ และคณะ (2528) กล่าวว่ากระถินจัดเป็นไม้ที่มีความหนาแน่นเนื้อไม้ปานกลางเช่นเดียวกับ ไม้สัก และมะฮอกกานี จึงรับแรงได้น้อยกว่าไม้ที่มีความแน่นเนื้อไม้สูง แต่มีการหดตัว และการแตกร้าวน้อย

สภาพแวดล้อม และการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของกระถิน

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของกระถินมีหลายปัจจัยและปัจจัยที่มีความสำคัญปัจจัยหนึ่ง คือปัจจัยทางสภาพแวดล้อม (environmental factors) ซึ่งสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต รวมถึงการปรับตัวเพื่อให้เข้ากับสภาพแวดล้อมของกระถินมีดังนี้

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถินอยู่ที่ 25-30 องศาเซลเซียส (Shelton and Brewbaker, 1994) แต่กระถินสามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ และสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม จากการศึกษาของ Mullen *et al.* (1998) รายงานว่ากระถินสามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 10.5-37.1 องศาเซลเซียส และยังคงให้ผลผลิตได้ แต่ปริมาณผลผลิตจะน้อยกว่าการปลูกที่อุณหภูมิที่เหมาะสม ในขณะที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส สามารถทำให้กระถินตายได้ แต่ในกระถินชนิด *L. retusa* และ *L. greggii* สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ถึง -10 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวกระถิน *L. leucocephala* ที่ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Glumac, 1986; Long, 1992) ในด้านความเข้มแสงที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิดรวมทั้งกระถินเช่นกัน แต่กระถินสามารถทนต่อการถูกพรางแสงได้ในระดับปานกลาง ซึ่งเมื่อกระถินได้รับการพรางแสงในระยะต้นกล้า (ประมาณ 1-2 เดือน) จะมีการปรับตัวโดยใบจะมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ความหนาของใบจะลดลง (Benjamin *et al.*, 1991; Egara and Jones, 1977) อีกทั้งกระถินสามารถขึ้นได้ดีในเขตชื้น และร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 600-2,500 มิลลิเมตร/ปี และสามารถปลูกได้ในพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 0-600 เมตร แต่กระถินไม่ทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน (อุดม, 2522) นอกจากนั้นกระถินยังเป็นพืชที่ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี เนื่องจากรากสามารถหยั่งลึกได้ถึง 5 เมตร เพื่อใช้น้ำใต้ดินในการเจริญเติบโต และกระถินสามารถปรับตัวได้ดีในบริเวณที่เป็นดินเหนียว มีการระบายน้ำดี ในดินที่มีสภาพความเป็นด่างที่มีค่า pH ตั้งแต่ 5.5 ขึ้นไป แต่ในดินที่มีสภาพเป็นกรดกระถินก็ยังสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ดินต้องมีค่า pH

ไม่ต่ำกว่า 5.2 (เจษฎา, 2527; Shelton and Brewbaker, 1994; Tewari *et al.*, 2004) ซึ่งในสภาพที่ดินมีความเป็นกรดสูงมักมีความเข้มข้นของธาตุอะลูมิเนียม (Al), เหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) มาก ซึ่งธาตุดังกล่าวหากมีปริมาณมากจะเกิดผลเสียต่อพืช (Pound and Cairo, 1983) สำหรับการเจริญเติบโตของกระถินในดินที่มีความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ยังอยู่รอดในแปลงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (เจษฎา และ ลัดดา, 2527) ความต้านทานโรค และแมลงของกระถินในประเทศไทยมักไม่ประสบปัญหา แต่โรคที่พบในกระถินส่วนใหญ่มักเกิดจากเชื้อรา เช่น โรคกล้าเน่า และโรคเน่าคอดิน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยใช้สารเคมี หรือสารกำจัดเชื้อรา เช่น เบนเลท หรือ บราสซิโคล จีดีพีในช่วงฤดูฝน เพื่อลดความเสียหายจากเชื้อรา (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2550) ส่วนแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในกระถินคือ เพลี้ยไถ่ฟ้ากระถิน (*Heterophylla cubana* Crawford) ที่สามารถเข้าทำลายกระถินได้ทั้งในระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยการดูดน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน ใบอ่อน และฝัก ส่งผลให้ยอดและใบเหี่ยวเฉา นอกจากนั้นยังปล่อยสารเหนียว (honeydew) ไว้ตามยอดจนเกิดราดำ ทำให้กระถินชะงักการเจริญเติบโต ซึ่งการควบคุมเพลี้ยไถ่ฟ้าในกระถินสามารถทำได้หลายวิธี เช่นการควบคุมด้วยชีววิธี โดยใช้แมลงศัตรูตามธรรมชาติของเพลี้ยไถ่ฟ้านั่นคือด้วงเต่า ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยไถ่ฟ้าได้ดี อีกทั้งการตัดกระถินแบบสลับ แล้วยังช่วยลดปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของเพลี้ยไถ่ฟ้าได้เช่นกัน (กัลยา และคณะ, 2542) นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมโดย การใช้พันธุ์ที่มีความต้านทาน และการใช้สารเคมีได้อีกด้วย

พันธุ์ และสายพันธุ์กระถินในประเทศไทย

การจำแนกกระถิน

ในปัจจุบันสามารถจำแนกกระถินออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่มดังนี้ (อุดม, 2522; Brewbaker *et al.*, 1972; Pound and Cairo, 1983; NAS, 1984)

1. กลุ่มฮาวาย (Hawaiian type)

ลักษณะเป็นไม้พุ่มเตี้ย สูงประมาณ 5 เมตร ออกดอกขณะที่ต้นมีอายุ 4-6 เดือน และออกดอกตลอดปี และกระถินในกลุ่มฮาวายให้ผลผลิตทั้งในส่วนของใบ และผลผลิตด้านเนื้อไม้

2. กลุ่มซัลวาดอร์ (Salvador type หรือ Giant type)

มีลักษณะเป็นไม้ต้นสูง โดยมีความสูงได้ถึง 20 เมตร หรือมากกว่านั้น ในส่วนขององค์ประกอบของกระดิ่งกลุ่มซัลวาดอร์จะมี ใบ ฝัก เมล็ดใหญ่ และดอก ลำต้นตรงมีกิ่งน้อย การออกดอกไม่สม่ำเสมอ คือประมาณ 2 ปีให้ดอกหนึ่งครั้ง จึงมีปัญหาด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์ แต่ลักษณะของกลุ่มซัลวาดอร์ เหมาะสำหรับนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานเชื้อเพลิง

3. กลุ่มเปรู (Peruvian type หรือ Peru type)

มีลักษณะเป็นไม้ขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 10-15 เมตร มีกิ่งก้านขนาดใหญ่ และแตกกิ่งก้านมากบริเวณโคนลำต้น ปริมาณใบต่อด้านมีปริมาณมากแต่ส่วนของลำต้นมีขนาดเล็ก กระดิ่งกลุ่มเปรูใช้ระยะเวลานานในการออกดอกแต่ละครั้ง กระดิ่งในกลุ่มนี้สามารถนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ดี

พันธุ์ และสายพันธุ์กระดิ่งที่มีการศึกษาภายในประเทศไทย

จากความหลากหลายทางด้านพันธุ์/สายพันธุ์ของกระดิ่งซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิต คุณภาพของใบและความสามารถในการเพิ่มผลผลิตชีวมวล จึงมีการศึกษาคัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์/สายพันธุ์ของกระดิ่งเพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในลักษณะต่างๆ อาทิเช่น พันธุ์/สายพันธุ์ที่มีลักษณะเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ และที่นิยมใช้ปลูกเป็นพันธุ์การค้าในปัจจุบัน ดังนี้ (Dalzell *et al.*, 2006)

1. พันธุ์เปรู

เริ่มแรกได้เมล็ดพันธุ์มาจากนักพฤกษศาสตร์ชาวอาร์เจนตินา ที่เก็บเมล็ดพันธุ์มาจากประเทศเปรู และนำมาทดสอบจนได้ออกมาเป็นพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้าจาก CSIRO (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization) ประเทศออสเตรเลีย ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 และมีการนำมาใช้จนถึงปัจจุบัน ลักษณะของพันธุ์เปรูเป็นไม้พุ่มเตี้ย มีการแตกกิ่งมาก และให้ผลผลิตใบที่มีโปรตีนสูง แต่ไม่ทนทานต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟ ส่วนการศึกษาถึงการให้ผลผลิตของกระดิ่งพันธุ์เปรู เปรียบเทียบกับพันธุ์คันทิงแฮม ฮาวายและพันธุ์พื้นเมือง โดยการตัดทุก 3 เดือนเป็นระยะเวลา 1 ปีในประเทศไทย พบว่ากระดิ่งพันธุ์เปรู คันทิงแฮม และฮาวาย

ให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งใกล้เคียงกัน (1,728 1,948 และ 1,594 กิโลกรัม/ไร่) แต่มากกว่ากระถินพันธุ์พื้นเมืองอย่างเห็นได้ชัด (920 กิโลกรัม/ไร่) โดยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในใบกระถินพันธุ์เปรูมี 27.1 เปอร์เซ็นต์ (Sampet and Pattaro, 1979)

2. พันธุ์คั่นนึ่งแฮม

ลักษณะของใบพันธุ์คั่นนึ่งแฮมมีสีเขียวเข้มกว่ากระถินพันธุ์อื่นๆ ใบย่อย (leaflet) มีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์เปรู เมล็ดมีสีเขียวขนาดเล็ก มีก้านมาก และทนทานต่อการเข้าแทะเล็มของสัตว์ ประเทศไทยได้นำเข้ามาปลูกประมาณปี พ.ศ. 2519 (ธำรงศักดิ์ และคณะ, 2546) จากการศึกษาของ ฉายแสง และคณะ (2548) พบว่ากระถินพันธุ์คั่นนึ่งแฮมให้ผลผลิตใบได้มากกว่ากระถิน *L. collinsii* 52/88, *L. esculenta* subsp. *Esculenta* 47/87, *L. esculenta* subsp. *Paniculata* 52/87, *L. multicapitulata* 81/87, *L. pulverulenta* 83/87, *L. shanonii* subsp. *Magnifica* 19/84 และ *L. trichodes* 61/88 และมีปริมาณโปรตีนมากกว่าสายพันธุ์ *L. diversifolia* subsp. *Stenocarpa* 53/88, *L. esculenta* subsp. *Eeculenta* 47/87, *L. esculenta* subsp. *Paniculata* 52/87, *L. pulverulenta* 83/87, *L. salvadorensis* 17/86 และ *L. shanonii* subsp. *Magnifica* 19/84 ที่ตัดทุกๆ 4 เดือน จำนวน 8 ครั้ง ในระยะเวลา 28 เดือน Wahab and Ahmad (1984) รายงานว่าการตัดกระถินทุกๆ 2 เดือนเป็นเวลา 1 ปี กระถินพันธุ์คั่นนึ่งแฮมสามารถให้ผลผลิตใบแห้งได้ 1,824 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรูให้ผลผลิต 1,360 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งต่างจากงานทดลองของ Khai *et al.* (1995) ที่พบว่ากระถินพันธุ์เปรูและคั่นนึ่งแฮม ให้ผลผลิตใบแห้งใกล้เคียงกันจากการตัด 4 ครั้ง คือ 1,584 และ 1,504 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

3. พันธุ์ทาร์มบ้า

มีลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านน้อย และให้ผลผลิตในส่วนของใบมากกว่าพันธุ์เปรูและคั่นนึ่งแฮม เนื่องจากพันธุ์ทาร์มบ้าสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว และทนทานต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไค้ฟ้าได้ดีกว่าอีก 2 พันธุ์จึงทำให้ผลผลิตใบที่ได้มีปริมาณมากกว่า (Dalzell *et al.*, 2006) สอดคล้องกับการศึกษาของ อัยฎาภรณ์ (2552) ที่พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้า ซึ่งเป็นพันธุ์ใหม่ที่น่าสนใจเข้ามามีการศึกษาการเจริญเติบโตเร็วกว่าพันธุ์เดิมที่ปลูก (พันธุ์คั่นนึ่งแฮม และเปรู) ทั้งในด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ผลผลิตใบ รวมทั้งให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงกว่าพันธุ์เดิมอีกด้วย

นอกจากกระถินทั้ง 3 พันธุ์ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีกระถินอีกหลายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่นำมาศึกษาในประเทศไทยเพื่อศึกษาในด้านการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต ปริมาณธาตุอาหาร และสารพิษที่มีในกระถิน เช่น งานทดลองของ ศศิธร และคณะ (2546) พบว่าจากการตัดครั้งแรกเมื่ออายุ 6 เดือน หลังจากงอก และตัดครั้งต่อไปทุกๆ 4 เดือน จำนวน 8 ครั้ง ในระยะเวลา 28 เดือน สายพันธุ์ที่สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบ และลำต้นมากที่สุด คือ *L. leucocephala* K376 โดยให้ผลผลิตใบแห้ง 4,338 กิโลกรัม/ไร่ และผลผลิตน้ำหนักแห้งส่วนลำต้น 6,325 กิโลกรัม/ไร่ นอกจากนี้ในการศึกษาเพื่อคัดเลือกพันธุ์กระถิน 17 สายพันธุ์ สำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์ พบว่ากระถินสายพันธุ์ *L. leucocephala* subsp. *Glabrata* 34/92 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบมากที่สุด คือ 3,520 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นมากที่สุด คือ สายพันธุ์ *L. lanceolata* 43/85 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้น 7,000 กิโลกรัม/ไร่ จากการตัดทุกๆ 4 เดือน จำนวน 8 ครั้ง เช่นเดียวกัน (ฉายแสง และคณะ, 2548) อีกทั้งยังมีการศึกษาเปรียบเทียบผลผลิต ความหนาแน่นเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนของสายพันธุ์กระถิน เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวภาพของ นิดา (2553) พบว่ากระถินสายพันธุ์ KU45 KU3 KU39 KU15 และ KU38 ให้ผลผลิตชีวมวลรวมและผลผลิตไม้ที่สามารถนำไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเครื่องผลิตไฟฟ้าจากพลังงานไม้ ในขณะที่ความหนาแน่นของสายพันธุ์พื้นบ้าน (KU26 และ KU20) มีค่าสูงที่สุด แต่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตต่ำ อีกทั้งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเล็กเกินไปไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเครื่องผลิตไฟฟ้าจากพลังงานไม้ ส่วนสายพันธุ์กระถินที่มีค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุด 5 อันดับแรก คือ KU65 KU51 KU49 KU55 และ KU61 ในขณะที่กระถินบ้าน (KU20) มีค่าพลังงานความร้อนต่ำที่สุด

การจัดการ

การเตรียมเมล็ดก่อนปลูก

กระถินสามารถปลูกด้วยเมล็ดโดยใช้เมล็ดปลูกโดยตรง หรือใช้ต้นกล้าที่เตรียมไว้ กระถินส่วนใหญ่มักมีการพักตัว ซึ่งถ้าไม่ทำลายการพักตัวก่อนการปลูกจะทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดกระถินมีเปลือกหุ้มเมล็ดที่แข็งมาก และน้ำซึมผ่านยาก ดังนั้นจึงต้องมีการทำลายการพักตัวของเมล็ดเพื่อช่วยให้น้ำสามารถซึมผ่านเปลือกเมล็ด โดยการนำเมล็ดแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 5-10 นาที จากนั้นจึงเทน้ำร้อนออกและปล่อยให้เมล็ดแห้ง ทรงเกียรติ และมาลี (2523) รายงานว่าการแช่เมล็ดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80 และ 100 °C ทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกดีขึ้น โดยทำให้เมล็ดมีความงอกเป็น 72.25 และ 72.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับ

การปลูกโดยไม่มีการทำลายการพักตัวด้วยการแช่น้ำร้อน พบว่าความงอกของเมล็ดมีเพียง 40.5 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น หลังจากนำเมล็ดไปผ่านการทำลายการพักตัวแล้ว ควรคลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมก่อนปลูกเพื่อช่วยเพิ่มผลผลิต ปัจจุบันแนะนำให้ใช้เชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์ CB 3126 (เจษฎา, 2527; วีระ และสมาน, 2525; สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.)

การปลูก

ในคู่มือการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน (สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.) รายงานว่ากระถินสามารถปลูกได้หลายวิธี ดังนี้

1. การเพาะเมล็ด

การเพาะด้วยเมล็ดสามารถปฏิบัติได้ง่าย เหมาะสมกับกรณีที่มีเมล็ดจำนวนจำกัดหรือเพาะเมล็ดเพื่อรอให้สภาพแปลงปลูกเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตแล้วค่อยย้ายปลูก เมล็ดที่นำมาเพาะต้องผ่านการทำลายการพักตัว และคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียมมาแล้ว จึงเพาะลงในถุงเพาะชำ 2-3 เมล็ด วัสดุเพาะชำเป็นดินผสมเกลบดำ และขุยมะพร้าว ซึ่งมีการระบายน้ำได้ดี เมล็ดกระถินจะงอกภายใน 7-10 วัน เมื่อกระถินมีความสูง 30-40 เซนติเมตร สามารถย้ายปลูกลงในแปลงได้ การปล่อยให้กระถินเจริญเติบโตในถุงเพาะชำนานเกินไป อาจทำให้รากแก้วขดงอ ทำให้เมื่อนำไปปลูกรากพืชไม่หยั่งลึกลงไปดินเท่าที่ควร

2. การปักชำ

กระถินสามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปักชำได้เช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น โดยเลือกขนาดกิ่งที่จะใช้ปักชำไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป ขนาดกิ่งประมาณเท่าดินสอ ตัดเป็นท่อน ยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ขูดสารเรงรากแล้วนำไปชำในถุงเพาะชำ จนกระทั่งต้นแข็งแรงดีจึงนำไปปลูก การเพาะในแปลงเพาะกล้า

3. การเพาะเมล็ดในแปลงเพาะกล้า

เพาะเมล็ดกระถินที่ผ่านการทำลายการพักตัวแล้ว ลงในแปลงขนาดเล็กที่ยกสูงขึ้นมาจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร หว่านเมล็ดกระถินแล้วปล่อยให้งอกจนกระทั่งความสูง 50-100

เช่นติเมตรจึงค่อยย้ายไปปลูกในแปลงใหญ่ โดยริดใบออกให้หมดและตัดรากบางส่วนทิ้ง เรียกวิธีนี้ว่า วิธีการเปลือยราก (bare root) ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกต่อการย้ายกล้าจำนวนมากๆ ไปปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับ การเพาะกล้าในถุง แต่การฟื้นตัวในระยะแรกช้า และการถอนต้นจากแปลงเพาะหากขาดความระมัดระวังจะทำให้รากขาดหรือปมหลุ่ตรง ซึ่งจะ ทำให้ต้นกล้าอ่อนแอและอาจตายได้

การใส่ปุ๋ย

กระถินเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีรากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ดังนั้นการปลูกกระถินจึงไม่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แม้ว่าจะมีความต้องการอยู่บ้างในช่วงแรกของการเจริญเติบโต อีกทั้งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่กระถินในสภาพที่ดินมีไนโตรเจนสูงอยู่แล้ว จะทำให้เกิดการสะสมไนเตรท ซึ่งจะส่งผลยับยั้งการสร้างปมราก และกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Duhoux and Dommergues, 1985) สำหรับการใส่ปุ๋ยสำหรับการปลูกกระถินในประเทศไทยจากคู่มือการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน (สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.) รายงานว่าดินในประเทศไทยส่วนใหญ่ขาดธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม อีกทั้งในดินบางแห่งยังขาดธาตุอาหารรอง เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ซัลเฟอร์ เป็นต้น และจุลธาตุบางชนิด (ทองแดง สังกะสี โมลิบดีนัม) แต่สำหรับปุ๋ยที่ใช้ในการปลูกกระถินมีเพียงปุ๋ยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเท่านั้น เนื่องจากปุ๋ยฟอสฟอรัสมีความจำเป็นสำหรับพืชตระกูลถั่วซึ่ง Hegde (1982) พบว่าการเจริญเติบโตของกระถินที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ระดับต่างๆ ได้แก่ 0.002 0.008 0.032 0.128 และ 0.512 mg/ml พบว่าที่ระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสต่ำๆ กระถินมีการเจริญทางด้านความสูงน้อยกว่ากระถินที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ระดับมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของระดับปุ๋ยฟอสฟอรัสยังส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตของรากและน้ำหนักแห้งของกระถินเช่นเดียวกับความสูง ในสภาวะพบว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสช่วยให้กระถินตอบสนองไนโตรเจนและแคลเซียมได้ดี (Takahashi and Ripperton, 1949) ส่วนโพแทสเซียมก็มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นอ่อนพืชอาหารสัตว์ในระยะแรก ดังนั้นปุ๋ยที่มีความเหมาะสมในการเจริญเติบโตของกระถิน พบว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูตร 0-46-0 อัตรา 30-40 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมสูตร 0-0-60 อัตรา 10-20 กิโลกรัม/ไร่ หรือใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (45% P_2O_5) อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O) อัตรา 20 กิโลกรัม/ไร่ (จิต และคณะ, 2547; สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.)

การเก็บเกี่ยว

ในการตัดกระถินแต่ละครั้ง นอกจากผลผลิตที่ได้แล้วยังต้องคำนึงถึงการฟื้นตัว หรือการเจริญเติบโตภายหลังการตัดด้วย ดังนั้นการเก็บเกี่ยวในแต่ละครั้งจึงควรให้ความสำคัญกับปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการฟื้นตัวและเจริญเติบโตในปีต่อไปของกระถิน ดังนี้

1. ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการตัด

ระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการตัดกระถินควรจะอยู่ในช่วงปลายฝนซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง แม้ว่าจะมีผลให้กระถินฟื้นตัวช้า แต่การไว้ความสูงของตอที่เหมาะสมจะช่วยให้กระถินอยู่รอดได้ จนถึงฤดูฝนและฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งการตัดในช่วงต้นฤดูแล้ง ทำให้การทำงานในแปลงสะดวกขึ้นไม่ว่าจะเป็นการใช้ใบเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะการทำใบกระถินตากแห้งเพื่อเก็บไว้ให้สัตว์กิน (leaf meal) จะช่วยให้ไม่เกิดเชื้อราเมื่อเปรียบเทียบกับ การตัดในช่วงฤดูฝน และในการใช้ลำต้นเป็นเชื้อเพลิงต้องตากให้แห้งเช่นเดียวกัน ส่งผลให้การนำไม้ไปใช้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และการตัดกระถินในช่วงฤดูแล้งยังเป็นช่วงที่พืชเก็บสะสมอาหารไว้เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตเมื่อได้รับน้ำในฤดูฝน ทำให้เมื่อมีการตัดในช่วงนี้การฟื้นตัวจะดีกว่าเมื่อตัดในช่วงฤดูฝน กล่าวคือพืชได้ใช้อาหารที่สะสมมาตลอดฤดูแล้งไปแล้วกับการเจริญเติบโตแตกหน่อใหม่เมื่อได้รับน้ำฝน และเมื่อถูกตัดในช่วงที่แตกหน่อใหม่ไปแล้ว การฟื้นตัวจะช้ากว่าเนื่องจากอาหารสำรองถูกใช้ไปแล้ว อีกทั้งการตัดกระถินในช่วงต้นฤดูแล้ง ยังทำให้ผลผลิตเนื้อไม้ของกระถินเพิ่มมากขึ้นในรอบการตัดฟันในปีต่อไป (Tewari *et al.*, 2004; สมศักดิ์, 2550; สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.)

