



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืช

สาขา

พืชไร่

ภาควิชา

เรื่อง การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ในระยะปีแรกของการปลูก
เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena leucocephala* after
First Year of Establishment for Sustainable Energy

นางผู้วิจัย นางสาวอัญญาภรณ์ กาญจนคูหา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์สายนันท์ ทัดศรี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตต์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ _____ เดือน _____ พ.ศ. _____

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในระยะปีแรกของการปลูก เพื่อใช้
เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena leucocephala* after First
Year of Establishment for Sustainable Energy

โดย

นางสาวอัมภาภรณ์ กาญจนคูหา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2552

อัญญาภรณ์ กาญจนคูหา 2552: การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในระยะปีแรกของการปลูก เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน ปรินญาวิทยา ศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์สาธิต ทัดศรี, Ph.D. 108 หน้า

วิกฤติการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงถือเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งในปัจจุบัน เนื่องจากกำลังในการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมนับวันยิ่งลดน้อยลงจนในอนาคตอาจไม่พอต่อการนำไปใช้ จากปัญหาดังกล่าวประเทศไทยจึงเริ่มหันมาใช้พลังงานทางเลือกกันอย่างกว้างขวางมากขึ้น งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และค่าพลังงานความร้อนจากกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ทาร์มบ้า เปรู คันทิงแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ในการใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิง โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block ทำ 4 ซ้ำ และใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จังหวัดนครราชสีมา

ผลการทดลองในระยะเวลา 1 ปีแสดงให้เห็นว่ากระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ สามารถเจริญเติบโตได้เร็ว และมีความสูงเฉลี่ย 600-700 เซนติเมตร โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่สุด (3.79 เซนติเมตร) ในขณะที่พันธุ์เปรูเป็นพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นเล็กสุดเพียง 2.5 เซนติเมตร ด้านผลผลิตเนื้อไม้ พบว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมมากที่สุดคือพันธุ์ทาร์มบ้า (6,210 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมาเป็นสายพันธุ์ 5/8 (5,390 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตไม้สนน้อยที่สุดยังคงเป็นพันธุ์เปรู (2,390 กิโลกรัม/ไร่) ด้านความหนาแน่นเนื้อไม้พันธุ์ทาร์มบ้ามีค่าต่ำสุด (0.50 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) แต่เมื่อนำไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มาวิเคราะห์ค่าพลังงานความร้อน พบว่าค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานความร้อนจึงทำให้ค่าพลังงานความร้อนที่วิเคราะห์ได้ไม่มีความแตกต่างกันใน ด้านองค์ประกอบทางเคมีของใบ กระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณที่แตกต่างกันโดยเฉพาะฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งพันธุ์ทาร์มบ้า, สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบต่ำกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม แต่มีแมกนีเซียมสูงกว่า เปรู และ คันทิงแฮม ในขณะที่โปรตีน แคลเซียม และซัลเฟอร์มีค่าไม่แตกต่างกัน

Asdaporn Kanchanakuha 2009: Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena leucocephala* after First Year of Establishment for Sustainable Energy. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor Sayan Tudsri, Ph.D. 108 pages.

Oil crisis is the most important issue now. It is recognized that the production of petroleum oil has been reduced significantly and will not be enough to use in the near future. According to this problem, the alternative energy has been more widely used in Thailand. The aims of this study were to compare the growth, yield and heat value in five varieties/lines of *Leucaena leucocephala* (Tarramba, Peru, Cunningham, 5/7 and 5/8). A randomized complete block design was used in 4 replications with spacing 1x0.5 meter. The experiment was conducted at National Corn and Sorghum Research Center, Nakhon Ratchasima.

The results showed that within one year the average height of all five varieties/lines were 600-700 centimeter. Tarramba gave the highest average diameter (3.8 centimeters), while Peru gave the lowest average diameter (2.5 centimeters). For the wood production, Tarramba gave the highest fresh wood (6,210 kilogram/rai) followed by 5/8 (5,390 kilogram /rai). Peru showed the lowest fresh wood production (2,390 kilogram /rai). In wood density, Tarramba was the lowest (0.50 gram/cubic centimeter) and since there were no relation between wood density and heat value all of five varieties/lines have no significant difference in heat value. The chemical composition of leucaena each varieties/lines were different in phosphorus, potassium and magnesium. Tarramba, 5/7 and 5/8 had significantly lower levels of phosphorus and potassium but higher magnesium in the leaves when compared to those of Peru and Cunningham. There were no difference in protein calcium and sulphur content in the leaves.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

/ /

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
รองศาสตราจารย์ ดร.ประภา ศรีพิจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ
ดร.ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำการค้นคว้า ตลอดจน
การเขียน และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ
รองศาสตราจารย์ ดร.รังสฤษฎ์ กาวิด๊ะ ที่กรุณาให้คำปรึกษาในด้านการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติจน
ทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่กรุณามอบ
ความรู้ และอบรมจนประสบความสำเร็จในการศึกษา

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชาญชัย คุณแม่สายสุคนธ์ กาญจนคูหา ที่ให้การสนับสนุนในด้าน
การศึกษาเป็นอย่างดีตลอดมา รวมทั้งคุณรุจิรัตน์ และคุณชนายุศ กาญจนคูหา พี่สาว และน้องชายที่เป็น
กำลังใจให้ในการศึกษาครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณธรรณย์ วงศ์จินดาที่กรุณาให้ใช้เครื่อง laptop ในการพิมพ์วิทยานิพนธ์ ตลอดจน
ช่วยกระตุ้นให้มีความมุ่งมั่นในการศึกษา

สุดท้ายขอขอบคุณ พี่ น้อง ลุง และป้าทุกคน ในโครงการกระดินฯ ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพด และ
ข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่กรุณาช่วยดูแลแปลงทดลอง และช่วยเก็บข้อมูลให้เป็นอย่างดี รวมถึงเพื่อน พี่ และ
น้อง ปริญญาโท-เอกทุกคนที่ช่วยเหลือกันในทุกๆ เรื่องมาด้วยดีตลอด

อัยฎาภรณ์ กาญจนคูหา

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	4
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	29
ผล	29
วิจารณ์	68
สรุปและข้อเสนอแนะ	84
สรุป	84
ข้อเสนอแนะ	85
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	86
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	108

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ที่พืชได้รับตลอดระยะเวลาการทดลอง เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำฝนย้อนหลัง 10 ปี ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา	30
2 ความกว้าง และยาวของฝักและเมล็ด และจำนวนเมล็ด/ฝักของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์	42
3 การเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์	44
4 อัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร/วัน) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในแต่ละช่วงสัปดาห์ที่เก็บข้อมูล	45
5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน	47
6 อัตราการเจริญเติบโตในด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร/วัน) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ในแต่ละช่วงสัปดาห์ที่เก็บข้อมูล	48
7 ผลผลิตน้ำหนักสด (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบ	51
8 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบ	53
9 ความหนาแน่นเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์	55
10 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัมน้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร)	56
11 ปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนใบ และลำต้นของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)	59
12 ผลผลิตไนโตรเจนในส่วนใบ และลำต้น	61
13 การฟื้นตัวหลังจากการตัดโดยวัดจากจำนวนของหน่อ (จุดเจริญ) ที่แตกออกมาใหม่	62
14 ความสูง (เซนติเมตร) ของหน่อที่แตกใหม่หลังการตัด	63
15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม กับผลผลิตลำต้น ใบ กิ่งก้าน (น้ำหนักแห้ง), เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น กับผลผลิตลำต้น ความสูง และความหนาแน่นเนื้อไม้, ค่าพลังงานความร้อน กับความหนาแน่นเนื้อไม้ และจำนวนหน่อ กับเส้นผ่านศูนย์กลางคอ	66
16 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม (Wbio) กับผลผลิตลำต้น (Ws) ใบ (Wl) และกิ่งก้าน (Wb) (น้ำหนักแห้ง)	67

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

17 ผลตอบแทนระหว่างการใช้พันธุ์เก่ากับพันธุ์ใหม่

83

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังแสดงระยะการปลูกกระถินในงานทดลอง	23
2	การเข้าทำลายกระถินจากศัตรูพืช 1-2 การเข้าทำลายยอดกระถินของเพลี้ยไก่อไฟกระถิน 3-4 ลักษณะการเข้าทำลาย และการเจาะเนื้อไม้ของมอด และ 5-6 ลักษณะการเข้าทำลายเนื้อไม้ของปลวก	32
3	ลักษณะใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ 1. ต่อม่น้ำหวานบริเวณใบประกอบย่อยคู่บนสุด และ 2. ต่อม่น้ำหวานบริเวณใบประกอบย่อยคู่ล่างสุด	34
4	ลักษณะลายบนเปลือกของต้นกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์	36
5	ลักษณะของดอก การติดดอก และช่อดอกของกระถิน 1. ลักษณะการเกิดดอกบริเวณปลาย ยอด 2. ลักษณะช่อดอก 3. ลักษณะดอกที่เริ่มชูเกสรตัวผู้ 4. ลักษณะดอกที่บานเต็มที่ 5. ลักษณะการทยอยการออกดอก และ 6. จำนวนช่อดอกบนต้นกระถิน	37
6	ลักษณะ ความกว้าง และยาวของฝักกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ใช้ในงานทดลอง (ฝักแก่)	39
7	ลักษณะการติดฝักของกระถินที่ทดลอง 4 พันธุ์/สายพันธุ์ 1.จำนวนฝักที่สามารถเกิดได้จาก 1 ดอก	40
8	ลักษณะเมล็ดกระถิน 4 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ทดลอง 1. การเปรียบเทียบลักษณะของเมล็ดกระถินทั้ง 4 พันธุ์/สายพันธุ์ และ 2. ลักษณะเมล็ดกระถินที่เจริญเติบโตเต็มที่	41
9	สัดส่วนขององค์ประกอบทางด้านผลผลิตน้ำหนักแห้ง ใบ กิ่ง และ ลำต้น จากกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์	54
10	การฟื้นตัวหลังการเก็บเกี่ยว 1-2 การแตกหน่อใหม่ในสัปดาห์ที่ 2 หลังการตัด และ 3-4 จำนวน และบริเวณการแตกใหม่ของกระถิน	64

การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในระยะปีแรกของการปลูก เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน

Growth and Biomass Production of Five Varieties/Lines of *Leucaena leucocephala* after First Year of Establishment for Sustainable Energy

คำนำ

วิกฤติการณ์ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งทั้งในปัจจุบัน และอนาคต เนื่องจากกำลังในการผลิตน้ำมันปิโตรเลียมนับวันยิ่งลดน้อยลงจนในอนาคตอาจไม่พอต่อการนำไปใช้ อีกทั้งการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนหนึ่งผลิตจากน้ำมันปิโตรเลียมที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันจึงมีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ จากปัญหาดังกล่าว ประเทศไทยจึงเริ่มหันมาใช้พลังงานทางเลือก หรือที่เรียกว่าพลังงานทดแทนกันอย่างกว้างขวางมากขึ้น โดยกระทรวงพลังงานได้จัดตั้งยุทธศาสตร์การพัฒนากำลังงานทดแทนขึ้น โดยวางเป้าหมายไว้ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2546-2554 ให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2549) และมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี พลังงานทดแทนดังกล่าวส่วนหนึ่งมาจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากไม้ยืนต้น ซึ่งถือเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของโลก ประเทศไทยมีแหล่งปลูกไม้ยืนต้นอยู่มาก และมีศักยภาพในการผลิตสูง แต่ไม้ยืนต้นที่นิยมปลูกในปัจจุบัน เช่น ต้นยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ เป็นที่ต้องการมากในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และโรงงานแปรรูปไม้ จึงไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2550) เพราะมีเพียงเศษไม้ และปลายไม้เท่านั้นที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ นอกจากนั้น ไม้ยูคาลิปตัสยังมีปัญหาในด้านทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เพราะต้องใช้ธาตุอาหารไปสร้างมวลชีวภาพค่อนข้างมากทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็ว ในระยะยาวจึงอาจมีปัญหาดูแลได้ ในขณะที่กระถินเทพา และกระถินณรงค์แม้ว่าจะเป็นพืชในวงศ์ถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนโดยอาศัยแบคทีเรียบริเวณราก แต่การฟื้นตัวภายหลังการตัดค่อนข้างช้า และหากนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถทำได้เช่นกันแต่ไม่มีความแน่นอนในด้านปริมาณ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ได้มักขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งในแต่ละปีมักมีปริมาณที่ไม่แน่นอน (วิรัช และคณะ, 2550)

การนำไม้มาใช้เป็นเชื้อเพลิงเป็นวิธีของมนุษย์ที่ใช้กันมาเป็นระยะเวลานาน โดยเฉพาะการหุงต้มอาหาร และการให้ความร้อน ซึ่งเชื้อเพลิงดังกล่าวมักใช้ในรูปแบบของฟืน และถ่านที่สามารถเผาไหม้ได้โดยตรง (Direct-Fired) จนมาถึงในปัจจุบันที่มีการพัฒนาจนสามารถนำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในระดับชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยผ่านการใช้ระบบไอน้ำไปปั่นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (กระทรวงพลังงาน, 2550; ณัฐ และ คณะ, 2551) นอกจากนั้นยังมีระบบ Biomass Gasification ซึ่งเป็นระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงที่ใช้หลักการเผาไหม้ และควบคุมปริมาณอากาศจนทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะมีองค์ประกอบ คือ แก๊ส CO (18.22 เปอร์เซ็นต์), H_2 (18.20 เปอร์เซ็นต์) และ CH_4 (1-2 เปอร์เซ็นต์) ที่สามารถนำไปใช้กับเครื่องยนต์สันดาปภายในซึ่งเป็นต้นกำลังให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อไป (วีรชัย และ คณะ, 2551) จากการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากทั้ง 2 ระบบ พบว่าสามารถใช้เชื้อเพลิงที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และไม้ที่ได้จากไม้ยืนต้น เช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ แต่จากปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วในข้างต้นทำให้มีความจำเป็นในการหาไม้ยืนต้นโตเร็วชนิดอื่นที่เหมาะสมกว่าในการใช้เป็นเชื้อเพลิง

กระถิน (Leucaena) เป็นพืชวงศ์ถั่วที่มีการเจริญเติบโตเร็วและประการสำคัญเป็นพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนได้ดี (National Academy of Science [NAS], 1977) ดังนั้นการปลูกกระถินจึงช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ให้สูงขึ้น โดยเฉพาะไนโตรเจนในดินซึ่งดินส่วนใหญ่มีอยู่ในปริมาณต่ำ นอกจากนั้นกระถินยังเป็นไม้ยืนต้นที่มีอายุหลายปี แต่ในทางปฏิบัติสามารถตัดได้ทุกปีเพื่อใช้เป็นพลังงาน และใช้ส่วนเหลือได้แก่ใบในการเลี้ยงสัตว์ (สายัณห์ และคณะ, 2550x) ทำให้เกษตรกรสามารถยึดเป็นอาชีพได้อย่างมั่นคง กระถินมีระบบรากลึกทำให้ทนแล้งได้ดีมาก ดังนั้นการวิจัยทดสอบและคัดเลือกพันธุ์/สายพันธุ์กระถินจึงเน้นในด้านการให้ผลผลิตใบที่มีคุณภาพสูงเหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงสัตว์ โดยมีระยะการตัดบ่อยครั้ง (45-60 วัน) (ชาญชัย และคณะ, 2517; จุริรัตน์ และคณะ, 2524) พันธุ์ที่แนะนำให้ปลูกได้แก่ พันธุ์คันทันงาม เปรุ และไอเวอร์รี่ไคส์ แต่การผลิตเมล็ดจำหน่ายมีเฉพาะในต่างประเทศ ในขณะที่การคัดเลือกเพื่อใช้เป็นไม้ใช้สอยมักเป็นพันธุ์ K636 และตัดเมื่อกระถินอายุ 5-6 ปีขึ้นไป (จรรยา และคณะ, 2540)

การนำกระถินสายพันธุ์ต่างๆเพื่อนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ยังคงมีอย่างต่อเนื่อง เช่น ฉายแสง และคณะ (2548) ได้นำกระถินเข้ามาศึกษาอีก 17 สายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ 34/92 ให้ผลผลิตใบสูงสุดในขณะที่ สายัณห์ และคณะ (2550x) ได้คัดเลือกกระถินลูกผสมที่ได้รับจาก ศาสตราจารย์ Brew Baker ประเทศสหรัฐอเมริกาสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 พบว่าปรับตัวได้ดีในดินบริเวณอำเภอ ปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในต่างประเทศได้มีการคัดเลือกกระถินสายพันธุ์ K636 และตั้งชื่อว่กระถินพันธุ์

ทาร์มบ้า ซึ่งปรับตัวได้ดี และให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์คันทิงแฮม และเปรูที่เป็นพันธุ์เดิม อย่างไรก็ตาม กระถินพันธุ์/สายพันธุ์เหล่านี้ยังไม่มี การประเมินในด้านผลผลิตที่เกี่ยวข้องกับการนำไปใช้เป็นพลังงาน จึงไม่มีข้อมูลที่จะเป็นตัวชี้วัดว่ากระถินที่ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์เหล่านี้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็น พืชพลังงานหรือไม่ถ้าระยะเวลาในการตัดยี่ออกไยาวนานกว่าการใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ หรือสั้นกว่า เมื่อพิจารณาในแง่ของการนำไปใช้เป็นไม้ใช้สอย ดังนั้นการนำพันธุ์และสายพันธุ์เหล่านี้มาศึกษา เปรียบเทียบกับพันธุ์เดิมที่ใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ในปัจจุบันได้แก่ คันทิงแฮม และเปรู จึงมีความจำเป็นต่อ การนำไปใช้เป็นพลังงานในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของกระถิน ที่มีการนำเข้ามาใหม่ (ทาร์มบ้า 5/7 และ 5/8) กับพันธุ์ที่แนะนำให้ใช้ปลูกในปัจจุบัน (เปรู และคันทิงแฮม)
2. เพื่อเปรียบเทียบผลผลิต และคุณสมบัติทางการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของกระถินพันธุ์/สายพันธุ์ ทาร์มบ้า เปรู คันทิงแฮม 5/7 และ 5/8 โดยใช้ค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนที่ได้เป็นตัวชี้วัด
3. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของส่วนใบที่จะนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ภายหลังการนำส่วนลำต้นไปใช้เป็นพลังงานจากกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (ทาร์มบ้า เปรู คันทิงแฮม 5/7 และ 5/8)

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของกระถิน

กระถิน (*Leucaena*) เป็นพืชพื้นเมืองดั้งเดิมของอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก ต่อมาได้แพร่กระจายไปทั่วทั้งในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Brewbaker *et al.* 1985) โดยมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันออกไปดังนี้ ออสเตรเลีย และ อเมริกา เรียก *Leucaena*, ฮาวาย เรียก *Koa hale*, แมกซิโก เรียก *Guaje* หรือ *Uaxin*, จีน เรียก *Yin ho huan* และ ไทย เรียก กระถิน (*Katin*) เป็นต้น (Brewbaker *et al.*, 1985; Pound and Cairo, 1983) ในประเทศไทยกระถินบ้าน หรือกระถินยักษ์มักเรียกรวมกันว่า “กระถิน” ซึ่งเป็นชื่อที่เรียกกันโดยทั่วไป แต่ในภาคต่างๆ ของประเทศมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันไป เช่น ภาคเหนือเรียก ผักก้านดิน หรือผักหนองบก ภาคกลางเรียก กระถินดอกขาว กระถินหัวหงอก หรือกะเส็ดโคก ภาคอีสานเรียก ผักก้านดิน หรือผักกะเส็ด และภาคใต้เรียก สะตอเทศ หรือสะตอเบา (สุริย์ และ อนันต์, 2540) นอกจากนั้นยังมีพืชบางชนิดที่ไม่จัดอยู่ในวงศ์เดียวกับกระถิน แต่มีชื่อสามัญส่วนหนึ่งว่ากระถินเช่นกันคือ กระถินนา หรือกระถินทุ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Xyris indica* L. อยู่ในวงศ์ Xyridaceae ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยวแบนยาวคล้ายหญ้า (ราชบัณฑิตยสถาน, 2538) การนำกระถินเข้ามาในประเทศไทยนั้น วีระ (2523) รายงานว่านำเข้ามาปลูกประมาณปีพ.ศ. 2509 โดย ดร. รอย ชีเกฟัส