2. ความสูงของการตัด

การพิจารณาความสูงของการตัดมีความจำเป็นเนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับการฟื้นตัวของกระถินภายหลังการตัด ซึ่งความสูงในการตัดจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบที่เหลืออยู่ จำนวนจุดเจริญปริมาณอาหารสำรองที่เคลื่อนย้ายจากลำต้นและรากไปสู่จุดเจริญ และความชื้นที่มีอยู่ในดิน เนื่องจาก จากปัจจัยดังกล่าว จึงควรตัดกระถินในระดับความสูง 50-100 เซนติเมตร โดยกระถินที่ตัดในช่วงฤดูฝนหรือสามารถให้น้ำได้ควรใช้ความสูงในการตัด 50 เซนติเมตร แต่ในกรณีที่ตัดในช่วงฤดูแล้ง ควรใช้ความสูงของการตัดอย่างน้อย 75 เซนติเมตร (สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.) ซึ่งสอดคล้องกับ Dutt and Jamwal (1987) ที่ได้รายงานไว้ว่าการตัดกระถินที่ระดับความสูง 50 75 และ 100 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความสูงของหน่อมากกว่าการตัดที่ระดับพื้นดิน

และการตัดที่ความสูง 25 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่า การตัดที่ความสูงเหนือพื้นดินทุกระดับมีจำนวนการแตกหน่อมากกว่าการตัดที่ระดับพื้นดินอีกด้วย

3. อายุของการตัด

อายุการตัดของกระถินที่เหมาะสมเป็นเรื่องที่สำคัญสำหรับการจัดการเพื่อนำองค์ประกอบของผลผลิตไม่ว่าจะเป็นส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้น ไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน อาทิ การใช้ประโยชน์ในด้านพืชอาหารสัตว์ที่ต้องการอายุการตัดที่ให้ผลผลิตใบปริมาณมาก เนื่องจากเป็นแหล่งของอาหารสดหายากโดยตรง อีกทั้งต้องคำนึงถึงคุณค่าทางโภชนาที่สัตว์จะได้รับเป็นสำคัญ แต่สำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านพลังงานนั้นอายุของกระถินที่มีความเหมาะสม สายัณห์ และคณะ (ม.ป.ป.) รายงานว่า กระถินที่ปลูกในระยะปีแรกควรใช้เวลาอย่างน้อย 8 เดือน สำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และสำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำควรใช้เวลา 12-18 เดือน จึงจะได้ขนาด 2.54 เซนติเมตร ขึ้นไป ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้กับเครื่องผลิตไฟฟ้าแบบ แก๊สซิฟายเออร์ (gasifier) (วีรัชย์ และคณะ, 2551) แต่สำหรับกระถินที่มีอายุแรกตัด 5 ปี ขึ้นไป สามารถตัดได้อีกอย่างต่อเนื่องทุกๆ 6 เดือน โดยถือเอาขนาดของลำต้น (ที่มากกว่า 2.54 เซนติเมตร ขึ้นไปเป็นเกณฑ์) ในการตัด ดังนั้นอายุของการตัดที่เหมาะสมย่อมส่งผลต่อผลผลิต และขนาดลำต้นของกระถินอีกด้วย เช่นจากการศึกษาชีวมวลของกระถินที่จังหวัดเชียงใหม่ของ Kovitvadhi and Yantasath (1982) พบว่าที่อายุการตัด 1.5 ปี ให้ผลผลิตชีวมวล 3,200 กิโลกรัม/ไร่ แต่ถ้าขยายอายุการตัดเป็น 3 ปี จะให้ผลผลิตชีวมวลเพิ่มขึ้นเป็น 4,400 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่สรายุทธ (2529) พบว่ากระถินยักษ์ที่ปลูกที่ อ.ปรางค์ชัย จ.นครราชสีมา ที่อายุ 3 ปี มีความสูง 399 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 2.50 เซนติเมตร และมีมวลชีวภาพส่วนลำต้น 4,992 กิโลกรัม/ไร่ แต่เมื่อกระถินยักษ์มีอายุ 4 ปี จะมีความสูง 567 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 2.90 เซนติเมตร และมีมวลชีวภาพส่วนลำต้น 9,568 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาผลของอายุการตัดที่มีต่อผลผลิต และการเจริญเติบโตของกระถินที่อายุแตกต่างกันคือ 1 2 และ 3 ปี สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักสดชีวมวลรวม 2,576 15,120 และ 23,696 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (Tewari *et al.*, 2004) รวมถึงงานวิจัยของ Singh and Toky (1995) ได้ศึกษาการใช้ไม้ไผ่เร็วเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนในพื้นที่แห้งแล้งของประเทศอินเดีย พบว่ากระถิน (*Leucaena leucocephala*) อายุ 4 ปี ให้ผลผลิตชีวมวลรวม 17,920 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่อกระถินมีอายุ 8 ปี ผลผลิตชีวมวลรวมก็เพิ่มขึ้นเป็น 20,160 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าแม้ชนิดของต้นไม้จะเป็นชนิดเดียวกัน แต่มวลชีวภาพของลำต้นจะแตกต่างกันไปตามอายุและสภาพแวดล้อม (Kira and Shidei, 1967; สรายุทธ, 2529)

องค์ประกอบทางเคมีของกระถิน

องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อการนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อศึกษาคุณค่าทางพืชอาหารสัตว์เพื่อหาปริมาณหรือความเข้มข้นของส่วนประกอบของเยื่อใย ตลอดจนแร่ธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของสัตว์เมื่อกินเข้าไป สามารถตรวจสอบได้หลายวิธี วิธีหนึ่งที่นิยมกันโดยทั่วไป คือการวิเคราะห์แบบ Proximate analysis ต่อมาได้มีการค้นพบว่าวิธีการแบบนี้มีจุดอ่อนบางประการ ดังนั้นจึงได้มีการเสนอวิธีวิเคราะห์เยื่อใยแบบใหม่เรียกว่า วิธี Detergent analysis ซึ่งมีข้อดีในแง่ที่สามารถแยกแยะองค์ประกอบของเยื่อใยในพืชได้ ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการประเมินคุณค่าทางอาหารของพืชได้ดีขึ้น (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป. ก; กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป. ข; สายัณห์, 2547) โดยจากการรวบรวมข้อมูลของ Garcia *et al.* (1996) อ้างโดย วันวิสา (2552) ดังตารางที่ 1 ที่ได้วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบทางเคมีของกระถินที่ตัดทุกๆ 60 90 และ 120 วัน ที่ใช้เป็นอาหารหยาบสด ในส่วนที่เป็นใบร่วมกับกิ่งอ่อน และเฉพาะส่วนที่เป็นใบและนำเสนอในรูปแบบวัตถุแห้ง เป็นการแสดงให้เห็นถึงค่าองค์ประกอบทางเคมีของกระถินที่นอกจากมีค่าโปรตีนสูงแล้ว ยังเป็นพืชอาหารหยาบสดที่มีคุณค่าในการใช้เป็นพืชโภชนะบำบัด เนื่องจากมีทองแดง เหล็ก สังกะสี แมงกานีสในระดับสูง และสารสีต่าง ๆ เช่น แชนโทฟิลล์ ลิวทิน ซีแซนทีน และแคโรทีนที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในระดับที่สูง (วันวิสา, 2552)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีในด้านต่างๆ ของใบกระถิน

องค์ประกอบทางเคมี	ใบกระถินสด		ใบกระถินแห้ง	
	ฟอสฟอรัส	มัธยฐาน	ฟอสฟอรัส	มัธยฐาน
	% วัตถุแห้ง (กรัม/100 กรัมวัตถุแห้ง)			
ไนโตรเจน	2.24 - 4.80	3.52	4.00 - 4.30	4.15
โปรตีนรวม	10.00 - 30.05	22.03	24.00 - 34.40	29.20
ไมโมซิน	0.70 - 3.59	2.14	1.40 - 7.19	4.30
เยื่อใยรวม	32.00 - 28.00	35.00	18.00 - 20.40	19.20
ผนังเซลล์	34.00 - 42.00	39.50		
ลิกโนเซลลูโลส	34.10 - 36.10	35.10		
เฮมิเซลลูโลส	2.01 - 7.40	4.71		
เซลลูโลส	11.05 - 25.70	18.30		
ลิกนิน	4.20 - 11.70	7.90		
ถั่ว	6.62 - 9.46	8.04	10.00 - 11.00	10.50
แทนนิน	0.51 - 1.60	1.05		1.01
ซัลเฟอร์	0.14 - 0.29	0.22		
แคลเซียม	0.80 - 2.90	1.80		1.90
ฟอสฟอรัส	0.14 - 0.38	0.26		0.23
แมกนีเซียม	0.17 - 0.48	0.33		0.34
โซเดียม	0.02 - 2.66	1.34		0.02
โพแทสเซียม	0.79-2.11	1.45		1.70
	% วัตถุแห้ง (มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)			
ทองแดง	2.00 - 32.00	26.00	8.00 - 11.40	9.70
เหล็ก	187.58 - 575.00	381.30		907.40
สังกะสี	30.00 - 308.95	169.50	19.20 - 32.80	26.00
แมงกานีส	55.16 - 875.00	465.08		59.90
ไอโอดีน	33.00 - 90.00	61.50		
คลอไรด์	0.15 - 0.09	0.17		
ออกซาลิก		881.6		

ตารางที่ 1 (ต่อ)

องค์ประกอบทางเคมี	ใบกระถินสด		ใบกระถินแห้ง	
	พืช	มาตรฐาน	พืช	มาตรฐาน
% วัตถุแห้ง (มิลลิกรัม/กิโลกรัมวัตถุแห้ง)				
แซนโทฟิลล์			741.00 - 766.00	753.00
ลิวทีน			529.00 - 557.00	543.00
ซีแซนทีน			110.00 - 146.00	128.00
แคโรทีน			227.00 - 248.00	237.50

ที่มา: Garcia *et al.* (1996) อ้างโดย วันวิสา (2552)

สารพิษในกระถินและการเป็นพิษต่อสัตว์

โปรตีนที่พบในส่วนของใบกระถินมีสารประกอบอัลคาลอยด์ชนิดหนึ่งคือ ไมโมซิน มีสูตรทางเคมีว่า β -N-(3-hydroxy-4 pyridine)- α -amino propionic acid ปริมาณสาร ไมโมซิน ดังกล่าวแตกต่างกันตามพันธุ์ โดยเฉลี่ยสารไมโมซินในกระถินมีประมาณ 3-8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งในใบกระถินยักษ์มีสารไมโมซินอยู่ 2.12 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Hylin, 1964; Brewbaker and Hylin, 1965; ชาญชัย, 2526) สารไมโมซินจะยับยั้งการทำงานของเมตาบอไลต์ (metabolites) บางตัว เช่น ไพริดอกซิน (pyridoxine) ไทโรซีน (tyrosine) และไนอาซิน (niacin) เนื่องจากเมตาบอไลต์ดังกล่าว มีสูตรโครงสร้างคล้ายคลึงกับสารไมโมซิน ทำให้ไมโมซินเข้าแทนที่สารเหล่านี้ในขบวนการเมตาโบลิซึม (metabolism) ของร่างกายได้และมีผลให้ขบวนการเมตาโบลิซึมหยุดชะงัก เช่น หยุดการสังเคราะห์โปรตีนจากไทโรซีน นอกจากนี้ยังพบว่าสารไมโมซินในกระถินทำให้สัตว์ขนร่วงเนื่องจากไมโมซินสามารถยับยั้งการสังเคราะห์ DNA (deoxy ribonucleic acid) ของเซลล์ตุ่มขน (follicle bud cell) ทำให้การสร้างขน (wool biosynthesis) หยุดชะงัก (NAS, 1977; Reis, 1975) อาการเป็นพิษของสัตว์อาจแตกต่างกันไปได้เนื่องจากปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดของสัตว์ สภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์ ปริมาณไมโมซินที่ได้รับ (Ter Meulen *et al.*, 1979) จากการศึกษาของ Holmes (1976) ได้แนะนำการใช้ใบกระถินในอาหารโคว่าไม่ควรให้เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ ของอาหารแห้งที่ให้ เนื่องจากโคที่กินอาหารที่มีใบกระถินเป็นส่วนประกอบมากกว่าครึ่งหนึ่งของอาหารที่ให้สัตว์กินทั้งหมดเป็นเวลาติดต่อกันนานกว่า 6 เดือน สัตว์จะแสดงอาการป่วย โดยมีน้ำลายออกมาก ขนหยาบ ขนร่วง คอพอก การเจริญเติบโตชะงัก และประสิทธิภาพการ

ผสมพันธุ์ลดลง แต่ไม่มีอาการถึงตาย แต่ถ้าให้โคกินอาหารที่มีไบโกระดินเป็นส่วนประกอบน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลานานติดต่อกันนานเพียงใดก็ตาม โคที่โตแล้วไม่แสดงอาการดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้ยังพบว่า การเลี้ยงแพะด้วยกระดินสดเป็นอาหารหยাবในสัดส่วนร้อยละ 50 และ 100 ของอาหาร ไม่พบว่าแพะแสดงอาการเป็นพิษจากไมโมซิน (Jones and Megarritty, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ สุกัญญา (2544) ที่พบว่า การเลี้ยงแพะ โดยใช้กระดินเป็นพืชอาหารหลักสามารถใช้ในอัตราที่สูงได้โดยไม่มีผลต่อสุขภาพสัตว์

การลดปริมาณของไมโมซินในกระดิน

โดยปกติแล้ว สารพิษไมโมซินที่มีอยู่ในไบโกระดิน สามารถถูกเปลี่ยนรูปโดยจุลินทรีย์ *Synergistes jonesii* ที่อาศัยอยู่ภายในกระเพาะรูเมนให้อยู่ในรูป 3,4-dihydroxy -pyridine (3,4-DHP) ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษได้ (Hammond *et al.*, 1989) ดังนั้น วิธีการลดปริมาณไมโมซินในกระดินภายหลังจากการเก็บเกี่ยวสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การหมักและการล้าง โดยใช้ น้ำย่อยจากกระเพาะรูเมน (ruminal fluid) มาหมักไบโกระดินปนแล้วนำไปล้าง โดยแช่น้ำแล้วกวาดเป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง นำไปตากแดดหรืออบให้แห้ง สามารถลดปริมาณไมโมซินในกระดินได้ 64.5 เปอร์เซ็นต์ (Labadan, 1969) นอกจากนั้นการเพิ่มระดับโภชนะในอาหาร โดยการเสริมกรดอะมิโนบางตัวที่สามารถป้องกันพิษอันเกิดจากไมโมซินได้ เช่น การเสริมกรดอะมิโนฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ในระดับ 1 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารที่มีไมโมซิน 0.5 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดความเป็นพิษของไมโมซินลงได้ 37 เปอร์เซ็นต์ (Ter Meulen *et al.*, 1979) และการแช่น้ำหรือล้างด้วยน้ำ ก็ สามารถลดสารพิษของไมโมซินในกระดินลงได้ถึง 65.52 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง โดยการนำไบโกระดินแช่น้ำในอัตราส่วน 1:10 เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง (สินชัย, 2527) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ สุวรรณ (2527) ที่ได้นำไบโกระดินไปแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ผึ่งแดดแห้ง ไบโกระดินสดสับแช่น้ำ 24 ชั่วโมง ผึ่งแดดแห้ง และไบโกระดินแห้งบดแช่น้ำ 15 นาที พบว่าเป็นวิธีที่สามารถลดสารพิษของไมโมซินในกระดินสดลงได้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์

องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อการนำไปใช้เป็นพลังงาน

แร่ธาตุที่พบในเนื้อไม้โดยเฉพาะคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ มีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการให้ค่าพลังงานความร้อนของชีวมวลโดยตรง วัตถุดิบที่มีปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจนสูง จะมีค่าพลังงานความร้อนสูงตามไปด้วย (Lewandowski and Kicherer, 1997) ซึ่งไม้กระดินยักษ์มีปริมาณคาร์บอนและไฮโดรเจนเท่ากับ 47.55 และ 6.55 % ตามลำดับ (ณัฐ

และคณะ, 2551) Adler *et al.* (2006) และ Lewandowski and Kicherer (1997) กล่าวว่า การใช้ประโยชน์จากชีวมวลโดยการเผาโดยตรง ปริมาณไนโตรเจน ออกซิเจนและซัลเฟอร์ ในเนื้อไม้ต้องมีไม่มากเกินไป มิฉะนั้นแล้วอาจก่อให้เกิดปัญหาจากการเผาไหม้ได้ เช่นไนโตรเจนเมื่อรวมกับออกซิเจนจะเกิดเป็นไนตรัสออกไซด์ หรือ ซัลเฟอร์รวมกับออกซิเจนได้เป็นซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ดังนั้นจึงมีการกำหนดไว้ว่าปริมาณไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์ในชีวมวลควรมีค่าไม่เกิน 0.60 และ 0.20% ตามลำดับ

เนื้อไม้ประกอบด้วยสารประกอบต่างๆ มากมาย ซึ่งแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยที่สำคัญ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน (ปรีชา และ ทรงกลด, 2528)

เซลลูโลส (cellulose) เป็นสารประกอบที่มีมากที่สุดของเนื้อไม้ ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ทั้งในไม้ใบแคบหรือไม้ตระกูลสน (softwood) และไม้ใบกว้าง (hardwood) โดยมีสูตรโครงสร้างทางเคมี $(C_6H_{10}O_5)_n$ เซลลูโลสไม่ละลายในน้ำ และตัวทำละลายอินทรีย์สะเทิน (neutral organic solvent) แต่สามารถละลายได้ดีในกรดเกลือและกรดกำมะถัน (ปรีชา และ ทรงกลด, 2528)

เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) พบในไม้ใบแคบหรือไม้ตระกูลสน ประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในไม้ใบกว้างมีประมาณ 30-35 เปอร์เซ็นต์ และมีลักษณะของโครงสร้างเป็นกิ่งจับกันอยู่แบบหลวมๆ ประกอบด้วย น้ำตาล 5 ชนิด และกรดบางชนิด คือ glucose, mannose, galactose, xylose, arabinose และ 4-O-methyl-D glucuronic acid (ปรีชา และ ทรงกลด, 2528)

ลิกนิน (lignin) เป็นสารประกอบที่มีมากเป็นอันดับสองรองจากเซลลูโลส โดยในไม้ใบแคบหรือไม้ตระกูลสนมีลิกนิน ประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ และในไม้ใบกว้างมีลิกนิน ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลิกนินเป็นสารโพลีเมอร์ที่มีลักษณะโครงสร้างซับซ้อนกว่าเซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส (ปรีชา และ ทรงกลด, 2528) สำหรับลิกนินนับเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้พืชแข็งแรง โดยจะพบมากเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ซึ่งพืชที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นพลังงานควรมีปริมาณลิกนินต่ำสุด โดยเฉพาะในการนำไปใช้เป็น cellulosic biomass เพราะจะต้องกำจัดลิกนินออกก่อนที่จะนำชีวมวลไปผ่านกระบวนการ hydrolysis (Moore *et al.*, 2008)

ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density) และค่าพลังงานความร้อน (heat value)

ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้มีความสำคัญสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของพืช โดยความหนาแน่นของเนื้อไม้จะมีค่าแตกต่างกันตามส่วนของลำต้น โดยจะเพิ่มจากส่วน pith ไปจนถึง heartwood และจะลดลงจาก heartwood ไปยัง sapwood (Ryan, 1994) ส่วน Chave (2005) รายงานว่ายังแตกต่างกันตามชนิดของพืช และส่วนต่างๆของต้นพืชด้วย เช่น ลำต้น กิ่งก้าน ราก ซึ่งส่วนของลำต้นจะมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนกิ่งก้าน อีกทั้งยังขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก ภูมิอากาศ และสภาพการปลูกด้วย (Ketterings *et al.*, 2001) และจากการศึกษาของ Laxamana (1981) ทดสอบค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ของสายพันธุ์กระถินยักษ์ พบว่าสายพันธุ์เปรูที่อายุ 5 ปี มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้สูงที่สุดเท่ากับ 0.665 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนสายพันธุ์ K28 ที่อายุ 1 ปี มีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุดคือ 0.379 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และยังพบว่าเมื่อกระถินสายพันธุ์ K28 มีอายุมากขึ้นจะทำให้มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้มากขึ้น กล่าวคือที่อายุ 2 4 และ 6 ปี มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.518 0.569 และ 0.634 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่กระถินพันธุ์พื้นเมืองมีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้เท่ากับ 0.73 g/cm^3 (Rocafort *et al.*, 1971) นอกจากนี้ Pathak and Patil (1982) ได้รายงานการทดสอบกระถิน 5 สายพันธุ์ที่ประเทศอินเดีย พบว่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ของกระถินยักษ์พันธุ์ Peru สูงที่สุดเท่ากับ 0.71 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนพันธุ์ El Salvador Cunningham K8 และ K28 มีความหนาแน่นของเนื้อไม้เท่ากับ 0.45 0.48 0.49 และ 0.57 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วน Kovitvadhi and Yantasath (1982) รายงานว่ากระถินที่ปลูกทดสอบที่เชียงใหม่ อายุ 1.5 ปี มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ 0.71 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งจัดว่าเป็นไม้เนื้อแข็งขนาดกลาง

ณัฐ และคณะ (2551) รายงานว่ากระถินยักษ์มีค่าความร้อน 15,910 กิโลจูล/กิโลกรัม ในขณะที่กลุ่มพัฒนาพลังงานชีวมวลและถ่านหิน (2548) พบว่ากระถินยักษ์มีค่าความร้อน 16,780 กิโลจูล/กิโลกรัม ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับยูคาลิปตัส และกระถินเทพา คือ 18,870 และ 20,170 กิโลจูล/กิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตามข้อมูลดังกล่าวไม่ได้ระบุปริมาณความชื้น และความหนาแน่นของไม้ที่ใช้ทดสอบ เนื่องจากปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อค่าความร้อนที่ได้ ซึ่งค่าความร้อนมักจะสูญเสียไปกับการระเหยของความชื้นที่มีอยู่ในไม้ ดังนั้นความชื้นที่มีอยู่ในไม้เชื้อเพลิงจึงมีผลอย่างมากต่อค่าความร้อนที่ได้ ซึ่งปริมาณความชื้นของไม้ในขณะตัด และอัตราการแห้งของไม้เป็นปัจจัยในการพิจารณาศักยภาพของไม้แต่ละสายพันธุ์ในการใช้เป็นเชื้อเพลิง (Ryan, 1994) ในการทดลองของ Laxamana (1981) รายงานว่าค่าความร้อนของไม้กระถินที่ทดสอบทั้ง 7 สายพันธุ์มีค่าตั้งแต่ 4,000 แคลอรี/กรัม ที่อายุ 2 ปี ของสายพันธุ์ K28 และ 4,300 แคลอรี/กรัม ที่อายุ 2.5 ปีของ

สายพันธุ์เม็กซิกัน ส่วน Aguilar (1943) รายงานว่ากระดินพันธุ์พื้นเมืองมีค่าความร้อนที่ประมาณ 4,600-4,700 แคลอรี/กรัม ซึ่งสูงกว่าสายพันธุ์กระดินยักษ์ และใกล้เคียงกับไม้กระดินอายุ 1.5 ปี ที่ปลูกที่เชียงใหม่ มีค่าความร้อนเท่ากับ 4,770 แคลอรี/กรัม (Kovitvadhi and Yantasath, 1982) ส่วน นิวัฒน์ และคณะ(2551) รายงานการทดสอบเชื้อเพลิงชีวมวล 10 ชนิด ได้แก่ แกลบ เปลือกมันสำปะหลัง ไม้กระดินยักษ์ ไม้ยูคาลิปตัส ปีกไม้ยางพารา ทางปาล์ม เปลือกไม้ยูคาลิปตัส กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด และเห้งมันสำปะหลัง พบว่าชังข้าวโพดและไม้ไผ่เร็ว มีเถ้าน้อย และค่าความร้อนสูง ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงสูงกว่าชีวมวลชนิดอื่นๆ

การใช้ประโยชน์จากกระดิน

การใช้เป็นพืชอาหารสัตว์

กระดินเป็นไม้ยืนต้นที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์มาเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากใบมีคุณค่าทางอาหาร ความน่ากิน และมีอัตราการย่อยได้สูง สามารถใช้ใบ และส่วนต้นอ่อนเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างดีเยี่ยม เพราะกระดินเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสัตว์ค่อนข้างสูงในบรรดาพืชตระกูลถั่วยืนต้นด้วยกัน เพราะมีโปรตีนสูง 15-25 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 33-38 เปอร์เซ็นต์ มีโภชนะที่ย่อยได้รวม 45-76 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนที่ย่อยได้ 18 เปอร์เซ็นต์ และอินทรีวัตถุที่ย่อยได้ 66 เปอร์เซ็นต์ (เพ็ญศรี, 2550) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณค่าทางอาหารสัตว์ของใบกระดินยังช่วยเพิ่มผลผลิตที่ได้จากสัตว์ให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น และในประเทศไทยนิยมใช้ใบกระดินในอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์ในรูปของใบกระดินปั่นเพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารสัตว์ทั้งสัตว์ปีก สุกร โค เนื้อและโคนม ซึ่งจากผลการศึกษาของ Nhon and Ngu (1998) ได้รายงานว่าการผสมใบกระดินกับต้นข้าวโพดเพื่อใช้เลี้ยงแพะทำให้ความสามารถในการกินได้ (feed intake) และการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวัน (body gain) ของแพะเพิ่มขึ้น ซึ่งมากกว่าการเลี้ยงแพะด้วยต้นข้าวโพดเพียงอย่างเดียว และยังมากกว่าการเลี้ยงด้วยใบจากต้นแคผสมกับต้นข้าวโพด และในการนำใบกระดินมาใช้เป็นอาหารในไก่ไข่ที่ทำการศึกษาโดย Hien and Hung (1998) พบว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยใบกระดิน (อาหารผสม+ใบกระดิน 4 เปอร์เซ็นต์) สามารถเพิ่มคุณภาพไข่ได้โดยทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดง น้ำหนักไข่ และเปอร์เซ็นต์การฟักไข่เพิ่มขึ้น และหากนำใบกระดินมาเลี้ยงไก่กระทองสามารถทำให้น้ำหนักตัวของไก่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเลี้ยงไก่ทั้ง 2 ชนิดด้วยใบกระดินยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำกว่าเลี้ยงด้วยอาหารข้นเพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Galgal *et al.* (2006) ที่พบว่ากระดินพันธุ์ทาร์รัมบ้าสามารถเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวันในโคได้ถึง 0.65 กิโลกรัม/วัน

การใช้เป็นพลังงาน

เชื้อเพลิงจากชีวมวลเป็นแหล่งให้ความร้อนและแสงสว่างที่สำคัญแหล่งแรกที่มีมนุษยชาติได้ใช้ ปัจจุบันก็เป็นแหล่งพลังงานสำคัญในลำดับต้นๆ ของประเทศเกษตรกรรม และประเทศที่กำลังพัฒนาทั้งหลาย เนื่องจากชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่กักเก็บพลังงานจากดวงอาทิตย์ซึ่งมาจากการสังเคราะห์ด้วยแสง และเกิดขึ้นหมุนเวียนซ้ำแล้วซ้ำอีกได้ในธรรมชาติ เป็นพลังงานที่มีใช้อย่างไม่จำกัดหรือไม่มีวันหมดสิ้น สามารถนำมาใช้ผลิตพลังงานเพื่อใช้ทดแทนพลังงานจากแหล่งพลังงานฟอสซิล (fossil energy) ซึ่งมีอยู่อย่างจำกัดและอาจหมดลงได้ (สุริย์, 2531; นคร, 2553)

ชีวมวลประกอบด้วยธาตุหลักๆ คือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน รวมทั้งมีปริมาณของไนโตรเจน และธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อยในรูปแบบของคาร์โบไฮเดรตหรือเซลลูโลส โดยทั่วไป ชีวมวลอาจจำแนกออกเป็น 3 ประเภทหลักๆ คือ ชีวมวลแบบไม้ (woody) ชีวมวลแบบไม่ใช่ไม้ (non woody) และของเสียจากสัตว์ ซึ่งมาจากแหล่งต่างๆ โดยชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงาน และนิยมใช้กันมาก คือ ลำต้น เศษกิ่งไม้ ใบไม้ ที่มีเซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ย่อยสลายยาก สะสมเป็นแหล่งพลังงานอยู่ในเซลล์พืช เมื่อนำไปเผาจะได้คาร์บอนที่สะสมอยู่จากส่วนดังกล่าวมาเป็นพลังงานความร้อน โดยทั่วไปแล้วการนำชีวมวลไปใช้มี 2 ประเภท คือ การนำไปใช้เพื่อให้ได้พลังงานความร้อน และการนำไปใช้ในการผลิตไฟฟ้า (ตาลีสา, ม.ป.ป.; นคร, 2553)

การปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน หรือเป็นเชื้อเพลิงนั้นควรเลือกชนิดของพืชที่มีความเหมาะสมในการปลูกซึ่งควรพิจารณาถึงลักษณะดังนี้คือ สามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ, ปลูกง่าย, ทนต่อสภาพน้ำขังได้ดี และทนต่อสภาพแห้งแล้งยาวนาน นอกจากนั้นเนื้อไม้เนื้อไม้ต้องมีความแข็ง หนัก และใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย มีการเจริญเติบโตคลุมพื้นที่ได้ไว และไม่เป็นพืชอาหารหลักของมนุษย์ อีกทั้งช่วยปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งจากลักษณะที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะพบว่ากระถินมีความเหมาะสมในการเป็นพืชพลังงานชีวมวลอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการปลูกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง (บัวเรศ และมยุรี, 2526; อภิรักษ์, 2529; วีรัชัย และคณะ, 2551)

NAS (1984) รายงานว่า ในประเทศฟิลิปปินส์มีการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงแทนการใช้น้ำมันเพื่อการผลิตไฟฟ้ามาเป็นระยะเวลานาน โดยคำนวณว่ากระถิน 1 ไร่สามารถให้พลังงานได้เท่ากับน้ำมัน 636-763 ลิตร/ปี และก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ไม้กระถินยังสามารถ

นำมาใช้เป็นพลังงานให้กับยานพาหนะ เรือ และเครื่องปัมน้ำได้ โดยไม้ 3 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานเท่ากับน้ำมันแก๊สโซลีน 1 ลิตร (เมื่อใช้กับเครื่อง gasifier ระบบ Dendrogas) และส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ยังสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านได้อีก ดังนั้นในสถานะที่ขาดแคลนเชื้อเพลิง ประเทศไทยจึงนำเสนอแนวทางการใช้เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากไม้มาปรับใช้ในประเทศ ซึ่งเชื้อเพลิงจากไม้ (เชื้อเพลิงชีวมวล) ได้มาจากไม้โตเร็วที่สามารถตัด และนำมาใช้งานได้ในระยะเวลายั่งยืน (3-5 ปี) เจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง และให้ค่าความร้อนสูงเหมาะกับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยปราศจากธาตุหนักที่ก่อให้เกิดมลพิษในกระบวนการแปรรูปเป็นพลังงานความร้อน (ณัฐ และคณะ, 2551) โดยรูปแบบของระบบที่เหมาะสมกับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับประเทศไทยมี 2 ระบบดังนี้คือ (วีรัชย์ และคณะ, 2550; ณัฐ, 2550)

1. ระบบการเผาไหม้โดยตรง

เป็นการนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง ถ่ายเทไปสู่ น้ำในหม้อน้ำ เพื่อผลิตเป็นไอน้ำความดันสูง พลังงานไอน้ำที่ได้จะผ่านกังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตเป็นไฟฟ้า ณัฐ และคณะ (2551) และวีรัชย์ และคณะ (2550) รายงานว่าการผลิตไฟฟ้าด้วยระบบการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 กิโลวัตต์ เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด คือ ไม้กระถิน เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านค่าความร้อนที่อยู่ในช่วง 15.91-20.10 เมกะจูล/กิโลกรัม การจัดการในการปลูกไม้ยูงยาก และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 2.71-3.31 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลของการไฟฟ้า (กฟผ.) ต้นทุนในผลิต 2.63 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง และการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน (พพ.) ต้นทุนอยู่ที่ 2.97 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง (พ.ศ. 2550) จะเห็นว่าต้นทุนในการผลิตมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ระบบการผลิตไฟฟ้าโดยการเผาไหม้โดยตรงนี้มีความซับซ้อนน้อยกว่า และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนได้ง่ายกว่าระบบ gasification แต่หากไม่คำนึงถึงการนำความร้อนที่เหลือไปใช้ประโยชน์ต่อในระบบอุตสาหกรรมอื่นๆ ระบบ gasification จะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าระบบเผาไหม้โดยตรง (ณัฐ และคณะ, 2551)

2. ระบบ gasification

เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง (ไม้) ให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH₄) และไฮโดรเจน (H₂) แล้วนำแก๊สที่ได้ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้า อนันท์ และ บุญเรือง (2550) ได้แบ่งความสามารถในการผลิตไฟฟ้าที่

เหมาะสมกับระบบ gasification ดังนี้ โดยโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต 0.1-5 เมกกะวัตต์ มีระบบที่เหมาะสม คือ Fixed Bed Gasifier ส่วนโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต 5-50 เมกกะวัตต์ ระบบที่มีความเหมาะสมคือ ระบบ Fluidized Bed Gasifier และโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต มากกว่า 50 เมกกะวัตต์ ถึง 200 เมกกะวัตต์ ระบบที่เหมาะสมคือ Integrated Gasification Combined Cycle

ในปี พ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บริษัทซาตาคะ (ประเทศไทย) จำกัด และ Satake Corporation Co., Ltd. ได้ร่วมวิจัยและพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบระบบ Biomass Gasification ขนาด 100 กิโลวัตต์ ขึ้น โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ ไม้กระถิน และ แกลบอัดแท่ง ซึ่งเชื้อเพลิงทั้ง 2 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 78 กิโลวัตต์ โดยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4-1.8 กิโลกรัม/กิโลวัตต์ชั่วโมง (วีรชัย และคณะ, 2550) ณัฐ และคณะ (2551) กล่าวว่าหากต้องการให้ราคาค่าต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุดต้องตัดกระถินหลังจากที่อายุครบ 3 ปี ที่ระยะปลูก 1x1 เมตรโดยทยอยปลูกกระถิน 12 แปลงๆ ละ 48 ไร่ เมื่อแปลงแรกที่ปลูกอายุครบ 3 ปีจึงเริ่มตัด เมื่อตัดครบทั้ง 12 แปลง จะให้ผลผลิตได้มากที่สุดเกือบ 18,000 กิโลกรัม/ไร่ และหากต้องการปลูกไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถิน) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนที่กระทรวงพลังงานกำหนดไว้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) จึงสนับสนุนงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเน้นไปที่การใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิงสายพันธ์ุ และคณะ (2550) กล่าวว่าไม้ที่นำมาป้อนเข้าเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลต้องเป็นไม้ที่โตเร็ว ให้ผลผลิตสูง และต้นทุนต่ำคุ้มค่าต่อการลงทุน ด้วยเหตุนี้การดำเนินการจึงจำเป็นต้องมีการจัดการทางด้านเชื้อเพลิงชีวมวล โดยมีการส่งเสริมการปลูกในลักษณะต่างๆ เช่น การปลูกลักษณะสวนป่าไม้ชนิดเดียว สวนป่าผสม วนเกษตร ปลูกบนหัวไร่คันนา ปลูกเป็นแนวกันลมหรือขอบแปลง และปลูกหน้าบ้านหลังครัว เพื่อให้เกษตรกรใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตไฟฟ้าพลังงานชีวมวลในระดับชุมชน (นิคม และคณะ, 2550)

การใช้เพื่อปรับปรุงดิน

กระถินเป็นไม้โตเร็วและยังเป็นพืชวงศ์ถั่วที่มีการเจริญเติบโตเร็ว จึงสามารถคลุมพื้นที่ได้เร็ว อีกทั้งมีการสะสมแร่ธาตุต่างๆ ไว้ใน ราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ ดังนั้นเมื่อใบร่วงลงสู่พื้นดินจึงช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินบริเวณที่ปลูก รวมทั้งช่วยปรับปรุงสภาพดินให้ดีขึ้น โดยกระถินช่วยปรับโครงสร้างของดินดีขึ้น กล่าวคือช่วยลดความหนาแน่นของดิน เพราะว่ารากบริเวณที่ปลูกกระถินจะมีความหนาแน่นของดินน้อยกว่าบริเวณที่ไม่มีการปลูกกระถิน ส่งผลในการแทรกซึมของน้ำใน

ดินได้สูงขึ้น เนื่องจากการแทรกซึมได้ของน้ำมีความเกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของดิน โดยที่ความหนาแน่นของดินจะลดลงภายใต้สภาพการปลูกพืชคลุมดิน เพราะทำให้เกิดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน จึงทำให้น้ำและอากาศสามารถซึมลงสู่ดินได้ดีขึ้น (สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, 2527; ชัยวัฒน์, 2550) และคุณสมบัติสำคัญของพืชวงศ์ถั่วของกระถินคือสามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้โดยอาศัยแบคทีเรียที่อยู่บริเวณปมราก ที่เรียกว่า “ไรโซเบียม” ดังนั้นการปลูกกระถินจึงช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ให้สูงขึ้นโดยเฉพาะการเพิ่มไนโตรเจนในดิน ซึ่งดินส่วนใหญ่จะมีอยู่ในปริมาณต่ำ ดังนั้นการปลูกกระถินจึงสามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจน และสามารถช่วยลดมลภาวะทางดินของสารเคมีที่จะไหลลงไปในดินได้อีกวิธีหนึ่ง (สาขันธ์, 2547) โดยการศึกษาของ Parrotta (1992) และ Kumar *et al.* (1998) พบว่ากระถินสามารถตรึงไนโตรเจนได้ 16-80 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่/ปี ซึ่งนอกจากการปลูกกระถินจะช่วยเพิ่มปริมาณไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินแล้ว ยังพบว่าปลูกกระถินยังช่วยคลุมดินและลดระดับความเป็นกรดของดิน และเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินอีกด้วย (Lalljee *et al.*, 1998)

การใช้เป็นไม้แปรรูป

กระถินที่ปลูกเพื่อใช้ในการทำไม้แปรรูปส่วนใหญ่เป็นกระถินยักษ์ และมีอายุการตัดมีอายุมากกว่า 5 ปีขึ้นไป เนื่องจากกระถินเป็นไม้โตเร็ว มีความแข็งแรงปานกลาง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้รวดเร็วทันกับความต้องการของผู้ใช้ โดยกระถินที่มีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางที่ความสูงระดับอก 40 เซนติเมตร สามารถนำมาทำไม้แปรรูป ปาเก้ เสาหลักได้เป็นอย่างดี (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.; เกษญา, 2527)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

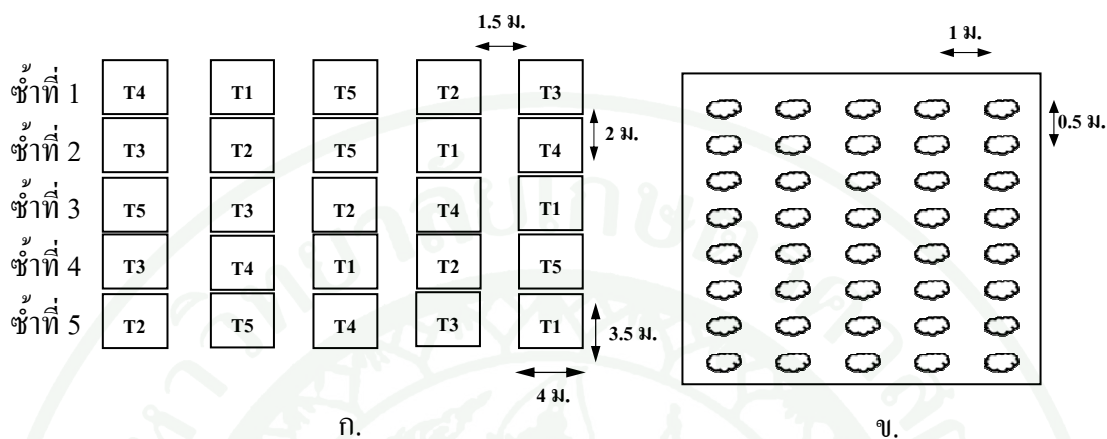
1. อุปกรณ์

- 1.1 เมล็ดกระถินพันธุ์คันทิงแฮม ทารัมบ้า, เปรู, สายพันธุ์ 5/7 และ สายพันธุ์ 4/14
- 1.2 เชื้อไรโซเบียม
- 1.3 ไม้หลัก
- 1.4 ปุ๋ยเคมีสูตร 0-52-34 และสูตร 0-0-60
- 1.5 สายเทปวัด
- 1.6 ไม้เมตร
- 1.7 เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์
- 1.8 ถุงดำขำย
- 1.9 เลื่อย
- 1.10 มีด
- 1.11 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบหยาบและแบบละเอียด
- 1.12 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
- 1.13 เครื่องบดตัวอย่างพืช Willey mill รุ่น standard model No. 3
- 1.14 กระบอทดวง
- 1.15 ถ้วยยูเรก้า
- 1.16 เครื่อง Auto Element Analyzer (TruSpec CHNS Determinators, Leco)

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ภายในบล็อก (Randomized Complete Block Design) จำนวน 5 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำมีการทดลองที่ประกอบด้วยกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ พันธุ์คันทิงแฮม, ทารัมบ้า, เปรู, สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ซึ่งพันธุ์คันทิงแฮม และเปรู เป็นพันธุ์เดิมที่นิยมปลูก ในขณะที่พันธุ์ทารัมบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 เป็นพันธุ์/สายพันธุ์ใหม่ที่น่าสนใจนำเข้าจากต่างประเทศ ใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร พื้นที่ในแต่ละแปลงย่อยมีขนาด 14 ตารางเมตร (4 x 3.5

เมตร) ระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 1.5 เมตร และระยะห่างระหว่างซ้ำ 2 เมตร รวม 25 แปลงย่อยในพื้นที่ 756.25 ตารางเมตร



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงระยะปลูกระหว่างแถว และคันกระถินในแปลงย่อย

หมายเหตุ: ภาพ ก แสดงแผนผังแปลงทั้งหมดของงานทดลอง โดยในกรอบ ☐ คือ แปลงย่อย

ภาพ ข แสดงจำนวนคันกระถินที่ปลูกในแปลงย่อย และ

T1 = พันธุ์คันทิ้งแสม

T2 = พันธุ์ทาร์มบ้า

T3 = พันธุ์เปรู

T4 = สายพันธุ์ 5/7

T5 = สายพันธุ์ 4/14

คือ ตำแหน่งคันกระถินที่ปลูกในแปลงย่อย

วิธีการ

1. การเตรียมเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์กระถินที่ใช้ในงานทดลองมี 5 พันธุ์/สายพันธุ์ คือพันธุ์คันทิ้งแสม ทาร์มบ้า และเปรู ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์ระบุว่าการทำลายการพักตัวมาแล้ว (ไม่ได้ระบุวิธีการทำลายการพักตัว) ส่วนอีก 2 สายพันธุ์คือ 5/7 และ 4/14 เป็นสายพันธุ์ที่มีการคัดเลือกภายในประเทศ และยังไม่ผ่านการทำลายการพักตัว จึงนำเมล็ดสายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มาลวกน้ำ

ร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-15 นาทีเพื่อทำลายการพักตัวก่อน หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มาคลุกด้วยเชื้อไรโซเบียม (สายพันธุ์ CB 3126) ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม นอกจากนั้นยังมีการเพาะเมล็ดทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ไว้เพื่อใช้ในการปลูกซ่อม

2. การเตรียมแปลงทดลอง

เลือกพื้นที่ในบริเวณศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นชุดดินปากช่อง ที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.1-7.4 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ประกอบด้วยอินทรียวัตถุ 2.0-2.4 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส 8-18 พีพีเอ็ม และโพแทสเซียม 70-98 พีพีเอ็ม เตรียมพื้นที่โดยการไถดะ 1 ครั้ง และไถพรวน 2 ครั้ง แบ่งพื้นที่ออกเป็น 5 ซ้ำ มีทั้งหมด 25 แปลงย่อย

3. การปลูกกระถิน

การปลูกกระถินในงานทดลองครั้งนี้ใช้เมล็ดปลูกลงแปลงโดยตรง โดยหลังจากที่คลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียม (สายพันธุ์ CB3126) แล้วผึ่งให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นนำเมล็ดปลูกลง ในแปลงเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 โดยใช้เครื่องหยอดเมล็ดแบบกระทุ้ง (Jab Seeder) จำนวน 2-3 เมล็ด/หลุม โดยใช้ระยะปลูก 1x0.50 เมตร และปลูกซ่อมเมื่อเมล็ดงอก อายุ 2 สัปดาห์ ภายหลังการปลูกมีการถอนแยกให้เหลือกระถินเพียงหลุมละ 1 ต้น ในการทดลองนี้ปลูกกระถินทั้งสิ้น 5 พันธุ์/สายพันธุ์ จำนวน 5 ซ้ำ ซึ่งภายในซ้ำของแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ปลูกกระถินทั้งสิ้น 40 ต้น นอกจากนั้นมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นให้กับกระถินโดยใช้ปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ และสูตร 0-0-60 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่

4. การจัดการหลังการปลูก

4.1 การให้น้ำชลประทาน

ในระยะเวลาที่กระถินยังเป็นต้นกล้ามีการให้น้ำสัปดาห์ละ 1 วัน ครั้งละ 3 ชั่วโมง/วัน โดยพืชได้รับน้ำประมาณ 40 มิลลิเมตร/วัน เป็นระยะเวลา 2 เดือน ด้วยระบบการให้น้ำแบบฉีดฝอย (sprinkler) เพื่อให้กระถินสามารถตั้งตัวได้

4.2 การใส่ปุ๋ย และการกำจัดวัชพืช

ใส่ปุ๋ยเคมีรองพื้นสูตร 0-52-34 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และสูตร 0-0-60 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ในครั้งแรก ใส่ครั้งที่สองในช่วงต้นฝนของปีแรกของการปลูก ครั้งที่สามในช่วงต้นฝนของปีที่สองของการปลูก ครั้งที่สี่ในช่วงต้นฝนของปีที่สามของการปลูก และกำจัดวัชพืช ภายหลังการปลูกเพียงครั้งเดียวโดยใช้แรงงานคน เมื่ออายุ 4 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก

5. การบันทึกข้อมูล

5.1 ความสูง

วัดความสูงจากพื้นดินถึงปลายยอดที่สูงสุดของต้นกระถินในปีที่ 3 ที่อายุ 3 ปี ในช่วงการเก็บเกี่ยว วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 โดยสุ่มวัดจำนวน 6 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย และในปีที่ 4 วัดความสูงของการฟื้นตัวหลังการตัดจากต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่งอกจากตำแหน่งของรอยตัดในปีที่ 3 จนถึงปลายยอด และเก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 8 สัปดาห์หลังการตัด และที่อายุ 10, 12, 14, 16, 20, 24, 28 และที่อายุ 52 สัปดาห์หลังการตัด

5.2 ขนาดลำต้น

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นกระถินในปีที่ 3 ที่อายุ 3 ปี ในช่วงการเก็บเกี่ยว วันที่ 13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 โดยใช้เครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิเปอร์ สุ่มวัดกระถินจำนวน 6 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 130 เซนติเมตร (ความสูงที่ระดับอก) หลังจากนั้น ในปีที่ 4 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่งอกหลังจากการฟื้นตัวหลังการตัดจากตำแหน่งของรอยตัดในปีที่ 3 ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 130 เซนติเมตร โดยเก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 20 สัปดาห์หลังการตัด และที่อายุ 24, 28, 30, 34, 38, 42 และที่อายุ 52 สัปดาห์หลังการตัด

5.3 จำนวนจุดเจริญภายหลังการตัด

ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในปีที่ 3 ซึ่งกระถินมีอายุ 3 ปี และเมื่อเข้าสู่ปีที่ 4 เก็บข้อมูลการฟื้นตัวภายหลังการตัด โดยการนับจำนวนต้นหรือหน่อ (สำหรับการเก็บข้อมูลจำนวนต้น

หรือหน่อ ในการทดลองนี้จะเริ่มนับเมื่อจุดเจริญเริ่มมีใบแรกโผล่ขึ้นมาจากตอเดิมของกระถินที่ตัด) ต่อด้านของกระถินที่งอกออกมาภายหลังการตัด ซึ่งนับเฉพาะหน่อที่มีชีวิตที่อยู่บนต้นหลัก (main stem) สุ่มวัดกระถินจำนวน 6 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย เริ่มเก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 2 สัปดาห์หลังการตัด และที่อายุ 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24 และที่อายุ 52 สัปดาห์หลังการตัด

5.4 ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิต

เมื่อกระถินอายุครบ 3 ปี (13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553) จึงเก็บข้อมูลผลผลิต และเมื่อเข้าสู่ปีที่ 4 (11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554) เก็บข้อมูลผลผลิตภายหลังการฟันตัวจากการตัดกระถินอายุ 3 ปี ในปีแรก โดยแบ่งผลผลิตออกเป็น 3 ส่วนคือ ลำต้น (แบ่งเป็นลำต้นที่น้อยกว่า 2.54 และมากกว่า 2.54 เซนติเมตร) กิ่งก้าน และใบ โดยตัดกระถินที่ความสูงจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้นำมาหาค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง การเก็บเกี่ยวผลผลิตกระถินในแต่ละแปลงย่อยจะเก็บเกี่ยวเฉพาะในส่วนกลางของแปลงย่อยทั้งหมด โดยไม่เก็บผลผลิตที่ได้จากต้นกระถินที่ปลูกริม และหัวแปลงย่อย ดังนั้นจึงเก็บเกี่ยวผลผลิตในพื้นที่ 3x3 เมตร รวมทั้งหมด 18 ต้นต่อ 1 แปลงย่อย ซึ่งน้ำหนักสดทั้งหมด และสุ่มจำนวน 6 ต้น นำไปแยกองค์ประกอบของผลผลิตดังนี้

5.4.1 ลำต้น

แบ่งลำต้นออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.54 และมากกว่า 2.54 เซนติเมตร นำไปชั่งหาน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง โดยการหาน้ำหนักแห้งจะนำลำต้นที่ได้ไปผึ่งแดดให้ความชื้นภายในลำต้นลดลง หลังจากนั้นนำส่วนลำต้น (ไม้) ที่อยู่ระหว่างความสูงจากระดับพื้นดิน 130-165 เซนติเมตร โดยไม้ที่จะนำมาหาค่าน้ำหนักแห้งจะมีความยาวของท่อน 35 เซนติเมตร สุ่มตัวอย่างไม้จำนวน 6 ท่อน ต่อ 1 แปลงย่อย จากแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ของทั้ง 5 ชั่ว หลังนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำหนักแห้งที่ได้มาเทียบหาผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้นในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ของทั้ง 5 ชั่ว และสุ่มเก็บตัวอย่างลำต้นจำนวน 1 กิโลกรัม ไปบดเพื่อนำมาหาค่าองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

5.4.2 กิ่งก้าน

เมื่อตัดต้นกระถินแล้วจึงนำมาแยกส่วนของต้น และกิ่งก้านออกจากกัน โดยการลิดกิ่งก้านทั้งหมดออกจากลำต้น และเด็ดส่วนปลายกิ่งก้านที่มีสีเขียวออก (นำไปรวมกับส่วนใบ) กิ่งก้านส่วนที่เหลือที่เป็นสีน้ำตาลจึงจัดไว้ในส่วนของกิ่งก้าน นำกิ่งก้านที่ลิดได้มัดรวมกัน แล้วนำไปชั่งน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งโดยการอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง และสุ่มเก็บตัวอย่างกิ่งก้านจำนวน 1 กิโลกรัมไปบดเพื่อนำมาหาค่าองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

5.4.3 ใบ

การเก็บผลผลิตของส่วนใบ (รวมถึงส่วนของปลายกิ่งที่มีสีเขียว) เก็บทั้งน้ำหนักสด และส่วนน้ำหนักแห้งนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง และสุ่มเก็บตัวอย่างใบจำนวน 1 กิโลกรัมไปบดเพื่อนำมาหาค่าองค์ประกอบทางเคมี

5.4.4 ใบร่วง

ในการเก็บผลผลิตของส่วนใบที่ร่วง (ใบตาย) ใช้กรอบสี่เหลี่ยม (quadrat) ขนาด 0.25 ตารางเมตร สุ่มจำนวน 4 จุด ต่อ 1 แปลงย่อย โดยนำไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง และสุ่มเก็บตัวอย่างใบจำนวน 500 กรัม ไปบดเพื่อนำมาหาค่าองค์ประกอบทางเคมี

5.5 ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้

ส่วนลำต้น (ไม้) ที่จะนำมาหาค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density) ในงานทดลองครั้งนี้จะใช้ไม้ส่วนที่อยู่ระหว่างความสูงจากระดับพื้นดิน 130-145 เซนติเมตร โดยไม้ที่นำมาหาค่าความหนาแน่นจะมีความยาวของท่อน 15 เซนติเมตร โดยสุ่มตัวอย่างไม้จำนวน 3 ท่อน จากแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ของทั้ง 5 ซ้ำ วิธีการหาค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ใช้วิธีของ จรูญ และคณะ (2540) โดยการลอกเปลือกไม้ออกแล้วนำมาชั่งน้ำหนักได้ค่าของมวล หรือน้ำหนักของท่อน

ไม้ (m) หลังจากนั้นนำท่อนไม้ที่ลอกเปลือกออกไปหาปริมาตร (v) โดยการแทนที่ด้วยน้ำ แล้วนำค่าที่ได้ทั้ง 2 ค่ามาคำนวณโดยใช้สูตร

$$D = m / v$$

โดย D คือ ค่าความหนาแน่น (g/cm^3)

m คือ มวล หรือน้ำหนักของไม้ที่ต้องการหาความหนาแน่น (g)

v คือ ปริมาตรของไม้ที่ได้จากการแทนที่ด้วยน้ำ (cm^3)

5.6 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการเก็บเกี่ยวหลังจากนำมาน้ำหนักแห้งแล้วจึงสุ่มเก็บตัวอย่างลำต้น กิ่งก้าน และใบ ไปบดแล้วนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคุณสมบัติทางด้านการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ดังนี้

5.6.1 การับอนไดออกไซด์ (C) ไฮโดรเจน (H) ไนโตรเจน (N) ออกซิเจน (O) และซัลเฟอร์ (S) นำไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน (ภาพที่ 2) โดยเครื่อง Auto Element Analyzer (TruSpec CHNS Determinators, Leco) (Leco, 2009)

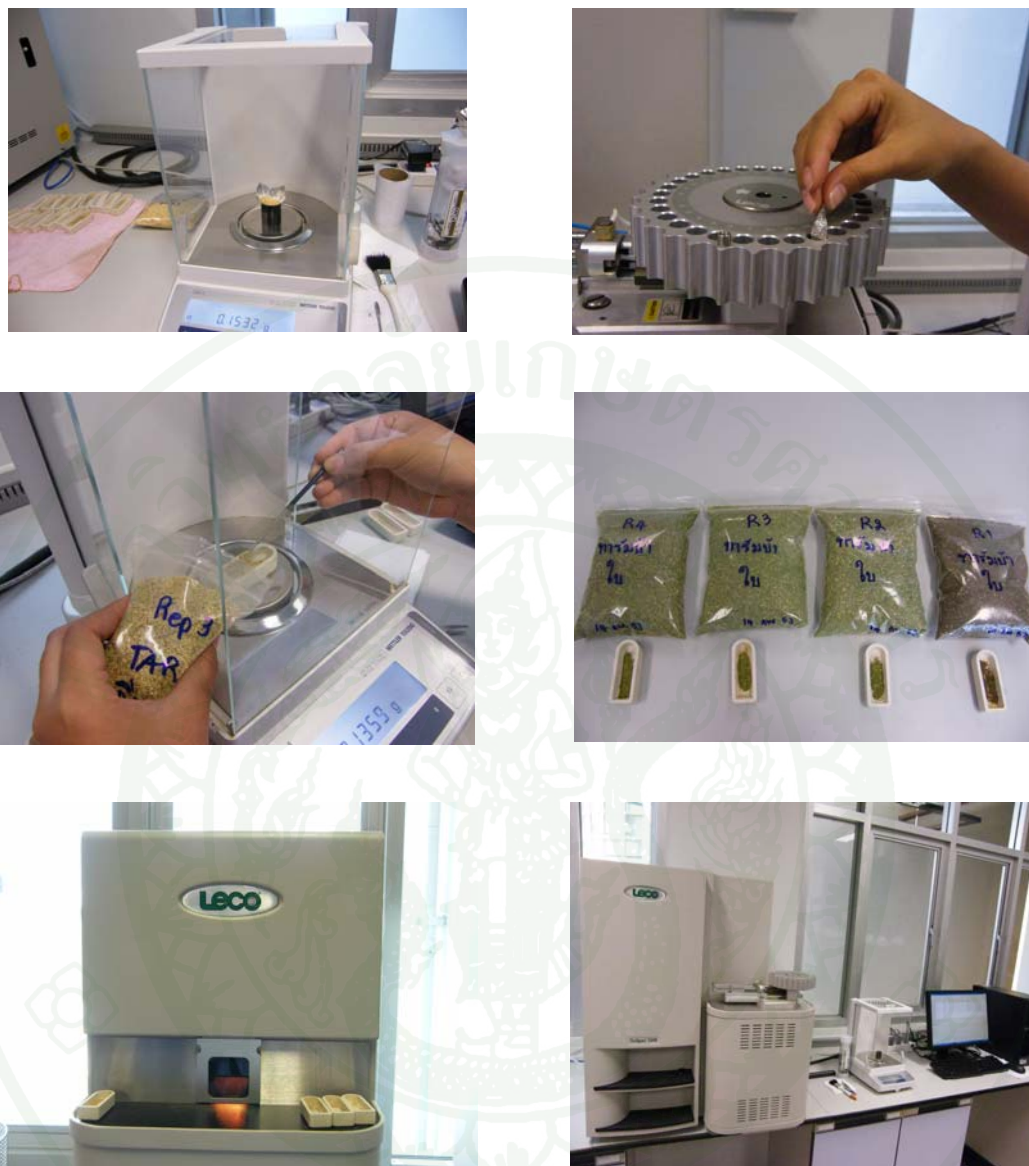
5.6.1.1 ผลผลิตไนโตรเจน

ผลผลิตไนโตรเจนต่อไร่ = $\frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักรีด (กิโลกรัม/ไร่)} \times \text{ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)}}{100}$