กระถินที่นิยมปลูกทั้งในประเทศและต่างประเทศมีชื่อสามัญว่า *Leucaena* ชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. อยู่ใน Family Leguminosae และ Sub-family Mimosoideae โดยมีชื่อเดิม และชื่อพ้องอีกหลากหลายเช่น *Mimosa leucocephala*, *Acacia glauca* (L.) Willd, *Mimosa glauca* L. และ *Leucaena glauca* (Willd.) (Pound and Cairo, 1983) ซึ่งกระถินที่กล่าวถึงมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ดังนี้

1.1 ลำต้น

กระถินที่พบส่วนมากมักเป็นไม้ขนาดกลางความสูงประมาณ 7-18 เมตร ลำต้นเรียบสีน้ำตาลแดง กระพี้สีเหลืองอ่อนเกือบขาว แก่นมีสีน้ำตาลแดง เปลือกไม้บาง เนื้อไม้เป็นเส้นตรง (วีระ, 2523) การเจริญของลำต้นเป็นแบบตั้งตรง มีทั้งที่เป็นไม้พุ่มและไม้ยืนต้น อรุณ และคณะ (2528) กล่าวว่ากระถินจัดเป็นไม้ที่มีความหนาแน่นเนื้อไม้ปานกลางระหว่าง 500-650 กิโลกรัม/ตารางเมตร เช่นเดียวกับไม้สัก และมะฮอกกานี จึงรับแรงได้น้อยกว่าไม้ที่มีความหนาแน่นเนื้อไม้สูง แต่การหดตัว และการแตกร้าว น้อย

1.2 ใบ

มีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก (bipinnate) ยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ในหนึ่งใบประกอบด้วยใบประกอบย่อย (pinnae) 4-9 คู่ แต่ละคู่มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตร ในแต่ละคู่ใบประกอบย่อยประกอบด้วยใบย่อย (leaflet) ประมาณ 11-17 คู่ และมักพบต่อมน้ำหวาน (petiolar gland) บริเวณใบย่อยคู่สุดท้าย ใบมีรูปร่างรีปลายใบแหลม ไม่มีขน กว้าง 2.0-3.3 มิลลิเมตร ยาว 8-12 มิลลิเมตร มีใบตลอดปี แต่หากในสภาพธรรมชาติที่มีลมแรง หรือแห้งแล้งเป็นเวลานานจะมีการทิ้งใบบางส่วน และใบจะร่วงเมื่อความชื้นในบรรยากาศต่ำ อากาศเย็น หรือไม่มีแสงสว่าง (อุดม, 2522; Pound and Cairo, 1983)

1.3 ดอก

มีสีเหลืองนวล หรือเหลืองปนขาว ดอกมีลักษณะรวมเป็นกลุ่ม (head) ประกอบด้วยดอกย่อย 100-180 ดอก ก้านชูดอกยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ในแต่ละดอกย่อยมีเกสรตัวผู้ 10 อัน ภายในรังไข่มีขนอยู่บริเวณส่วนบน เมื่อดอกแก่จะมีสีน้ำตาล (อุดม, 2522; Pound and Cairo, 1983)

1.4 ฝัก

เกิดเป็นกลุ่ม มีลักษณะบาง แบน และตรง บริเวณปลายฝักแหลม เมื่อฝักเริ่มแก่จะมีสีเขียวเข้ม และเป็นสีแดง หรือสีน้ำตาลเข้มเมื่อแก่เต็มที่ ฝักมีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาว 12-20 เซนติเมตร ช่อดอกหนึ่งๆมีฝักประมาณ 15-20 ฝัก ในฝักแก่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักประมาณ 15-30 เมล็ด (Pound and Cairo, 1983; Shelton and Brewbaker, 1994)

1.5 เมล็ด

รูปร่างแบนรี (elliptic) กว้าง 3-4 มิลลิเมตร ยาว 6-8 มิลลิเมตร หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และเมล็ดมีสีน้ำตาลเมื่อแก่ เปลือกหุ้มเมล็ดมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งไม่เปื่อยกน้ำ (เจษฎา, 2527) จำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมมีความแปรผันตามชนิด และพันธุ์ เมล็ดกระถินมีเปลือกที่หนา การนำเมล็ดไปปลูกจึงจำเป็นต้องผ่านการทำลายการพักตัว (Pound and Cairo, 1983)

1.6 ระบบราก

กระถินมีระบบรากแก้วที่สามารถหยั่งลึกลงดินได้ถึง 5 เมตร จึงทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี (Shelton and Brewbaker, 1994) และมีรากแขนงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2.2 มิลลิเมตร โดยเฉพาะรากแขนงที่อยู่บริเวณผิวดินซึ่งเป็นบริเวณที่เชื้อแบคทีเรียไรโซเบียมสามารถสร้างปม และตรึงไนโตรเจนได้ และขนที่อยู่บริเวณผิวยังเป็นที่ยึดของเชื้อราไมคอร์ไรซา ที่อยู่ร่วมกับรากจึงช่วยให้กระถินได้รับธาตุฟอสฟอรัส และธาตุอาหารอื่นๆที่จำเป็นเพิ่มขึ้น (Pound and Cairo, 1983)

2. การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม

2.1 อุณหภูมิ

โดยปกติอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถินอยู่ที่ 25-30 องศาเซลเซียส (Shelton and Brewbaker, 1994) แต่กระถินสามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ และสูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม Mullen *et al.* (1998) รายงานว่ากระถินสามารถเจริญเติบโตได้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 10.5 - 37.1 องศาเซลเซียส และยังคงให้ผลผลิตได้ แต่ปริมาณผลผลิตจะน้อยกว่าการปลูกที่อุณหภูมิที่เหมาะสม โดยในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 10-28 องศาเซลเซียสจะมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในเชิงบวกกับผลผลิต กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 10 ไปจนถึง 28 องศาเซลเซียสปริมาณผลผลิตจะเพิ่มขึ้นตามเป็นแบบสมการเส้นตรง แต่เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 28 องศาเซลเซียสขึ้นไปปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจะเพิ่มขึ้นไม่เป็นไปตามสมการเส้นตรง สำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมจะมีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตกระถินน้อยกว่าอุณหภูมิต่ำที่ต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยเฉพาะอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส (สภาวะน้ำค้างแข็ง) สามารถทำให้ต้นกระถินตายได้ แต่ในกระถินชนิด (species) *L. retusa* และ *L. greggii* สามารถทนต่ออุณหภูมิต่ำได้ถึง -10 องศาเซลเซียส ซึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าวกระถิน *L. leucocephala* ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (Glumac, 1986; Long, 1992)

2.2 แสง

กระถินสามารถทนต่อการถูกพรางแสงได้ในระดับปานกลาง (Benjamin *et al.*, 1991) ซึ่งเมื่อกระถินได้รับการพรางแสงในระยะต้นกล้า (ประมาณ 1-2 เดือน) จะมีการปรับตัวโดยใบจะมีขนาดใหญ่ขึ้น แต่ความหนาของใบจะลดลง (Egara and Jones, 1977) แสงมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิดรวมทั้งกระถินเช่นกัน Pathak and Patil (1982) เปรียบเทียบการงอกของเมล็ดกระถินที่เพาะในที่ที่ได้รับปริมาณแสงต่างกันคือ 20, 45 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมล็ดที่รับแสง 100 เปอร์เซ็นต์ ความยาวต้น น้ำหนักของราก และจำนวนปมต่อต้นจะเพิ่มขึ้น แต่ส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อได้รับแสง 45 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การพรางแสง 50 เปอร์เซ็นต์ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดหากนำ

เมล็ดมาผ่านการทำลายการพักตัวก่อน (ศิริพันธ์, 2523) หลังจากนั้นเมื่อต้องการย้ายกล้ากระถินลงแปลงปลูก ควรย้ายกล้ามาไว้ในบริเวณที่ได้รับแสงอย่างเต็มที่ประมาณ 3-4 สัปดาห์เพื่อให้กล้าแข็งแรง (ชิติน.ป.ป.)

2.3 ความชื้น

กระถินสามารถขึ้นได้ดีในบริเวณเขตชื้น และร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 600-2,500 มิลลิเมตร/ปี และสามารถปลูกได้ในที่ที่อยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 0-600 เมตร (อุดม, 2522) นอกจากนี้กระถินยังเป็นพืชที่ทนต่อความแห้งแล้งได้ในทุกช่วงอายุ เนื่องจากรากสามารถหยั่งลึกได้ถึง 5 เมตร เพื่อให้น้ำใต้ดินในการเจริญเติบโต (Shelton and Brewbaker, 1994) วีระ และ สมาน (2524) รายงานว่า การให้น้ำต้นกล้ากระถินสามารถให้วันเว้นวันได้ เนื่องจากผลการทดลองในแปลงที่ให้น้ำทุกวัน และให้น้ำวันเว้นวันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ไม่ทนต่อสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลานาน (อุดม, 2522)

2.4 ดิน และแร่ธาตุ

ลักษณะของดินที่กระถินสามารถปรับตัวได้ดี คือบริเวณที่เป็นดินเหนียว (clay) มีการระบายน้ำดี และมีความเป็นด่างเล็กน้อย (pH 9) (Tewari *et al.*, 2004) เกษญา และ ลัดดา (2527) กล่าวว่ากระถินสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีสภาพความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 2 เปอร์เซ็นต์ แต่การเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงของต้น และความยาวของรากจะลดลงตามความเข้มข้นของเกลือที่ใส่ ตั้งแต่ระดับ 0, 1.0, 1.5 และ 2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 2 เปอร์เซ็นต์ กระถินยังคงอยู่ในแปลงได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ในดินที่มีสภาพเป็นกรดกระถินยังสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ดินต้องมีค่า pH ไม่ต่ำกว่า 5.2 (Shelton and Brewbaker, 1994) ซึ่งในสภาพที่ดินมีความเป็นกรดสูงมักมีความเข้มข้นของธาตุอะลูมิเนียม (Al), เหล็ก (Fe) และแมงกานีส (Mn) มาก ซึ่งธาตุดังกล่าวหากมีปริมาณมากจะเกิดผลเสียต่อพืช แต่กระถินสามารถทนต่อความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และแมงกานีสได้ถึงระดับความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ และ 550 พีพีเอ็ม ตามลำดับ (Pound and Cairo, 1983)

2.5 ความต้านทานโรค และแมลง

การปลูกกระถินในประเทศไทยมักไม่ประสบปัญหาจากโรค และแมลง โดยโรคที่พบในกระถินส่วนใหญ่มักเกิดจากเชื้อรา เช่น โรคกล้าเน่า และโรคเน่าคอต้น ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้สารเคมี หรือสารกำจัดเชื้อรา เช่น เบนเลท หรือ บราสซิโคล นิคพ่นในช่วงฤดูฝน เพื่อลดความเสียหายจากเชื้อรา (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2550) ส่วนแมลงศัตรูพืชที่สำคัญในกระถินคือ เพลี้ยไถ่ฟ้ากระถิน

(*Heterophylla cubana* Crawford) สามารถเข้าทำลายกระถินได้ทั้งในระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยการดูดน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน ใบอ่อน และฝัก ทำให้ยอด และใบเหี่ยวเฉา นอกจากนั้นยังปล่อยสารเหนียว (honeydew) ไว้ตามยอดจนเกิดราดำ ทำให้กระถินชะงักการเจริญเติบโต การควบคุมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้พันธุ์ต้านทาน ควบคุมโดยชีววิธี และ การใช้สารเคมี กัลยา และคณะ (2542) กล่าวว่า การควบคุมเพลี้ยไก่อไฟกระถินด้วยชีววิธีที่ได้ผลดี และมีประสิทธิภาพคือการควบคุมโดยใช้แมลงศัตรูตามธรรมชาติของเพลี้ยนั้นคือด้วงเต่า ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยไก่อไฟได้ดี อีกทั้งการตัดกระถินแบบสลับแถวยังช่วยลดปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟได้เช่นกัน

3. พันธุ์ และสายพันธุ์กระถินในประเทศไทย

3.1 การจำแนกกระถิน

โดยทั่วไปสามารถพิจารณาได้จากขนาดลำต้น ใบย่อย ฝัก และสีของดอก (Shelton and Brewbaker, 1994) ซึ่งครั้งแรกกระถินมีการจำแนก และจัดบันทึกไว้ 16 ชนิด (species) ได้แก่ *Leucaena collinsii* , *L. cuspidata*, *L. diversifolia* , *L. esculenta* , *L. greggii* , *L. lanceolata* , *L. leucocephala* , *L. macrophylla* , *L. multicapitula* , *L. retusa* , *L. pallida* , *L. pulverulenta* , *L. salvadorensis* , *L. shannoni* , *L. trichodes* และ *L. sp.* (*L. cusoidata* subsp. *compactiflora*) (Hughes, 1991) ต่อมา มีการจำแนกเพิ่มอีก 6 ชนิด ได้แก่ *L. confertiflora* , *L. involucre* , *L. lempirata* , *L. matudae* , *L. pueblana* และ *L. trichodes* (Hughes, 1998) และสามารถจัดกระถินออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้ 3 กลุ่มดังนี้ (อุดม, 2522; Brewbaker *et al.*, 1972; Pound and Cairo, 1983; NAS, 1984)

3.1.1 Hawaiian type หรือ Common type

ลักษณะเป็นไม้พุ่มเตี้ย สูงประมาณ 5 เมตร ออกดอกขณะที่ต้นมีอายุน้อย (อายุ 4-6 เดือน) และออกดอกตลอดปี กระถินที่มีลักษณะดังกล่าวจัดเป็นวัชพืชที่กำจัดได้ยาก ด้านการให้ผลผลิต Hawaiian type ให้ผลผลิตทั้งใบ และเนื้อไม้ต่ำ และสันนิษฐานว่ากระถินบ้านที่มีขนาดลำต้นเล็ก ออกดอกตลอดปี และเมล็ดมีขนาดเล็กนั้นจัดอยู่ใน Hawaiian type

3.1.2 Salvador type (Guatemala type, Hawaii Giant หรือ Giant type)

เป็นไม้ต้นสูงโดยสูงได้ถึง 20 เมตร หรือมากกว่า ใบ ฝัก เมล็ดใหญ่ และดอก ลำต้นตรง มีกิ่งน้อย การออกดอกไม่สม่ำเสมอ ประมาณ 2 ปีให้ดอกหนึ่งครั้ง จึงมีปัญหาด้านการผลิตเมล็ดพันธุ์ ลักษณะของ Salvador type เหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง

3.1.3 Peruvian type หรือ Peru type

ลักษณะเป็นไม้ขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 10-15 เมตร กิ่งใหญ่ และแตกกิ่งก้านมากบริเวณโคนลำต้น ปริมาณใบต่อต้นสูง ลำต้นมีขนาดเล็ก ออกดอกนานๆครั้ง Peru type สามารถนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ดี ดังนั้นนักวิจัยประเทศออสเตรเลียจึงได้ปรับปรุงพันธุ์กระถิน โดยผสมลักษณะของ Peru type และ Giant type เพื่อนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์จนได้พันธุ์ใหม่คือ พันธุ์คันทิงแฮมที่มีลักษณะการแตกกิ่งก้านมาก ให้ผลผลิตใบสูง เหมาะสำหรับการปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็ม (Dalzell *et al.*, 2006)

3.2 พันธุ์ และสายพันธุ์กระถินที่มีการศึกษาภายในประเทศไทย

ประเทศไทยมีการนำพันธุ์กระถินจากต่างประเทศเข้ามาศึกษาหลากหลายพันธุ์ และสายพันธุ์ เพื่อนำมาศึกษาการผลิดเป็นพืชอาหารสัตว์ เพราะปลูกได้ง่าย ให้ผลผลิต และคุณค่าทางอาหารสูง และเพิ่มคุณภาพให้กับผลผลิตสัตว์ (Flores-Ramos, 1977; Shelton and Brewbaker, 1994) การศึกษาในประเทศไทยระยะแรก ชานูชัย และคณะ (2517) ศึกษาถึงผลผลิตและคุณค่าในการนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ของกระถิน 10 พันธุ์ คือพันธุ์พื้นเมือง, ออสเตรเลีย, โอเวอร์โกลด์, เอลชวาดอร์, นิวกินนี 70, นิวกินนี 71, นิวกินนี 72, ไต้หวัน, ฮาวาย และโคลัมเบีย พบว่ากระถินพันธุ์โอเวอร์โกลด์ให้ผลผลิตใบแห้งเฉลี่ยสูงสุด 1,500 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ฮาวายให้ผลผลิต 1,300 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์พื้นเมืองให้ผลผลิตเพียง 500 กิโลกรัม/ไร่ และเมื่อเปรียบเทียบผลผลิตใบกับถั่วไม้ยืนต้นชนิดอื่น เช่น แคนฝรั่ง, กระถินอินโดนีเซีย, โสน, แคน และจีเหล็ก พบว่ากระถินให้ผลผลิตใบมากที่สุด (Heinemann *et al.*, 1997) ต่อมา จูริรัตน์ และคณะ (2519) ศึกษา และเปรียบเทียบผลผลิตของกระถิน 10 พันธุ์ในพื้นที่ดินเหนียวที่มีน้ำชลประทาน พบว่า กระถินพันธุ์นิวกินนี 70 สามารถเจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตใบแห้งสูงสุด (1,454 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมาเป็นพันธุ์นิวกินนี 72 (1,471 กิโลกรัม/ไร่) ส่วนพันธุ์พื้นเมืองนั้นให้ผลผลิตต่ำสุด (366 กิโลกรัม/ไร่) แต่ในด้านปริมาณโปรตีนในใบนั้น ใบกระถินพันธุ์พื้นเมืองมีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างในทางสถิติจากกระถินพันธุ์นิวกินนี 70 แต่มากกว่าพันธุ์นิวกินนี 72 ฉายแสง และคณะ (2548) ได้ทดสอบและคัดเลือกพันธุ์กระถินในด้านผลผลิตใบจำนวน 17 สายพันธุ์ พบว่ากระถิน *L. leucocephala* subsp. *Glabrata* สายพันธุ์ 34/92 ให้ผลผลิตใบแห้งสูงสุด 3,520 กิโลกรัม/ไร่ รองมาคือ *L. salvadorensis* สายพันธุ์ 17/86 และ *L. macrophylla* subsp. *Nelsonii* สายพันธุ์ 47/85 ซึ่งให้ผลผลิต 3,088

และ 3,008 กิโลกรัม/ไร่ตามลำดับ จากการตัดทุก 4 เดือนรวม 8 ครั้ง แต่กระถินที่มีปริมาณโปรตีนมากที่สุด คือ *L. trichodes* สายพันธุ์ 61/88 (27.88 เปอร์เซ็นต์) และกระถินที่มีการย่อยได้ของวัตถุดิบมากที่สุดคือ *L. leucocephala* subsp. *Glabrata* สายพันธุ์ 34/92 (80.11 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 48 ชั่วโมง)

4. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต

4.1 พันธุ์

จากความหลากหลายทางด้านพันธุ์ของกระถินซึ่งมีผลต่อปริมาณผลผลิต คุณภาพของใบ และความสามารถในการเพิ่มผลผลิตให้แก่สัตว์จึงมีการศึกษา คัดเลือก และปรับปรุงพันธุ์กระถินเพื่อให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในลักษณะต่างๆ โดยเฉพาะการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ซึ่งพันธุ์ที่นิยมนำมาศึกษาส่วนใหญ่มาจาก *Leucaena leucocephala* subspecies *glabrata* ปรับปรุงจนได้พันธุ์ที่มีลักษณะเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ และใช้ปลูกเป็นพันธุ์การค้าในปัจจุบัน ดังนี้ (Dalzell et al., 2006)

4.1.1 พันธุ์เปรู (*Leucaena leucocephala* cv. Peru)