5.6.1.2 ผลผลิตคาร์บอน

ผลผลิตคาร์บอนต่อไร่ = $\frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักรีด (กิโลกรัม/ไร่)} \times \text{คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)}}{100}$

100



ภาพที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ใน
องค์ประกอบผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

5.6.2 ADF (acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber), ADL (acid detergent lignin) หรือ ลิกนิน, Cellulose และ Hemicellulose ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) โดยส่งตัวอย่างกิ่งก้าน และลำต้นของกระถินไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการพืชอาหารสัตว์ ภาควิชาพืชไร่ ภาควิชา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

5.7 ค่าพลังงานความร้อน

ส่วนลำต้น (ไม้) ที่จะนำไปหาค่าพลังงานความร้อนเป็นส่วนที่สูงจากพื้นดิน ในช่วง 145-165 เซนติเมตร โดยสุ่มตัวอย่างไม้จำนวน 3 ท่อน จากกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 5 ซ้ำ ซึ่งการหาค่าพลังงานความร้อนหาได้ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter โดยนำไปวิเคราะห์ที่ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

5.8 ปริมาณเถ้า

ไม้ส่วนที่จะนำไปหาค่าเถ้าเป็นไม้ส่วนที่สูงจากพื้นดินในช่วง 145-165 เซนติเมตร โดยสุ่มตัวอย่างไม้ 3 ท่อน จากกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 5 ซ้ำเช่นกัน ซึ่งการหาค่าเถ้าหาได้ด้วย เครื่องเตาเผา (Muffle Furnaces) โดยนำไปวิเคราะห์ที่ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

6.1 วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) ของข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และทดสอบค่า F-test โดยใช้วิธี ANOVA และตรวจสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least Significant Difference) โดยใช้วิธี Fisher's LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

6.2 วิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างองค์ประกอบของผลผลิต และสมการถดถอยเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression) ระหว่างผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวม กับผลผลิตน้ำหนักแห้งใบ กิ่งก้าน และลำต้น ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

7. สถานที่ทำการวิจัย

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา

8. ระยะเวลาทำการทดลอง

การทดลองเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554



ผลและวิจารณ์

ผล

1. สภาพภูมิอากาศ

1.1 ปริมาณน้ำฝน

จากปริมาณน้ำฝนที่กระดินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้รับตลอดระยะเวลา 3 ปี (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2553) พบว่าในปีที่ 1 (2550) ของการปลูกมีปริมาณฝนตกปานกลางในช่วง 3 เดือนแรก (กุมภาพันธ์ - เมษายน) คือ 94 56 และ 88 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และยังได้รับน้ำจากระบบการชลประทานเพิ่มเติมในช่วง 2 เดือนแรกของการปลูกเพื่อช่วยในการตั้งตัวของกระดิน โดยให้น้ำสัปดาห์ละหนึ่งครั้งๆ ละประมาณ 40 มิลลิเมตร ดังนั้นปริมาณน้ำที่กระดินได้รับจากระบบการชลประทานเท่ากับ 320 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าช่วงแรกของการปลูก กระดินมีปริมาณน้ำที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการตั้งตัว แต่เมื่อมองในแง่ของวัชพืชพบว่ามีความหนาแน่นของวัชพืชเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงสองเดือนแรกของการปลูก เนื่องจากเป็นระยะเวลาที่วัชพืชได้รับน้ำ และสามารถเจริญเติบโตแข่งขันกับกระดินได้อย่างรวดเร็ว จากนั้นฝนเริ่มตกมากขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคม ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2550 และเริ่มลดลงในเดือนพฤศจิกายนเหลือเพียง 18 มิลลิเมตร และไม่มีฝนตกเลยในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550 และเดือนมกราคม พ.ศ. 2551

เมื่อเข้าสู่ปีที่ 2 ของการทดลอง พบว่าปริมาณน้ำฝนในเดือนกุมภาพันธ์ มิถุนายน และกรกฎาคม พ.ศ. 2551 มีปริมาณน้ำฝน 18 50 และ 44 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) และอยู่ในระดับต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี อย่างไรก็ตามมีฝนตกเพิ่มมากขึ้นระหว่างเดือนเมษายน และพฤษภาคม และลดลงเหลือเพียง 44 - 50 มิลลิเมตร ระหว่างเดือนมิถุนายน - กรกฎาคม 2551 ฝนเริ่มตกมากขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคม - ตุลาคม โดยมีฝนตกหนักวัดได้ถึง 363 มิลลิเมตร ในเดือนกันยายน 2551 และลดเหลือเพียง 9 มิลลิเมตร ในเดือนพฤศจิกายน ในระหว่างเดือนธันวาคม ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2552 ไม่ปรากฏว่ามีฝนตก โดยฝนเริ่มตกในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 และเพิ่มขึ้นตามลำดับ ทำให้กระดินได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งเมื่อเข้าสู่เดือนพฤษภาคม และมิถุนายน พ.ศ. 2552 ฝนเริ่มทิ้งช่วงโดยมีปริมาณน้ำฝนลดลงเหลือเพียง 94 และ 85

มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ที่มีค่า 176 และ 107 มิลลิเมตร ตามลำดับ หลังจากนั้นในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2552 ฝนเริ่มตกมากขึ้น และลดลงในช่วงเดือนพฤศจิกายน และธันวาคม พ.ศ. 2552 แต่เมื่อเข้าสู่เดือนมกราคม พ.ศ. 2553 พบว่ามีฝนตกเพิ่มขึ้นเป็น 45 มิลลิเมตร ซึ่งแตกต่างจากช่วงเดียวกันในการทดลองปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ไม่มีฝนตกเลย กระณินเริ่มเก็บเกี่ยวครั้งแรกในเดือนกุมภาพันธ์ 2553 ดังนั้นปริมาณน้ำฝนที่กระณินได้รับตลอดระยะเวลา 3 ปีของการทดลอง พบว่ามีปริมาณ 3,821 มิลลิเมตร และถ้าคิดเป็นปริมาณน้ำที่กระณินได้รับ (น้ำฝน + น้ำชลประทาน) ตลอดการทดลองทั้ง 3 ปี เท่ากับ 4,141 มิลลิเมตร

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในช่วงระยะการทดลองระหว่างปี 2550 - 2554 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมา (2544 - 2553) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

เดือน	2550	2551	2552	2553	2554	ค่าเฉลี่ย 10 ปี ²
มกราคม	0	0	0	45	0.5	12
กุมภาพันธ์	94	18	48	3	-	30
มีนาคม	56	80	155	7	-	76
เมษายน	88	177	165	132	-	121
พฤษภาคม	163	248	94	102	-	176
มิถุนายน	102	50	85	61	-	107
กรกฎาคม	151	44	138	118	-	100
สิงหาคม	229	152	168	231	-	141
กันยายน	129	363	263	266	-	245
ตุลาคม	126	230	108	393	-	150
พฤศจิกายน	18	9	13	4	-	22
ธันวาคม	0	T ¹	12	65	-	12
รวม	1,156	1,371	1,249	1,428	0.5	1,191

หมายเหตุ: ¹ T (Trace) = ปริมาณฝนที่ตกไม่ถึง 0.1 มิลลิเมตร

² ข้อมูลน้ำฝน 10 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 - 2553

ปริมาณน้ำฝนในช่วงการฟื้นตัวภายหลังการตัดกระถินอายุ 3 ปี ในต้นปี 2553 (เดือนกุมภาพันธ์) ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าปริมาณน้ำฝนในปีแรกของการฟื้นตัว ภายหลังการตัด (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2554) ในช่วงสองเดือนแรกมี ปริมาณน้ำฝนเพียง 3 และ 7 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่า 3 ปีที่ผ่านมา และอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรวม 10 ปี ถึงแม้ช่วงสองเดือนแรกนี้กระถินได้รับ ปริมาณน้ำฝนน้อยแต่ยังมีการฟื้นตัวได้ดี จนกระทั่งกระถินได้รับปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นในเดือน เมษายน และพฤษภาคม 2553 ฝนตกอย่างต่อเนื่องระหว่างเดือนมิถุนายน - ตุลาคม 2553 โดยมี ปริมาณน้ำฝนมากที่สุดถึง 393 มิลลิเมตร ในเดือนตุลาคม 2553 และลดเหลือเพียง 4 65 และ 0.5 มิลลิเมตร ในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม 2553 และมกราคม 2554 และไม่มีฝนตกเลยในเดือน กุมภาพันธ์ 2554 ซึ่งเป็นระยะเวลาสิ้นสุดการทดลองในปี 2554 ดังนั้นปริมาณน้ำฝนตลอดระยะเวลา การฟื้นตัวหลังการตัดในปีแรกของกระถินอายุ 3 ปี จึงมีปริมาณเท่ากับ 1,383.5 มิลลิเมตร

1.2 อุณหภูมิอากาศ

อุณหภูมิอากาศตลอดระยะเวลา 3 ปี ของการปลูกกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าในปีที่ 1 (2550) ของการปลูก มีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคม เมษายน และมิถุนายน คือ 28 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3) โดยในเดือนพฤศจิกายนเป็นช่วงที่มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำที่สุด (23 องศาเซลเซียส) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ย 10 ปี ย้อนหลังของเดือนเดียวกัน เมื่อเข้าสู่ปีที่ 2 (2551) มีอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน และกรกฎาคม (28 องศาเซลเซียส) และมีอุณหภูมิเฉลี่ย ต่ำสุดในเดือนธันวาคม คือ 22 องศาเซลเซียส และเมื่อเข้าสู่ปี 2552 ช่วงเดือนมกราคม อุณหภูมิเฉลี่ย ของอากาศยังคงต่ำสุดอย่างต่อเนื่องจากปลายปี 2551 (22 องศาเซลเซียส) โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายน มิถุนายน และสิงหาคม คือ 28 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเริ่มลดลงเหลือ 24 องศา เซลเซียส ในเดือนพฤศจิกายน ธันวาคม รวมถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2553 ซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายก่อน การเก็บเกี่ยวในช่วงต้นเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิเฉลี่ยตลอด 3 ปี พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ย ประมาณ 26 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมีย้อนหลัง 10 ปี

จากการฟื้นตัวภายหลังการตัด (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2554) พบว่าอุณหภูมิในช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิต (เดือนกุมภาพันธ์) คือ 27 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3) และเพิ่มขึ้นเป็น 29 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดในเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน และมีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 โดยอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการฟื้นตัว ประมาณ 27 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 3 อุณหภูมิอากาศ (องศาเซลเซียส) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550 - 2554
เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมา (2544 - 2553) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง
แห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

เดือน	2550	2551	2552	2553	2554	ค่าเฉลี่ย 10 ปี ¹
มกราคม	24	24	22	24	23	24
กุมภาพันธ์	26	25	27	27	-	26
มีนาคม	28	27	27	27	-	27
เมษายน	28	28	28	29	-	28
พฤษภาคม	27	27	27	29	-	28
มิถุนายน	28	27	28	29	-	28
กรกฎาคม	27	28	27	28	-	27
สิงหาคม	27	27	28	27	-	27
กันยายน	27	26	27	26	-	26
ตุลาคม	26	26	27	25	-	26
พฤศจิกายน	23	24	24	25	-	25
ธันวาคม	25	22	24	24	-	24
เฉลี่ย	26	26	26	27	23	26

หมายเหตุ: ¹ ข้อมูลอุณหภูมิอากาศ 10 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 - 2553

1.3 ความชื้นสัมพัทธ์

จากการปลูกกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ตลอดระยะเวลา 3 ปี พบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงเดือนแรก (กุมภาพันธ์) ของปีที่ 1 (2550) ของการปลูก มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) และเริ่มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดในเดือนกันยายน (83 เปอร์เซ็นต์) และเริ่มลดลงเมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายน และ ธันวาคม) โดยส่งผลต่อเนื่องกับปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2551 ที่มีค่าเพียง 59 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ เมื่อเข้าสู่ปีที่ 2 ของการปลูก พบว่ามีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดในเดือนกันยายน และตุลาคม พ.ศ. 2551 (83 เปอร์เซ็นต์) โดยมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2552 คือ 58 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณความชื้น

สัมพัทธ์ในปีที่ 3 (2552) พบว่ามีค่าต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ (63 เปอร์เซ็นต์) และสูงสุดในเดือนกันยายน (85 เปอร์เซ็นต์) โดยค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของการปลูกตลอดระยะเวลา 3 ปี มีค่าประมาณ 73 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4 ความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ในช่วงระยะการทดลองระหว่างปี 2550 - 2554

เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมา (2544 - 2553) ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา

เดือน	2550	2551	2552	2553	2554	ค่าเฉลี่ย 10 ปี ¹
มกราคม	58	59	58	75	59	62
กุมภาพันธ์	60	62	63	72	-	63
มีนาคม	68	62	75	59	-	66
เมษายน	73	77	75	68	-	70
พฤษภาคม	81	77	79	73	-	76
มิถุนายน	76	77	74	72	-	74
กรกฎาคม	78	72	75	78	-	74
สิงหาคม	78	77	79	83	-	76
กันยายน	83	83	85	86	-	80
ตุลาคม	81	83	84	84	-	78
พฤศจิกายน	66	73	72	66	-	68
ธันวาคม	64	65	68	68	-	63
เฉลี่ย	72	72	74	74	59	71

หมายเหตุ: ¹ ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ 10 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 - 2553

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงการฟื้นตัวภายหลังการตัด (เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553 ถึง เดือนมกราคม พ.ศ. 2554) พบว่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิต (กุมภาพันธ์) มีความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ และลดลงในเดือนมีนาคมเหลือเพียง 59 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นในเดือนถัดไปปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ก็เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดในเดือนกันยายน (86 เปอร์เซ็นต์) และเริ่มลดลงในเดือนตุลาคม จนกระทั่งเหลือเพียง 59 เปอร์เซ็นต์ ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2554 ซึ่งเป็นเดือนสุดท้ายก่อนการเก็บเกี่ยว โดย

ค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ของการฟื้นตัวภายหลังการตัด 1 ปี มีค่าประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) ซึ่งมีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ที่มีค่าเพียง 71 เปอร์เซ็นต์

2. การเจริญเติบโตของกระถิน

2.1 ความสูง

ในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เมื่ออายุครบ 3 ปี พบว่ากระถินมีการเจริญเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 1) โดยกระถินที่เพิ่งนำเข้ามาใหม่ทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ คือ พันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (พันธุ์เดิมที่นิยมปลูก) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) โดยมีความสูง 1,043 976 และ 985 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม มีความสูงเพียง 841 และ 835 เซนติเมตร ตามลำดับ

2.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ขนาดลำต้น)

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ขนาดลำต้น) กระถิน เมื่ออายุครบ 3 ปี พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้ามีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่ที่สุด คือ 4.9 เซนติเมตร (ตารางที่ 6 และ ตารางผนวกที่ 2) แต่ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ที่มีขนาดลำต้นเท่ากัน คือ 4.6 เซนติเมตร และพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นเล็กที่สุด คือ พันธุ์คันทันนิ่งแฮม ที่มีขนาดลำต้นเพียง 3.7 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากพันธุ์เปรู (4.1 เซนติเมตร)

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ความสูง (เซนติเมตร)
ทาร์มบ้า	1,043 a ¹
เปรู	841 b
คันทิงแฮม	835 b
5/7	976 a
4/14	985 a
F-test	**
CV (%)	6.0

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 6 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน

พันธุ์/สายพันธุ์	ความสูง (เซนติเมตร)
ทาร์มบ้า	4.9 a ¹
เปรู	4.1 bc
คันทิงแฮม	3.7 c
5/7	4.6 ab
4/14	4.6 ab
F-test	*
CV (%)	12.5

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

3. ผลผลิต

3.1 ผลผลิตน้ำหนัสด

3.1.1 ใบ

จากตารางที่ 7 พบว่ากระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตน้ำหนัสดใบไม้แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) โดยให้ผลผลิตน้ำหนัสดใบอยู่ระหว่าง 729 - 1,089 กิโลกรัม/ไร่

3.1.2 กิ่งก้าน

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตน้ำหนัสดกิ่งก้านแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ 4/14 ให้ผลผลิตน้ำหนัสดกิ่งก้านมากที่สุด (2,783 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมา คือ พันธุ์เปรู และสายพันธุ์ 5/7 ที่ให้ผลผลิตน้ำหนัสดกิ่งก้าน 1,912 และ 2,248 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ โดยทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมามีปริมาณผลผลิตกิ่งก้านสดไม่แตกต่างกันในทางสถิติที่ระดับ 95% ในขณะที่พันธุ์คันนิงแฮมให้ผลผลิตน้ำหนัสดกิ่งก้านน้อยที่สุด คือ 1,445 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 7 และ ตารางผนวกที่ 3)

3.1.3 ลำต้น

ก. ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตน้ำหนัสดลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) แม้ว่ากระถินพันธุ์เปรูให้ผลผลิตน้ำหนัสดสูงสุดถึง 992 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 7) ในขณะที่พันธุ์/สายพันธุ์ ที่เหลือให้ผลผลิตระหว่าง 469 - 666 กิโลกรัม/ไร่

ข. ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

พันธุ์ทาร์มบ้า และสายพันธุ์ 4/14 ให้ผลผลิตน้ำหนักรากสดลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร สูงที่สุด 22,634 กิโลกรัม/ไร่ แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับสายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 ที่ให้ผลผลิต 20,838 และ 17,739 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) แต่แตกต่างจากพันธุ์เปรู และ คันทันนิ่งแฮม (10,398 และ 8,230 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3)

ค. ลำต้นรวม

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตลำต้นรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) โดยพันธุ์ทาร์มบ้า ให้ผลผลิตลำต้นรวมสูงสุด 22,981 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมา คือ สายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักรากสดลำต้นรวม คือ 21,307 และ 18,290 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7) ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์คันทันนิ่งแฮม และเปรู ซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักรากสด 8,896 และ 11,390 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ผลผลิตน้ำหนักรากสดลำต้นรวมของกระถินอายุการตัด 3 ปี มาจากส่วนลำต้นที่มีขนาดใหญ่ (มากกว่า 2.54 เซนติเมตร) มากกว่าลำต้นที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร)

3.1.4 ชีวมวลรวม

ผลผลิตน้ำหนักรากสดชีวมวลรวมของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 3) โดยพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตน้ำหนักรากสดชีวมวลรวมสูงสุด 25,859 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 7) ซึ่งใกล้เคียงกับสายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 ที่ให้ผลผลิตสดชีวมวลรวม 24,917 และ 21,356 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมานี้ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม ซึ่งมีผลผลิตน้ำหนักรากสดชีวมวลรวมเพียง 14,089 และ 11,070 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลผลิตน้ำหนักราก (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของผลผลิต กระถิน 5 พันธุ์/
สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ใบ ²	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.54 เซนติเมตร ²	ลำต้น > 2.54 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	1,089	1,788 b ¹	347	22,634 a	22,981 a	25,859 a
เปรู	787	1,912 ab	992	10,398 bc	11,390 bc	14,089 b
คันทิงแฮม	729	1,445 b	666	8,230 c	8,896 c	11,070 b
5/7	819	2,248 ab	551	17,739 ab	18,290 ab	21,356 ab
4/14	827	2,783 a	469	20,838 a	21,307 a	24,917 a
F-test	ns	*	ns	**	*	*
CV (%)	31.0	30.1	35.2	36.1	38.6	38.4

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

² ข้อมูลที่วิเคราะห์ในทางสถิติ ได้จากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่ารากที่สอง และใช้วิธี Fisher's LSD

3.2 ผลผลิตน้ำหนักราก

3.2.1 ใบ

ผลผลิตน้ำหนักรากใบ ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเช่นเดียวกับผลผลิตน้ำหนักราก (ตารางผนวกที่ 4) โดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 272 - 476 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 8)

3.2.2 กิ่งก้าน

สายพันธุ์ 4/14 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งกิ่งก้านสูงที่สุด 1,639 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 4) แต่ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 (1,312 กิโลกรัม/ไร่) และมีปริมาณมากกว่าพันธุ์คั่นนิ่งเสมออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (777 กิโลกรัม/ไร่) ในขณะที่พันธุ์ทาร์มบ้า และเปรู ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งกิ่งก้าน 952 และ 1,090 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

3.2.3 ลำต้น

ก. ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

จากตารางที่ 6 พบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยสอดคล้องกับผลผลิตน้ำหนักสดลำต้นที่มีขนาดเดียวกัน โดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 216 - 620 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 4)

ข. ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตของลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร มีความสอดคล้องกันทั้งน้ำหนักสด และแห้ง คือมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 ให้ปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดสูง และเมื่อเป็นผลผลิตน้ำหนักแห้งก็ยังคงสูง เช่นเดิม (13,888 13,506 และ 11,325 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 4) ในขณะที่พันธุ์คั่นนิ่งเสมอ และเปรู ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 5,151 และ 6,399 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่ากระถินทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่กล่าวข้างต้น

ค. ลำต้นรวม

ในด้านผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นรวมของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน (14,204 13,807 และ 11,680 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 8 และ ตาราง

ผนวกที่ 4) แต่สูงกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (7,019 และ 5,561 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

ตารางที่ 8 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ใบ ²	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.54 เซนติเมตร ²	ลำต้น > 2.54 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	476	952 bc ¹	216	13,888 a	14,204 a	15,632 a
เปรู	340	1,090 bc	620	6,399 bc	7,019 bc	8,447 bc
คันทิงแฮม	272	777 c	410	5,151 c	5,561 c	6,610 c
5/7	363	1,312 ab	355	11,325 ab	11,680 ab	13,354 ab
4/14	373	1,639 a	301	13,506 a	13,807 a	15,819 a
F-test	ns	*	ns	**	**	*
CV (%)	28.4	31.5	40.3	41.13	38.25	37.8

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

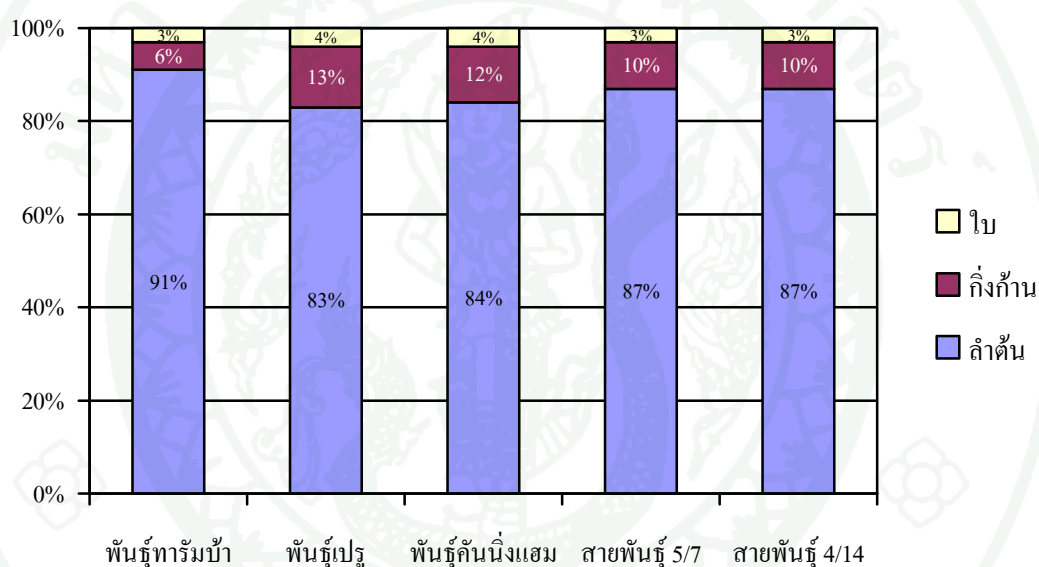
² ข้อมูลที่วิเคราะห์ในทางสถิติ ได้จากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่ารากที่สอง และใช้วิธี Fisher's LSD

3.2.4 ชีวมวลรวม

ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งชีวมวลรวมของกระถินอายุ 3 ปี ทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกับผลผลิตน้ำหนักรากสดชีวมวลรวม โดยสายพันธุ์ 4/14 ให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งชีวมวลรวมสูงที่สุด (15,819 กิโลกรัม/ไร่) (ตารางที่ 8 และ ตารางผนวกที่ 4) แต่ไม่แตกต่างในทางสถิติกับพันธุ์ทาร์มบ้า และสายพันธุ์ 5/7 (15,632 และ 13,354 กิโลกรัม/ไร่

ตามลำดับ) ส่วนพันธุ์คันทิ้งแฮมให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวมน้อยที่สุด (6,610 กิโลกรัม/ไร่) ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับพันธุ์เปรู (8,447 กิโลกรัม/ไร่)

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าสัดส่วนขององค์ประกอบทางด้านผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวมส่วนใหญ่มาจากส่วนลำต้นประมาณ 83 - 91 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 3) รองลงมา คือ ส่วนกิ่งก้าน และใบ โดยมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 6 - 13 และ 3 - 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยจากภาพที่ 4 ที่แสดงการเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เมื่ออายุ 3 ปี ที่แยกองค์ประกอบผลผลิตของกระถินออกเป็น ส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้น



ภาพที่ 3 สัดส่วนขององค์ประกอบผลผลิตน้ำหนักแห้งของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี



ภาพที่ 4 การเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เมื่ออายุ 3 ปี

3.3 ผลผลิตใบร่วง

จากตารางที่ 9 พบว่าผลผลิตน้ำหนักใบร่วงก่อนอบและหลังอบของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 5) โดยผลผลิตน้ำหนักใบร่วงก่อนอบอยู่ระหว่าง 1,523 - 1,658 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนผลผลิตน้ำหนักแห้งใบร่วงหลังอบอยู่ระหว่าง 1,485 - 1,603 กิโลกรัม/ไร่