เมล็ดพันธุ์เริ่มแรกได้มาจากนักพฤกษศาสตร์ชาวอาร์เจนตินาที่เก็บเมล็ดจากประเทศเปรู และนำมาทดสอบจนได้ออกมาเป็นพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็นการค้าจาก CSIRO (The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) ประเทศออสเตรเลียตั้งแต่ปี ค.ศ. 1976 และมีการนำมาใช้จนถึงปัจจุบัน ลักษณะของพันธุ์เปรูเป็นไม้พุ่มเตี้ย มีการแตกกิ่งมาก และให้ผลผลิตใบที่มีโปรตีนสูง แต่ไม่ทนต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟ

ในประเทศไทย Sampet and Pattaro (1979) ได้ศึกษาถึงการให้ผลผลิตในกระถินพันธุ์เปรู เปรียบเทียบกับพันธุ์คันทิงแฮม ฮาวาย และพันธุ์พื้นเมือง โดยตัดทุก 3 เดือนเป็นระยะเวลา 1 ปี จากการทดลองพบว่ากระถินพันธุ์เปรู คันทิงแฮม และฮาวายให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งใกล้เคียงกัน (1,728, 1,948 และ 1,594 กิโลกรัม/ไร่) แต่มากกว่ากระถินพันธุ์พื้นเมืองอย่างเห็นได้ชัด (920 กิโลกรัม/ไร่) และทั้ง 4 พันธุ์ยังมีปริมาณโปรตีน และแคลเซียมในใบอยู่ในระดับใกล้เคียงกัน (26-28 และ 23-25 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) นอกจากนั้นเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีไนโตรเจนในกระถินพันธุ์เปรูในงานทดลองดังกล่าว (27.1 เปอร์เซ็นต์) ยังมีปริมาณมากกว่ากระถินในงานทดลองของ ชาญชัย และคณะ (2517) ทั้ง 10 พันธุ์ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเพียง 20.7-23.6 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และในงานทดลองของ Castillo et al. (1998) พบว่านอกจากกระถินพันธุ์เปรูจะสามารถให้ผลผลิตใบได้มากกว่ากระถินพันธุ์พื้นเมืองแล้ว ยังสามารถให้

ผลผลิตใบสูงกว่ากระถิน *L. collinsii*, *L. diversifolia*, *L. esculenta*, *L. involucreta*, *L. magnifica*, *L. pulverulenta*, *L. salvadorensis* และ *L. trichodes* สายพันธุ์ต่างๆด้วยเช่นกัน

4.1.2 พันธุ์คั่นนึ่งแสม (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham)

เป็นพันธุ์ที่ผสมระหว่าง พันธุ์เปรู และสายพันธุ์ CPI 18228 จากกัวเตมาลา ลักษณะใบของพันธุ์คั่นนึ่งแสมมีสีเขียวเข้มกว่ากระถินพันธุ์อื่นๆ ใบย่อย (leaflet) มีขนาดใหญ่กว่าพันธุ์เปรู เมล็ดมีสีเขียว และขนาดเล็ก มีกิ่งมาก ทนต่อการเข้าแทะเล็มของสัตว์ โดยนำเข้ามาปลูกในประเทศไทย ประมาณปีพ.ศ. 2519 (ธำรงค์ดี และคณะ, 2546) และสามารถให้ผลผลิตใบได้มากกว่าพันธุ์เปรู Wahab and Ahmad (1984) รายงานว่าการตัดกระถินทุกๆ 2 เดือนเป็นเวลา 1 ปีกระถินพันธุ์คั่นนึ่งแสมสามารถให้ผลผลิตใบแห้งได้ 1,824 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรูให้ผลผลิต 1,360 กิโลกรัม/ไร่ ต่างจากงานทดลองของ Khai et al. (1995) ที่รายงานว่ากระถิน 2 พันธุ์คือพันธุ์เปรู และคั่นนึ่งแสมสามารถให้ผลผลิตใบแห้งใกล้เคียงกันจากการตัด 4 ครั้ง (1,584 และ 1,504 กิโลกรัม/ไร่) แต่กระถินพันธุ์คั่นนึ่งแสมสามารถให้ผลผลิตใบได้มากกว่ากระถิน *L. collinsii*, *L. esculenta*, *L. multicapitata*, *L. pulverulenta*, *L. shanonii* และ *L. trichodes* สายพันธุ์ต่างๆ และมีปริมาณโปรตีนมากกว่า *L. diversifolia*, *L. esculenta*, *L. pulverulenta*, *L. salvadorensis* และ *L. shanonii* ที่ตัดทุกๆ 4 เดือน (ฉายแสง และคณะ, 2548) โดยที่ปริมาณโปรตีนในใบอ่อนของกระถินพันธุ์เปรู และคั่นนึ่งแสมมีปริมาณใกล้เคียงกัน (37.47 และ 37.34 เปอร์เซ็นต์) แต่ถ้าพิจารณาในใบที่มีอายุมากขึ้นปริมาณโปรตีนในใบกระถินพันธุ์คั่นนึ่งแสมจะมีมากกว่าในพันธุ์เปรู (23.06 และ 21.75 เปอร์เซ็นต์) (Mendoza, 1984)

4.1.3 พันธุ์ทาร์มบ้า (*Leucaena leucocephala* cv. Tarramba)

ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากมหาวิทยาลัยฮาวาย และแนะนำให้เป็นพันธุ์การค้าเมื่อปี ค.ศ. 1994 พันธุ์ทาร์มบ้ามีลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านน้อย จึงต้องการการตัดแต่งมากกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนึ่งแสม การคิดเมล็ดต่ำจึงไม่เป็นปัญหาในการเป็นวัชพืช แต่มีปัญหาในการนำไปขยายพันธุ์ต่อ (Dalzell et al., 2006) กระถินพันธุ์ดังกล่าวไม่ต้านทานต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟ แต่สามารถเจริญเติบโตได้เมื่อมีการเข้าทำลาย การนำพันธุ์ทาร์มบ้าเข้ามาปลูกในประเทศไทยนั้น กรมปศุสัตว์ (ม.ป.ป.) รายงานว่านำเข้าโดยฉายแสง ไฟแก้ว ประมาณปีพ.ศ. 2539

พันธุ์ทาร์มบ้ามีรายงานว่าสามารถให้ผลผลิตใบได้มากกว่าทั้งพันธุ์เปรู และคั่นนึ่งแสม เนื่องจากพันธุ์ทาร์มบ้าสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว และทนต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟได้ดีกว่าอีก 2 พันธุ์จึงทำให้ผลผลิตใบที่ได้มีปริมาณมากกว่า (Dalzell, 2006) Wandera and Njarui (1998) รายงานว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้ามีระดับการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟน้อยกว่าทั้งในพันธุ์เปรู และคั่นนึ่งแสม อีกทั้งยังสามารถให้

ผลผลิตใบ และลำต้น (71.5 และ 15.3 กรัม/ต้น) มากกว่าทั้งในพันธุ์เปรู (41.1 และ 13.1 กรัม/ต้น) และคันทิงแฮม (38.9 และ 5.2 กรัม/ต้น) เช่นกัน Galgal *et al.* (2006) กล่าวว่ากระถินพันธุ์ทาร์รัมบ้าสามารถเพิ่มน้ำหนักตัว/วันในโคได้ถึง 0.65 กิโลกรัม/วัน

นอกจากกระถินทั้ง 3 พันธุ์ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีกระถินอีกหลายพันธุ์ และสายพันธุ์ที่นำมาศึกษาในประเทศไทยเพื่อศึกษาในด้านการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต ปริมาณธาตุอาหาร และสารพิษที่มีในกระถิน เช่น งานทดลองของ ศศิธร และคณะ (2546) พบว่าจากการตัดทุกๆ 4 เดือน จำนวน 8 ครั้ง สายพันธุ์ที่สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบ และลำต้นมากที่สุด คือ *L. leucocephala* K 376 (4,338 และ 6,325 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) ส่วนสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตหลังการตัดดีที่สุด คือ *L. leucocephala* cv. Taramba และ *L. leucocephala* K 636 ฉายแสง และคณะ (2548) รายงานว่ากระถินสายพันธุ์ *L. leucocephala* subsp. *Glabrata* 34/92 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบมากที่สุด (3,520 กิโลกรัม/ไร่) สายพันธุ์ *L. lanceolata* 43/85 ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นมากที่สุด (7,000 กิโลกรัม/ไร่) จากการตัดทุกๆ 4 เดือน จำนวน 8 ครั้งเช่นเดียวกัน ส่วนสายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตหลังการตัดดีที่สุดคือ สายพันธุ์ *L. leucocephala* subsp. *Glabrata* 34/92 และ *L. macrophylla* subsp. *Nelsonii* 47/85 นอกจากนั้น ศศิธร และคณะ (2546) ยังรายงานเพิ่มว่า กระถินสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟ ได้แก่ สายพันธุ์ *L. pallida* CQ 3439, *L. diversifolia* 46568 และ *L. leucocephala* K 376 ในขณะที่สายพันธุ์ *L. collinsii* และ *L. diversifolia* ssp. *stenocarpa* ไม่พบการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟเลยตลอดการทดลอง (ธำรงค์ศักดิ์ และคณะ, 2546) และเมื่อพิจารณาด้านองค์ประกอบทางเคมี โดยเฉพาะเปอร์เซ็นต์โปรตีนรวม (CP) สายพันธุ์ *L. diversifolia* CPI 33820, *L. leucocephala* cv. Taramba, *L. trichodes* 61/88, *L. trichodes* (61/88) และพันธุ์ชยันต (เขาท่าพระ) มีปริมาณ CP สูงกว่าสายพันธุ์อื่นๆ ที่ทดลองร่วมด้วย (จุริรัตน์ และคณะ, 2519; ธำรงค์ศักดิ์ และคณะ 2546; ศศิธร และคณะ, 2546; ฉายแสง และคณะ, 2548) ด้านปริมาณสารมิโมซินซึ่งเป็นสารพิษในกระถิน พบว่ามีมากในพันธุ์ฮาวาย (Hawaii), ซัลวาดอร์ (Salvador) และ สายพันธุ์พื้นเมือง (Local variety) ซึ่งมีปริมาณเฉลี่ย 8-9 เปอร์เซ็นต์ (อุดม และคณะ, 2526)

4.2 ระยะปลูก

การปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ระยะปลูกที่เหมาะสมนั้น สายัณห์ และ ชื่นจิต (2545) รายงานว่าควรปลูกแบบระยะแถวแคบ เพราะจะได้ผลผลิตใบมากกว่าการใช้ระยะแถวกว้าง สอดคล้องกับงานทดลองของ สมคิด และคณะ (2522) ที่แสดงให้เห็นว่าการปลูกกระถินโดยใช้ระยะแคบที่สุดในการทดลองคือ 1x0.3 เมตรให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบมากที่สุด 2,049 กิโลกรัม/ไร่/ปี เมื่อเปรียบเทียบกับที่ระยะ 1x0.5 1x0.7 1x1 และ 1x1.3 เมตรที่ให้ผลผลิตเพียง 1,769 1,630 1,482 และ 1,665 กิโลกรัม/ไร่/ปีตามลำดับ ทำนองเดียวกับงานทดลองของ ประสาท และคณะ (2526) ที่พบว่า การปลูก

กระถินในระยะแถวแคบ 1x1 เมตร สามารถให้ผลผลิตไบบมากกว่าระยะ 2x1 และ 2x2 เมตร แต่ต่างจากงานทดลองของ Ferraris (1979) ที่ศึกษาผลผลิตของกระถินพันธุ์คันทันนิ่งแฮม และเปรู โดยใช้ระยะระหว่างแถว 0.3 และ 0.9 เมตร พบว่ากระถินทั้ง 2 พันธุ์ที่ใช้ระยะปลูก 0.3 และ 0.9 เมตร ไม่มีความแตกต่างกันในด้านการให้ผลผลิตทั้งในส่วนใบ และต้น แต่การปลูกโดยใช้ระยะแคบ (0.3 เมตร) จะส่งผลให้ผลผลิตในปีถัดไปมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ระยะปลูก 0.9 เมตร ณัฐ และคณะ (2551) ได้รวบรวมข้อมูลด้านผลผลิตจากไม้กระถินเพื่อกำหนดระยะ และอายุที่เหมาะสมต่อการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง พบว่าไม้กระถินที่อายุ 2-3 ปี ระยะปลูกที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.6x0.6 ถึง 1x1 เมตร โดยจะให้ผลผลิตถึง 15,840-17,920 กิโลกรัม/ไร่ สอดคล้องกับงานทดลองของ ชิงชัย และคณะ (2550) ที่ศึกษาศักยภาพการปลูกไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถิน) เพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้ระยะปลูกที่ 1x1, 1x2, 2x2, 2x3 และ 4x4 เมตร พบว่าการปลูกที่ระยะ 1x1 เมตร ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดสามารถให้ผลผลิตน้ำหนัสดมมากที่สุด 6,814, 7,666 และ 7,213 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ

การปลูกไม้ยืนต้นเพื่อเป็นไม้ใช้สอยส่วนมากมักประเมินที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และผลผลิตเป็นสำคัญ ดังนั้นการศึกษาจึงมักใช้ระยะเวลานาน และมักใช้ระยะปลูกที่กว้างเพื่อให้ได้ขนาดลำต้นที่ใหญ่ เช่นเดียวกับการปลูกกระถินเพื่อใช้ส่วนลำต้น หากปลูกโดยใช้ระยะแคบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จะลดลงกว่าการใช้ระยะการปลูกที่กว้าง ดังในงานทดลองของ Van Den Beldt (1982) ที่ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะการปลูกต่อการเจริญเติบโตของกระถิน พบว่าการปลูกที่ระยะ 1x2 เมตรทำให้กระถินมีขนาดลำต้นดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ 1x1, 1x0.5 และ 1x0.25 เมตร สรายุทธ (2529) ที่ศึกษาผลผลิตไม้ฟืนที่ได้จากไม้กระถินที่ปลูกด้วยระยะต่างๆกัน (2x2, 1x1 และ 1x0.5 เมตร) พบว่าการปลูกเพื่อให้ได้ขนาดลำต้นที่ใหญ่ควรปลูกที่ระยะ 2x2 เมตร โดยที่อายุ 1 ปี ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากที่สุด 2.5 เซนติเมตร รองลงมาคือระยะ 1x1 เมตร (2.2 เซนติเมตร) และ 1x0.5 เมตร (1.6 เซนติเมตร) ตามลำดับ แต่ระยะปลูกที่ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมของลำต้นมากที่สุดคือ ระยะ 1x0.5 เมตร (2,392.8 กิโลกรัม/ไร่) เช่นเดียวกับงานทดลองของ ทรงยศ และคณะ (2551) ที่กล่าวว่า การปลูกกระถินที่ระยะ 1x0.5 เมตรที่อายุ 1 ปี ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมของลำต้นมากที่สุด 3,446 กิโลกรัม/ไร่ และการปลูกด้วยระยะ 2x1 เมตร ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด 4.6 เซนติเมตร

4.3 ความสูง และความถี่ของการตัด

กระถินสามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งส่วนลำต้น และใบ ดังนั้นความสูงในการตัดที่เหมาะสมจึงต้องพิจารณาจากการนำไปใช้ประโยชน์ Costa and Paulino (1995) กล่าวว่า ผลผลิตไบบมีความสัมพันธ์กับความสูง และความถี่ของการตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลผลิตไบบจะลดลงเมื่อตัดต้นกระถินที่ระดับต่ำ โดยทดลองตัดกระถินที่ความสูง 3 ระดับคือ 30, 50 และ 80 เซนติเมตร และที่ความถี่ในการตัด 3

ระดับคือ 42, 54, 70 และ 84 วัน พบว่าที่ความสูงของการตัด 80 เซนติเมตร ตัดทุกๆ 84 วันให้ผลผลิตใบมากที่สุด 5,928 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่การตัดที่ความสูง 30 เซนติเมตรตัดทุกๆ 42 วันให้ผลผลิตใบเพียง 2,755 กิโลกรัม/ไร่ แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ของสัตว์ พบว่าความถี่ในการตัดที่ระยะสั้นกว่าจะทำให้ปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น Muir (1998) ศึกษาในเรื่องความสูงของการตัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตใบของกระถิน พบว่าการตัดที่ระดับสูงจะทำให้ได้ผลผลิตใบเพิ่มมากขึ้น แต่ความถี่ของการตัดไม่มีผลต่อผลผลิตใบโดยการตัดที่ความสูง 100 เซนติเมตรให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมากที่สุด 1,394 กิโลกรัม/ไร่ รองลงมาเป็นการตัดที่ความสูง 70 และ 30 เซนติเมตร ซึ่งให้ผลผลิต 1,219 และ 875 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ เช่นเดียวกับผลผลิตเนื้อไม้ (ลำต้น) กล่าวคือการเพิ่มความสูงในการตัดทำให้ได้ผลผลิตเนื้อไม้เพิ่มขึ้น โดยที่ความถี่ของการตัดทุกๆ 6 เดือนจะให้ผลผลิตด้านเนื้อไม้มากกว่าตัดทุกๆ 3 เดือน Karim *et al.* (1991) กล่าวว่า การตัดกระถินที่ความสูง 75 และ 100 เซนติเมตรทุกๆ 3 เดือน ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวมสูงกว่าการตัดที่ความสูง 25 และ 50 เซนติเมตร และพบว่าความสูง และความถี่ของการตัดมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การตัดทุกๆ 1 เดือนที่ทุกระดับความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิต และกล่าวเพิ่มเติมว่าปริมาณไนโตรเจนในดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความสูง และความถี่ในการตัด แต่ต่างจากงานทดลองของ สายันท์ และ ชื่นจิต (2545) ที่กล่าวว่า ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนรวม และ โปแทสเซียมทั้งในส่วน of ลำต้น และ ใบกระถิน โดยที่การตัดกระถินที่ความสูง 10 เซนติเมตรให้ผลผลิตต่ำกว่าการตัดที่ความสูง 25 เซนติเมตร และ Karachi and Shirima (1997) ที่ศึกษาอิทธิพลของความสูงของการตัดที่มีต่อผลผลิตใบกระถิน 10 พันธุ์ พบว่าความสูงของการตัดที่เหมาะสมอยู่ที่ 50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับที่กระถินให้ผลผลิตใบมากที่สุด และมากกว่าการตัดที่ความสูง 25 และ 75 เซนติเมตร และการตัดที่ความสูง 50 เซนติเมตรในฤดูฝนจะให้ผลผลิตที่ได้มากกว่าการตัดในฤดูแล้งประมาณ 3-6 เท่า โดยให้ผลเช่นเดียวกับกระถิน Hawaiian (common type) กล่าวคือ การตัดกระถินช่วงฤดูฝนจะให้ผลผลิตใบมากที่สุดในการตัดทุกระดับความสูง (30, 60 และ 100 เซนติเมตร) แต่การตัดที่ความสูง 100 เซนติเมตรผลผลิตใบที่ได้จะมากกว่าการตัดที่ 30 และ 60 เซนติเมตรอย่างชัดเจน (Pathak and Patil, 1982)