ตารางที่ 9 ผลผลิตน้ำหนักรับ (กิโลกรัม/ไร่) ก่อนอบและหลังอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ใบร่วง (ก่อนอบ)	ใบร่วง (หลังอบ)
ทาร์มบ้า	1,658	1,603
เปรู	1,578	1,530
คันทิงแฮม	1,645	1,587
5/7	1,552	1,510
4/14	1,523	1,485
F-test	ns	ns
CV (%)	9.9	10.1

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

4. ความหนาแน่นของเนื้อไม้ ปริมาณเถ้าและค่าพลังงานความร้อน

จากผลการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้จากส่วนลำต้นกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างพันธุ์และสายพันธุ์ที่ทดลอง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.57 - 0.64 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 10 และ ตารางผนวกที่ 6)

ในส่วนของปริมาณเถ้า พบว่าในส่วนลำต้นของกระถินมีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันทางสถิติในระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์ (ตารางผนวกที่ 7) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5 - 2.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10) ในขณะที่ปริมาณเถ้าในส่วนกิ่งก้านมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยกระถินพันธุ์เปรูมีปริมาณเถ้าสูงที่สุด คือ 5.0 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ พันธุ์ทาร์มบ้า คันทิงแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ตามลำดับ (4.0 3.5 3.5 และ 3.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และสามารถสังเกตได้ว่าปริมาณเถ้าในส่วนกิ่งก้านมีปริมาณมากกว่าส่วนลำต้นประมาณ 2 เท่า

ในด้านค่าพลังงานความร้อน พบว่าในส่วนลำต้น และกิ่งก้านของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 7) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4,710 - 4,805

แคลอรี/กรัมในส่วนลำต้น และ 4,526 - 4,570 แคลอรี/กรัมในส่วนของกิ่งก้าน (ตารางที่ 10) ซึ่งค่าพลังงานความร้อนในส่วนลำต้นสูงกว่าส่วนของกิ่งก้านเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 10 ความหนาแน่นเนื้อไม้ ปริมาณเถ้า และค่าพลังงานความร้อนของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ปริมาณเถ้า (เปอร์เซ็นต์)		ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรี/กรัม)	
		ลำต้น	กิ่งก้าน	ลำต้น	กิ่งก้าน
ทาร์มบ้า	0.57	2.0	4.0 b ¹	4,755	4,569
เปรู	0.63	1.7	5.0 a	4,756	4,526
คันทิงแฮม	0.60	1.7	3.5 b	4,762	4,553
5/7	0.59	1.6	3.5 b	4,710	4,556
4/14	0.64	1.5	3.6 b	4,805	4,570
F-test	ns	ns	*	ns	ns
CV (%)	9.7	8.1	8.7	0.7	1.0

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

5. ประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมด

จากการพิจารณาประสิทธิภาพการใช้น้ำของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ตลอดระยะเวลา 3 ปี โดยคิดจากปริมาณน้ำฝนที่ได้รับทั้งหมด และน้ำจากชลประทานในระยะปลูกสร้าง พบว่าสายพันธุ์ 4/14 และพันธุ์ทาร์มบ้า มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดเพื่อสร้างผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวมเท่ากันและสูงที่สุด (3.8 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) โดยไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 (3.2 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) แตกต่างจากพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทั้ง 2 พันธุ์ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวม 2.0 และ 1.6 กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	3.8 a ¹
เปรู	2.0 bc
คันทิงแฮม	1.6 c
5/7	3.2 ab
4/14	3.8 a
F-test	*
CV (%)	37.8

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

6. องค์ประกอบทางเคมี

6.1 คาร์บอน (C)

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในองค์ประกอบผลผลิตของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่าในส่วนใบและกิ่งก้านมีปริมาณคาร์บอนไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 44.88 - 46.37 เปอร์เซนต์ (ตารางที่ 12) และ 46.05 - 46.50 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ แต่ในส่วนลำต้น พบว่าปริมาณคาร์บอนของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์คันทิงแฮมมีปริมาณมากที่สุด คือ 48.04 เปอร์เซนต์ และมีปริมาณใกล้เคียงกับพันธุ์ทาร์มบ้า (47.92 เปอร์เซนต์) แต่มีปริมาณแตกต่างกับพันธุ์เปรู สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 (47.71 47.66 และ 47.78 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ) นอกจากนั้นยังไม่พบความแตกต่างทางสถิติของปริมาณคาร์บอนในส่วนของใบร่วง ซึ่งมีปริมาณอยู่ระหว่าง 40.60 - 41.84 เปอร์เซนต์

6.2 ไฮโดรเจน (H)

ปริมาณไฮโดรเจนในส่วนใบ และกิ่งก้าน ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยปริมาณไฮโดรเจนในใบของพันธุ์คันทันนิ่งแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มีปริมาณไฮโดรเจนสูงกว่าพันธุ์เปรู และทาร์มบ้า คือ 6.89 6.94 6.93 6.80 และ 6.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ในส่วนกิ่งก้าน พบว่าปริมาณไฮโดรเจนมีสูงในพันธุ์เปรู สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 (6.34 6.38 และ 6.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ปริมาณไฮโดรเจนของพันธุ์คันทันนิ่งแฮม ไม่แตกต่างจากทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมาโดยมีค่าประมาณ 6.29 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไฮโดรเจนในส่วนกิ่งก้านจะพบน้อยที่สุดในพันธุ์ทาร์มบ้า (6.24 เปอร์เซ็นต์) ส่วนใบร่วงของกระถิน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของปริมาณไฮโดรเจน โดยมีปริมาณอยู่ระหว่าง 5.94 - 6.11 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนปริมาณไฮโดรเจนของลำต้น พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มีปริมาณไฮโดรเจนเป็น 7.44 7.45 7.44 และ 7.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์คันทันนิ่งแฮม (7.30 เปอร์เซ็นต์)

6.3 ออกซิเจน (O)

ปริมาณออกซิเจนในทุกองค์ประกอบของผลผลิตไม่ว่าจะเป็นส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้น รวมถึงส่วนของใบร่วง พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน โดยในใบมีปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 43.91 - 45.17 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ในกิ่งก้านมีปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 46.38 - 46.63 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในลำต้นมีปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 43.89 - 44.20 เปอร์เซ็นต์ และในใบร่วงมีปริมาณออกซิเจนอยู่ระหว่าง 50.44 - 51.65 เปอร์เซ็นต์

6.4 ไนโตรเจน (N)

ในส่วนของปริมาณไนโตรเจนในใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.37 - 2.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) แต่เมื่อวิเคราะห์ในส่วนกิ่งก้าน พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้ามียปริมาณไนโตรเจนของส่วนกิ่งก้านมากที่สุด (0.90 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ พันธุ์คันทันนิ่งแฮม (0.77 เปอร์เซ็นต์) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์เปรู สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ที่มีปริมาณไนโตรเจนเพียง 0.47 0.43 และ 0.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในใบร่วงกระถินปริมาณไนโตรเจนพบมากที่สุดในพันธุ์เปรู (1.71 เปอร์เซ็นต์) และต่ำที่สุดในสายพันธุ์ 5/7 (1.31 เปอร์เซ็นต์) โดยปริมาณไนโตรเจนของใบร่วงมีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนลำต้นพบว่าปริมาณไนโตรเจนในทุกพันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 -0.69 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 12 ปริมาณองค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) ในใบ กิ่งก้าน ลำต้น และใบร่วง ของ กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

องค์ประกอบ		พันธุ์/สายพันธุ์				F-test	CV (%)
ทางเคมี	ทาร์มบ้า	เปรู	คันทันนิ่งแฮม	5/7	4/14		
ใบ							
C	44.88	45.77	45.20	45.75	46.37	ns	1.6
H	6.72 b ¹	6.80 ab	6.89 a	6.94 a	6.93 a	*	1.5
O	45.17	44.56	44.60	43.98	43.91	ns	2.1
N	2.69	2.39	2.77	2.81	2.37	ns	14.3
S	0.56	0.48	0.55	0.53	0.43	ns	13.4
กิ่งก้าน							
C	46.06	46.47	46.05	46.44	46.50	ns	0.9
H	6.24 b	6.34 a	6.29 ab	6.38 a	6.38 a	*	0.9
O	46.38	46.52	46.63	46.53	46.51	ns	0.9
N	0.90 a	0.47 b	0.77 a	0.43 b	0.42 b	**	18.4
S	0.43 a	0.21 b	0.26 b	0.22 b	0.19 b	**	22.5
ADF	67.96	68.97	70.23	69.03	68.96	ns	1.4
NDF	72.92 c	78.08 a	75.75 b	75.72 b	72.63 c	**	0.9
lignin	16.19 c	17.81 ab	19.12 a	17.35 bc	17.77 ab	*	3.0
Cellulose	51.78	51.16	51.11	51.69	51.19	ns	1.8
Hemicellulose	4.96	9.12	5.53	6.69	3.67	ns	26.4

ตารางที่ 12 (ต่อ)

องค์ประกอบ ทางเคมี	พันธุ์/สายพันธุ์					F-test	CV (%)
	ทาร์มบ้า	เปรู	คันทันแฮม	5/7	4/14		
ลำต้น							
C	47.92 ab	47.71 b	48.04 a	47.66 b	47.78 b	*	0.3
H	7.44 a	7.45 a	7.30 b	7.44 a	7.47 a	**	0.7
O	43.94	44.15	43.89	44.20	44.11	ns	0.4
N	0.62	0.62	0.69	0.62	0.58	ns	10.7
S	0.08	0.08	0.09	0.08	0.07	ns	15.9
ADF	77.25	79.71	78.10	80.13	79.02	ns	1.0
NDF	84.14	85.04	83.74	84.65	84.03	ns	0.6
lignin	19.41	19.69	18.95	19.70	20.22	ns	2.2
Cellulose	57.85	60.02	59.16	60.43	58.80	ns	1.1
Hemicellulose	6.89	5.33	5.64	4.48	5.02	ns	22.9
ใบร่วง							
C	41.16	40.90	40.60	41.49	41.84	ns	2.6
H	6.01	5.99	5.94	6.05	6.11	ns	2.1
O	50.94	51.18	51.65	50.95	50.44	ns	2.3
N	1.65 ab	1.71 a	1.56 abc	1.31 c	1.40 bc	*	10.7
S	0.24	0.22	0.24	0.21	0.22	ns	18.5

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

6.5 ซัลเฟอร์ (S)

ปริมาณซัลเฟอร์ในส่วนใบ ลำต้น และใบร่วง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ โดยปริมาณซัลเฟอร์ในใบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.43 - 0.56 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ในส่วนลำต้นมีปริมาณซัลเฟอร์อยู่ระหว่าง 0.07 - 0.09 เปอร์เซ็นต์ และในใบร่วงมีปริมาณซัลเฟอร์อยู่ระหว่าง 0.21 - 0.24 เปอร์เซ็นต์ สำหรับปริมาณซัลเฟอร์ในส่วนกิ่งก้านพบว่ามี ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณซัลเฟอร์มากที่สุดคือ 0.43 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์เปรู คันทิงแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ที่มีปริมาณ น้อยกว่า คือ 0.21 0.26 0.22 และ 0.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

6.6 ADF (Acid Detergent Fiber)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณ ADF (Acid Detergent Fiber) ในส่วนของกิ่งก้าน และ ลำต้นของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในส่วนของกิ่งก้านมี ปริมาณ ADF อยู่ระหว่าง 67.96 - 70.23 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) และในส่วนของลำต้นมีปริมาณ ADF อยู่ระหว่าง 77.25 - 80.13 เปอร์เซ็นต์

6.7 NDF (Neutral Detergent Fiber)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณ NDF (Neutral Detergent Fiber) ของกิ่งก้านในกระถิน ทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณมากที่สุดใน พันธุ์เปรู (78.08 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ พันธุ์คันทิงแฮม และสายพันธุ์ 5/7 (75.75 และ 75.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และมีปริมาณน้อยในพันธุ์ทาร์มบ้า และสายพันธุ์ 4/14 (72.92 และ 72.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 12) แต่ในลำต้นปริมาณ NDF ของกระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ ไม่ แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณ NDF อยู่ระหว่าง 83.74 - 85.04 เปอร์เซ็นต์

6.8 ลิกนิน (lignin)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณลิกนินในส่วนกิ่งก้านของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์คันทิงแฮมมีปริมาณลิกนินสูงที่สุดคือ 19.12 เปอร์เซ็นต์ และพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณลิกนินต่ำที่สุด (16.19 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 12) ส่วน

ปริมาณลิกนินในลำต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 18.95 - 20.22 เปอร์เซ็นต์

6.9 เซลลูโลส (Cellulose)

จากการวิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลสในส่วนกิ่งก้าน และลำต้นของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณเซลลูโลสในกิ่งก้านอยู่ระหว่าง 51.11 - 51.78 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) และในลำต้นมีปริมาณเซลลูโลสอยู่ระหว่าง 57.85 - 60.43 เปอร์เซ็นต์

6.10 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose)

ปริมาณเฮมิเซลลูโลสไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในส่วนกิ่งก้าน และลำต้นของกระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ ซึ่งปริมาณเฮมิเซลลูโลสในส่วนกิ่งก้านมีค่าอยู่ระหว่าง 3.67 - 9.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ส่วนปริมาณเฮมิเซลลูโลสในลำต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 4.48 - 6.89 เปอร์เซ็นต์

7. ผลผลิตไนโตรเจน

7.1 ผลผลิตไนโตรเจนในใบ

จากการประเมินปริมาณผลผลิตไนโตรเจนในใบของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณผลผลิตไนโตรเจนสูงที่สุด คือ 12.80 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ (ตารางที่ 13) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 5/7 (10.20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่) แต่มีปริมาณไม่แตกต่างกับพันธุ์เปรู และสายพันธุ์ 4/14 ที่มีค่า 8.13 และ 8.82 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ และพันธุ์คันทันนิ่งแฮมมีปริมาณผลผลิตไนโตรเจนในส่วนใบต่ำที่สุด (7.54 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่)

7.2 ผลผลิตไนโตรเจนในกิ่งก้าน

จากการประเมินปริมาณผลผลิตไนโตรเจนในกิ่งก้านของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณ

ผลผลิตในโตรเจนในกิ่งก้านสูงที่สุด (8.56 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่) (ตารางที่ 13) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสายพันธุ์ 4/14 ที่มีปริมาณผลผลิตในโตรเจนในกิ่งก้านอยู่ที่ 6.95 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์เปรู คันทิงแฮม และสายพันธุ์ 5/7 โดยมีผลผลิตในโตรเจนในส่วนกิ่งก้านเป็น 5.16 6.02 และ 5.67 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ

7.3 ผลผลิตในโตรเจนในส่วนลำต้นรวม

จากการประเมินปริมาณผลผลิตในโตรเจนในลำต้นรวมของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณผลผลิตในโตรเจนในลำต้นรวมสูงที่สุด คือ 88.56 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ (ตารางที่ 13) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ 4/14 (80.17 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 5/7 (72.49 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่) ส่วนพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม มีปริมาณผลผลิตในโตรเจนในลำต้นรวมต่ำกว่าทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ได้กล่าวมา โดยมีค่าเท่ากับ 43.30 และ 38.41 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ

7.4 ผลผลิตในโตรเจนในใบร่วง

จากการประเมินผลผลิตในโตรเจนของใบร่วงในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณมากในพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู และคันทิงแฮม (26.45 26.21 และ 24.83 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 13) และมีปริมาณน้อยในสายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ซึ่งมีค่า 19.73 และ 20.76 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ

7.5 ผลผลิตในโตรเจนรวม (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้นรวม + ใบร่วง)

เนื่องจากผลผลิตในโตรเจนในส่วนใบ กิ่งก้าน ลำต้น และใบร่วง ของกระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีปริมาณแตกต่างกัน จึงส่งผลต่อผลผลิตในโตรเจนรวม (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้นรวม + ใบร่วง) ให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตในโตรเจนรวมสูงที่สุด คือ 136.37 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ (ตารางที่ 13) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ซึ่งให้ผลผลิตในโตรเจนรวม 108.08 และ 116.71 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ และในขณะที่พันธุ์เปรู และคันทิงแฮมให้ผลผลิตในโตรเจนรวมเพียง 82.80 และ 76.80 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ผลผลิตไนโตรเจนในใบ กิ่งก้าน ลำต้น ใบร่วง และรวมทั้งหมด (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้น รวม + ใบร่วง) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิตไนโตรเจน (กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่)				
	ใบร่วง	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น	รวม
ทาร์มบ้า	26.45 a	12.80 a ¹	8.56 a	88.56 a	136.37 a
เปรู	26.21 a	8.13 bc	5.16 b	43.30 c	82.80 c
คันทันงาม	24.83 a	7.54 c	6.02 b	38.41 c	76.80 c
5/7	19.73 b	10.20 b	5.67 b	72.49 b	108.08 b
4/14	20.76 b	8.82 bc	6.95 ab	80.17 ab	116.71 b
F-test	**	**	*	**	**
CV (%)	10.8	14.4	18.5	10.1	7.2

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

8. ผลผลิตคาร์บอน

8.1 ผลผลิตคาร์บอนในใบ

จากการประเมินผลผลิตคาร์บอนในใบของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณผลผลิตคาร์บอนสูงที่สุด คือ 213 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ รองลงมาคือ สายพันธุ์ 4/14 สายพันธุ์ 5/7 และพันธุ์เปรู ซึ่งให้ปริมาณผลผลิตคาร์บอน 173 166 และ 155 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ ส่วนพันธุ์คันทันงามมีปริมาณผลผลิตคาร์บอนในใบต่ำที่สุดคือ 123 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ (ตารางที่ 14)

8.2 ผลผลิตคาร์บอนในกิ่งก้าน

จากการประเมินปริมาณผลผลิตคาร์บอนในกิ่งก้านของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสายพันธุ์ 4/14 ให้ผลผลิตคาร์บอนสูงที่สุด (762 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่) (ตารางที่ 14) ส่วนสายพันธุ์ 5/7 พันธุ์เปรู และทาร์มบ้า ให้ผลผลิตคาร์บอนในกิ่งก้านเป็น 609 506 และ 439 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ และพันธุ์คันทิงแฮมให้ผลผลิตคาร์บอนในส่วนกิ่งก้านน้อยที่สุด (358 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่)

8.3 ผลผลิตคาร์บอนในลำต้นรวม

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าปริมาณผลผลิตคาร์บอนในลำต้นของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี รวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณผลผลิตคาร์บอนในลำต้นรวมสูงที่สุด (6,806 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่) และพันธุ์คันทิงแฮมให้ปริมาณผลผลิตคาร์บอนในส่วนลำต้นรวมต่ำที่สุดคือ 2,672 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ส่วนสายพันธุ์ 4/14 สายพันธุ์ 5/7 และ พันธุ์เปรู ให้ผลผลิตคาร์บอนในส่วนลำต้นรวมเป็น 6,597 5,567 และ 3,349 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ

8.4 ผลผลิตคาร์บอนในใบร่วง

ปริมาณผลผลิตคาร์บอนของใบร่วงในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตคาร์บอนสูงที่สุด (660 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่) ซึ่งไม่แตกต่างกับพันธุ์คันทิงแฮมที่ให้ผลผลิตคาร์บอน 664 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ส่วนพันธุ์เปรู สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ให้ผลผลิตคาร์บอนในส่วนใบร่วงน้อย คือ 626, 626 และ 622 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ผลผลิตคาร์บอนในใบ กิ่งก้าน ลำต้น ใบร่วง และรวมทั้งหมด (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้น รวม + ใบร่วง) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ผลผลิตคาร์บอน (กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่)				
	ใบร่วง	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น	รวม
ทาร์มบ้า	666 a ¹	213 a	439 d	6,806 a	8,118 b
เปรู	626 b	155 d	506 c	3,349 d	4,636 d
คันทิงแฮม	644 ab	123 e	358 e	2,672 e	3,797 e
5/7	626 b	166 c	609 b	5,567 c	6,968 c
4/14	622 b	173 b	762 a	6,597 b	8,153 a
F-test	*	**	**	**	**
CV (%)	2.6	1.6	0.8	0.3	0.4

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

8.5 ผลผลิตคาร์บอนรวม (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้นรวม + ใบร่วง)

เนื่องจากผลผลิตคาร์บอนในใบ กิ่งก้าน ลำต้นรวม และใบร่วง ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีปริมาณแตกต่างกัน จึงส่งผลกระทบต่อผลผลิตคาร์บอนรวม (ใบ + กิ่งก้าน + ลำต้นรวม + ใบร่วง) ให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าสายพันธุ์ 4/14 ให้ผลผลิตคาร์บอนรวมสูงที่สุด คือ 8,153 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ (ตารางที่ 14) รองลงมาคือ พันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ พันธุ์เปรู ซึ่งให้ผลผลิตคาร์บอนรวม 8,118 6,968 และ 4,636 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่ ตามลำดับ และในขณะที่พันธุ์คันทิงแฮมให้ผลผลิตคาร์บอนรวมต่ำที่สุด คือ 3,797 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่

9. การฟื้นตัวหลังการตัด

9.1 จำนวนต้น (หน่อ)

ภายหลังการตัดกระถินอายุ 3 ปี ทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ากระถินมีการฟื้นตัวโดยมีจำนวนต้นหรือหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 8) ในช่วง 1 - 12 สัปดาห์หลังการตัด (ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 8) (ภาพที่ 5) และหลังจากนั้น กระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ มีจำนวนต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตอีกครั้ง โดยมีจำนวนต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ 3 - 4 ต้น/ตอ และเป็นที่น่าสนใจว่าจำนวนหน่อหรือต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จะเพิ่มขึ้นในทุกพันธุ์/สายพันธุ์ภายหลังการตัด และมีจำนวนสูงสุดที่ 12 สัปดาห์หลังการตัด ลดลงตามลำดับหลังจากนั้น และลดลงต่ำสุดเมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว (อายุ 1 ปีหลังการฟื้นตัว) (ตารางที่ 15)

9.2 ความสูงต้น

ในด้านความสูงของต้นที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่าในช่วง 8 - 10 สัปดาห์หลังการตัด ความสูงของกระถินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสัปดาห์ที่ 8 หลังการตัด กระถินพันธุ์ทาร์มบ้า เปรุ คันนิงแฮม และสายพันธุ์ 5/7 มีความสูงไม่แตกต่างกัน (56 54 49 และ 51 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 16 และ ตารางผนวกที่ 9) แต่ทั้ง 4 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความสูงมากกว่าสายพันธุ์ 4/14 ที่มีความสูงเพียง 35 เซนติเมตร และในสัปดาห์ที่ 10 หลังการตัด กระถินพันธุ์ทาร์มบ้ามีความสูงมากที่สุด (101 เซนติเมตร) โดยมีความสูงไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ที่มีความสูง 93 เซนติเมตร และในช่วงสัปดาห์ที่ 12 - 28 หลังการตัด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางด้านความสูงของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เมื่อกระถินฟื้นตัวครบ 1 ปี หลังการตัด (52 สัปดาห์หลังการตัด) พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มีความสูง 657 637 และ 657 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความสูงมากกว่าพันธุ์เปรุ และคันนิงแฮม ที่มีความสูงเพียง 591 และ 594 เซนติเมตร ตามลำดับ

9.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ขนาดลำต้น)

เส้นผ่านศูนย์กลางของขนาดลำต้นที่เจริญขึ้นมาใหม่ในช่วง 20 - 30 สัปดาห์หลังการตัด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในกระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ (ตารางผนวกที่ 10) แต่เมื่อเข้าสู่สัปดาห์ที่ 34 หลังการตัด จึงพบความแตกต่างทางสถิติในเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุดคือ 2.51 เซนติเมตร (ตารางที่ 17) แต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์ทาร์มบ้า (2.40 เซนติเมตร) ส่วนพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม มีขนาดลำต้นน้อยกว่าทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น คือมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพียง 2.17 และ 2.21 เซนติเมตร ตามลำดับ และในสัปดาห์ที่ 38 และ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมื่ออายุครบ 1 ปีหลังการตัด (52 สัปดาห์หลังการตัด) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ซึ่งพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 (3.70, 3.73 และ 3.62 เซนติเมตร ตามลำดับ) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (3.18 และ 3.03 เซนติเมตร ตามลำดับ)



ภาพที่ 5 การฟื้นตัวภายหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี (วันที่ 6 เมษายน 2553)

ตารางที่ 15 จำนวนต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังจากการตัด 1 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	สัปดาห์หลังการตัด (ต้น/ตอ)										
	2	4	6	8	10	12	14	16	20	24	52
	2 มี.ค. 53	15 มี.ค. 53	30 มี.ค. 53	14 เม.ย. 53	28 เม.ย. 53	11 พ.ค. 53	25 พ.ค. 53	9 มิ.ย. 53	6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53	11 ก.พ. 54
ทาร์มบ้า	4 a ¹	3 b	6 a	4	8 c	10 b	8	9	8	6	4
เปรู	3 b	4 a	5 ab	5	8 c	10 b	8	8	8	6	3
คันทิงแฮม	3 b	3 b	5 ab	5	10 a	14 a	9	9	9	7	3
5/7	3 b	3 c	4 b	5	9 b	11 b	9	9	9	6	3
4/14	3 b	4 a	5 ab	5	10 a	13 a	9	8	8	6	3
F-test	**	**	*	ns	*	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	14.5	16.4	15.2	17.2	9.4	10.4	18.1	14.4	10.6	12.6	14.0

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 16 ความสูงของต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	สัปดาห์หลังการตัด (เซนติเมตร)								
	8	10	12	14	16	20	24	28	52
	14 เม.ย. 53	28 เม.ย. 53	11 พ.ค. 53	25 พ.ค. 53	9 มิ.ย. 53	6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53	31 ส.ค. 53	11 ก.พ. 54
ทาร์มบ้า	56 a	101 a	175	204	218	236	284	331	657 a
เปรู	54 a	84 bc	161	187	205	213	255	298	591 b
คันทิงแฮม	49 a	77 c	162	188	200	222	267	311	594 b
5/7	51 a	93 ab	161	187	219	228	274	320	637 a
4/14	35 b	93 ab	172	200	218	223	268	312	657 a
F-test	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	19.0	11.2	12.5	12.5	14.1	15.1	15.1	15.1	4.8

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 17 เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร จากพื้นดิน