5. การใช้ประโยชน์จากกระถิน

5.1 การใช้เป็นพืชอาหารสัตว์

กระถินนิยมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์มาเป็นระยะเวลานาน เนื่องจากใบมีคุณค่าทางอาหาร ความน่ากิน และการย่อยได้สูง ในประเทศออสเตรเลียจึงมีการส่งเสริมให้ปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์มานานกว่า 40 ปี แต่ไม่นิยมนำพันธุ์พื้นเมือง (*Leucaena leucocephala* subspecies

leucocephala) มาปลูกเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ เนื่องจากให้ผลผลิตใบต่ำ และไม่ทนต่อการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อีฟ้านอกจากความสามารถในด้านการให้ผลผลิตใบแล้ว กระจกยังช่วยเพิ่มผลผลิตที่ได้จากสัตว์ให้มีคุณภาพมากขึ้น Nhon and Ngu (1998) รายงานว่าการผสมใบกระจกกับต้นข้าวโพดเพื่อใช้เลี้ยงแพะทำให้ความสามารถในการกินได้ (feed intake) และการเพิ่มน้ำหนักตัวต่อวัน (body gain) ของแพะเพิ่มขึ้น (478 และ 73 กรัม/วัน ตามลำดับ) มากกว่าการเลี้ยงแพะด้วยต้นข้าวโพดเพียงอย่างเดียว (443 และ 43 กรัม/วัน ตามลำดับ) และมากกว่าการเลี้ยงด้วยใบจากต้นแคผสมกับต้นข้าวโพด (443 และ 43 กรัม/วัน ตามลำดับ) Hien and Hung (1998) รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยใบกระจก (อาหารผสม+ใบกระจก 4 เปอร์เซ็นต์) สามารถเพิ่มคุณภาพไข่ได้โดยทำให้เปอร์เซ็นต์ไข่แดง น้ำหนักไข่ และเปอร์เซ็นต์การฟักไข่เพิ่มขึ้น และหากนำใบกระจกมาเลี้ยงไก่กระทงสามารถทำให้น้ำหนักตัวของไก่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการเลี้ยงไก่ทั้ง 2 ชนิดด้วยใบกระจกยังช่วยลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำกว่าเลี้ยงด้วยอาหารชั้นเพียงอย่างเดียว Flores-Ramos (1977) รายงานว่าการปลูกกระจกพันธุ์เปรูร่วมกับหญ้าโรด (*Chloris gayana* cv. Pioneer) เพื่อเลี้ยงวัวพันธุ์เจอซีทำให้วัวสามารถให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้นมากกว่าการเลี้ยงด้วยหญ้าโรดเพียงอย่างเดียวถึง 7 เปอร์เซ็นต์ และยังช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีน และไขมันในน้ำนมให้มากขึ้นเช่นกัน Jones and Jones (1982) กล่าวว่า การปลูกกระจกเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารให้กับโคนั้นนอกจากจะเพิ่มอัตราการเข้าแทะเล็มของสัตว์ (stocking rate) ให้มากขึ้นแล้ว ยังทำให้อายุการใช้งานแปลงยาวนานขึ้น Galgal *et al.* (2006) กล่าวว่ากระจกพันธุ์ทาร์มบ้าสามารถเพิ่มน้ำหนักตัว/วันในโคได้ถึง 0.65 กิโลกรัม/วัน ซึ่งใกล้เคียงกับกระจกพันธุ์คันทันนิ่งแฮม (0.67 กิโลกรัม/วัน)

5.2 การใช้เป็นพลังงาน

พลังงานทดแทนเป็นพลังงานที่มีใช้อย่างไม่จำกัดหรือไม่มีวันหมดสิ้น ต่างจากพลังงานจากซากฟอสซิล (fossil energy) ซึ่งเป็นพลังงานที่สะสมตามธรรมชาติอันได้แก่ น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ที่มีวันหมดสิ้นไป พลังงานทดแทนมีหลายชนิดเช่น พลังงานแสงอาทิตย์ ลม น้ำ คลื่นทะเล (sea-waves) ความร้อนใต้พิภพ (geothermal energy) พลังงานชีวมวล (biomass) และขยะ เป็นต้น (สุริย์, 2531) แต่พลังงานทดแทนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ดี และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดคือพลังงานที่ได้จากมวลชีวภาพ หรือชีวมวล (Ryan, 1994)

ชีวมวล คือมวลสารอินทรีย์จาก พืช สัตว์ (รวมถึงมูลสัตว์) และจุลินทรีย์ เนื่องจากเซลล์สิ่งมีชีวิตประกอบด้วยธาตุชนิดต่างๆ เช่น คาร์บอน (C), ไฮโดรเจน (H), ออกซิเจน (O), ซัลเฟอร์ (S) และ ไนโตรเจน (N) เป็นต้น เมื่อสิ่งมีชีวิตตายลงโครงสร้างของเซลล์ต่างๆ ที่ไม่ย่อยสลายจึงยังคงสะสมพลังงานอยู่ โดยชีวมวลที่สามารถนำมาใช้เป็นพลังงาน และนิยมใช้กันมาก คือ ลำต้น เศษกิ่งไม้ ใบไม้ ที่มีเซลลูโลส ลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งเป็นโครงสร้างที่ย่อยสลายยาก สะสมเป็น

แหล่งพลังงานอยู่ในเซลล์พืช เมื่อนำไปเผาจะได้คาร์บอนที่สะสมอยู่จากส่วนดังกล่าวมาเป็นพลังงาน ความร้อน (ศาลิสา, ม.ป.ป.)

การปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เป็นพืชพลังงานนั้นต้องใช้พื้นที่ในการปลูกเช่นเดียวกับพืชชนิดอื่นๆ ดังนั้นหากพืชที่นำมาปลูกจำเป็นต้องปลูกเฉพาะในสภาพพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์เพียงเท่านั้น การปลูกจึงต้องรบกวนพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ และพืชอาหารอย่างแน่นอน ดังนั้นการคัดเลือกชนิดพืชที่สามารถขึ้นได้ในบริเวณอื่นๆ เช่น พื้นที่รอบคันนา พื้นที่ริมคลอง ริมถนน เป็นต้น จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง อีกทั้งในปัจจุบันสถานการณ์ด้านราคาน้ำมันเชื้อเพลิงมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อภาวะเศรษฐกิจ ดังนั้นนานาประเทศจึงหันมาพึ่งพาพลังงานทดแทนที่ผลิตได้ภายในประเทศให้มากที่สุด โดยเฉพาะการผลิตพลังงานจากพืชเช่น อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน ถั่ว และสบู่ดำ เพื่อนำมาใช้ผลิตเอทานอล และไบโอดีเซล จากการหันมาพึ่งพาพลังงานทดแทนดังกล่าวจึงกลายเป็นปัญหาเนื่องจากพืชที่เคยใช้ในการบริโภคเป็นอาหารถูกนำไปผลิตเป็นพลังงาน ส่งผลให้กว่า 37 ประเทศทั่วโลกเผชิญกับวิกฤติด้านอาหาร และรัฐพืชในตลาดโลกมีราคาสูงขึ้นจนเกิดการจลาจลทางอาหารในบางประเทศ เพราะรัฐพืชส่วนใหญ่ถูกนำไปใช้เป็นพลังงานทางเลือกมากขึ้น (ฐานเศรษฐกิจ, 2551) การปลูกพืชเพื่อนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน หรือเป็นเชื้อเพลิงนั้นพืชที่เหมาะสมในการเลือกมาปลูกควรมีลักษณะดังนี้คือ สามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ, ทนต่อสภาพน้ำขังได้ดี และทนต่อสภาพแห้งแล้งยาวนาน นอกจากนั้นเนื้อไม้เนื้อไม้ต้องมีความแข็ง หนัก และใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย (อภิรักษ์, 2529) อีกทั้งช่วยปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น เจริญเติบโตคลุมพื้นที่ได้ไว และไม่เป็นพืชอาหารหลักของมนุษย์ จากลักษณะดังกล่าวจะเห็นได้ว่ากระถินนั้นน่าจะเป็นพืชที่มีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง ต่อการปลูกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง (บัวเรศ และ มยุรี, 2526) นอกจากนั้นไม้กระถินยังนำมาทำเป็นไม้ฟืน และเผาเป็นถ่านได้เป็นอย่างดี เพราะเนื้อไม้มีความหนาแน่น และค่าความร้อนสูง รอบในการตัดฟันสั้น และสามารถแตกหน่อได้ดี เพอร์เซ็นต์การแตกหน่อสูง (NAS, 1977) ไม้กระถินเป็นไม้ที่ให้ค่าความร้อนอยู่ในช่วง 4,200-4,600 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่นเช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้ใกล้เคียงกันคือ ยูคาลิปตัส 4,500-4,800 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม, กระถินเทพา 4,800-4,900 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกระถินณรงค์ 4,000-5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (อำนาจ, 2525; มุลนิธิพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2548) และหากนำไม้กระถินมาผลิตเป็นถ่าน คุณสมบัติถ่านที่ได้จะใกล้เคียงกับถ่านที่ได้จาก กระถินณรงค์ สะแก ยูคาลิปตัส และโกงกาง โดยเฉพาะค่าความร้อนที่ได้จากถ่านไม้กระถิน (7,430 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) มีค่าใกล้เคียงกับถ่านที่ได้จากไม้โกงกาง (7,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม) ซึ่งเป็นไม้ที่นิยมนำมาใช้เป็นถ่านเนื่องจากมีคุณภาพดี และมีค่าความร้อนมากกว่าถ่านที่ได้จากไม้สะแก และยูคาลิปตัส หลังจากการเผาไหม้ถ่านจากไม้กระถินมีเปอร์เซ็นต์ขี้ถ่านน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ชนิดอื่น แต่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนเสถียรต่ำกว่าในถ่านจากไม้สะแก ยูคาลิปตัส และโกงกาง ซึ่งปริมาณ

คาร์บอนสเตียร์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สามารถใช้บอกถึงคุณภาพของถ่านได้ โดยถ่านที่มีปริมาณคาร์บอนสเตียร์สูงถือเป็นถ่านที่มีคุณภาพดี (กรมป่าไม้, ม.ป.ป.) Fuwape and Akindele (1997) กล่าวว่าความหนาแน่นของพิน และถ่านที่ได้จากไม้กระถินนั้นมีมากกว่าแคฝรั่ง (*Gliricidia sepium*) และต้นซ้อ (*Gmelina arborea*) ซึ่งเป็นไม้โตเร็วที่ปลูกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง แต่ค่าความร้อนที่ได้จากทั้งพิน และถ่านจากไม้ทั้ง 3 ชนิดใกล้เคียงกัน

NAS (1984) รายงานว่า ในประเทศฟิลิปปินส์มีการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงแทนการใช้น้ำมันเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ามาเป็นระยะเวลานาน โดยคำนวณว่ากระถิน 1 ไร่สามารถให้พลังงานได้เท่ากับน้ำมัน 636-763 ลิตร/ปี และก๊าซที่ได้จากการเผาไหม้ไม้กระถินยังสามารถนำมาใช้เป็นพลังงานให้กับยานพาหนะ เรือ และเครื่องปัมน้ำได้ โดยไม้ 3 กิโลกรัม สามารถให้พลังงานเท่ากับน้ำมันแก๊สโซลีน 1 ลิตร (เมื่อใช้กับเครื่อง gasifier ระบบ Dendrogas) และส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ยังสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านได้อีก ดังนั้นในสถานะที่ขาดแคลนเชื้อเพลิงประเทศไทยจึงนำเอาแนวทางการใช้เทคโนโลยีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไม้มาปรับใช้ในประเทศ ซึ่งเชื้อเพลิงจากไม้ (เชื้อเพลิงชีวมวล) ได้มาจากไม้โตเร็วที่สามารถตัด และนำมาใช้งานได้ในระยะเวลานาน (3-5 ปี) เจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง และให้ค่าความร้อนสูงเหมาะกับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยปราศจากธาตุหนักที่ก่อให้เกิดมลพิษในกระบวนการแปรรูปเป็นพลังงานความร้อน (ณัฐ และคณะ, 2551) โดยรูปแบบของระบบที่เหมาะสมกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับประเทศไทยมี 2 ระบบดังนี้คือ (วิรัช และคณะ, 2550; ณัฐ, 2550)

5.2.1 ระบบการเผาไหม้โดยตรง

เป็นการนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงโดยตรง ถ่ายเทไปสู่ น้ำในหม้อน้ำ เพื่อผลิตเป็นไอน้ำความดันสูง พลังงานไอน้ำที่ได้จะผ่านกังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า ณัฐ และคณะ (2551); วิรัช และคณะ (2550) รายงานว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 กิโลวัตต์ เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด คือ ไม้กระถิน เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านค่าความร้อนที่อยู่ในช่วง 15.91-20.10 เมกะจูล/กิโลกรัม การจัดการในการปลูกไม่ยุ่งยาก และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 2.71-3.31 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากชีวมวลของการไฟฟ้า (กฟผ.) ต้นทุนในผลิต 2.63 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง และการผลิตไฟฟ้าจากชีวมวลของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน (พพ.) ต้นทุนอยู่ที่ 2.97 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง (พ.ศ. 2550) จะเห็นว่าต้นทุนในการผลิตมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย

ระบบการผลิตกระแสไฟฟ้าโดยการเผาไหม้โดยตรงนี้มีความซับซ้อนน้อยกว่า และสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนได้ง่ายกว่าระบบ gasification แต่หากไม่คำนึงถึงการนำความร้อนที่เหลือไปใช้ประโยชน์ต่อในระบบอุตสาหกรรมอื่นๆ ระบบ gasification จะมีต้นทุนการผลิตต่ำกว่าระบบเผาไหม้โดยตรง (ณัฐ และคณะ, 2551)

5.2.2 ระบบ gasification

เป็นการเปลี่ยนเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง (ไม้) ให้กลายเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีเทน (CH₄) และไฮโดรเจน (H₂) แล้วนำแก๊สที่ได้ใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า อนันท์ และ บุญเรือง (2550) ได้แบ่งความสามารถในการผลิตกระแสไฟฟ้าที่เหมาะสมกับระบบ gasification ดังนี้คือ โรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต 0.1-5 เมกกะวัตต์ ระบบที่เหมาะสมคือ Fixed Bed Gasifier โรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต 5-50 เมกกะวัตต์ ระบบที่เหมาะสมคือ ระบบ Fluidized Bed Gasifier และโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิต มากกว่า 50 เมกกะวัตต์ ถึง 200 เมกกะวัตต์ ระบบที่เหมาะสมคือ Integrated Gasification Combined Cycle

การศึกษาเรื่องระบบ gasification ในประเทศไทยเริ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 โดยภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ (Chulalongkorn University, 1984) และต่อมาในปีพ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บริษัทซาตาคะ (ประเทศไทย) จำกัด และ Satake Corporation Co., Ltd. ได้ร่วมวิจัยและพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบระบบ Biomass Gasification ขนาด 100 กิโลวัตต์ ขึ้นโดยเชื้อเพลิงที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ ไม้กระถิน และเกลบอัดแท่ง ซึ่งเชื้อเพลิงทั้ง 2 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 78 กิโลวัตต์ โดยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4-1.8 กิโลกรัม/กิโลวัตต์ชั่วโมง ณัฐ และคณะ (2551) กล่าวว่าหากต้องการให้ราคาต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุดต้องตัดกระถินหลังจากที่อายุครบ 3 ปี ที่ระยะปลูก 1x1 เมตร โดยทยอยปลูกกระถิน 12 แปลงๆละ 48 ไร่ เมื่อแปลงแรกที่ปลูกอายุครบ 3 ปีจึงเริ่มตัด เมื่อตัดครบทั้ง 12 แปลง จะให้ผลผลิตได้มากที่สุดเกือบ 18,000 กิโลกรัม/ไร่ และหากต้องการปลูกไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถิน) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวล ชิงชัย และคณะ (2550) ได้เสนอสูตรคำนวณพื้นที่ในการปลูกไม้โตเร็วให้เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าดังนี้

$$\text{พื้นที่ปลูก (ไร่)} = [\text{กำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง (กิโลวัตต์)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี)} \times \text{น้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้า (กิโลกรัม/กิโลวัตต์ชั่วโมง)}] / \text{ผลผลิตไม้โตเร็ว (กิโลกรัม/ไร่/ปี)}$$

ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนที่กระทรวงพลังงานกำหนดไว้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) จึงสนับสนุนงานวิจัยที่เกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเน้นไปที่การใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง สายัณห์ และคณะ (2550ก) กล่าวว่าไม้ที่นำมาป้อนเข้าเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลต้องเป็นไม้ที่โตเร็ว ให้ผลผลิตสูง และต้นทุนต่ำ คำนวณค่าต่อการลงทุน ด้วยเหตุนี้การดำเนินการจึงจำเป็นต้องมีการจัดการทางด้านเชื้อเพลิงชีวมวล โดยมีการส่งเสริมการปลูกในลักษณะต่างๆ เช่น การปลูกลักษณะสวนป่าไม้ชนิดเดียว สวนป่าผสม วนเกษตร ปลูกบนหัวไร่คันนา ปลูกเป็นแนวกันลม หรือขอบแปลง และปลูกหน้าบ้านหลังครัว เพื่อให้เกษตรกรใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลในระดับชุมชน (นิคม และคณะ, 2550)

5.3 การอนุรักษ์ดิน

กระถินเป็นไม้โตเร็วที่นิยมปลูกเป็นสวนป่าเนื่องจากสามารถเจริญเติบโต และคลุมพื้นที่ได้เร็ว และมีการสะสมแร่ธาตุต่างๆไว้ใน ราก ลำต้น กิ่งก้าน และใบ และเมื่อใบร่วงลงสู่พื้นดินจึงช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินบริเวณที่ปลูก และสามารถช่วยปรับปรุงสภาพดินให้ดีขึ้นได้ในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากการย่อยสลายซากของกระถินสามารถย่อยสลายได้หมดในระยะเวลาเพียง 6 เดือน (สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, 2527) นอกจากนั้นยังพบว่าบริเวณที่ปลูกกระถินความหนาแน่นของดินจะน้อยกว่าบริเวณที่ไม่มีการปลูกกระถิน (ชัยวัฒน์, 2550) สรายุทธ และ บุญฤทธิ์ (2527) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินหลังการปลูกกระถิน 30 เดือนพบว่า ดินบริเวณที่ปลูกมีค่า pH ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โซเดียม (Na) และค่าการนำไฟฟ้า CEC (Cation Exchange Capacity) สูงกว่าดินในป่าธรรมชาติที่อยู่ข้างเคียง

กระถินเป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ถั่ว ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของพืชที่อยู่ในวงศ์นี้คือ สามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศได้โดยแบคทีเรียที่อยู่บริเวณปมที่ราก เรียกว่า “ไรโซเบียม” NAS (1977) รายงานว่ากระถินสามารถผลิตสารประกอบไนโตรเจนได้มากกว่า 800 กิโลกรัม/ไร่ โดยธาตุไนโตรเจนที่สะสมอยู่ทั้งในใบสด และแห้ง (สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, 2527) และเมื่อนำมาปลูกร่วมกับพืชชนิดอื่นยังช่วยเพิ่มผลผลิตให้กับพืชที่ปลูกร่วมด้วย เช่นในงานทดลองของ พิทยา (2530) ที่ทดลองปลูกกระถินร่วมกับมันสำปะหลัง พบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกร่วมกับกระถินให้ผลผลิตมากที่สุด 977 กิโลกรัม/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังร่วมกับนนทรีให้ผลผลิต 125 กิโลกรัม/ไร่ กระถินณรงค์ได้ 316.7 กิโลกรัม/ไร่ และยูคาลิปตัสได้ 530 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะทรงพุ่มของพืชแต่ละชนิดทำให้เกิดการบังแสงต่อพืชที่ปลูกร่วม วีระ และคณะ (2528) กล่าวว่า ลักษณะเรือนพุ่มของกระถินมีลักษณะที่เหมาะสมต่อการปลูกบริเวณที่เป็นแหล่งต้นน้ำ เพราะปริมาณฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนพุ่มกระถินมีเพียง 24.55 เปอร์เซ็นต์จากปริมาณฝนที่ตกลงมาทั้งหมด ส่วนที่

เหลืออีก 75.45 เปอร์เซ็นต์จะไหลลงสู่ดิน และแหล่งต้นน้ำลำธาร อีกทั้งกระดินยังสามารถปลูกเป็นพืชคลุมดินในที่ลาดชัน กันลม เป็นแนวกันไฟ ให้ร่มเงา และเป็นไม้ประดับได้ (อำนาจ, 2525)