พันธุ์/สายพันธุ์	สัปดาห์หลังการตัด (เซนติเมตร)							
	20	24	28	30	34	38	42	52
	6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53	31 ส.ค. 53	12 ก.ย. 53	9 ต.ค. 53	9 พ.ย. 53	10 ธ.ค. 53	11 ก.พ. 54
ทาร์มบ้า	1.40	1.68	2.04	2.18	2.40 ab ¹	2.44	2.62	3.70 a
เปรู	1.14	1.37	1.83	1.95	2.17 b	2.33	2.45	3.18 b
กัณนิงแฮม	1.14	1.37	1.78	1.90	2.21 b	2.35	2.32	3.03 b
5/7	1.33	1.60	1.95	2.08	2.51 a	2.79	2.85	3.73 a
4/14	1.40	1.68	2.03	2.17	2.51 a	2.67	2.78	3.62 a
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	16.1	16.1	10.1	10.1	7.5	11.9	11.7	8.3

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี

9.4 ผลผลิต

9.4.1 ผลผลิตน้ำหนักรส

9.4.1.1 ใบ

ผลผลิตน้ำหนักรสใบของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้า ให้ผลผลิตน้ำหนักรสใบมากที่สุดคือ 2,488 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 18 และ ตารางผนวกที่ 11) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 4/14 (2,382 กิโลกรัม/ไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ 5/7 (2,149 กิโลกรัม/ไร่) โดยทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมามีปริมาณผลผลิตน้ำหนักรสใบมากกว่าพันธุ์เปรูและคันทิงแฮม (1,734 และ 1,503 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ)

9.4.1.2 กิ่งก้าน

ผลผลิตน้ำหนักรสกิ่งก้านของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 701 - 1,235 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 18 และ ตารางผนวกที่ 11)

9.4.1.3 ลำต้น

ก. ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตน้ำหนักรสลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร ของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์เปรูมีผลผลิตน้ำหนักรสลำต้นสูงที่สุด (2,269 กิโลกรัม/ไร่) และมีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตของพันธุ์คันทิงแฮม (2,112 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนสายพันธุ์ 5/7 ให้ผลผลิตน้ำหนักรสลำต้นน้อยที่สุด คือ 1,348 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 18 และ ตารางผนวกที่ 11)

ข. ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตรของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 ให้ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้น (8,809 6,874 และ 7,602 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) มากกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (3,944 และ 3,250 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 18 และ ตารางผนวกที่ 11)

ตารางที่ 18 ผลผลิตน้ำหนักราก (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.5 เซนติเมตร	ลำต้น > 2.5 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	2,488 a ¹	1,235	1,789 bc	8,809 a	10,598	14,321
เปรู	1,734 bc	841	2,269 a	3,944 b	6,212	8,787
คันทิงแฮม	1,503 c	701	2,112 ab	3,250 b	5,362	7,566
5/7	2,149 ab	1,179	1,348 d	6,874 a	8,222	11,550
4/14	2,382 a	1,077	1,494 cd	7,602 a	9,095	12,555
F-test	**	ns	**	**	ns	ns
CV (%)	20.4	37.3	14.0	35.0	38.8	33.6

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ค. ลำต้นรวม

ผลผลิตน้ำหนักรวมของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณของผลผลิตอยู่ระหว่าง 5,362 - 10,598 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 18 และ ตารางผนวกที่ 11)

9.4.1.4 ชีวมวลรวม

ผลผลิตน้ำหนักรวมของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (ภาพที่ 6) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7,566 - 14,321 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 18 และ ตารางผนวกที่ 11)



ภาพที่ 6 การเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ฟื้นตัวภายหลังการตัด 1 ปี

9.4.2 ผลผลิตน้ำหนักร้าง

9.4.1.1 ใบ

ผลผลิตน้ำหนักร้างใบของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 12) โดยพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตน้ำหนักร้างใบมากที่สุดคือ 851 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 19) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 5/7 (848 กิโลกรัม/ไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ 4/14 (812 กิโลกรัม/ไร่) โดยทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมามีปริมาณผลผลิตน้ำหนักร้างใบมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (597 และ 545 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ)

9.4.1.2 กิ่งก้าน

ผลผลิตน้ำหนักร้างกิ่งก้านของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยผลผลิตมีค่าอยู่ระหว่าง 347 - 538 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 19 และ ตารางผนวกที่ 12)

9.4.1.3 ลำต้น

ก. ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตน้ำหนักร้างลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตรของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางผนวกที่ 12) โดยพันธุ์เปรูมีผลผลิตน้ำหนักร้างลำต้นสูงที่สุด (1,201 กิโลกรัม/ไร่) และมีค่าใกล้เคียงกับผลผลิตของพันธุ์คันทิงแฮม (1,069 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนสายพันธุ์ 5/7 ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างลำต้นน้อยที่สุด คือ 768 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 19)

ข. ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร ของหน่อที่เกิดขึ้นใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 4/14 และ 5/17 ให้ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้น (4,302 4,255 และ 3,912 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) มากกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (2,092 และ 1,650 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 19 และ ตารางผนวกที่ 12)

ค. ลำต้นรวม

ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้นรวมของหน่อที่เกิดขึ้นใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติโดยพันธุ์ทาร์มบ้า ให้ผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้นรวมมากที่สุดคือ 5,198 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 19 และ ตารางผนวกที่ 12) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 4/14 (5,085 กิโลกรัม/ไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ 5/7 (4,680 กิโลกรัม/ไร่) โดยทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมามีปริมาณผลผลิตน้ำหนักรากของลำต้นรวมมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (3,292 และ 2,719 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ)

9.4.1.4 ชีวมวลรวม

ผลผลิตน้ำหนักรากของชีวมวลรวมของหน่อที่เกิดขึ้นใหม่จากการฟื้นตัวหลังการตัดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติโดยพันธุ์ทาร์มบ้า ให้ผลผลิตน้ำหนักรากของชีวมวลรวมมากที่สุดคือ 6,471 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 19 และ ตารางผนวกที่ 12) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 4/14 (6,381 กิโลกรัม/ไร่) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับสายพันธุ์ 5/7 (6,065 กิโลกรัม/ไร่) โดยทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้กล่าวมามีปริมาณผลผลิตน้ำหนักรากของชีวมวลรวมมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (4,266 และ 3,611 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ)

ตารางที่ 19 ผลผลิตน้ำหนักร้าง (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของ
กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.5 เซนติเมตร	ลำต้น > 2.5 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	851 a ¹	421	896 bc	4,302 a	5,198 a	6,471 a
เปรู	597 bc	377	1,201 a	2,092 b	3,292 bc	4,266 bc
คันทิงแฮม	545 c	347	1,069 ab	1,650 b	2,719 c	3,611 c
5/7	848 a	538	768 c	3,912 a	4,680 ab	6,065 ab
4/14	812 ab	484	830 c	4,255 a	5,085 a	6,381 a
F-test	*	ns	**	**	*	*
CV (%)	23.7	26.2	14.9	34.7	29.0	26.5

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

9.5 ประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดของกระถินที่ฟื้นตัวภายหลังการตัด 1 ปี

จะเห็นได้ว่ากระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมด
ในการฟื้นตัวหลังการตัดเพื่อสร้างผลผลิตน้ำหนักร้างชีวมวลรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญ
สถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้า มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดสูงที่สุด (4.7 กิโลกรัมน้ำหนักร้าง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) ซึ่งไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 4/14 ที่ให้ผลผลิตรองลงมา (4.6 กิโลกรัม
น้ำหนักร้าง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) ส่วนพันธุ์คันทิงแฮมมีประสิทธิภาพการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดน้อย
ที่สุด (2.6 กิโลกรัมน้ำหนักร้าง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) และใกล้เคียงกับพันธุ์เปรู (3.1 กิโลกรัมน้ำหนักร้าง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 20 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำที่ได้รับทั้งหมดเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี

พันธุ์/สายพันธุ์	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	4.7 a ¹
เปรู	3.1 bc
คันทิงแฮม	2.6 c
5/7	4.4 ab
4/14	4.6 a
F-test	*
CV (%)	26.5

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์
¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

10. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ขององค์ประกอบผลผลิตกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

10.1 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตใบ กิ่งก้าน ลำต้น และความสูง

10.1.1 ผลผลิตใบ

จากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตใบ พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.822 (ตารางที่ 21) ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผลผลิตชีวมวลรวม และผลผลิตใบของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีความสัมพันธ์กันสูงในทางบวก (high positive) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (coefficient of determination; r²) เท่ากับ 0.676 แสดงว่า

ผลผลิตใบของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีอิทธิพลต่อผลผลิตชีวมวลรวมถึง 67.6 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 22)

10.1.2 ผลผลิตกิ่งก้าน

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตกิ่งก้าน มีค่าเท่ากับ 0.636 (ตารางที่ 21) โดยมีความสัมพันธ์ไปในทางบวก และมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (r^2) เท่ากับ 0.405 แสดงว่าผลผลิตของกิ่งก้านมีแนวโน้มที่จะมีอิทธิพลต่อผลผลิตชีวมวลรวม ประมาณ 40.5 เปอร์เซ็นต์ ในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (ตารางที่ 22)

10.1.3 ผลผลิตลำต้น

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.998 (ตารางที่ 21) โดยมีความสัมพันธ์กันสูงในทางบวก (high positive) และมีค่า $r^2 = 0.996$ แสดงว่าผลผลิตลำต้นมีอิทธิพลต่อผลผลิตชีวมวลรวม 99.6 เปอร์เซ็นต์ ในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (ตารางที่ 22)

10.1.4 ความสูง

นอกจากนี้ยังพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความสูงของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีความสัมพันธ์กันสูงในทางบวก (high positive) กับผลผลิตชีวมวลรวม ($r = 0.961$) (ตารางที่ 21)

จากความสัมพันธ์ในแต่ละองค์ประกอบของผลผลิตที่มีต่อผลผลิตชีวมวลรวมสามารถสร้างเป็นสมการถดถอยเส้นตรงเชิงพหุ (multiple linear regression) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตใบ กิ่งก้าน และ ลำต้น ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี พบว่าค่าคงที่ของสมการ (intercept) ไม่มีนัยสำคัญต่อสมการที่ทำการวิเคราะห์ จึงทำการวิเคราะห์ใหม่โดยไม่รวมค่าคงที่ของสมการในสมการ ซึ่งผลที่ได้จึงมีสมการดังนี้

$$Y = 0.994 (X_{\text{leaf}}) + 0.999 (X_{\text{branch}}) + 1.000 (X_{\text{stem}})$$

โดย Y = ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวม (กิโลกรัม/ไร่)

X_{leaf} = ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบ (กิโลกรัม/ไร่)

X_{branch} = ผลผลิตน้ำหนักแห้งกิ่งก้าน (กิโลกรัม/ไร่)

X_{stem} = ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้น (กิโลกรัม/ไร่)

10.2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น กับ ผลผลิตลำต้น และความสูง

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีความสัมพันธ์กันในทางบวกกับผลผลิตลำต้น และความสูง ($r = 0.962$ และ $r = 0.961$ ตามลำดับ (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตใบ กิ่งก้าน ลำต้น (น้ำหนักแห้ง) และความสูง, เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับผลผลิตลำต้น และ ความสูงของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

	ชีวมวลรวม (กิโลกรัม/ไร่)	เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)
ใบ (กิโลกรัม/ไร่)	0.822*	-
กิ่งก้าน (กิโลกรัม/ไร่)	0.636	-
ลำต้น (กิโลกรัม/ไร่)	0.998**	0.962**
ความสูง (เซนติเมตร)	0.961**	0.961**

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 22 สมการถดถอยเส้นตรงอย่างง่าย (simple linear regression) ระหว่างผลผลิตน้ำหนักแห้ง
ชีวมวลรวม (Y_{biomass}) กับผลผลิตน้ำหนักแห้งใบ (X_{leaf}), น้ำหนักแห้งกิ่งก้าน (X_{branch}),
น้ำหนักแห้งลำต้น (X_{stem}) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

	สมการถดถอยเส้นตรงอย่างง่าย	r^2
ชีวมวลรวม (Y_{biomass}) กับผลผลิตใบ (X_{leaf})	$Y_{\text{biomass}} = -5,222 + 47.13 X_{\text{leaf}}$	0.676
ชีวมวลรวม (Y_{biomass}) กับผลผลิตกิ่งก้าน (X_{branch})	$Y_{\text{biomass}} = 2,703 + 8.03 X_{\text{branch}}$	0.405
ชีวมวลรวม (Y_{biomass}) กับผลผลิตลำต้น	$Y_{\text{biomass}} = 830 + 1.07 X_{\text{stem}}$	0.996

วิจารณ์

1. ศักยภาพการให้ผลผลิต

จากการปลูกกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ในสภาพอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ โดยมีการให้น้ำชลประทานในระยะแรกของการปลูกประมาณ 8 สัปดาห์ เพื่อช่วยในการตั้งตัว ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีศักยภาพในการเจริญเติบโต แตกต่างกันอย่างน้อยมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยกระถินที่เพิ่งนำเข้ามาใหม่ 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 มีการเจริญเติบโตด้านความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นใกล้เคียงกัน แต่สูงกว่าพันธุ์ดั้งเดิมคือ พันธุ์คันทิงแฮม และเปรู โดยมีความสูง 1,043 985 976 835 และ 841 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ในขณะที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมีค่า 4.9, 4.6, 4.6, 3.7 และ 4.1 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6) สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัยฎาภรณ์ (2552) ที่พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าสามารถเจริญเติบโตด้านความสูง และขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นได้ดีกว่าพันธุ์คันทิงแฮม และเปรู ในระยะเวลาเพียง 1 ปี อย่างไรก็ตามจากการทดลองของสรายุทธ (2529) ที่ปลูกกระถินยักษ์ โดยใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร ที่ อ. ปักธงชัย จ. นครราชสีมา เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 3 ปี มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นเพียง 2.5 เซนติเมตร โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมีความสำคัญมากสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน เพราะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเครื่อง gassifier ควรมีขนาด 2.5 เซนติเมตร ขึ้นไป (วีรชัย และคณะ, 2551) ในขณะที่ ณัฐ และคณะ (2551) ได้กล่าวว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นที่มีความเหมาะสมกับความต้องการสำหรับการนำไปใช้ผลิตไฟฟ้าว่าควรมีขนาดตั้งแต่ 2.5 – 7.5 เซนติเมตร สำหรับเครื่องกำเนิดไอน้ำ (Boiler)

จากข้อได้เปรียบด้านความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ส่งผลให้กระถินพันธุ์/สายพันธุ์ ใหม่ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (พันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 4/14 และ 5/7) ให้ผลผลิตลำต้น และชีวมวลรวม ทั้งในด้านน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง สูงกว่าพันธุ์คันทิงแฮม และเปรู ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้ปลูกอยู่ในปัจจุบัน (ตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8 ตามลำดับ) และเมื่อคิดในแง่ของเนื้อไม้สดที่เกษตรกรสามารถจำหน่ายได้มีค่าสูงถึง 22,981 21,307 และ 18,290 กิโลกรัม/ไร่ ในพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 ตามลำดับ ในขณะที่กระถินพันธุ์ที่ใช้ปลูกในปัจจุบันให้ผลผลิตเนื้อไม้เพียง 8,896 - 11,390 กิโลกรัม/ไร่ สอดคล้องกับงานวิจัยของ อัยฎาภรณ์ (2552) ที่ศึกษาในกระถินพันธุ์/สายพันธุ์เดียวกัน ยกเว้นสายพันธุ์ 4/14 แม้ว่าจะเก็บเกี่ยวกระถินที่มีอายุเพียง 1 ปี ก็ตาม ผลการทดลองนี้จึงชี้ให้เห็นว่ากระถินพันธุ์/สายพันธุ์ใหม่ดังกล่าวมีความยืดหยุ่นสูงในทางปฏิบัติ

กล่าวคือในกรณีที่เกษตรกรมีความจำเป็นต้องเก็บเกี่ยวกระถินที่ปลูกเร็วขึ้นก็สามารถทำได้ ในขณะที่เกษตรกรที่มีฐานะดีสามารถยืดอายุการตัดออกไปได้ถึง 3 ปี โดยกระถินเหล่านี้ยังคงให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิม นอกจากนั้นยังมีผลดีในด้านการฟื้นตัวภายหลังการตัดได้ดีกว่าอีกด้วย (ตารางที่ 18 และ ตารางที่ 19) ทั้งนี้เนื่องจากมีตอขนาดใหญ่ และอาหารสำรองมากกว่า (สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.; Latt *et al.*, 2000) จึงทำให้กระถินเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ได้อย่างรวดเร็วทั้งจำนวน และความสูงของหน่อที่เกิดขึ้นมาใหม่ (ตารางที่ 15 และ ตารางที่ 16) สรายุทธ (2529) พบว่ากระถินยักษ์ อายุ 3 ปี และมีระยะปลูกเท่ากันกับงานทดลองนี้ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้นเพียง 4,994 กิโลกรัม/ไร่ ความแตกต่างในด้านผลผลิตอาจเนื่องมาจากความแตกต่างในด้านพันธุ์ สภาพภูมิอากาศ และสภาพของดินที่ทดลอง เนื่องจากดินในสถานที่ทดลอง (สถานีวนวัฒนวิจัยสระเกษราช) เป็นดิน Red yellow podzolic ซึ่งส่วนใหญ่มีการระบายน้ำไม่ดี ดินบนและดินล่างส่วนมากเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีความเป็นกรดจัด มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ไม่ดี และมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำตามความลึกของผิวดิน จึงอาจไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถิน เนื่องจากดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถินนั้นต้องมีหน้าดินที่ลึก ระบายน้ำดี มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปานกลางถึงจนถึงด่างเล็กน้อย อย่างไรก็ตามในบริเวณที่เป็นกรดเล็กน้อย (pH > 5.2) กระถินก็สามารถขึ้นได้ กระถินสามารถปรับตัวได้ดีในดินเหนียว และต้องการดินที่มีฟอสฟอรัส และแคลเซียมที่สูง เพื่อการเจริญเติบโตที่สมบูรณ์ (สายัณห์ และคณะ, 2550)

การฟื้นตัวของกระถินภายหลังการตัด พบว่าจำนวนต้นหรือหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่ของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีแนวโน้มให้จำนวนต้นต่อตอสูงที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 12 หลังการตัด ประมาณ 10 - 14 ต้น/ตอ และลดเหลือเพียง 3 - 4 ต้น/ตอ เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว (อายุ 1 ปี หลังการฟื้นตัว) เมื่อเปรียบเทียบความสูงหลังการฟื้นตัวจากการตัด พบว่าในช่วง 8 - 10 สัปดาห์หลังตัด ความสูงของกระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกัน แต่หลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 12 - 28 หลังการตัด กระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว (อายุ 1 ปี หลังการฟื้นตัว) พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 สามารถเจริญเติบโตด้านความสูงได้ดีกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (ตารางที่ 16) ในด้านขนาดของลำต้นหลังการฟื้นตัวในช่วงสัปดาห์ที่ 20 - 42 หลังการตัด พบว่าขนาดของลำต้นในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นสัปดาห์ที่ 34 หลังการตัด สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 มีขนาดของลำต้นใหญ่กว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม แต่มีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์ทาร์มบ้า แต่เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14 สามารถเจริญเติบโตด้านขนาดของลำต้นได้ดีกว่าพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม (ตารางที่ 17) การฟื้นตัวของกระถินหลังการตัดขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารสำรองที่

เคลื่อนย้ายจากลำต้น และราก ไปยังจุดเจริญ โดยในระยะแรกของการแตกหน่อขึ้นมาใหม่ของ กระจินได้รับอาหารสะสมมาจากส่วนลำต้น มากกว่าส่วนราก(สายัณห์ และคณะ, ม.ป.ป.; Latt *et al.*, 2000) Erdmann *et al.* (1993) พบว่าการแตกหน่อในระยะแรกภายหลังการตัดของแคฝรั่ง ได้รับ อาหารสำรองมาจากแป้งที่สะสมในส่วนลำต้น ดังนั้นขนาดต่อที่ใหญ่ย่อมสะสมอาหารสำรองได้ มากกว่า อีกทั้งยังมีระบบรากที่แข็งแรงกว่าต่อที่เล็ก ฉะนั้นกระจินที่นำเข้ามาใหม่ทั้ง 3 พันธุ์/สาย พันธุ์ จึงมีความสามารถในการฟื้นตัวหลังการตัดได้ดีกว่าพันธุ์เดิมเนื่องจากมีขนาดของต่อใหญ่กว่า ความสามารถในการแตกหน่อได้ดีหลังการตัดเป็นคุณสมบัติที่ดีของกระจินที่สามารถตัดได้หลาย ครั้ง จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ปลูกเป็นพืชพลังงาน (Pottinger and Hughes, 1994; NAS, 1984) วีรัชัย และคณะ (2550) รายงานว่าในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์/ชั่วโมง จะต้องใช้ไม้กระจินสด 2.37 กิโลกรัม ดังนั้นจากการยืดอกตัดไปเป็น 3 ปี กระจินที่นำเข้ามาใหม่จากต่างประเทศทั้ง 3 พันธุ์/สาย พันธุ์ สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่า 2 เท่า ของพันธุ์ที่ใช้อยู่เดิมหรือแม้กระทั่งการฟื้นตัวภายหลัง การตัดเพียง 1 ปี กระจินที่นำเข้ามาเหล่านี้ก็ยังมีค่าปริมาณไฟฟ้าที่ผลิตได้สูงกว่าอีกด้วย

ใบเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในแง่ของการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ และเป็นปุ๋ยพืชสด ซึ่ง กระจินที่ปลูกโดยมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นพลังงาน ใบจึงเป็นส่วนที่เหลืออยู่หลังจากการนำส่วนลำต้น ไปจำหน่าย จากผลการทดลองนี้แม้ว่าผลผลิตใบแห้งจะมีค่าไม่แตกต่างกันในระยะการตัดครั้งแรก (ตารางที่ 8) แต่การฟื้นตัวหลังการตัดเพียง 1 ปี กระจินที่นำเข้ามาจากต่างประเทศทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ ให้ผลผลิตใบแห้งสูงกว่าพันธุ์ที่ใช้อยู่เดิมโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเทียบกับพันธุ์คันทิงแฮม โดยที่ ปริมาณโปรตีนมีค่าไม่แตกต่างกัน ข้อดีของการใช้ใบกระจินเป็นอาหารเสริมในการเลี้ยงสัตว์มี ผู้รายงานไว้หลายท่าน (Tudsri *et al.*, 2001; วันวิสา, 2552; ฉายแสง และคณะ, 2548) อย่างไรก็ตาม ถ้าเกษตรกรไม่ต้องการที่จะใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ ใบกระจินเหล่านี้ยังสามารถใช้เป็นปุ๋ย ทดแทนปุ๋ยยูเรียได้เป็นอย่างดี ซึ่งจากงานวิจัยของ จารุณี (2554) แสดงให้เห็นว่าข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ย ในโตรเจนจากใบกระจินเป็นปุ๋ยพืชสดในอัตรา 30 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ ให้ผลผลิตสูงกว่า ข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในอัตราที่ทางราชการแนะนำให้เกษตรกรใช้ (30 กิโลกรัม ในโตรเจน/ไร่) นอกจากนั้นเกษตรกรยังสามารถขายใบกระจินให้กับโรงงานอาหารสัตว์เพื่อใช้เป็น วัตถุดิบในการผลิตอาหารสำหรับสัตว์กระเพาะเดียวอีกด้วย

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลรวมกับผลผลิตใบ ลำต้น และความสูง (ตารางที่ 21) แสดงให้เห็นว่ากระจินที่ให้ผลผลิตขององค์ประกอบเหล่านี้สูงจะให้ผลผลิตชีวมวล รวมสูงตามไปด้วย

2. การหมุนเวียนของไนโตรเจน

การเคลื่อนย้ายหมุนเวียนธาตุอาหารโดยเฉพาะไนโตรเจน เป็นกระบวนการสำคัญในระบบนิเวศที่จะเคลื่อนย้ายไนโตรเจนไป-กลับระหว่างดินไม้กับดิน อันก่อให้เกิดประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตบนดินที่จะนำไนโตรเจนเหล่านี้ไปใช้เสริมสร้างการเจริญเติบโตต่อไป ซึ่งดินไม้มีส่วนสำคัญในการเติมไนโตรเจนลงสู่ดินจากการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนของต้นไม้ในรูปของซากพืชที่ร่วงหล่น และการย่อยสลายของซากพืชทำให้ดินมีปริมาณไนโตรเจนมากขึ้น จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าตลอดระยะเวลา 3 ปี กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่กักเก็บในมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ของกระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์แตกต่างกันไป โดยส่วนใบมีความเข้มข้นของไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมาคือ กิ่งก้าน และลำต้น ตามลำดับ (ตารางที่ 12) โดยสอดคล้องกับ Katagiri and Tsutsumi (1973) และ เอกพงษ์ และคณะ (2554) ที่กล่าวว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของพรรณไม้ นั่นๆ

กระถินพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณการสะสมไนโตรเจนรวมสูงสุด 136 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ (ตารางที่ 13) รองลงมาคือ สายพันธุ์ 4/14 สายพันธุ์ 5/7 พันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮม ตามลำดับ คล้ายคลึงกับความแตกต่างในด้านผลผลิต ซึ่งถ้าพิจารณาในแง่การนำส่วนต่างๆ ออกไปจากแปลงจะเห็นว่าใบมีเพียงใบที่ร่วง และส่วนของรากที่อยู่ในดินที่ไม่ได้มีการนำออกไป โดยกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู และคันทันนิ่งแฮม มีการคืนไนโตรเจนกลับลงดินสูงกว่าสายพันธุ์ 4/14 และ 5/7 โดยมีค่าประมาณ 27 26 25 21 และ 20 กิโลกรัมไนโตรเจน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 13) การคืนกลับของธาตุอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่น และมีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมนั้นๆ ได้แก่ ที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความชื้น นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นของหญ้าไม้ และอายุของหญ้าไม้ (เอกพงษ์ และคณะ, 2554; Bray and Gorham, 1964)

3. ปริมาณการสะสมคาร์บอนในกระถิน

การเพิ่มขึ้นของปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในชั้นบรรยากาศทำให้เกิดสภาวะโลกร้อน และส่งผลกระทบต่อวงจรชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลกในทุกๆ ด้าน (Moore *et al.*, 2008) ซึ่งวิธีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หรือคาร์บอนที่ดีที่สุดคือ การกักเก็บไว้ในต้นไม้ โดยที่คาร์บอนจะถูกกักเก็บไว้ในส่วนลำต้น ราก กิ่งก้าน และใบของต้นไม้ ซึ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกดึงจากอากาศเข้าไปในมวลชีวภาพของต้นไม้ โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง แต่

ความสามารถในการดูดซับหรือกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์นั้นขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ไม้ อีกด้วย (สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ, 2553) จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าภายในระยะเวลา 3 ปี กระจดินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของกระจดินแตกต่างกัน โดยส่วนลำต้น มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนสูงที่สุด คือ 47.66 - 48.04 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) รองลงมาคือ ใบ กิ่งก้าน และใบร่วง โดยมีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของคาร์บอนอยู่ระหว่าง 44.88 - 46.37 46.05 - 46.50 และ 40.60 - 41.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12) นาฏสุดา (2547) กล่าวว่าประมาณครึ่งหนึ่งของมวลชีวภาพของไม้สัก ไม้กระยาเลย ไม้ยูคาลิปตัส และไม้โกกง (ในรูปของน้ำหนักแห้ง) ประกอบไปด้วยคาร์บอน

เมื่อพิจารณาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนรวม (ลำต้น กิ่งก้าน ใบ และใบร่วง) ของกระจดินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ พบว่ามีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยสายพันธุ์ 4/14 มีการกักเก็บคาร์บอนรวมสูงสุด 2,718 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่/ปี รองลงมาคือ พันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 พันธุ์เปรู และคันทันงแฮม ตามลำดับ โดยมีการกักเก็บคาร์บอนรวมเท่ากับ 2,706 2,323 1,545 และ 1,266 กิโลกรัมคาร์บอน/ไร่/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 14) จากการศึกษาวิจัยของ ดำรงค์ และคณะ (2553) รายงานว่า ไม้โตเร็วสามารถกักเก็บคาร์บอน (เหนือพื้นดิน/ใต้พื้นดิน) เฉลี่ย 820 กิโลกรัม/ไร่/ปี ดังนั้นการกักเก็บคาร์บอนรวมของกระจดินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในงานทดลองนี้จึงมีปริมาณมากกว่าในงานวิจัยดังกล่าว นอกจากนี้ยังแสดงให้เห็นว่ากระจดินที่นำเข้ามาจากต่างประเทศทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ (ทาร์มบ้า, 5/7 และ 4/14) มีการกักเก็บคาร์บอนรวมสูงกว่าพันธุ์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน (เปรู และคันทันงแฮม) ซึ่งความแตกต่างของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในกระจดินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์นั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิตเป็นสำคัญ รองลงมาได้แก่ความเข้มข้นของคาร์บอน หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตของกระจดินพบว่ากระจดินสามารถฟื้นตัวและแตกหน่อได้ดี (Pottinger and Hughes, 1994) ทำให้กระจดินสามารถกักเก็บคาร์บอนหลังการตัดได้อีกครั้ง ถือว่าเป็นการหมุนเวียนคาร์บอนในระบบนิเวศน์เพื่อใช้เป็นพลังงานในระยะยาวต่อไป

4. องค์ประกอบทางเคมี

4.1 ความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์

จากการเก็บเกี่ยวกระจดินเมื่ออายุครบ 3 ปี พบว่าปริมาณไนโตรเจนของใบกระจดินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.37 - 2.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจากการทดลองนี้มีปริมาณค่อนข้างต่ำกว่างานทดลองของ เอกพงษ์ และคณะ

(2554) ที่รายงานว่าใบกระถินยักษ์อายุ 3 ปี เท่ากัน มีไนโตรเจน 3.28 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ การศึกษาของ Karachi (1998) ที่รายงานว่า จากการฟื้นตัวหลังการตัด 2.5 เดือน ของกระถิน 19 สายพันธุ์ พบว่าใบกระถินมีปริมาณไนโตรเจนสูงกว่าการทดลองนี้เช่นกัน (2.6 – 4.2 เปอร์เซ็นต์) จาก ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากการทดลองนี้ยังมีปริมาณต่ำกว่าการทดลองของ อัยฎาภรณ์ (2552) ซึ่ง ศึกษาในพันธุ์/สายพันธุ์เดียวกัน ยกเว้นสายพันธุ์ 5/8 อายุ 1 ปี ที่มีปริมาณไนโตรเจน 3.87 - 4.11 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างนี้น่าจะมาจากกระถินในงานวิจัยปัจจุบันมีอายุถึง 3 ปี โดยปริมาณ ไนโตรเจนในใบกระถินจะมีค่าลดลงเมื่ออายุการตัดยาวนานขึ้น (Tudsri *et al.*, 2002) ซึ่งใบกระถิน ในงานทดลองนี้ยังมีปริมาณไนโตรเจนต่ำกว่าการศึกษาของ พิมพาพร และ คณะ (2543) ที่พบว่าถั่ว อาหารสัตว์ที่เป็นไม้ยืนต้น เช่น กระถิน ทองหลวง และถั่วมะแฮะ มีปริมาณไนโตรเจนประมาณ 4.35 4.27 และ 3.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากถั่วไม้ยืนต้นเหล่านี้ตัดที่อายุเพียง 2 - 3 เดือน เท่านั้น ซึ่งปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากกระถินในงานทดลองครั้งนี้มีปริมาณเพียงพอต่อความ ต้องการของโคนมที่ให้น้ำนม 20 - 30 กิโลกรัม/ตัว/วัน (ในโคนมที่มีน้ำหนักตัว 454 กิโลกรัม) (National Research Council, 2001) และโคเนื้อที่มีน้ำหนักประมาณ 550 กิโลกรัม (National Research Council, 2002)

ปริมาณซัลเฟอร์ในใบกระถินที่ได้จากการทดลองนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.43 - 0.56 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) และไม่แตกต่างกันในระหว่างพันธุ์/สายพันธุ์กระถินที่ใช้ทดลอง ค่า ซัลเฟอร์ที่วิเคราะห์ได้สูงกว่าการรายงานของ อัยฎาภรณ์ (2552) ที่พบว่ากระถินที่มีอายุ 1 ปี มี ปริมาณซัลเฟอร์เพียง 0.32 - 0.38 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพืชอาหารสัตว์ทั้งถั่ว และหญ้าที่ปลูกใน ประเทศไทยมีปริมาณซัลเฟอร์ 0.10 - 0.29 และ 0.12 - 0.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเพียงพอกับ ความต้องการของโคที่ต้องการปริมาณซัลเฟอร์ 0.15 - 0.20 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2547; Dalzell *et al.*, 1998)

ในงานทดลองนี้ไม่ได้วิเคราะห์ปริมาณมิโมซินว่ามีปริมาณสารดังกล่าวมากน้อย เพียงใด ดังนั้นในการนำใบกระถินไปใช้เลี้ยงสัตว์จึงควรมีความระมัดระวังจากสารพิษชนิดนี้ด้วย ยกเว้นในบางกรณีสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีจุลินทรีย์ *Synergistes jonesii* ชนิดนี้อยู่ในกระเพาะรูเมนจะไม่ มีปัญหาจากสารพิษมิโมซิน (Hammond *et al.*, 1989; Soedarjo *et al.*, 1994)

4.2 ความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นพลังงาน

4.2.1 คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และซัลเฟอร์

ค่าพลังงานความร้อนของชีวมวลขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ และคุณสมบัติของเชื้อเพลิงในรูปของสัดส่วน คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน และ ซัลเฟอร์ โดยมีปริมาณคาร์บอนระหว่าง 47.66 - 48.04 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไฮโดรเจนระหว่าง 7.30 - 7.47 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ใกล้เคียงกับการรายงานของ ฌ็อง และคณะ (2551) ที่พบว่าไม้กระถินยักษ์มีปริมาณคาร์บอน และไฮโดรเจนเท่ากับ 47.55 และ 6.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยวัตถุดิบที่มีปริมาณคาร์บอน และไฮโดรเจนสูง จะมีค่าพลังงานความร้อนสูงตามไปด้วย (Lewandowski and Kicherer, 1997; Tillman, 1991; นคร, 2553) Adler *et al.* (2006) และ Lewandowski and Kicherer (1997) พบว่า การใช้ประโยชน์จากชีวมวลโดยการเผาโดยตรง ปริมาณไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ในเนื้อไม้ต้องมีไม่มากเกินไป มิฉะนั้นแล้วอาจก่อให้เกิดปัญหาจากการเผาไหม้ได้ ดังนั้นจึงมีการกำหนดไว้ว่าปริมาณไนโตรเจน และซัลเฟอร์ในชีวมวลควรมีค่าไม่เกิน 0.60 และ 0.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองนี้ พบว่าส่วนลำต้นของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี มีปริมาณไนโตรเจน และซัลเฟอร์ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 - 0.69 และ 0.07 - 0.09 ตามลำดับ (ตารางที่ 12) ซึ่งค่าไนโตรเจนสูงกว่าปริมาณที่กำหนดไว้เพียงเล็กน้อย ในขณะที่มีปริมาณซัลเฟอร์ไม่เกินค่าที่ได้กำหนดไว้ ดังนั้นกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นพลังงานได้

4.2.2 ADF NDF ลิกนิน เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส

ชีวมวลประกอบไปด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเนื้อไม้ และมีปริมาณที่แตกต่างกันไป ตามชนิดของพืช อายุ และส่วนประกอบของพืช (ปรีชา และ ทรงกลด, 2528) จากการทดลองพบว่า ADF NDF ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส มีปริมาณไม่แตกต่างกันในกระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ โดยมีค่าประมาณ 77.25 - 80.13 83.74 - 85.04 18.95 - 20.22 57.85 - 60.43 และ 4.48 - 6.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 12) สำหรับปริมาณลิกนินนับเป็นองค์ประกอบที่ช่วยให้พืชแข็งแรง โดยเฉพาะพบมากเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น สำหรับพืชที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานควรมีปริมาณลิกนินที่ต่ำ โดยเฉพาะการนำไปใช้เป็น cellulosic biomass (Moore *et al.*, 2008) ปริมาณลิกนินในงานวิจัยนี้ใกล้เคียงกับวัสดุ

เหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว (18 เปอร์เซ็นต์) และต้นข้าวโพดแห้ง (18 - 21 เปอร์เซ็นต์) (Buranov and Mazza, 2008)

4.2.3 ความหนาแน่นของเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อน และปริมาณเถ้า

ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ มีความสำคัญสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของ ฟิช โดย Chave (2005) พบว่า ความแตกต่างของค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืช และส่วนต่างๆ ของต้นพืชด้วย ซึ่งส่วนของลำต้นจะมีความหนาแน่นสูงกว่าส่วนกิ่งก้าน ซึ่งจากการทดลองพบว่า ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ในส่วนลำต้นของกระถินที่ทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.57 - 0.64 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 10) ขณะที่ Laxamana (1981) พบว่า กระถินสายพันธุ์ K 28 เมื่อมีอายุมากขึ้นจะทำให้มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้มากขึ้น กล่าวคือที่ อายุ 2 4 และ 6 ปี ให้ค่าความหนาแน่นเท่ากับ 0.518 0.569 และ 0.634 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ดังนั้น จะเห็นว่า กระถินที่มีอายุน้อยจะมีความหนาแน่นของเนื้อไม้ต่ำ นอกจากนี้ยังมี ปัจจัยของสถานที่ปลูก ภูมิอากาศ และสภาพการปลูกอีกด้วย (Ryan, 1994; Ketterings *et al.*, 2001)

จากการทดลองพบว่า ค่าพลังงานความร้อนในส่วนกิ่งก้าน และลำต้นของ กระถินที่ทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน โดยในส่วนกิ่งก้านมีค่าประมาณ 4,526 - 4,570 แคลอรี/กรัม และ ในส่วนลำต้นมีค่าประมาณ 4,710 - 4,805 แคลอรี/กรัม (ตารางที่ 10) สูงกว่าค่าความร้อนขั้นต่ำที่ Lewandoski and Kicherer (1997) รายงานไว้ว่าชีวมวลที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานควรมีค่าความร้อน มากกว่า 3,350 แคลอรี/กรัม อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้ให้ค่าพลังงานความร้อนใกล้เคียงกับ กระถินพันธุ์พื้นเมืองของประเทศฟิลิปปินส์ที่ให้ค่าความร้อนที่สูงประมาณ 4,600 - 4,700 แคลอรี/กรัม (Aguilar, 1943)

ปริมาณเถ้าในชีวมวลจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติ ในการเผาไหม้ และค่าพลังงานความร้อนของชีวมวลที่ได้รับ โดยชีวมวลที่มีปริมาณเถ้ามาก จะ ส่งผลให้ค่าพลังงานความร้อนลดลง (Lewandoski and Kicherer, 1997) จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ปริมาณเถ้าในส่วนลำต้นของกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันโดยมี ค่าไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณเถ้าในส่วนกิ่งก้าน พบว่ามีความแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ โดยพันธุ์เปรูมีปริมาณมากที่สุด คือ 5.0 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในอีก 4 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่เหลือมี ค่าประมาณ 3.5 - 4.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 10) ซึ่งปริมาณเถ้าในส่วนลำต้น และกิ่งก้านไม่เกินค่า วิกฤตของปริมาณเถ้าที่กำหนดไว้ว่าควรมีค่าน้อยกว่า 9 เปอร์เซ็นต์ (Oberberger *et al.*, 2006)

ปริมาณเก่าในชีวมวลขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่น ชนิดพืช ส่วนของพืช อายุในขณะเก็บเกี่ยว การใช้ปุ๋ย และสภาพแวดล้อม (Baker and Elbersen, 2005)



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. กระจินพันธุ์/สายพันธุ์ใหม่ที่น่าสนใจจากต่างประเทศ (ทาร์มบ้า 5/7 และ 4/14) มีการเจริญเติบโตทั้งในด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้น ผลผลิต และมีการฟื้นตัวภายหลังการตัดได้ดีกว่าพันธุ์คันทันงาม และเปรู ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ใช้อยู่เดิม
2. ด้านการนำไปใช้เป็นพลังงานในส่วนลำต้นของกระจินอายุ 3 ปี พบว่ามีคุณสมบัติเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นพลังงานได้ทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ เนื่องจากมีค่าพลังงานความร้อน ปริมาณเถ้า ออกซิเจน ไนโตรเจน ชัลเฟอร์ ADF NDF ลิกนิน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

1. ผลผลิตของกระจินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (พันธุ์ทาร์มบ้า เปรู คันทันงาม สายพันธุ์ 5/7 และ 4/14) อายุ 3 ปีและผลผลิตจากการฟื้นตัวหลังการตัดเพียง 1 ปี ซึ่งในระยะยาวผลผลิตที่ได้อาจมีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อม และปัจจัยภายในของกระจินเอง ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาต่อไปให้นานกว่านี้ เพื่อให้ทราบแนวโน้มของผลผลิตในระยะยาว
2. การทดลองนี้ได้ศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา เพียงแห่งเดียว ดังนั้นจึงควรมีการปลูกทดลองสถานที่อื่นๆ ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันออกไป เช่น ในพื้นที่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเพื่อให้ทราบถึงศักยภาพการให้ผลผลิตของกระจินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์
3. การศึกษาด้านพืชพลังงานทดแทนสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวภาพในการผลิตไฟฟ้า และเอทานอล กำลังเป็นที่สนใจ ซึ่งกระจินเองเป็นพืชที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตเซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลส ที่ใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับผลิตเอทานอล ฉะนั้นจึงควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากไม้กระจิน

4. ควรศึกษาแนวทางการผลิตเมล็ดกระถินพันธุ์ดีเหล่านี้ เพื่อจำหน่ายให้กับเกษตรกรเพื่อนำไปปลูกเป็นการค้าต่อไป



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

_____. ม.ป.ป. ก. วิธีวิเคราะห์แบบ **Detergent analysis**. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/ncna_nak/index/Detergent%20analysis.html, 9 กันยายน 2553.

_____. ม.ป.ป. ข. วิธีวิเคราะห์แบบ **Proximate analysis**. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/ncna_nak/index/proximate%20analysis.html, 9 กันยายน 2553.

กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. เทคนิคการผลิตถ่าน สร้างงานสร้างรายได้. ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้, สระบุรี. (อัคราเนนา)

กัลยา กรงจักร, ศรีฟ้า จือพิมาย, ประพันธ์ โอสถาพันธุ์ และ ชาญณรงค์ ดวงสะอาด. 2542. การควบคุมเพลี้ยไก่อไฟกระถิ่น (*Heteropsylla cubana* Crawford) โดยชีววิธีในภาคเหนือของประเทศไทย. แก่นเกษตร 27 (1): 30-38.

กลุ่มพัฒนาพลังงานชีวมวลและถ่านหิน(ไม้โตเร็ว). 2548. ศักยภาพพลังงานชีวมวล. สำนักพัฒนาพลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

ดำรงค์ ศรีพระราม, ลดาวัลย์ พวงจิตร, สาทิศ คิลกสัมพันธ์, สкар ทีจันทิก และ นรินทร จำวงษ์. 2553. โครงการศึกษาลักษณะของพรรณไม้ปริมาณการดูดซึมน้ำและธาตุอาหาร และขนาดพื้นที่ที่เหมาะสม สำหรับโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจริญ สุขเกษม, ขวลิขิต ชโลธร, คุณิต มานะจุติ และ กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์. 2540. การเจริญและผลผลิตจากกระถินณรงค์และกระถินยักษ์ ณ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร 14: 11-27.

จารุณี เชิดชัยสถาพร. 2554. ผลของการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิต และคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. ใน การสัมมนาในระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาพืชไร่นา. วันที่ 18-19 กุมภาพันธ์ 2554. ณ ห้องประชุมสวนสนประดิพัทธ์, ประจวบคีรีขันธ์.

เจษฎา เหลืองแจ่ม. 2527. **กระถินยักษ์**. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการป่าไม้ กองบำรุง กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

_____ และลัดดา บุญภักดี. 2527. ความต้านทานของสภาพความเค็มของพันธุ์ไม้บางชนิด, น. 58-64. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2527 เล่ม 2. การป่าไม้เพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นายแสง ไผ่แก้ว, ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมนิ และ ศรีนยา วรจิรวณิช. 2548. การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์กระถินเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์, น. 28-47. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2530. **หญ้าและถั่วอาหารสัตว์เมืองร้อน**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชัยวัฒน์ ลิ้มลิขิตอักษร. 2550. สมบัติดินภายหลังการฟื้นฟูที่เขานินปูนโดยใช้ไม้กระถินยักษ์บริเวณโครงการอนุรักษ์และฟื้นฟูสภาพพื้นที่เขานางพันธุรัตอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเพชรบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชาญชัย มณีคุลย์. 2511. บันทึกการนำพืชอาหารสัตว์เข้าประเทศ. สัตวแพทย์สาร 1: 34-59.

_____. 2526. การปลูกกระถินเลี้ยงสัตว์. วารสารปศุสัตว์ 10 (1): 57-67.

ชิต บุทธรวิทย์, สมศักดิ์ เกาทอง, ฉายแสง ไผ่แก้ว และ จริยา บุญจรัสชะ. 2547. การถึงของการตัดที่มีต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของกระถิน 4 สายพันธุ์, น. 158-171. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ฉาไลศา ขวอมพิทักษ์. ม.ป.ป. เทคโนโลยีชีวภาพกับพลังงาน. แหล่งที่มา: <http://www.techno.msu.ac.th/bt/pdfdocxls/b.doc>, 16 กันยายน 2551.

ณัฐ วรยศ. 2550. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว, น. 75-102. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และวิศพรณ ศุภมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

_____, ณัฐนิ วรยศ, ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, นคร ทิพย์วงศ์, ณัฐวุฒิ ดุษฎี, ชูรัตน์ ชารารัตน์ และอดิพงษ์ นันทพันธุ์. 2551. รายงานการวิจัย: เรื่อง การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ทรงเกียรติ วิสุทธิพิทักษ์กุล และ มาลี วรินทร์าคม. 2523. การศึกษาเบื้องต้นถึงผลของการแช่เมล็ดกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* Lam.) ในน้ำร้อนต่อเปอร์เซ็นต์การงอก. โครงการวิจัยที่ ก. 21-23 กระถินยักษ์. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ธีรศักดิ์ พลบำรุง, ฉายแสง ไผ่แก้ว, จริยา บุญจรัสชะ และ สมศักดิ์ เกาทอง. 2546. การศึกษากระถินพันธุ์ด้านทานเพลี้ยไก่อไฟ (ข) ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี, น. 215-227. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ ประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

นคร ทิพย์าวงศ์. 2553. **เทคโนโลยีการแปลงสภาพชีวมวล**. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), กรุงเทพฯ.

นาฏสุตา ภูมิจำนงค์. 2547. แหล่งกักเก็บก๊าซเรือนกระจกจากภาคป่าไม้ และกิจกรรมการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้พิธีสารโตเกียว. เอกสารประกอบการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

นิคม แหลมตัก, วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์, จงรัก วัชรินทร์รัตน์, สкар ทีจันท์ก, วีระภาส คุณรัตนศิริ, มะลิวัลย์ ธนะสมบัติ และ เกษม หฤทัยธนาสันติ. 2550. การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในการผลิตกระแสไฟฟ้าและแก๊สหุงต้ม, น. 33-74. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีระชัย อาจหาญ และ วริศพรณ ศุภมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

นิตา นุ่มมีศรี. 2553. การเปรียบเทียบผลผลิต ความหนาแน่นเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนของสายพันธุ์กระถิน เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ คงกระพี, ฤกษ์กร รับสมบัติ และ วีระชัย อาจหาญ. 2551. การทดสอบประสิทธิภาพโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน, น. 160-173. ใน การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติด้วยงานวิจัย วช. วันที่ 30 เมษายน 2551 ณ โรงแรมมิราเคิลแกรนด์ คอนเวนชั่น, กรุงเทพฯ.

บัวเรศ ประไชโย และ มยุรี ดวงเพชร. 2526. การจัดการป่าไม้เพื่อผลิตเชื้อเพลิงประเภทไม้ในชนบท, น. 65-80. ใน การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2526 (สาขาวนศาสตร์ทั่วไป). กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ปรีชา เกียรติกระจาย และ ทรงกลด จารุสมบัติ. 2528. องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้.

แหล่งที่มา: http://buranapagroup.com/knowledge_chemical.php, 20 กุมภาพันธ์ 2554.

พิมพาพร พลเสน, ราไพพร ใจเที่ยง, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, โตโมยูกิ คาวาซึมา และ วัชรินทร์ บุญศักดิ์.

2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาของพืชตระกูลถั่วขึ้นต้น 3 ชนิดโดยวิธีการต่างๆ กัน, น.

167-183. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี2543. กรมปศุสัตว์ กระทรวง เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์. 2550. The Leucaena bug. ข่าวสารพืชอาหารสัตว์ 12 (3): 27-29.

วันวิสา ชุ่มเงิน. 2552. ผลของการเสริมอาหารกระถินต่อคุณภาพน้ำมันและปริมาณ Conjugated Linoleic Acid (CLA) ในน้ำมันโคให้ในระยะแรก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีรชัย อจหาญ, ชิงชัย วิริยะบัญชา และ สมิต บุญเสริมสุข. 2551. ศักยภาพการปลูกไม้โตเร็ว สำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชนสำหรับประเทศไทย, น. 147-159. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา และ จุฑามาศ วาสิกรัตน์. การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ: ด้วยงานวิจัย วช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ ธนาคารพัฒนา วิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

_____, นิวัฒน์ คงกระพี, กฤษกร รับสมบัติ, ปกัศ ชนะโรค และ ทิพย์สุกินทร์ หินซุย. 2550.

การศึกษาด้านแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน, น. 103-163. ใน

สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อจหาญ และ วริศพรณ ศุภมิตรเกษมณี,

บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับ

ชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัย

เทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

วีระ พุกเจริญ. 2523. กระถินยักษ์. กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วีระ พุกจัญญ และ สมาน รวยสูงเนิน. 2525. การตอบสนองของกล้ากระถินยักษ์ที่ปลูกเชื้อด้วยไรโซเบียมบางชนิด. **บันทึกงานวิจัยประจำปี 2525**. กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมณี และ ฉายแสง ไผ่แก้ว. 2546. การศึกษากระถินพันธุ์ด้านทานเพลี้ยไก่อไฟ (ก) ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา, น. 1-16. ใน **รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2546**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน. 2529. การเจริญเติบโต มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และผลผลิตไม้พื้นของกระถินยักษ์ที่ใช้ระยะปลูกต่างๆที่สระแกราช นครราชสีมา. **วารสารวนศาสตร์** 3 (4): 307-320.

สายัณห์ ทัดศรี. 2547. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____, ประภา ศรีพิจิตร, กานดา นาคมณี และณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. 2550. กระถินยักษ์การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานและอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง, น. 7-32. ใน **สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วิศพรพรรณ ศุภมิตรเกษมณี. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____, และ _____. 2552. **รายงานการวิจัย: เรื่อง การศึกษามวลชีวภาพของกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนอย่างยั่งยืน**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____, และ _____. **ม.ป.ป. การปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน**. **ม.ป.ท.**

สินชัย เรืองไพบุรณ. 2527. **ผลการใช้ใบกระถินที่แช่น้ำและการปรับอัตราส่วนของพลังงานและโปรตีน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา รัตนทัพบิมทอง. 2544. ผลของกระถินต่อสรีรภาพในแพะลูกผสมพื้นเมือง-แอ่งโกล
นูเบียนเทศเมีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุริย์ แขวงโสภา. 2531. พลังงาน. สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพฯ.

สุริย์ ภูมิภมร และ อนันต์ คำคง. 2540. ไม้เอนกประสงค์กินได้. สำนักงานคณะกรรมการวิจัย
แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุวรรณ ภาควัฒน์. 2527. การศึกษาหาคุณค่าทางโภชนาและวิธีการลดสารพิษไมโมซินของใบ
กระถิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมศักดิ์ สุขวงศ์. 2550. การจัดการป่าชุมชน: เพื่อคนและเพื่อป่า. บริษัททิวทัศน์การพิมพ์,
กรุงเทพฯ.

สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน. 2527. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน เรื่อง การ
ปลูกไม้โตเร็วโดยระบบวนเกษตรเพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักนวัตกรรมไม้เศรษฐกิจ. 2553. รายงานโครงการจัดทำบัญชีก๊าซเรือนกระจก พื้นที่สวนป่า
องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้. องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์. 2552. ยุทธศาสตร์พลังงาน. สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์
สำนักงานปลัดกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงาน, กรุงเทพฯ.