อุปกรณ์และวิธีการ

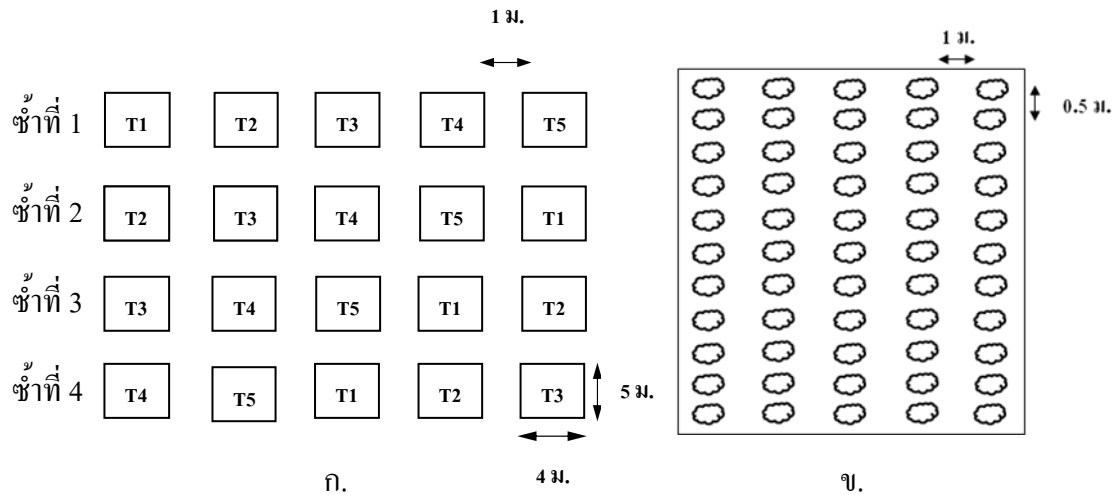
อุปกรณ์

1. ประวัติ และสถานที่ทดลอง

สถานที่ทดลองอยู่ที่ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางช่อง จังหวัด นครราชสีมา แปลงทดลองที่ใช้เดิมเคยมีการปลูกหญ้ากีนีสีม่วงมาก่อนจนถึงปี 2549 จึงมีการเตรียมพื้นที่ใหม่เพื่อปลูกกระถินในงานทดลองครั้งนี้ ลักษณะของดินในบริเวณแปลงดังกล่าวก่อนการปลูกกระถินมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.1-7.4, อินทรีย์วัตถุ 2-2.43 เปอร์เซ็นต์ , ฟอสฟอรัส 8-18 และ โพแทสเซียม 70-98 พีพีเอ็ม

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำมีการทดลองที่ประกอบด้วยกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์คือ พันธุ์ทาร์มบ้า, เปรุ, คันนิงแฮม, สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ซึ่งพันธุ์ทาร์มบ้า เปรุ และคันนิงแฮมเป็นพันธุ์การค้าที่นิยมใช้ปลูก ส่วนสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 เป็นสายพันธุ์ที่รวบรวมไว้โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร พื้นที่ในแต่ละแปลงย่อยมีขนาด 20 ตารางเมตร (4x5 เมตร) ระยะห่างระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 1 เมตร รวม 20 แปลงย่อยในพื้นที่ 600 ตารางเมตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงระยะการปลูกกระถินในงานทดลอง

หมายเหตุ ภาพ ก. แผนผังแปลงทั้งหมดในงานทดลอง โดยในกรอบ □ คือแปลงย่อย

ภาพ ข. แสดงจำนวนต้นกระถินที่ปลูกในแปลงย่อย และ

T1 = พันธุ์ทาร์มบ้า

T2 = พันธุ์เปรู

T3 = พันธุ์คันทิงแฮม

T4 = สายพันธุ์ 5/7

T5 = สายพันธุ์ 5/8

○ = ตำแหน่งต้นกระถินที่ปลูกในแปลงย่อย

วิธีการ

1. การเตรียมเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์กระถินที่ใช้ในงานทดลองมี 5 พันธุ์/สายพันธุ์คือพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู และคันทิงแฮม ที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์ระบุว่าการทำลายการพักตัวมาแล้ว (ไม่ได้ระบุวิธีการทำลายการพักตัว) ส่วนอีก 2 สายพันธุ์คือ 5/7 และ 5/8 เป็นสายพันธุ์ที่มีการคัดเลือกภายในประเทศ และยังไม่ผ่านการทำลายการพักตัว จึงนำเมล็ดสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มาลวกน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 80-100 องศา เป็นเวลา 10-15 นาทีเพื่อทำลายการพักตัวก่อน หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มาคลุกด้วยเชื้อไร

โซเปียม พักให้แห้งในที่ร่ม นอกจากนั้นยังมีการเพาะเมล็ดทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ไว้เพื่อใช้ในการปลูกซ่อมด้วย แต่ในพันธุ์เปรูมีเปอร์เซ็นต์ความงอกน้อยมาก จึงนำเมล็ดมาลวกน้ำร้อนอีกครั้งเพื่อให้มีความงอกเพิ่มขึ้นโดยใช้วิธีเดียวกันกับการแก้การพักตัวของเมล็ดในสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8

2. การปลูกกระถิน

การปลูกกระถินในงานทดลองครั้งนี้ใช้เมล็ดปลูกลงแปลงโดยตรง โดยหลังจากที่คลุกเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมแล้วพักให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นจึงนำเมล็ดไปหยอดลงในแปลงด้วยเครื่องหยอดเมล็ดด้วยมือ (jab) ด้วยอัตรา 2-3 เมล็ด/หลุม โดยใช้ระยะปลูก 1x0.50 เมตร เมื่อวันที่ 9 พฤศจิกายน 2549 ในการทดลองนั้นปลูกกระถินทั้งสิ้น 5 พันธุ์/สายพันธุ์ๆละ 4 ซ้ำ ภายในซ้ำของแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ ปลูกกระถินทั้งสิ้น 55 ต้น และปลูกซ่อมเมื่อวันที่ 4 มกราคม 2550 นอกจากนั้นมีการใส่ปุ๋ยรองพื้นให้กับกระถินโดยใช้ปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ และสูตร 0-0-60 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่

3. การจัดการหลังการปลูก

3.1 การให้น้ำชลประทาน

ในระยะที่กระถินยังเป็นต้นกล้าจะมีการให้น้ำทุกๆสัปดาห์ สัปดาห์ละ 1 วัน การให้น้ำจะให้ครั้งละ 3 ชั่วโมง/วัน โดยพืชจะได้รับน้ำประมาณ 25 มิลลิเมตร/วัน เป็นระยะเวลา 2 เดือนด้วยระบบ sprinkler และหลังจากที่กระถินสามารถตั้งตัวได้ดีแล้วจึงปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติ

3.2 การกำจัดวัชพืช

การกำจัดวัชพืชมีการปฏิบัติเพียงครั้งเดียวที่ระยะ 4 สัปดาห์หลังการปลูก โดยวิธีการถอนด้วยมือเมื่อวันที่ 7-8 ธันวาคม 2549

3.3 การกำจัดศัตรูพืช

การปลูกกระถินในระยะที่เป็นต้นกล้ามีการเข้าทำลายจากกระต่าย และปลวกจึงมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ดชื่อทางการค้าว่า ฟุราดาน เพื่อกำจัดศัตรูเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2550

3.4 การใส่ปุ๋ย

มีการใส่ปุ๋ยโมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (0-52-34) อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่ ในวันที่ 31 พฤษภาคม 2550

4. การบันทึกข้อมูล

4.1 ความสูง

วัดความสูงจากพื้นถึงปลายยอดที่สูงสุด โดยเริ่มวัดหลังการงอกของเมล็ดประมาณ 1 เดือน ตั้งแต่วันที่ 21 ธันวาคม 2549 และวัดต่อเนื่องทุกๆ 2 สัปดาห์ จนถึงวันที่ 14 มิ.ย. 2550 หรือที่อายุ 30 สัปดาห์ และเก็บข้อมูลความสูงอีกครั้งในช่วงการเก็บเกี่ยววันที่ 7-9 พฤศจิกายน 2550 เพื่อให้ทราบความสูงทั้งต้น

4.2 ขนาดลำต้น

เนื่องจากไม้ที่ใช้วัดความสูงมีความสูงเพียง 300 เซนติเมตร หลังจากความสูงของต้นกระถินมากกว่า 300 เซนติเมตร จึงเริ่มวัดขนาดของลำต้นกระถินที่ความสูงจากพื้นดิน 130 เซนติเมตรแทน (ความสูงที่ระดับอก) โดยวัดหลังการงอกของเมล็ดประมาณ 20 สัปดาห์ เมื่อวันที่ 4 เมษายน 2550 และวัดต่อเนื่องทุกๆ 4 สัปดาห์จนถึงวันที่ 7 พฤศจิกายน 2550 (อายุ 1 ปี)

4.3 ผลผลิต

เมื่อกระถินอายุครบ 1 ปีจึงเก็บข้อมูลผลผลิตโดยแบ่งผลผลิตออกเป็น 3 ส่วนคือ ลำต้น (แบ่งเป็นลำต้นที่น้อยกว่า 2.5 และมากกว่า 2.5 เซนติเมตร) กิ่งก้าน และใบ โดยตัดกระถินที่ความสูงจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร ผลผลิตที่เก็บเกี่ยวได้นำมาหาค่าน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง การเก็บเกี่ยวผลผลิตกระถินในแต่ละแปลงย่อยนั้นจะเก็บเฉพาะในส่วนกลางของแปลงย่อยทั้งหมด คือไม่เก็บผลผลิตที่ได้จากต้นกระถินที่ปลูกริมแปลงย่อย ดังนั้นผลผลิตเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 3x4.5 เมตร รวมทั้งหมด 27 ต้นต่อหนึ่งแปลงย่อย โดยการเก็บข้อมูลด้านผลผลิตกระถินมีดังนี้

4.3.1 ลำต้น

แบ่งเป็นลำต้นออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 2.5 และมากกว่า 2.5 เซนติเมตร

4.3.2 กิ่งก้าน

เมื่อตัดต้นกระถินแล้วจึงนำมาแยกส่วนของต้น และกิ่งออกจากกัน โดยการลิดกิ่งทั้งหมดออกจากต้น และเด็ดส่วนปลายกิ่งที่มีสีเขียวออก (นำไปรวมกับส่วนใบ) กิ่งส่วนที่เหลือที่เป็นสีน้ำตาลจึงจัดไว้ในส่วนของกิ่ง ในส่วนกิ่งก้านนี้ไม่ได้นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี แต่เก็บข้อมูลเพียงน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งเท่านั้น

4.3.3 ใบ (รวมลำต้นส่วนที่มีสีเขียว)

การเก็บผลผลิต ของส่วน ใบ (รวมถึงส่วนของปลายกิ่งที่มีสีเขียว) เก็บทั้งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และสุ่มเก็บตัวอย่างใบไปปดเพื่อนำมาหาค่าองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางด้านพืชอาหารสัตว์ของใบเช่นเดียวกันส่วนของลำต้น

4.4 ความแน่นของเนื้อไม้

ส่วนลำต้น (ไม้) ที่จะนำมาหาค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ (wood density) ในงานทดลองครั้งนี้จะใช้ไม้ส่วนที่อยู่ระหว่างความสูงจากระดับพื้นดิน 130-145 เซนติเมตร โดยไม้ที่นำมาหาค่าความหนาแน่นจะมีความยาวของท่อน 15 เซนติเมตร โดยสุ่มตัวอย่างไม้ 3 ท่อนจากแต่ละพันธุ์ของทั้ง 4 ชั่ว วิธีการหาค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ใช้วิธีของ จรูญ และคณะ (2540) โดยการลอกเปลือกไม้ออกแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจะได้ค่าของมวล หรือน้ำหนักของท่อนไม้ (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)

4.5 องค์ประกอบทางเคมี

ลำต้นที่ได้จากการเก็บเกี่ยวหลังจากนำมามาน้ำหนักแห้งแล้วจึงสับตัวอย่างลำต้นไปบด แล้วนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางด้านการนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ดังนี้

4.5.1 ไนโตรเจน (N) วิเคราะห์โดยวิธีเจดดาห์ล (Kjedahl method) (ทัศนีย์ และคณะ, 2537) และการคำนวณหาไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในผลผลิต (N yield) โดยใช้สูตรต่อไปนี้คือ

$$\text{N yield (กิโลกรัม/ไร่)} = \frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักร้าง (กิโลกรัม/ไร่)} \times \text{ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)}}{100}$$

4.5.2 ฟอสฟอรัส (P) โดยการย่อยด้วยกรดไนตริก-เพอร์คลอริก ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$) และทำให้เกิดสีด้วยวิธี yellow molybdovanadophosphoric acid method เพื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง visible spectrophotometer (จำเริญ, 2545)

4.5.3 โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) โดยการย่อยด้วยกรดผสมไนตริก-เพอร์คลอริก ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$) นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption flame spectrophotometer (ทัศนีย์ และคณะ, 2537)

4.5.4 ซัลเฟอร์ (S) วิเคราะห์โดยวิธี Turbidimetry (Boltz, 1958)

4.5.5 ADF (acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber), ADL (acid detergent lignin), Cellulose และ Hemicellulose ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970)

องค์ประกอบทางเคมีของพืชในข้อ 4.5.1-4.5.4 นำไปวิเคราะห์ที่ กองเกษตรเคมี กรมวิชาการ เกษตร กรุงเทพฯ และข้อ 4.5.5 นำไปวิเคราะห์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา กรมปศุสัตว์ จังหวัดนครราชสีมา

4.6 ค่าพลังงานความร้อน

ไม้ส่วนที่จะนำไปหาค่าพลังงานความร้อนเป็นไม้ส่วนที่สูงจากพื้นดินในช่วง 145-165 เซนติเมตร โดยสุ่มตัวอย่างไม้ 3 ท่อนจากแต่ละพันธุ์ของทั้ง 4 ซ้ำเช่นกัน ซึ่งการหาค่าพลังงานความร้อนหาได้ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter โดยนำไปวิเคราะห์ที่กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ จังหวัดปทุมธานี

4.7 การฟื้นตัวภายหลังการตัดในปีแรก

4.7.1 จำนวนยอด (หน่อ)

เก็บข้อมูลจำนวนยอดตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 หลังการตัด ต่อเนื่องทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 เดือน

4.7.2 ความสูงหน่อ

การวัดความสูงหน่อจะเริ่มวัดจากบริเวณที่หน่อขึ้นแตกออกมาจนถึงปลายยอดที่สูงที่สุดของหน่อทุกๆ โดยเริ่มวัดหลังการตัด 5 สัปดาห์ (13 ธ.ค. 50) เป็นระยะเวลา 3 เดือน และวัดครั้งสุดท้ายวันที่ 31 มกราคม 2550 (12 สัปดาห์หลังการเก็บเกี่ยว)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

5.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบค่า F-test โดยใช้วิธี ANOVA และตรวจสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ()

5.2 การหาค่าสหสัมพันธ์ (R^2) ได้จากสมการ $y = a + bx$

6. ระยะเวลาทำการทดลอง

เดือนตุลาคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2550 รวมเป็นระยะเวลา 13 เดือน

ผลและวิจารณ์

ผล

1. สภาพภูมิอากาศ

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงปริมาณน้ำฝนที่พืชได้รับตลอดระยะเวลาที่ทดลอง โดยพบว่า ในเดือนแรกหลังการปลูก (พฤศจิกายน 2549) มีปริมาณฝนตกน้อยมากเพียง 8 มิลลิเมตร และไม่มีฝนตกเลยในเดือนธันวาคม ถึงมกราคม ดังนั้นในระยะดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการให้น้ำชลประทานเพื่อให้พืชได้ใช้ในการเจริญเติบโตโดยให้สัปดาห์ละหนึ่งครั้งๆละประมาณ 25 มิลลิเมตร เป็นเวลา 2 เดือน รวมปริมาณน้ำชลประทานที่พืชได้รับเท่ากับ 200 มิลลิเมตร หลังจากนั้นจึงเริ่มมีฝนตกตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ จนถึงพฤศจิกายน (2550) โดยในช่วงเดือนมีนาคม ถึงเมษายน มีปริมาณฝนต่ำกว่า 100 มิลลิเมตรในแต่ละเดือน ซึ่งน้อยกว่าปริมาณน้ำฝนย้อนหลัง 10 ปี ถึงแม้ในระยะดังกล่าวพืชจะได้รับน้ำฝนไม่มาก แต่ได้รับอย่างต่อเนื่อง อีกทั้งการที่พืชได้รับน้ำชลประทานในระยะต้นกล้าทำให้พืชสามารถตั้งตัว และเจริญเติบโตได้อย่างเป็นปกติ หลังจากนั้นจึงเริ่มมีฝนตกมากขึ้นจนถึงเดือนตุลาคมปริมาณฝนจึงลดลง จนถึงเดือนธันวาคมที่ฝนไม่ตกเลย ซึ่งเป็นช่วงที่สิ้นสุดการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบตลอดทั้งปีพบว่าปริมาณน้ำฝนที่พืชได้รับมีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี โดยมีค่าเท่ากับ 1,146 มิลลิเมตร และถ้าคิดเป็นปริมาณน้ำที่พืชได้รับ (น้ำฝน+น้ำชลประทาน) ตลอดการทดลองเท่ากับ 1,346 มิลลิเมตร

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ที่พืชได้รับตลอดระยะเวลาทดลอง เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ย น้ำฝน
ย้อนหลัง 10 ปี ที่ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัด
นครราชสีมา

เดือน	2549	2550	ค่าเฉลี่ย 10 ปี
มกราคม	1	0	15
กุมภาพันธ์	23	94	22
มีนาคม	51	56	68
เมษายน	122	88	139
พฤษภาคม	207	163	198
มิถุนายน	248	102	84
กรกฎาคม	145	151	101
สิงหาคม	112	229	111
กันยายน	140	129	228
ตุลาคม	148	127	124
พฤศจิกายน	8	18	39
ธันวาคม	0	0	4
รวม	1,205	1,156	1,133

2. ข้อสังเกตทั่วไป

2.1 การเจริญเติบโต และการตั้งตัว

หลังจากการนำเมล็ดกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ปลูกลงแปลง พบว่าในสัปดาห์แรกหลังการปลูกยังไม่สังเกตเห็นการเจริญเติบโตในพันธุ์/สายพันธุ์ใด จนกระทั่งเข้าสู่สัปดาห์ที่ 2 จึงเริ่มเห็นยอด (ต้นกล้า) ของทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์โผล่พ้นเหนือดินให้เห็น โดยการเจริญเติบโตของต้นกล้าในทุกพันธุ์มีความสม่ำเสมอ แต่ในช่วง 2-3 เดือนหลังการปลูกลำต้นยังมีขนาดเล็กจึงต้องมีการใช้ไม้ช่วยค้ำยันต้นไว้เพื่อให้ตั้งตัวได้ และไม่ให้ต้นเอนไปตามแรงลม

2.2 การเข้าทำลายของศัตรูพืช

จากการทดลองครั้งนี้ไม่พบปัญหาที่เกิดจากโรคเข้าทำลายกระถิน แต่จะพบปัญหาด้านสัตว์ และแมลงที่เป็นศัตรูพืช (ตั้งแต่เมล็ดเริ่มงอก) โดยการเข้าทำลายจากการกัดแทะบริเวณยอดของต้นกล้าจาก กระต่ายป่า และบางต้นมีการกัดแทะมากจนทำให้ต้นฟื้นตัวไม่ทันจึงต้องมีการปลูกซ่อมใหม่ นอกจากนี้ ยังพบว่าในระยะต้นกล้าปลวกกัดกินบริเวณรากทำให้เกิดอาการยืนต้นตาย เมื่อถอนต้นขึ้นดูจึงพบว่าราก บางส่วนหายไป การเข้าทำลายของปลวกมีความรุนแรงมากกว่ากระต่าย เนื่องจากปลวกเข้าทำลายบริเวณ รากจึงทำให้ต้นที่ถูกเข้าทำลายตาย แต่ในขณะที่กระต่ายจะกัดกินเฉพาะส่วนยอดจึงไม่ทำให้ต้นตาย ดังนั้น จึงใช้สารเคมี (ฟูราดาน) กำจัดศัตรูพืชดังกล่าว โดยการโรยรอบๆบริเวณโคนต้น ทำให้ปัญหาการเข้าทำลาย ของแมลงเหล่านี้ลดลง

ในช่วงปีแรกของการปลูกไม่พบปัญหาการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟ (*Heterophylla cubana* Crawford) แต่จะเริ่มพบหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงปลายปี (พฤศจิกายน) โดยกระถินที่ฟื้นตัว หลังการตัดในระยะสัปดาห์แรกจะมีการระบาดของเพลี้ยไก่อไฟอย่างรุนแรง จากการสังเกตพบว่ากระถิน พันธุ์ทาร์มบ้าทนต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ รองมาได้แก่สายพันธุ์ 5/8 และ 5/7 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมได้รับผลกระทบจากการเข้าทำลายมากที่สุด โดยเพลี้ยจะเข้า ทำลายบริเวณใบ และยอดอ่อนของกระถินมากกว่าใบแก่ ซึ่งการเข้าทำลายจะเริ่มลดลงในเดือน กุมภาพันธ์ เนื่องจากเริ่มมีฝนตกกระถินจึงฟื้นตัวได้เร็ว และฝนอาจช่วยชะล้างเอาเพลี้ยออกไป (ภาพที่ 2)

ในส่วนของไม้ที่เก็บเกี่ยว และต่อกระถินที่อยู่ในแปลง พบการเข้าทำลายจากมอด (*Sinoxylon anale* Lesne) ซึ่งเป็นแมลงขนาดเล็กทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ แต่การเข้าทำลายจากมอดไม่รุนแรงจนทำให้ต่อ กระถินตาย ในขณะที่ไม้ที่เก็บเกี่ยวแล้วนำเข้าตูบเพื่อไล่ความชื้น ไม้จะถูกมอดเข้าทำลายน้อยกว่าไม้ที่ ตากแดดเพียงอย่างเดียว (ภาพที่ 2)

หลังการเก็บเกี่ยวยังพบการเข้าทำลายของปลวกในต่อกระถิน โดยเฉพาะพันธุ์ทาร์มบ้า และคันทิง แฮมที่ต่อถูกทำลายอย่างรุนแรงทำให้ต่อกระถินตายแต่ไม่มากนัก (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 การเข้าทำลายกระถินจากศัตรูพืช 1-2 การเข้าทำลายยอดกระถินของเพลี้ยไก่อไฟกระถิน 3-4 ลักษณะการเข้าทำลาย และการเจาะเนื้อไม้ของมอด และ 5-6 ลักษณะการเข้าทำลายเนื้อไม้ของปลวก

2.3 ลักษณะทางด้านสัณฐานวิทยา

2.3.1 ใบ

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีลักษณะใบคล้ายคลึงกัน คือเป็นใบประกอบแบบขนนก (bipinnate) โดยแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์จะมีจำนวนใบประกอบที่แตกต่างกันเล็กน้อย พันธุ์ทาร์มบ้ามีใบประกอบย่อย (pinnae) ตั้งแต่ 4-14 คู่ และในแต่ละใบประกอบย่อยประกอบด้วยคูใบย่อย (leaflet) ประมาณ 10-30 คู่ พันธุ์ทาร์มบ้ามีความแปรปรวนของจำนวนใบประกอบ และคูใบย่อยมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 4 พันธุ์/สายพันธุ์ กล่าวคือพันธุ์เปรู และคันทันงแฮมมีจำนวนใบประกอบย่อย และคูใบย่อยใกล้เคียงกันคือ มีจำนวนใบประกอบย่อย 6-9 คู่ และมีจำนวนคูใบย่อย 10-19 คู่ สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีจำนวนใบประกอบย่อย และคูใบย่อยที่ใกล้เคียงกัน คือมีใบประกอบย่อยอยู่ในช่วง 6-12 คู่ ซึ่งมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทันงแฮม และมีคูใบย่อย 18-28 คู่ และทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ยังพบส่วนที่เรียกว่าต่อมน้ำหวาน (petiole gland) ที่บริเวณ โคนของก้านใบย่อยคู่แรก และคู่สุดท้าย (ภาพที่ 3) นอกจากนี้ลักษณะสำคัญที่แตกต่างจากพันธุ์อื่นๆอย่างเห็นได้ชัดของสายพันธุ์ 5/8 คือส่วนของก้านใบ และก้านใบย่อยมีลักษณะเป็นสีม่วงตลอดทั้งก้าน และใบย่อยมีขนาดเล็กกว่า



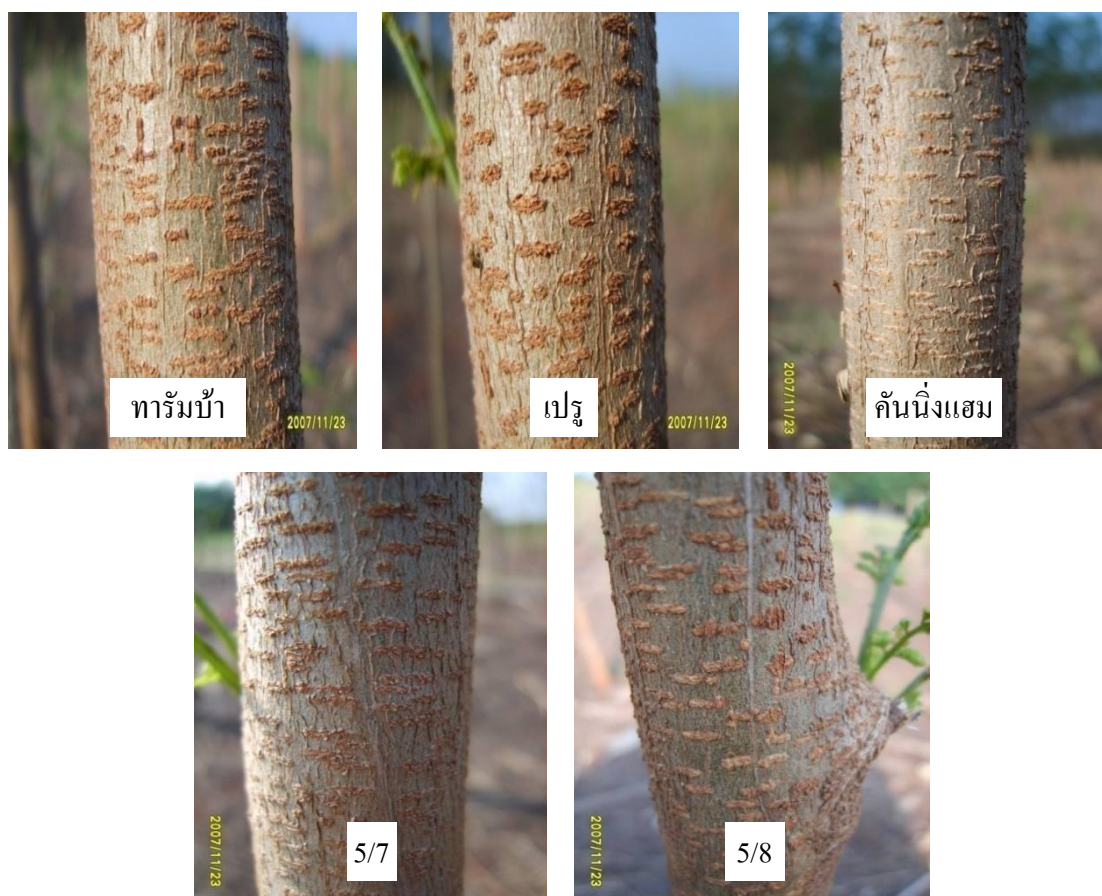
ภาพที่ 3 ลักษณะใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ 1. ต่อม้ำหวานบริเวณใบประกอบย่อยกลุ่มบนสุด และ 2. ต่อม้ำหวานบริเวณใบประกอบย่อยกลุ่มล่างสุด

2.3.2 ลำต้น

จากงานทดลองสังเกตได้ว่าสายที่เปลือกไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อยู่ในแนวขวาง ลำต้น สังเกตได้ว่าสายที่เปลือกไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อยู่ในแนวขวางลำต้น โดยพันธุ์ทาร์ม เปรู

และ สายพันธุ์ 5/8 ลายมีลักษณะเป็นจุดขนาดใหญ่ และมีการจัดเรียงที่ห่างกว่าในพันธุ์คันทิงแฮม และ สายพันธุ์ 5/7 จากการสังเกตพบว่าพันธุ์เปรูมีการจัดเรียงของลายไม่เป็นระเบียบ และมีขนาดของลายใหญ่กว่าอีก 4 พันธุ์/สายพันธุ์

ลักษณะเปลือกไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์จะบาง และสามารถลอกเปลือกออกได้ง่ายทั้งในไม้สด และ ไม้ที่อบแห้งแล้ว แต่ขนาด และการแตกแขนงของลำต้นมีความแตกต่างกัน โดยพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมบริเวณโคนต้น (ใกล้พื้นดิน) มักมีการแตกลำต้นออกมามากกว่าหนึ่ง ซึ่งต่างจากพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ที่ส่วนมากลำต้นจะเป็นลำต้นเดี่ยว ไม่ค่อยมีการแตกกิ่งก้าน และลำต้นมีลักษณะตั้งตรง จากการตัดที่ระยะเวลา 1 ปีนั้นเนื้อไม้กระถินยังไม่มีแก่นไม้ มีเพียงกระพี้สีเหลืองอ่อนเท่านั้น (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 ลักษณะลายบนเปลือกของต้นกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์

2.3.3 ดอก

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีลักษณะของดอกคล้ายคลึงกัน โดยดอกรวมเป็นกลุ่ม (head) สีขาวอมเหลือง เนื่องจากสีของก้านชูเกสรตัวผู้ที่เป็นสีขาว และบริเวณอับละอองเรณูของเกสรตัวผู้ที่มีสีเหลือง ช่อดอกจะเกิดบริเวณปลายยอด และการออกดอกจะเกิดไม่พร้อมกันทั้งต้นแต่จะทยอยออกดอก โดยแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์จะมีระยะเวลาในการออกดอกที่แตกต่างกัน พันธุ์ที่ออกดอกเร็วที่สุดคือพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม โดยเริ่มพบดอกในสัปดาห์ที่ 10 หลังการงอกของเมล็ด (25 ม.ค. 50) ออกดอกทั้งปี และมีดอกจำนวนมาก (ภาพที่ 5) สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ออกดอกในสัปดาห์ที่ 12 (8 ก.พ. 50) และ 16 (7 มี.ค. 50) หลังการงอกของเมล็ด ขณะที่พันธุ์ทาร์มบ้ามีการออกดอกช้าที่สุด โดยพบดอกในสัปดาห์ที่ 20 หลังการงอกของเมล็ด (4 เม.ย. 50)

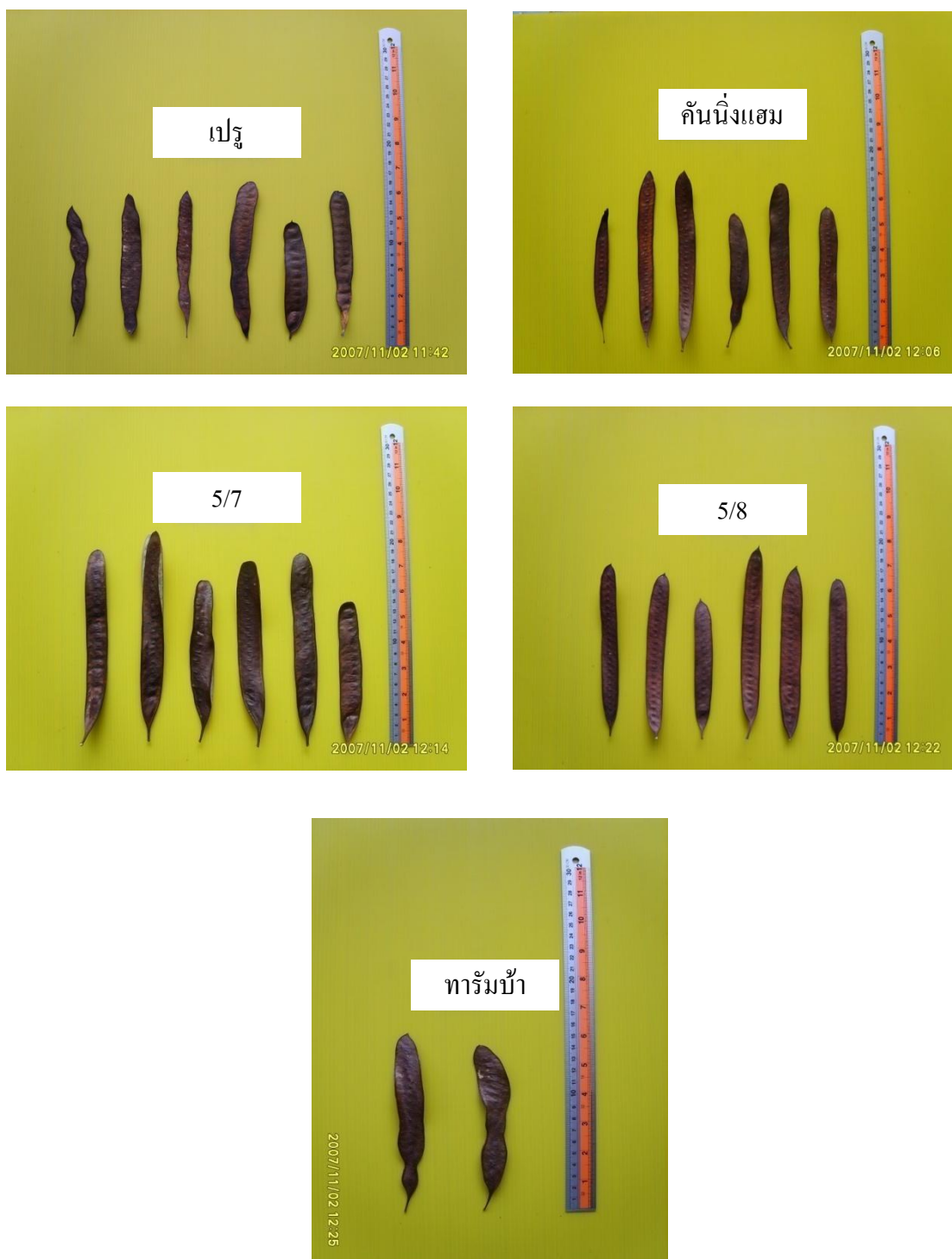


ภาพที่ 5 ลักษณะของดอก การติดดอก และช่อดอกของกระถิน 1. ลักษณะการเกิดดอกบริเวณปลายยอด 2. ลักษณะช่อดอก 3. ลักษณะดอกที่เริ่มชูเกสรตัวผู้ 4. ลักษณะดอกที่บานเต็มที่ 5. ลักษณะการทยอยการออกดอก และ 6. จำนวนช่อดอกบนต้นกระถิน

2.3.4 ฝัก

ฝักมีลักษณะแบน และค่อนข้างยาว ตรงบริเวณปลายฝักแหลม (ภาพที่ 6) ด้านความยาวของฝักทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างกัน (14.95 ± 0.75 ถึง 16.71 ± 1.08 เซนติเมตร) แต่จะแตกต่างกันในส่วนของความกว้าง โดยเฉพาะพันธุ์ทาร์มบ้ามีความกว้างของฝักมากที่สุด 2.5 ± 0.06

เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ จากอีก 4 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่มีความกว้างของฝักใกล้เคียงกัน (1.96 ± 0.05 ถึง 2.20 ± 0.13 เซนติเมตร) (ตารางที่ 2) ลักษณะการติดฝักในกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ใน 1 ดอกสามารถติดฝักได้ตั้งแต่ 1-8 ฝัก (ภาพที่ 7) แต่สำหรับพันธุ์เปรู และคันทันนิ่งแฮมจะมีจำนวนฝักต่อต้นมากกว่าอีก 3 พันธุ์/สายพันธุ์ เนื่องจากมีจำนวนดอกต่อต้นมากกว่า



ภาพที่ 6 ลักษณะ ความกว้าง และยาวของฝักกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ใช้ในงานทดลอง (ฝักแก่)



ภาพที่ 7 ลักษณะการติดฝักของกระถินที่ทดลอง 4 พันธุ์/สายพันธุ์ 1.จำนวนฝักที่สามารถเกิดได้จาก 1 ดอก

2.3.5 เมล็ด

เมล็ดมีรูปร่างแบนรี ปลายของเมล็ดด้านหนึ่งมน และปลายอีกด้านหนึ่งแหลม สายพันธุ์ 5/7 เมล็ดมีขนาดใหญ่สุด โดยกว้าง และยาว 0.56 ± 0.03 และ 0.93 ± 0.04 เซนติเมตรตามลำดับ และพันธุ์ที่เมล็ดมีขนาดเล็กที่สุดคือสายพันธุ์ 5/8 เมล็ดกว้าง และยาวเพียง 0.46 ± 0.02 และ 0.77 ± 0.03 เซนติเมตร ส่วนพันธุ์เปรู และกัณนิงแฮมมีขนาดเมล็ดใกล้เคียงกันทั้งความกว้าง (0.53 ± 0.19 และ 0.51 ± 0.01 เซนติเมตร) และความยาวของเมล็ด (0.91 ± 0.05 และ 0.90 ± 0.05 เซนติเมตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) ในส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝักทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยใน 1 ฝักสามารถมีเมล็ดได้ตั้งแต่ 15-18 เมล็ด/ฝัก นอกจากนั้นเมื่อพิจารณาด้วยสายตาจะพบว่าเมล็ดพันธุ์เปรูที่เก็บได้จากงานทดลองครั้งนี้ มีสีเมล็ดที่เข้มกว่าอีก 4 พันธุ์/สายพันธุ์ (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 ลักษณะเมล็ดกระถิน 4 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ทดลอง 1. การเปรียบเทียบลักษณะของเมล็ดกระถินทั้ง 4 พันธุ์/สายพันธุ์ และ 2. ลักษณะเมล็ดกระถินที่เจริญเติบโตเต็มที่

ตารางที่ 2 ความกว้าง และยาวของฝักและเมล็ด และจำนวนเมล็ด/ฝักของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์

พันธุ์/สายพันธุ์	ฝัก		เมล็ด		จำนวนเมล็ด/ฝัก
	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)	ความกว้าง (เซนติเมตร)	ความยาว (เซนติเมตร)	
ทาร์มบ้า	2.50 ± 0.06 a ¹	14.95 ± 0.75	-	-	15 ± 1.32
เปรู	1.96 ± 0.05 b	16.53 ± 0.85	0.53 ± 0.19 ab	0.91 ± 0.05	16 ± 1.28
คันทิงแฮม	2.08 ± 0.06 b	16.61 ± 0.33	0.51 ± 0.01 ab	0.90 ± 0.05	19 ± 1.67
5/7	2.20 ± 0.13 b	16.71 ± 1.08	0.56 ± 0.03 a	0.93 ± 0.04	17 ± 0.61
5/8	2.14 ± 0.12 b	16.00 ± 0.97	0.46 ± 0.02 b	0.77 ± 0.03	18 ± 1.02
F-test	*	ns	*	ns	ns
LSD(0.05)	0.29	1.98	0.07	0.14	3.58
CV (%)	8.59	7.94	9.54	11.57	13.50

หมายเหตุ - ไม่มีข้อมูลเนื่องจากเมล็ดในฝักถูกแมลงเข้าทำลายจนไม่สามารถเก็บเมล็ดมาวัดได้

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันกำกับในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

3. การเจริญเติบโต

3.1 ความสูง

จากตารางที่ 3 พบว่าการเจริญเติบโตด้านความสูงในระยะ 8 สัปดาห์แรกหลังเมล็ดงอกจะเป็นไปอย่างช้าๆ โดยความสูงที่ระยะดังกล่าวไม่มีความแตกต่างในทางสถิติ แต่เริ่มพบความแตกต่างกันตั้งแต่สัปดาห์ที่ 10 เป็นต้นไป โดยพันธุ์ทาร์มบ้า คันทิงแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ในสัปดาห์ที่ 10 มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงใกล้เคียงกัน (71, 75, 86 และ 88 เซนติเมตรตามลำดับ) แต่สูงกว่าพันธุ์เปรูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (51 เซนติเมตร) อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นอีก 4 สัปดาห์ พบว่ากระถินสายพันธุ์ 5/7, 5/8 และ ทาร์มบ้ามีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (144, 151 และ 143 เซนติเมตร ตามลำดับ) จนมีความสูง