สำนักส่งเสริมการปลูกป่า. 2550. กระถินยักษ์. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ
สิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

อนันท์ อุ่นศิริไธย์ และ บุญเรือง มะรังศรี. 2550. การทดสอบระบบการผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้าในเครื่องยนต์สันดาปภายใน : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิต อ.ทับสะแก จ.ประจวบคีรีขันธ์, น. 217-234. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วิศพรณ สุภูมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

อภิรักษ์ อนันต์ศิริวัฒน์. 2529. บทบาทของพลังงานจากไม้, น. 1-21. ใน รายงานการศึกษาวิชา วนวัฒน์ 592 การศึกษาผลจากงานวิจัยเรื่องพลังงานจากไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อรุณ ชมชาญ, สุธี วิสุทธิเทพกุล และ ภิรมย์ ห่อตระกูล. 2528. คุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว, น. 298-329. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2528 เล่ม 2. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อัษฎาภรณ์ กาญจนคูหา. 2552. การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ใน ระยะปีแรกของการปลูก เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดม บุณณกานนท์. 2522. ไม้กระถินยักษ์กับการปลูกสร้างสวนป่า, น. 21-27. ใน การสัมมนาทางวณวัฒนาวิทยาครั้งที่ 2 เรื่องไม้โตเร็ว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอกพงษ์ ชนะวัติ, มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์, ลดาวัลย์ พวงจิตร, บุญวงศ์ ไทยอุดสำห้ และ เกษม หฤทัยธนาสันต์. 2554. การกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดิน และการคืนกลับธาตุอาหารในสวนป่าไม้โตเร็ว ที่ปลูกเพื่อผลิตพลังงานชีวมวล, น. 616-623. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49 (สาขาพืช). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- Adler, P. R., M. A. Sanderson, A. A. Boateng, P. J. Weimer, and H. J. G. Jung. 2006. Biomass yield and biofuel quality of switchgrass harvested in fall or spring. **Agron. J.** 98: 1518-1525.
- Aguilar, L. 1943. Calorific values of Philippine woods. **Philippine Journal of Forestry** 6 (2): 217-228.
- Baker, R.R. and H. W. Elbersen. 2005. **Managing ash content and quality in herbaceous biomass: An analysis from plant to product.** Available Source: <http://biomassandbioenergy.nl/ParisConf/BakkerElbersen.pdf>, February 9, 2011.
- Benjamin, A., H.M. Shelton and R.C. Gutteridge. 1991. **Shade tolerance of some tree legumes.** Available Source: <http://aciar.gov.au/files/node/304/pr32chapter16.pdf>, February 9, 2011.
- Bray, J.R. and E. Gorham. 1964. Litter production in forest of the world. **Adv. Ecol. Res.** 2: 101-157.
- Brewbaker, J.L. and J.W. Hylin. 1965. Variation in mimosine content among leucaena species and related Mimosaceae. **Crop Sci.** 5: 348-349.
- _____, N. Hegde, E.M. Hutton, R.J. Jones, J.B. Lowry, F. Moog and R. vanden Beldt. 1985. **Leucaena-Forage Production and Use.** NFTA, Hawaii.
- _____, D.L. Plucknett and V. Gonzales. 1972. Varietal variation and yield trails of *Leucaena leucocephala* (kao haole) in Hawaii. **Hawaii Agric. Exp. Stn. Res. Bull.** 166.
- Buranov, A.U. and G. Mazza. 2008. Lignin in straw of herbaceous crops. **Industrial crops and Products** 28 (3): 237-259.

- Chave, J. 2005. **Wood density measurement protocol**. Available Source: <http://www.edb.upstlse.fr/equipe1/chave/wood-density-protocol.pdf>, August 30, 2008.
- Dalzell, S.A., J.L. Stewart, A. Tolera and D.M. McNeill. 1998. Chemical composition of leucaena and implications for forage quality, pp. 227-246. *In* H.M. Shelton, R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **ACIAR Proceedings No. 86**. Watson Ferguson & Co., Canberra.
- _____, H.M. Shelton, B.F. Mullen, P.H. Larsen and K.G. McLaughlin. 2006. **Leucaena: a Guide to Establishment and Management**. Meat & Livestock Australia Ltd., Sydney, Australia.
- Denton, F.H. and T. Nickell. 1985. Rainfall and growth of giant leucaena. **Leucaena Research Reports 6**: 84-85.
- Duhoux, E. and Y. Dommergues. 1985. The Use of Nitrogen Fixing Trees in Forestry and Soil Restoration in the Tropics, pp. 384-400. *In* H. Ssali and S.O. Keya, eds. **Biological Nitrogen Fixation in Africa**. Nairobi Mircen, Kenya.
- Dutt, A.K. and U. Jamwal. 1987. Effect of coppicing at different heights on wood production in leucaena. **Leucaena Research Report 8**: 27-28.
- Erdmann, T.K., P.K.R. Nair and B.T. Kang. 1993. Effects of cutting frequency and cutting height on reserve carbohydrates in *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. **For. Ecol. Manage.** 57: 45-60.
- Egara, K. and R.J. Jones. 1977. Effect of shading on the seedling growth of the leguminous shrub *Leucaena leucocephala*. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry** 17 (89): 976-981.

- Galgal, K.K., H.M. Shelton, B.F. Mullen and R.C. Gutteridge. 2006. Animal production potential of some new leucaena accessions in the Markham Valley, Papua New Guinea. **Trop. Grass.** 40: 70-78.
- Garcia, G.W., T.U. Ferguson, F.A. Neckles and K.A.E. Archibald. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. **Anim. Feed Sci. Technol.** 60: 29-41.
- Glumac, E.L. 1986. Biomass production, survival and cold tolerance of three species of leucaena in south Texas. **Leucaena Research Report** 7: 119-120.
- Goering, H. K. and P.J. Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagent, Procedures and Some Applications)**. United State Department of Agriculture, Washington D.C.
- Hammond, A.C., M J. Allilson, M.J. William, G.M. Prine and D.B. Bates. 1989. Prevention of *Leucaena* toxicosis of cattle in florida by ruminal inoculation with 3,4-DHP-degrading bacteria. **Am. J. Vet. Res.** 50 (12): 2176-2180.
- Haque, N., S. Toppo, M.L. Saraswat and M.Y. Khan. 2007. Effect of feeding *Leucaena leucocephala* leaves and twigs on energy utilization by goats. **Anim. Feed Sci. Technol.** 143 (3): 330-338.
- Hegde, N. 1982. Leucaena forage management in India, pp. 73-78. *In* A. Chouinard, ed. **Proceedings of a Workshop Leucaena Research in the Asian-Pacific Region.** 23-26 November 1982, IDRC, Ottawa, Singapore.
- Hien, T.Q. and N.D. Hung. 1998. The effect of leucaena leaf meal on egg quality and growth of broiler chickens. **Poult. Sci.** 75: 296-297.

- Holmes, J.H.G. 1976. Growth of Brahman cross heifers grazing *Leucaena*. **Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.** 11: 453-456.
- Humphreys, L.R. 1980. **A Guide to Better Pasture for the Tropic and Subtropics**. Wright Stephenson and Co. (Aust) Pty. Ltd., Brisbane.
- Hylin, J.W. 1964. Biosynthesis of mimosine. **Phytochemistry** 3: 161.
- Jones, R.J. and R.G. Megarrity. 1986. Successful transfer of DHP-degrading bacteria from Hawaiian goats to Australian ruminants to overcome the toxicity of *Leucaena*. **Aust. Vet. J.** 63: 259-262.
- Karachi, M. 1998. The performance and nutritive value of *leucaena* in a unimodal rainfall environment in western Tanzania. **Trop. Grass.** 32: 105-109.
- Katagiri, S. and T. Tsutsumi. 1973. The relationship between site condition and circulation of nutrients in forest ecosystem (i) litter fall and nutrient content. **Journal of Japanese For. Soc.** 55: 83-90.
- Kettering, Q.M., R. Coe, M.V. Noordwijk, Y. Ambagauand and C.A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest Ecology and Management** 146: 199-209.
- Khai, H.M., N.N. Ha, L.H. Binh, P.T. Phan and N.T. Mui. 1995. **Evaluation of introduced tropical legumes and grasses in northern and central Vietnam**. Available Source: http://www.fao.org/ag/agp/agpc/doc/Publicat/VIET95/V95_89.PDF, August 15, 2010.
- Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary production and turnover of organic matter in different forest ecosystems of the western Pacific. **Jap. J. Ecol.** 17: 70-87.

- Kovitvadhi, K. and K. Yantasath. 1982. Research on *Leucaena* and other nitrogen-fixing trees at the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), pp. 133-136. In A. Chouinard, ed. **Proceedings of a Workshop Leucaena Research in the Asian-Pacific Region**. 23-26 November 1982, IDRC, Ottawa, Singapore.
- Kumar, B.M., S.S. Kumar and R.F. Fisher. 1998. Intercropping teak with *Leucaena* increases tree growth and modifies soil characteristics. **Agrofor. Syst.** 42: 81-89.
- Labadan, M.M. 1969. The effect of various treatments and additives on the feeding value of ipil-ipil leaf meal in poultry. **Philipp. Agric.** 53: 392-401.
- Lalljee, B., S. Facknath and A.M. Osman. 1998. Improvement of soil properties under long-term *leucaena leucocephala*, pp. 178-180. In H.M. Shelton, R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **ACIAR Proceedings No. 86**. Watson Ferguson & Co., Canberra.
- Latt, C.R., P.K.R. Nair and B. T. Kang. 2000. Interactions among cutting frequency, reservecarbohydrates, and post-cutting biomass production in *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. **Agrofor. Syst.** 50: 27-46.
- Laxamana, N.B. 1981. **Calorific value and specific gravity of giant ipil-ipil (PCARR-IBRD project 5.1)**. College, Laguna, Philippines. (Unpublished manuscript).
- Leco Corporation. 2009. **Truspec CHNS INSTRUCTION MANUAL**. St. Joseph, U.S.A.
- Lewandoski, I. and A. Kicherer. 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. **European Journal of Agronomy** 6: 163-177.
- Long, D.W. 1992. Frost tolerance tests on *Leucaena retusa*. **Leucaena Research Report** 13: 69-70.

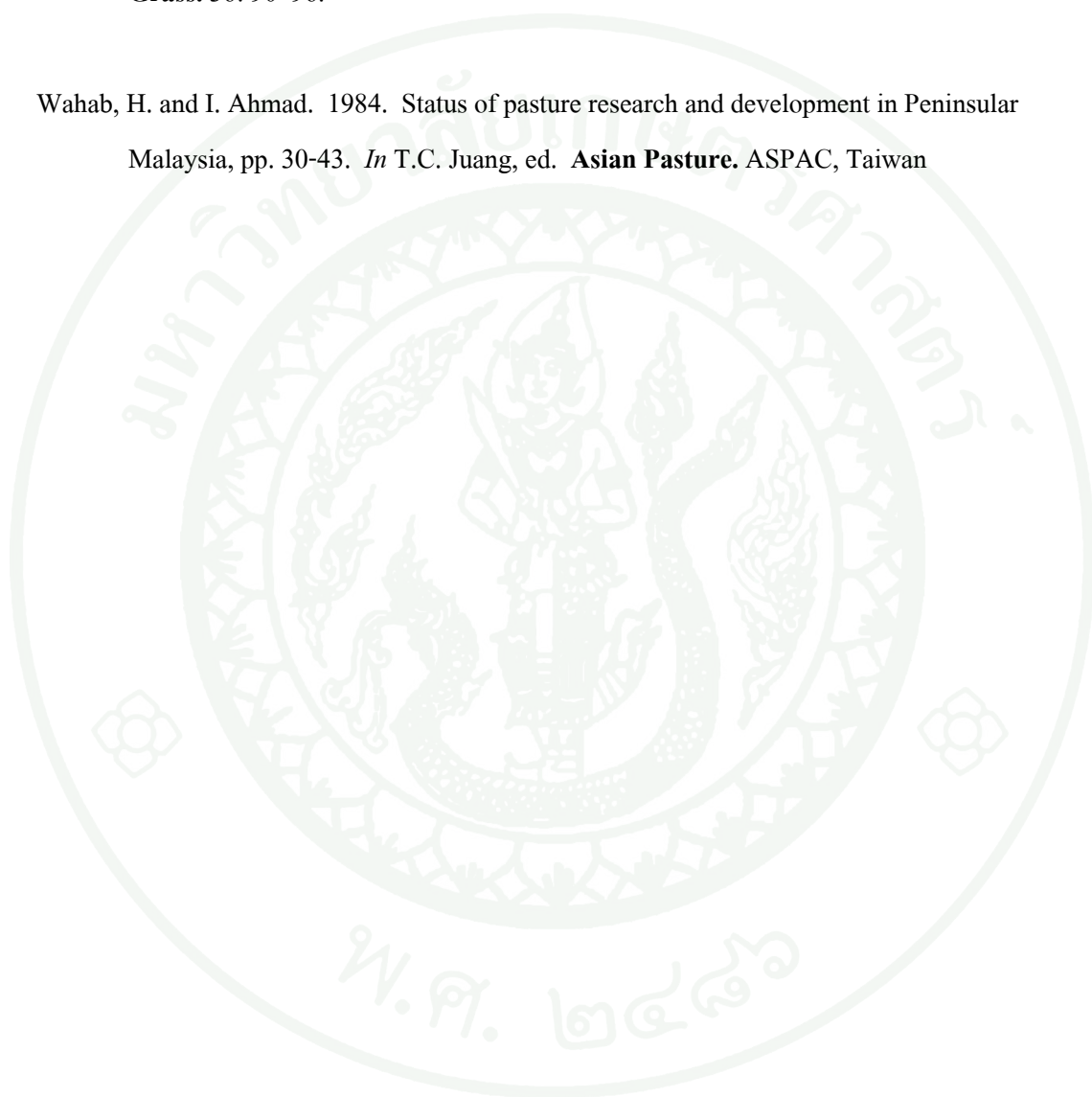
- Moore, K.J., S.L. False and E.A. Heaton. 2008. Biorenewable energy: new opportunities for grassland agriculture, pp. 1023-1030. *In* **Multifunctional grasslands in a changing world, Volume II: XXI International Grassland Congress and VIII International Rangeland Congress**. 29 June - 5 July 2008. Hohhot, China.
- Mullen, B.F., H.M. Shelton, K.E. Basford, A.C. Castillo, B. Bino, E.E. Victorio, R.N. Acasio, J. Tarabu, M.K. Komolong, K.K. Galgal, L.V. Khoa, H.X. Co, F.P. Wandera, T.M. Ibrahim, R.L. Clem, R.J. Jones, C.H. Middleton, M.J.M. Bolam, F. Gabunada, W.W. Stur, P.M. Horne, K. Utachak and T.T. Khanh. 1998. Agronomic adaptation to environment challenges in the genus *leucaena*, pp. 39-50. *In* H.M. Shelton, R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **ACIAR Proceedings No. 86**. Watson Ferguson & Co., Canberra.
- National Academy of Science (NAS). 1977. **Leucaena Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C.
- National Academy of Science (NAS). 1984. **Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C.
- National Research Council. 2001. **Nutrient requirements of beef cattle**. National academy press, Washington, D.C.
- National Research Council. 2002. **Nutrient requirements of dairy cattle**. National academy press, Washington, D.C.
- Nhon, N.T.H. and N.T. Ngu. 1998. Effect of *Sesbania grandiflora* or *Leucaena leucocephala* on rumen environment and production of goats fed a basal diet of maize stover, pp. 277-279. *In* H.M. Shelton, R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **ACIAR Proceedings No. 86**. Watson Ferguson & Co., Canberra.

- Obernberger I., T. Brunner and G. Barnthaler. 2006. Chemical properties of solid biofuels
Significance and impact. **Biomass and Bioenergy** 30: 973-982.
- Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) deWit *Leucaena*, Tantan. SO-ITF-SM-52.
U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station,
New Orleans, LA.
- Pathak, P.S. and B.D. Patil. 1982. *Leucaena* research at the Indian Grassland and Fodder
Research Institute (IGFRI), pp. 83-88. In A. Chouinard, ed. **Proceedings of a
Workshop Leucaena Research in the Asian-Pacific Region**. 23-26 November 1982,
IDRC, Ottawa, Singapore.
- Pottinger, A.J. and C.E. Hughes. 1994. **A review of wood quality in leucaena**. OFI,
Department of Plant Sciences. Oxford.
- Pound, B. and L.M. Cairo. 1983. **Leucaena: its cultivation and uses**. Overseas Development
Administration, London.
- Reis, P.J. 1975. Effect of intravenous infusion of mimosine on wool growth of merino sheep.
Aust. J. Biol. 28: 69-84.
- Rocafort, J.E., A.R. Floresca and J.O. Siopongco. 1971. Fourth Progress Report on the Specific
Gravity of Philippine Woods. **Engineering & Construction Record** 18 (5): 17-26.
- Ryan, P.A. 1994. The use of tree legumes for fuelwood production, pp. 111-119. In R. C.
Gutteridge and H. M. Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**.
CAB International, Wallingford.
- Sampet, C. and A. Pattaro. 1979. Comparative productivity of four strains of *Leucaena
leucocephala* under different cutting regimes. **Thai. J. Agric. Sci.** 12: 291-300.

- Shelton, H.M. and J.L. Brewbaker. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume, pp. 15-29. In R. C. Gutteridge and H. M. Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. CAB International, Wallingford.
- Singh, V. and O.P. Toky. 1995. Biomass and net primary productivity in *Luecaena*, *Acacia* and *Eucalyptus*, short rotation, high density ('energy') plantation in arid India. **Journal of Arid Environments** 31: 301-309.
- Soedarjo, M., T.K., Hemscheidt and D. Borthakur. 1994. Mimosine, a toxin present in leguminous trees (*Leucaena spp.*), induces a mimosine-degrading enzyme activity in some rhizobium strains. **Appl. Environ. Microbiol.** 12(60): 4268-4272.
- Swasdiphanich, S. 1992. **Environmental Influences on Forage Yield of Shrub Legume**. Ph.D. thesis, University of Queensland.
- Takahashi, M. and J.C. Ripperton. 1949. Koa haole (*Leucaena glauca*): its establishment, culture and utilization as a forage crop. **Hawaii Agric. Exp. Stn. Res. Bull.** 100: 1-56.
- Ter Meulen, U., S. Struck, E. Schulke and E.A. El-Harith. 1979. A review on the nutritive value and toxic aspects of *Leucaena leucocephala*. **Trop. Anim. Prod.** 4: 113-116.
- Tewari, S. K., Katiyar, R. S., Balak Ram and P. N. Misra. 2004. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. **Biomass and Bioenergy** 26 (3): 229-234.
- Tillman, D.A. 1991. **Combustion of Solid Fuels and Wastes**. Academic Press, San Diego.
- Tudsri, S., S. Prasanpanich, S. Sawadiphanich, P. Jaripakorn and S. Iswilanons. 2001. Effect of pasture production systems on milk production in the central plains of Thailand. **Trop. Grass.** 35: 246-253.

Tudsri, S., Y. Ishii, H. Numaguchi and S. Prasanpanich. 2002. The effect of cutting interval on the growth of *Leucaena leucocephala* and three associated grasses in Thailand. **Trop. Grass.** 36: 90–96.

Wahab, H. and I. Ahmad. 1984. Status of pasture research and development in Peninsular Malaysia, pp. 30-43. *In* T.C. Juang, ed. **Asian Pasture**. ASPAC, Taiwan





ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของการเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

Source of Variation	df	Mean Square
Block	4	2,126 ^{ns}
Treatment	4	43,582 ^{**}
Error	16	3,169
Total	24	9,731
LSD 0.05		75.48

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน

Source of Variation	df	Mean Square
Block	4	0.048 ^{ns}
Treatment	4	1.295 [*]
Error	16	0.297
Total	24	0.422
LSD 0.05		0.73

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักรากสด (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของผลผลิต กระจิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

Source of Variation	df	Mean Square					
		ใบ ¹	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.54 เซนติเมตร ¹	ลำต้น > 2.54 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
Block	4	129 ^{ns}	327,716 ^{ns}	53 ^{ns}	11,578,222 ^{ns}	22,978,056 ^{ns}	35,123,392 ^{ns}
Treatment	4	16 ^{ns}	1,284,679 [*]	100 ^{ns}	202,755,087 ^{**}	190,281,296 [*]	216,949,502 [*]
Error	16	75	398,644	67	33,160,013	40,966,696	55,907,076
Total	24	74	534,495	70	57,828,893	62,854,356	79,283,533
LSD 0.05		12	847	11	7,721	8,582	10,025

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ข้อมูลที่วิเคราะห์ในทางสถิติ ได้จากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่ารากที่สอง และใช้วิธี

Fisher's LSD

ตารางผนวกที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) แต่ละองค์ประกอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

Source of Variation	df	Mean Square					
		ใบ ¹	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.54 เซนติเมตร ¹	ลำต้น > 2.54 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
Block	4	48 ^{ns}	93,655 ^{ns}	80 ^{ns}	8,577,558 ^{ns}	7,661,041 ^{ns}	10,637,305 ^{ns}
Treatment	4	12 ^{ns}	559,499 [*]	98 ^{ns}	83,008,898 ^{**}	78,185,080 ^{**}	89,100,412 [*]
Error	16	27	132,360	52	17,167,062	15,991,249	20,484,683
Total	24	28	197,099	64	26,709,117	24,968,520	30,279,408
LSD 0.05		7	488	10	5,555	5,362	6,069

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ข้อมูลที่วิเคราะห์ในทางสถิติ ได้จากการแปลงข้อมูลให้อยู่ในค่ารากที่สอง และใช้วิธี

Fisher's LSD

ตารางผนวกที่ 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักรับ (กิโลกรัม/ไร่) ก่อนอบ และหลังอบของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

Source of Variation	df	Mean Square	
		ใบร่วง (ก่อนอบ)	ใบร่วง (หลังอบ)
Block	4	31,831 ^{ns}	24,689 ^{ns}
Treatment	4	17,034 ^{ns}	12,759 ^{ns}
Error	16	24,586	24,113
Total	24	24,535	22,316
LSD 0.05		210.24	208.20

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความหนาแน่นเนื้อไม้ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

Source of Variation	df	Mean Square
Block	4	0.0007 ^{ns}
Treatment	4	0.0039 ^{ns}
Error	16	0.0034
Total	24	0.0031
LSD 0.05		0.08

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปริมาณเถา และค่าพลังงานความร้อนของ
กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี

Source of Variation	df	Mean Square			
		ปริมาณเถา (เปอร์เซ็นต์)		ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรี/กรัม)	
		ลำต้น	กิ่งก้าน	ลำต้น	กิ่งก้าน
Block	1	0.0384 ^{ns}	0.0032 ^{ns}	19,315 [*]	7,824 ^{ns}
Treatment	4	0.0870 ^{ns}	0.8581 [*]	2,276 ^{ns}	642 ^{ns}
Error	4	0.0183	0.1145	1,190	2,169
Total	9	0.0511	0.4326	3,686	2,118
LSD 0.05		0.38	0.94	95	129

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของจำนวนต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี
ภายหลังการตัด 1 ปี

Source of Variation	df	Mean Square										
		สัปดาห์หลังการตัด (ต้น/ตอ)										
		2	4	6	8	10	12	14	16	20	24	52
		2 มี.ค. 53	15 มี.ค. 53	30 มี.ค. 53	14 เม.ย. 53	28 เม.ย. 53	11 พ.ค. 53	25 พ.ค. 53	9 มิ.ย. 53	6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53	11 ก.พ. 54
Block	4	0.26 ^{ns}	0.34 ^{ns}	0.34 ^{ns}	1.46 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.66 ^{ns}	2.34 ^{ns}	2.06 ^{ns}	0.94 ^{ns}	0.14 ^{ns}	1.16 ^{**}
Treatment	4	1.26 ^{**}	2.34 ^{**}	1.84 [*]	0.66 ^{ns}	2.64 [*]	16.16 ^{**}	0.34 ^{ns}	3.36 ^{ns}	1.34 ^{ns}	1.54 ^{ns}	0.26 ^{ns}
Error	16	0.26	0.34	0.54	0.66	0.72	1.39	2.34	1.59	0.79	0.62	0.21
Total	24	0.43	0.67	0.72	0.66	0.96	3.73	2.01	1.96	0.91	0.69	0.38
LSD 0.05		0.68	0.78	0.99	1.09	1.13	1.58	2.05	1.69	1.19	1.05	0.61

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของความสูงของต้นหรือหน่อ (จุดเจริญ) ที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี

Source of Variation	df	Mean Square								
		สัปดาห์หลังการตัด (เซนติเมตร)								
		8	10	12	14	16	20	24	28	52
		14 เม.ย. 53	28 เม.ย. 53	11 พ.ค. 53	25 พ.ค. 53	9 มิ.ย. 53	6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53	31 ส.ค. 53	11 ก.พ. 54
Block	4	102 ^{ns}	440 ^{**}	796 ^{ns}	1,057 ^{ns}	4,290 ^{**}	6,381 ^{**}	9,214 ^{**}	12,575 ^{**}	1,578 ^{ns}
Treatment	4	341 [*]	432 [*]	234 ^{ns}	325 ^{ns}	392 ^{ns}	377 ^{ns}	545 ^{ns}	757 ^{ns}	5,363 ^{**}
Error	16	86	100	431	584	893	1,145	1,645	2,247	893
Total	24	131	212	459	620	1,376	1,890	2,723	3,720	1,752
LSD 0.05		12	13	28	32	40	45	54	64	40

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นของหน่อที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตร จากพื้นดิน

Source of Variation	df	Mean Square							
		สัปดาห์หลังการตัด (เซนติเมตร)							
		20	24	28	30	34	38	42	52
		6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53	31 ส.ค. 53	12 ก.ย. 53	9 ต.ค. 53	9 พ.ย. 53	10 ธ.ค. 53	11 ก.พ. 54
Block	4	0.24 ^{**}	0.35 ^{**}	0.22 ^{**}	0.25 ^{**}	0.12 [*]	0.16 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.08 ^{ns}
Treatment	4	0.09 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.08 ^{ns}	0.13 [*]	0.21 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.53 ^{**}
Error	16	0.04	0.06	0.04	0.04	0.03	0.09	0.09	0.08
Total	24	0.08	0.12	0.07	0.08	0.06	0.12	0.12	0.16
LSD 0.05		0.28	0.33	0.26	0.28	0.24	0.40	0.41	0.38

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักรส (กิโลกรัม/ไร่) ใน
ส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี
ภายหลังการตัด 1 ปี

Source of Variation	df	Mean Square					
		ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.54 เซนติเมตร	ลำต้น > 2.54 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
Block	4	219,723 ^{ns}	250,001 ^{ns}	228,221 [*]	5,146,893 ^{ns}	8,176,518 ^{ns}	13,821,061 ^{ns}
Treatment	4	888,218 ^{**}	259,604 ^{ns}	769,481 ^{**}	28,712,033 ^{**}	22,626,345 ^{ns}	38,034,029 ^{ns}
Error	16	175,086	140,586	63,300	4,536,689	9,411,248	13,520,044
Total	24	301,381	178,658	208,484	8,667,614	11,407,976	17,655,878
LSD 0.05		561	503	337	2,856	4,113	4,930

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ในส่วนต่างๆ ของหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี ภายหลังการตัด 1 ปี

Source of Variation	df	Mean Square					
		ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.54 เซนติเมตร	ลำต้น > 2.54 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
Block	4	65,301 ^{ns}	27,622 ^{ns}	73,253 [*]	1,097,828 ^{ns}	1,397,000 ^{ns}	2,263,068 ^{ns}
Treatment	4	109,349 [*]	30,259 ^{ns}	159,240 ^{**}	8,068,282 ^{**}	6,284,387 [*]	8,785,424 [*]
Error	16	29,852	12,872	20,208	1,266,688	1,475,885	2,018,333
Total	24	49,010	18,228	52,221	2,372,144	2,264,155	3,186,971
LSD 0.05		232	152	191	1,509	1,629	1,905

หมายเหตุ: ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวกานต์วี ศรีพวงผกาพันธุ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 9 สิงหาคม 2527
สถานที่เกิด	นครพนม
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-