มากกว่าพันธุ์คันทันนิ่งแฮม และเปรูอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (122 และ 100 เซนติเมตร ตามลำดับ) การเจริญเติบโตในด้านความสูงของกระถินที่นำเข้ามาใหม่ทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ (ทาร์มบ้า, 5/7 และ 5/8) ยังคงเหนือกว่าพันธุ์คันทันนิ่งแฮม และเปรู (พันธุ์เดิม) อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งการเก็บเกี่ยว โดยกระถินพันธุ์เปรูมีความสูงต่ำที่สุดเพียง 582 เซนติเมตร ขณะที่พันธุ์คันทันนิ่งแฮม, ทาร์มบ้า, สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีความสูง 650, 705, 708 และ 703 เซนติเมตรตามลำดับ

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่ากระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยในระยะ 12 สัปดาห์แรกกระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตอย่างช้าๆ เฉลี่ยระหว่าง 0.46-2.87 เซนติเมตร/วัน โดยกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า คันทันนิ่งแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดระหว่างสัปดาห์ที่ 16-18 (4.13, 3.54, 3.68 และ 3.71 เซนติเมตร/วัน) ส่วนพันธุ์เปรูอัตราสูงสุดอยู่ในช่วงสัปดาห์ที่ 18-20 (3.53 เซนติเมตร/วัน) หลังจากนั้นอัตราการเจริญเติบโตจะเริ่มลดลงเฉลี่ยเหลือเพียง 1.75, 1.57, 1.77, 1.92 และ 1.73 เซนติเมตร/วัน สำหรับพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู คันทันนิ่งแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์

พันธุ์/สายพันธุ์	สัปดาห์ที่ (หลังเมล็ดงอก) (เซนติเมตร)											
	5	8	10	12	14	16	18	20	22	26	30	51
	21ธ.ค.49	11ม.ค. 50	25ม.ค. 50	8ก.พ. 50	22ก.พ.50	7มี.ค.50	21มี.ค.50	4เม.ย. 50	19เม.ย.50	16พ.ค.50	14มิ.ย.50	7พ.ย.50
ทาร์มบ้า	15	33	71 a ¹	95 a	143 a	174 a	232 a	287 a	322 a	391 a	440 a	705 a
เปรู	11	24	51 b	67 b	100 c	132 b	160 c	210 b	254 b	275 c	353 b	582 c
คันทิงแฮม	18	34	75 a	92 a	122 b	150 b	200 b	274 a	281 b	311 b	370 b	650 b
5/7	18	39	86 a	104 a	144 a	177 a	228 a	275 a	315 a	370 a	430 a	708 a
5/8	18	42	88 a	107 a	151 a	193a	245 a	294 a	336 a	386 a	455 a	703 a
F-test	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD(0.05)	5.39	12.27	17.93	20.04	18.10	21.20	24.95	25.62	30.05	31.17	37.40	37.12
CV (%)	21.81	23.21	15.62	14.01	8.91	8.33	7.61	6.35	6.46	5.84	5.93	3.60

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 4 อัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูง (เซนติเมตร/วัน) ของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในแต่ละช่วงสัปดาห์ที่เก็บข้อมูล

พันธุ์/สายพันธุ์	ช่วงสัปดาห์ (เซนติเมตร/วัน)											
	0-5	5-8	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-26	26-30	30-51
ทาร์มบ้า	0.44	0.82	2.75 b	1.73	3.36 a	2.41 bc	4.13 a	3.94	2.36	2.30 a	1.67	1.75
เปรู	0.32	0.60	1.94 c	1.10	2.36 bc	2.52 abc	2.00 b	3.53	2.95	0.69 c	2.70	1.57
คันทิงแฮม	0.50	0.79	2.94 ab	1.18	2.04 c	2.31 c	3.54 a	3.12	2.48	1.01 c	2.03	1.77
5/7	0.52	0.97	3.41 a	1.24	2.87 ab	2.52 abc	3.68 a	3.35	2.68	1.81b	2.06	1.92
5/8	0.51	1.15	3.32 ab	1.30	3.12 a	3.27 a	3.71 a	3.56	2.80	1.67 b	2.37	1.73
F-test	ns	ns	**	ns	**	*	**	ns	ns	**	ns	ns
LSD (0.05)	0.15	0.43	0.66	0.59	0.71	0.53	0.81	1.18	34.50	0.42	0.69	0.31
CV (%)	21.81	32.36	15.02	29.28	16.78	13.29	15.35	21.81	1.41	18.20	20.70	11.45

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

3.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ขนาดลำต้น)

ในด้านขนาดลำต้น พบว่า กระจินพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้นสูงกว่าพันธุ์คั่นนิ่งแฮม และเปรู ในทุกระยะการสุ่มวัด โดยเมื่ออายุ 20 สัปดาห์แรก หลังเมล็ดงอกพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีขนาดลำต้น 1.63, 1.39 และ 1.54 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์คั่นนิ่งแฮม และเปรู มีขนาดลำต้นเพียง 1.01 และ 0.61 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ความแตกต่างในด้านขนาดลำต้นยังคงมีอยู่อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งการเก็บเกี่ยวผลผลิต เมื่อมีอายุครบ 1 ปีกระจินพันธุ์ทาร์มบ้า มีขนาดลำต้นใหญ่ที่สุด 3.79 เซนติเมตร ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 (3.63 เซนติเมตร) แต่แตกต่างจากอีก 3 พันธุ์/สายพันธุ์ และพันธุ์ที่มีขนาดลำต้นเล็กที่สุดคือพันธุ์เปรูซึ่งมีขนาดลำต้นเพียง 2.50 เซนติเมตร ในขณะที่พันธุ์คั่นนิ่งแฮมมี (2.90 เซนติเมตร) ขนาดลำต้นใหญ่กว่าพันธุ์เปรู แต่เล็กกว่าสายพันธุ์ 5/8 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้นสูงสุดอยู่ระหว่างสัปดาห์ที่ 20-22 หลังเมล็ดงอก โดยมีค่า 0.32, 0.38, 0.033, 0.025 และ 0.025 เซนติเมตร/วัน สำหรับกระจินพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู คั่นนิ่งแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ตามลำดับ หลังจากนั้นอัตราการขยายของขนาดลำต้นจะมีค่าลดลงในกระจินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 22 เป็นต้นไปจนถึงสัปดาห์สุดท้าย โดยการขยายขนาดลำต้นทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในช่วงเวลาดังกล่าวมีอัตราที่ไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ระดับความสูง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน

พันธุ์/สายพันธุ์	สปีดไลท์ (หลังเมล็ดงอก) (เซนติเมตร)								
	20	22	26	30	34	38	42	46	51
	4 เม.ย. 50	19 เม.ย. 50	16 พ.ค. 50	14 มิ.ย. 50	12 ก.ค. 50	6 ส.ค. 50	6 ก.ค. 50	4 ต.ค. 50	7 พ.ย. 50
ทาร์มบ้า	1.63 a ¹	2.11 a	2.50 a	2.85 a	2.95 a	3.06 a	3.39 a	3.61 a	3.79 a
เปรู	0.61 b	1.17 d	1.59 c	1.79 c	2.08 b	2.32 b	2.35 c	2.60 c	2.53 d
คันทิงแฮม	1.01 b	1.49 c	1.69 c	1.91 c	2.05 b	2.31 b	2.81 b	2.89 c	2.90 c
5/7	1.39 a	1.76 bc	2.14 b	2.52 b	2.63 a	2.92 a	3.35 a	3.30 b	3.63 ab
5/8	1.54 a	1.90 ab	2.25 ab	2.55 ab	2.64 a	3.00 a	3.16 ab	3.23 b	3.35 b
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
LSD (0.05)	0.26	0.3	0.29	0.30	0.37	0.31	0.36	0.3	0.34
CV (%)	13.87	11.35	9.1	8.43	9.75	7.43	7.81	6.3	6.78

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 6 อัตราการเจริญเติบโตในด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร/วัน) ของต้นกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ในแต่ละช่วงสัปดาห์ที่เก็บข้อมูล

พันธุ์/สายพันธุ์	ช่วงสัปดาห์ (หลังเมล็ดงอก) (เซนติเมตร/วัน)								
	0-20	20-22	22-26 [#]	26-30 [#]	30-34 [#]	34-38 [#]	38-42 [#]	42-46 [#]	46-51 [#]
ทาร์มบ้า	0.012 a ¹	0.032 ab	0.014	0.012	0.004	0.004	0.011	0.007	0.005
เปรู	0.004 c	0.038 a	0.015	0.008	0.010	0.010	0.001	0.008	0.006
คันทิงแฮม	0.007 b	0.033 ab	0.007	0.008	0.007	0.010	0.016	0.003	0.002
5/7	0.010 a	0.025 b	0.014	0.013	0.004	0.012	0.014	0.008	0.010
5/8	0.011 a	0.025 b	0.013	0.010	0.003	0.014	0.010	0.007	0.003
F-test	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD (0.05)	0.002	0.008	0.040	0.026	0.035	0.054	0.043	0.046	0.048
CV (%)	13.87	17.90	24.29	16.95	32.18	35.24	27.90	39.50	48.75

หมายเหตุ [#] หมายถึง มีการแปลงค่าข้อมูลโดยการถอดรากที่ 2

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกัน ในคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

4. ผลผลิต

4.1 ผลผลิตน้ำหนัสด

4.1.1 ใบ

จากตารางที่ 7 พบว่ากระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ให้ผลผลิตใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพันธุ์ที่ให้ผลผลิตใบมากที่สุดคือสายพันธุ์ 5/7 (1,400 กิโลกรัม/ไร่) รองลงมาเป็นสายพันธุ์ 5/8 และทาร์มบ้า (1,340 และ 1,100 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ต่างจากพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (600 และ 830 กิโลกรัม/ไร่) อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

4.1.2 กิ่งก้าน

ผลผลิตส่วนกิ่งก้าน พบว่าทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน โดยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 600-970 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 7)

4.1.3 ลำต้น

ก. ลำต้นที่มีขนาดเล็กน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตกระถินพบว่า กระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ให้ผลผลิตลำต้นสดที่มีขนาดเล็กน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร แตกต่างกันทางสถิติ โดยกระถินสายพันธุ์ 5/8 ให้ผลผลิตสูงสุด (1,240 กิโลกรัม/ไร่) ไม่ต่างจากพันธุ์ทาร์มบ้า และคันทิงแฮม (1,000 และ 1,200 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) แต่แตกต่างจากพันธุ์เปรู และสายพันธุ์ 5/7 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (850 และ 750 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ)

ข. ลำต้นที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 เซนติเมตร

พันธุ์ทาร์มบ้ามียุติที่มีขนาดใหญ่ (>2.5 เซนติเมตร) มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างในทางสถิติจากสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 โดยให้ผลผลิต 5,210, 3,910 และ 4,150 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ในขณะที่พันธุ์เปรู และคันทิงแฮมมีลำต้นขนาดใหญ่ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 1,540-1,890 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ค. ลำต้นรวม (ต้นขนาดใหญ่กว่า 2.5 + ต้นขนาดเล็กกว่า 2.5 เซนติเมตร)

ผลผลิตลำต้นรวมในแต่ละพันธุ์มีปริมาณที่ต่างกันทางสถิติ โดยพันธุ์ทาร์มบ้า และสายพันธุ์ 5/8 ให้ผลผลิตลำต้นรวมสูงสุด 6,210 และ 5,390 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 ซึ่งให้ผลผลิตลำต้นรวม 4,660 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรูให้ผลผลิตลำต้นรวมต่ำสุด (2,390 กิโลกรัม/ไร่) ไม่แตกต่างจากพันธุ์คันทิงแฮม ซึ่งให้ผลผลิตลำต้นรวม 3,090 กิโลกรัม/ไร่ โดยผลผลิตลำต้นรวมของกระถินที่ทดลองมาจากส่วนลำต้นที่มีขนาดใหญ่มากกว่าขนาดเล็ก

4.1.4 ชีวมวลรวม (ใบ+กิ่งก้าน+ลำต้น)

กระถินพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตชีวมวลสดรวมสูงสุด 8,110 กิโลกรัม/ไร่ ใกล้เคียงกับสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ซึ่งให้ผลผลิต 7,030 และ 7,700 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และสูงกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม ซึ่งให้ผลผลิตสดรวมเพียง 3,590 และ 4,750 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตชีวมวลรวมส่วนใหญ่มาจากส่วนลำต้น ใบ และกิ่งก้าน ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ผลผลิตน้ำหนักรากสด (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบ

พันธุ์/สายพันธุ์	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.5 เซนติเมตร	ลำต้น > 2.5 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	1,100 ab ¹	800	1,000 ab	5,210 a	6,210 a	8,110 a
เปรู	600 c	600	850 b	1,540 b	2,390 c	3,590 b
คันทิงแฮม	830 bc	830	1,200 ab	1,890 b	3,090 bc	4,750 b
5/7	1,400 a	970	750 b	3,910 a	4,660 ab	7,030 a
5/8	1,340 a	970	1,240 a	4,150 a	5,390 a	7,700 a
F-test	**	ns	*	**	**	**
LSD(0.05)	354.85	341.52	355.13	1,733.79	1,801.95	2,259.69
CV (%)	22.44	26.62	23.12	34.00	27.14	23.78

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

4.2 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง

4.2.1 ใบ

สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ยังคงเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักรากแห้งใบมากที่สุด (649 และ 555 กิโลกรัม/ไร่) เช่นเดียวกับผลผลิตน้ำหนักรากสด โดยมีปริมาณมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ (268 และ 323 กิโลกรัม/ไร่) (ตารางที่ 8) ในขณะที่พันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตใบไม่แตกต่างจากพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (445, 268 และ 323 กิโลกรัม/ไร่) ตามลำดับ

4.2.2 กิ่งก้าน

ผลผลิตในส่วนที่เป็นกิ่งก้านของทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกัน โดยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 279-504 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 8)

4.2.3 ลำต้น

ง. ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.5 เซนติเมตร

ลำต้นในส่วนนี้แม้ปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดจะมีความแตกต่างกัน แต่เมื่อคิดเป็นน้ำหนักแห้งแล้วทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 385-664 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 8)

จ. ลำต้นที่มีขนาดใหญ่กว่า 2.5 เซนติเมตร

ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.5 เซนติเมตรมีความสอดคล้องกันทั้งในด้านน้ำหนักสด และแห้ง กล่าวคือในพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ที่ให้ปริมาณผลผลิตสดสูงยังคงให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงเช่นเดิม (2,288, 2,315 และ 2,152 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) ในขณะที่พันธุ์เปรู และคั่นนิงแฮมให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 746 และ 880 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ต่ำกว่าพันธุ์ทั้ง 3 ที่กล่าวมาแล้วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค. ลำต้นรวม

ความแตกต่างในด้านผลผลิตน้ำหนักแห้งลำต้นรวมมีความคล้ายคลึงกับผลผลิตลำต้นรวมสด กล่าวคือกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่าง 2,700-2,833 กิโลกรัม/ไร่ แต่สูงกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนิงแฮมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักแห้งพันธุ์เปรู และคั่นนิงแฮมให้ผลผลิตลำต้นรวมเพียง 1,37 และ 1,466 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

4.2.4 ชีวมวลรวม

ผลผลิตชีวมวลรวมมีความสอดคล้องกับผลผลิตลำต้นรวมเมื่อคิดในสภาพน้ำหนักแห้ง กล่าวคือพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ที่ให้ผลผลิตชีวมวลรวมไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่า 3,610, 3,853 และ 3,875 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ แต่สูงกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนิ่งแฮมที่ให้ผลผลิตชีวมวลรวมเพียง 1,684 และ 2,139 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวมส่วนใหญ่มาจากส่วนลำต้น (68-78 เปอร์เซ็นต์) รองมาได้แก่ ใบ และกิ่งก้าน ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน (12-17 และ 9-17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ภาพที่ 9)

ตารางที่ 8 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบ

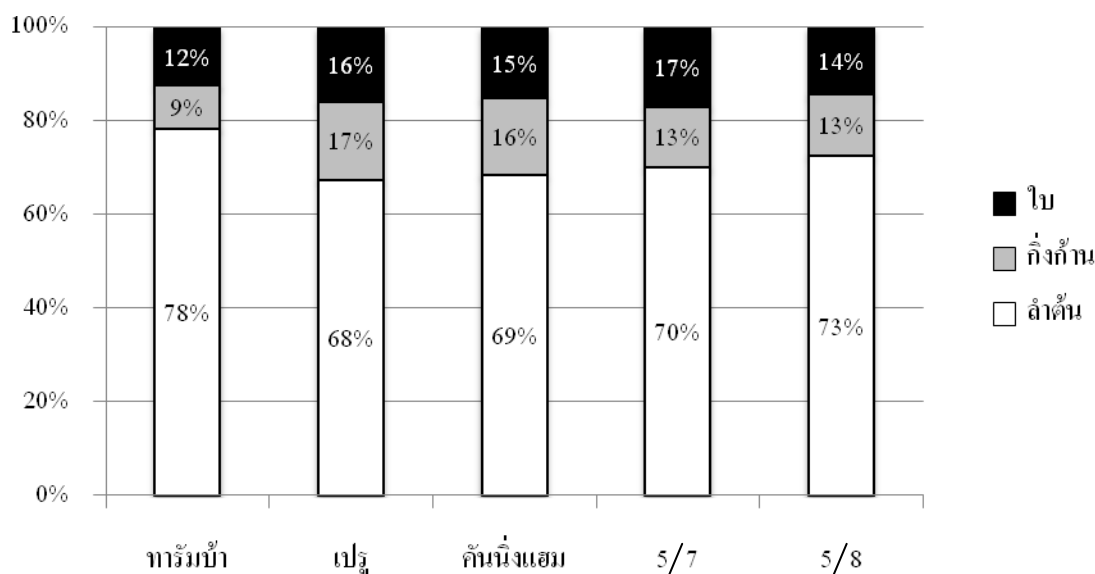
พันธุ์/สายพันธุ์	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น < 2.5 เซนติเมตร	ลำต้น > 2.5 เซนติเมตร	ลำต้นรวม	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	445 bc	332	545	2,288 a	2,833 a	3,610 a
เปรู	268 c	279	391	746 b	1,137 b	1,684 b
คั่นนิ่งแฮม	323 c	350	587	880 b	1,466 b	2,139 b
5/7	649 a	504	385	2,315 a	2,700 a	3,853 a
5/8	555 ab	504	664	2,152 a	2,816 a	3,875 a
F-test	**	ns	ns	**	*	**
LSD(0.05)	180.47	191.70	261.14	972.36	1,089.88	1,366.06
CV (%)	26.14	31.62	32.95	37.65	32.29	29.24

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD



ภาพที่ 9 สัดส่วนขององค์ประกอบทางด้านผลผลิตน้ำหนักแห้ง ไบ กิ่ง และ ลำต้น จากกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์

5. ความหนาแน่นของเนื้อไม้

ค่าความหนาแน่นเนื้อไม้จากกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 9) โดยพันธุ์ทาร์มบ้ามีค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ต่ำสุด (0.50 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติจากพันธุ์ที่เหลืออีก 3 พันธุ์/สายพันธุ์ (เปรู คันทิงแฮม และ 5/8) ในขณะที่สายพันธุ์ 5/8 มีค่าความหนาแน่นเนื้อไม้สูงสุด แต่ไม่แตกต่างจากพันธุ์เปรู คันทิงแฮม และสายพันธุ์ 5/7 (0.59, 0.60 และ 0.56 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ)

6. ค่าพลังงานความร้อน

กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ให้ค่าพลังงานความร้อนที่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยค่าความร้อนที่ได้อยู่ในช่วง 4.58-4.65 กิโลแคลอรี/กรัม (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ความหนาแน่นเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์

พันธุ์/สายพันธุ์	ความหนาแน่น (wood density) (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/กรัม)
ทาร์มบ้า	0.50 b ¹	4.65
เปรู	0.59 a	4.60
คันทิงแฮม	0.60 a	4.65
5/7	0.56 ab	4.58
5/8	0.63 a	4.58
F-test	*	ns
LSD(0.05)	0.07	0.09
CV (%)	7.95	1.61

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติ

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

7. ประสิทธิภาพในการใช้น้ำ

เมื่อพิจารณาจากประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างผลผลิตชีวมวลรวม (น้ำหนักแห้ง) พบว่าสายพันธุ์ 5/8 มีประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวมมากที่สุด (2.88 กิโลกรัม/ไร่/น้ำ 1 มิลลิลิตร) และไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/7 และพันธุ์ทาร์มบ้า (2.86 และ 2.68 กิโลกรัม/ไร่/น้ำ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ) แต่ต่างจากพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (1.25 และ 1.59 กิโลกรัม/ไร่/น้ำ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัม น้ำหนักแห้ง/ไร่/น้ำ 1 มิลลิเมตร)

พันธุ์/สายพันธุ์	ชีวมวลรวม
ทาร์มบ้า	2.65 a ¹
เปรู	1.24 b
กันนิงแฮม	1.57 b
5/7	2.82 a
5/8	2.84 a
F-test	**
LSD(0.05)	1.00
CV (%)	29.24

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยทางสำคัญสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 99 เปอร์เซ็นต์
¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

8. องค์ประกอบทางเคมี

8.1 ไนโตรเจน

จากการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ และเป็นธาตุที่พบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 5 ธาตุ ซึ่งเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่กระถินแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 24.2-25.7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

8.2 ฟอสฟอรัส

เป็นธาตุที่พบในใบกระถินน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอื่นๆที่วิเคราะห์ โดยเฉพาะในพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 (0.17, 0.16 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีปริมาณน้อยกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนิ่งเสมออย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ (0.20 และ 0.20 เซนติเมตร ตามลำดับ)

8.3 โพแทสเซียม

พบมากที่สุดในพันธุ์เปรู (1.71เปอร์เซ็นต์) รองลงมาได้แก่พันธุ์คั่นนิ่งเสมอ และสายพันธุ์ 5/7 (1.59 และ 1.38 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ และพันธุ์ที่พบโพแทสเซียมในใบน้อยที่สุดคือสายพันธุ์ 5/8 (1.29 เปอร์เซ็นต์)

8.4 แคลเซียม

ใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับธาตุไนโตรเจน แต่พบในปริมาณที่น้อยกว่า โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.37-1.60 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

8.5 แมกนีเซียม

แมกนีเซียมพบในใบกระถินน้อยกว่าแคลเซียม และซัลเฟอร์ แต่เมื่อเปรียบเทียบจากทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์พบว่าสายพันธุ์ 5/7 มีปริมาณมากที่สุด (0.34 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งไม่แตกต่างจากพันธุ์ทาร์มบ้า (0.32 เปอร์เซ็นต์) และสายพันธุ์ 5/8 (0.30 เปอร์เซ็นต์)

8.6 ซัลเฟอร์

เป็นอีกธาตุหนึ่งที่กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยพบว่ามีความอยู่ระหว่าง 0.32-0.38 เปอร์เซ็นต์

8.7 NDF (neutral detergent fiber)

จากผลการวิเคราะห์พบว่าเชื้อใย NDF ในใบกระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งพบอยู่ในช่วง 31.7-34.3 เปอร์เซ็นต์ และยังพบในปริมาณที่มากกว่า ADF และ ADL

8.8 ADF (Acid detergent fiber)

เป็นเชื้อใยอีกชนิดหนึ่งที่พบในใบกระถิน และทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณที่ใกล้เคียงกันประมาณ 24-25 เปอร์เซ็นต์

8.9 ADL (acid detergent lignin)

ปริมาณ ADL ที่วิเคราะห์ได้จากใบกระถินพบว่า มีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยเฉพาะพันธุ์ทาร์มบ้าซึ่งมีปริมาณต่ำสุด (10.9 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่พันธุ์เปรู คั่นนิ่งแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 พบในปริมาณที่สูงใกล้เคียงกัน 12.3-12.6 เปอร์เซ็นต์ และพบในปริมาณที่ต่ำกว่าทั้ง NDF และ ADF

8.10 Cellulose

ในใบกระถินที่ทดลองพบ cellulose ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพันธุ์ที่พบมากที่สุดคือ สายพันธุ์ 5/8 (10 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างจากพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู คั่นนิ่งแฮม และสายพันธุ์ 5/8 แต่ cellulose ที่พบมีปริมาณน้อยกว่า hemicellulose อย่างเห็นได้ชัด

8.11 Hemicellulose

พบมากที่สุดในพื้นที่เปรู (15.1 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับพันธุ์ทาร์มบ้า คั่นนิ่งแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ซึ่งทั้ง 4 พันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณ hemicelluloses เป็น 13.8, 13.5, 11.6 และ 11.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ปริมาณธาตุอาหารหลักในส่วนใบ และลำต้นของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)

พันธุ์/สายพันธุ์	N		P	K	Ca	Mg	S	NDF	ADF	ADL	Cellulose	Hemicellulose
	ใบ	ลำต้น										
ทาร์มบ้า	4.11	0.72 a ¹	0.17 b	1.35 bc	1.55	0.32 ab	0.38	33.5	25.7	10.9 b	8.8	13.8
เปรู	3.95	0.64 ab	0.20 a	1.71 a	1.59	0.28 b	0.35	32.0	24.7	12.4 a	4.5	15.1
คันนิงแฮม	4.10	0.62 abc	0.20 a	1.59 ab	1.60	0.28 b	0.33	31.7	25.6	12.5 a	5.7	13.5
5/7	3.90	0.53 bc	0.16 b	1.38 bc	1.37	0.34 a	0.32	34.3	24.4	12.6 a	10.0	11.6
5/8	3.87	0.49 c	0.15 b	1.29 c	1.60	0.30 ab	0.35	32.3	24.2	12.3 a	8.9	11.1
F-test	ns	*	**	*	ns	*	ns	ns	ns	**	ns	ns
LSD (0.05)	0.36	12.5	0.02	0.28	0.33	0.04	0.07	5.64	15.03	3.06	37.96	22.66
CV (%)	4.83	0.14	6.67	10.08	11.39	7.47	11.44	3.48	5.59	0.70	5.42	5.56

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

9. ผลผลิต ไนโตรเจน (N yield)

9.1 ผลผลิตไนโตรเจนในส่วนใบ

ปริมาณไนโตรเจนที่ได้จากใบมีมากกว่าส่วนลำต้นอย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 11) ถึงแม้ว่าผลผลิตใบจะน้อยกว่าลำต้นก็ตาม (ตารางที่ 8) โดยเมื่อคิดเป็นผลผลิตไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากส่วนใบ พบว่ากระถินสายพันธุ์ 5/7 สามารถผลิตได้มากที่สุด (25.29 กิโลกรัม/ไร่) และไม่แตกต่างจากสายพันธุ์ 5/8 และพันธุ์ทาร์มบ้า (21.50 และ 18.29 กิโลกรัม/ไร่) ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์เปรู และคันทิงแฮมผลิตไนโตรเจนได้เพียง 10.60 และ 13.23 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ

9.2 ผลผลิตไนโตรเจนในส่วนลำต้น

เนื่องจากผลผลิตน้ำหนักแห้งส่วนลำต้นในแต่ละพันธุ์มีปริมาณที่ต่างกัน ดังนั้นผลผลิตไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากส่วนลำต้นจึงมีความแตกต่างกัน โดยพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตไนโตรเจนมากที่สุด (20.40 กิโลกรัม/ไร่) และสูงกว่าอีก 4 พันธุ์/สายพันธุ์ (เปรู คันทิงแฮม 5/7 และ 5/8) อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ

9.3 ผลผลิตไนโตรเจนรวม (ใบ+ลำต้น)

จากไนโตรเจนในผลผลิตใบ และลำต้นที่มีความแตกต่างกัน จึงส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนรวม (ใบ+ลำต้น) ในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีความแตกต่างกันออกไป โดยพบว่าพันธุ์/สายพันธุ์ที่นำเข้ามาใหม่ (ทาร์มบ้า 5/7 และ 5/8) มีปริมาณไนโตรเจนรวมมากกว่าพันธุ์เดิม (เปรู และคันทิงแฮม) ประมาณ 2 เท่า (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลผลิตไนโตรเจนในส่วนใบ และลำต้น

พันธุ์	N (กิโลกรัม/ไร่)		
	ใบ	ลำต้น	รวม (ใบ+ลำต้น)
ทาร์มบ้า	18.29 ab ¹	20.40 a	38.69 a
เปรู	10.60 c	7.20 c	17.80 b
คันทิงแฮม	13.23 bc	9.04 bc	22.27 b
5/7	25.29 a	14.40 b	39.69 a
5/8	21.50 a	13.70 b	35.20 a
F-test	**	**	**
LSD (0.05)	7.15	5.85	12.10
CV (%)	26.10	29.30	25.54

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

10. การฟื้นตัวหลังการตัด

10.1 จำนวนหน่อต่อกอ

จากการทดลองพบว่าการฟื้นตัวในระยะ 3 เดือนแรกภายหลังการตัดนั้นโดยรวมทั้ง 5 พันธุ์/ สายพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ ยกเว้นการสุ่มวัดในสัปดาห์ที่ 6 และ 10 หลังการตัด (ตารางที่ 13) โดยแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์มีจำนวนหน่อที่แตกใหม่ประมาณ 11-13 หน่อ/กอ (ต่ออายุ 3 เดือน) หากจะพิจารณาขนาดของตอร่วมด้วยพบว่าขนาดของตอไม่ส่งผลถึงจำนวน หน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ ดังเช่นในพันธุ์เปรูที่มีขนาดตอเล็กที่สุด (2.95 เซนติเมตร) แต่มีจำนวนหน่อ/กอไม่แตกต่างจากพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ซึ่งมีขนาดตอ 3.94, 3.89 และ 3.7 เซนติเมตร ตามลำดับ

10.2 ความสูงหน่อ

ในด้านความสูงของหน่อที่แตกใหม่ พบว่าตลอดทั้ง 3 เดือนที่สุ่มเก็บข้อมูลความสูงหน่อ ไม่มีความแตกต่างกัน โดยทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีความสูงของหน่อหลังการตัดที่อายุ 3 เดือนอยู่ในช่วง 68-93 เซนติเมตร (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 การฟื้นตัวหลังจากการตัดโดยวัดจากจำนวนของหน่อ (จุดเจริญ) ที่แตกออกมาใหม่

พันธุ์/สายพันธุ์	สัปดาห์ที่ (หลังการตัด)						เส้นผ่านศูนย์กลางต่อ (เซนติเมตร) ที่ความสูง 50 เซนติเมตรจากพื้น
	2	4	6	8	10	12	
	22 พ.ย. 50	6 ธ.ค. 50	20 ธ.ค. 50	4 ม.ค. 51	17 ม.ค. 51	31 ม.ค. 51	
ทาร์มบ้า	7	10	11 ab	12	12 ab	12	3.94 a
เปรู	8	12	9 b	11	10 b	13	2.95 c
คันทิงแฮม	7	13	13 a	14	14 a	11	3.28 b
5/7	7	11	11 ab	14	14 a	13	3.89 a
5/8	7	11	9 b	13	13 a	12	3.70 a
F-test	ns	ns	*	ns	**	ns	**
CV (%)	8.95	14.73	17.36	13.36	10.88	13.53	5.58
LSD (0.05)	1.01	2.6	2.86	2.60	2.09	2.56	0.31

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

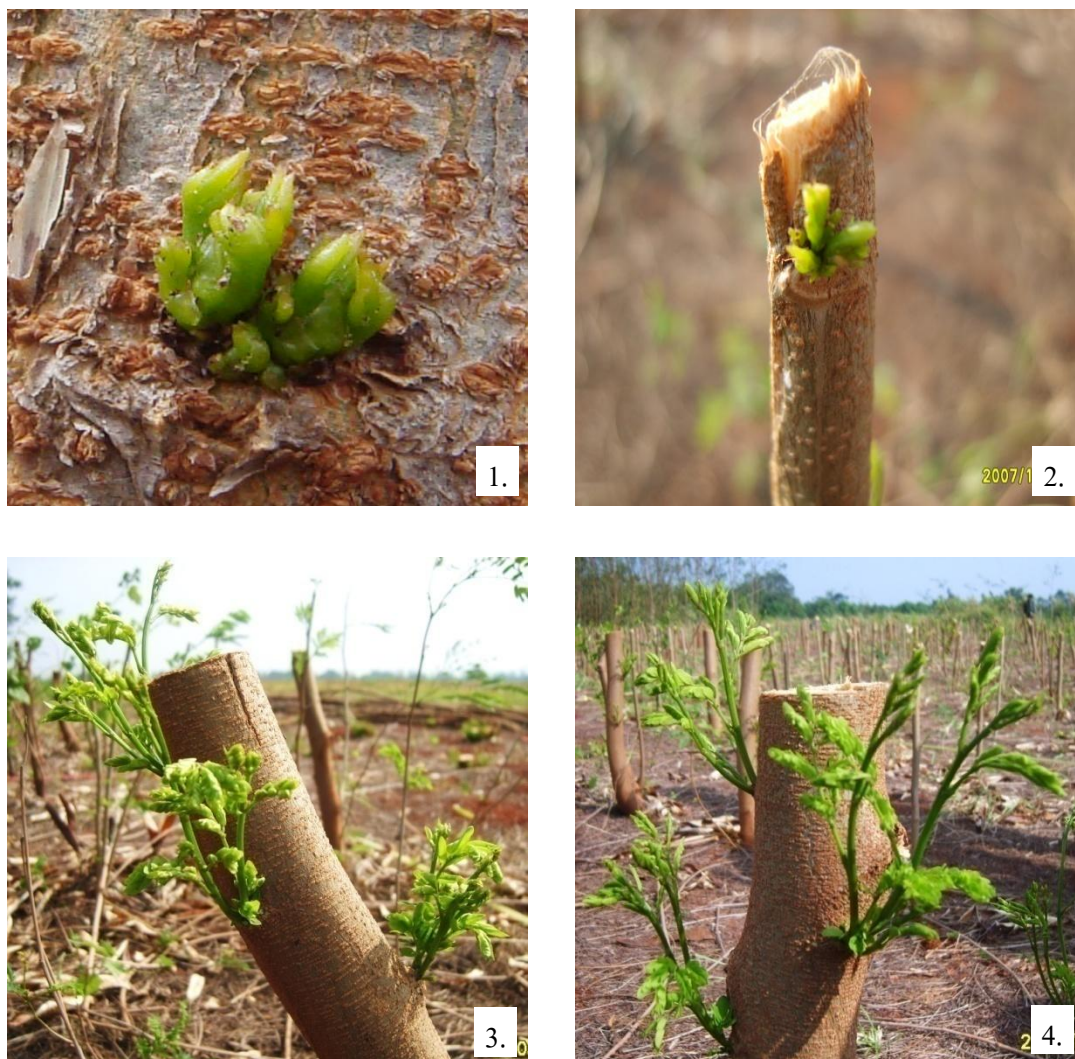
** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 14 ความสูง (เซนติเมตร) ของหน่อที่แตกใหม่หลังการตัด

พันธุ์	สัปดาห์ที่ (หลังการตัด) (เซนติเมตร)			
	5	8	10	12
	13 ธ.ค. 50	3 ม.ค. 51	17 ม.ค. 51	31 ม.ค. 51
ทาร์มบ้า	52	69	81	93
เปรู	57	62	65	68
คันทิงแฮม	63	69	73	77
5/7	45	62	73	84
5/8	72	79	84	89
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	23.35	14.91	14.86	17.38
LSD(0.05)	20.82	15.70	17.24	22.03

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพที่ 10 การฟื้นตัวหลังการเก็บเกี่ยว 1-2 การแตกหน่อใหม่ในสัปดาห์ที่ 2 หลังการตัด และ 3-4 จำนวน และบริเวณการแตกใหม่ของกระถิน

11. ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่รวบรวมได้

11.1 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้น ใบ กิ่งก้าน

จากตารางที่ 15 พบว่าองค์ประกอบของผลผลิตทั้งลำต้น ใบ และกิ่งก้านมีความสัมพันธ์กับผลผลิตชีวมวลรวมอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม กับองค์ประกอบของผลผลิตในแต่ละส่วนจะพบว่า ลำต้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิตชี

มวลรวมในสมการเชิงเส้นตรงมากที่สุด ($R^2 = 0.974^{**}$) โดยคิดเป็น 98 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็น ผลผลิตใบ ($R^2 = 0.731^{**}$) คิดเป็น 73 เปอร์เซ็นต์ และกิ่งก้านซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มีความสัมพันธ์กับ ผลผลิตชีวมวลรวมน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 องค์ประกอบ (ลำต้น และใบ) ซึ่งคิดเป็น 50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

และจากความสัมพันธ์ในแต่ละองค์ประกอบของผลผลิตที่มีต่อผลผลิตชีวมวลรวมสามารถสร้างเป็น สมการที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม กับผลผลิตลำต้น ใบ และกิ่งก้านได้ดังนี้

$$Y = 0.004 + 0.791 (Ws) + 0.159 (WI) + 0.118 (Wb)$$

โดย Y = ผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวม (กิโลกรัม/ไร่)

Ws = ผลผลิตน้ำหนักแห้งส่วนลำต้น (กิโลกรัม/ไร่)

WI = ผลผลิตน้ำหนักแห้งส่วนใบ (กิโลกรัม/ไร่)

Wb = ผลผลิตน้ำหนักแห้งส่วนกิ่งก้าน (กิโลกรัม/ไร่)

นอกจากนั้นยังพบว่าความสูงของต้นกระถินมีความสัมพันธ์กับผลผลิตชีวมวลอย่างมีนัยสำคัญ ยิ่งทางสถิติ ($R=0.771^{**}$) เช่นกัน (ตารางที่ 15)

11.2 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับผลผลิตลำต้น ความสูง และความแน่นเนื้อไม้

ไม้กระถินที่อายุ 1 ปี เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิตลำต้น และความสูงต้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($R=0.714^{**}$ และ 0.837^{**}) แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับความแน่นเนื้อไม้ ($R=-0.414$) (ตารางที่ 15)

11.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นเนื้อไม้กับค่าพลังงานความร้อน

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ที่ได้จากไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่อายุ 1 ปี ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ (ตารางที่ 15)

11.4 ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนหน่อกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตอ (ขนาดของตอ)

ในงานทดลองครั้งนี้พบว่าขนาดของต่อไม่มีความสัมพันธ์กับจำนวนของหน่อที่แตกออกมาใหม่หลังการตัด (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม กับผลผลิตลำต้น ใบ กิ่งก้าน (น้ำหนักแห้ง), เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น กับผลผลิตลำต้น ความสูง และความหนาแน่นเนื้อไม้, ค่าพลังงานความร้อน กับความหนาแน่นเนื้อไม้ และจำนวนหน่อ กับเส้นผ่านศูนย์กลางต่อ

	ชีวมวลรวม (กิโลกรัม/ไร่)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	ค่าพลังงาน (กิโลแคลอรี/กรัม)	จำนวน หน่อ
ลำต้น (กิโลกรัม/ไร่)	0.987 ^{**}	0.714 ^{**}	-	-
ใบ (กิโลกรัม/ไร่)	0.855 ^{**}	-	-	-
กิ่งก้าน (กิโลกรัม/ไร่)	0.707 ^{**}	-	-	-
ความสูง (เซนติเมตร)	0.771 ^{**}	0.837 ^{**}	-	-
ความหนาแน่นเนื้อไม้ (กรัม/ ลูกบาศก์เซนติเมตร)	-	-0.414	-0.092	-
เส้นผ่านศูนย์กลางต่อ (เซนติเมตร) ที่ ความสูง 50 เซนติเมตรจากพื้นดิน	-	-	-	0.004

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 16 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม (Wbio) กับผลผลิตลำต้น (Ws)
ใบ (Wl) และกิ่งก้าน (Wb) (น้ำหนักแห้ง)

สมการความสัมพันธ์	ค่าสหสัมพันธ์
$W_{bio} = 299.01 + 1.25 W_s$	$R^2 = 0.974$
$W_{bio} = 622.83 + 5.38 W_l$	$R^2 = 0.731$
$W_{bio} = 670.17 + 6.00 W_b$	$R^2 = 0.499$

วิจารณ์

1. การเจริญเติบโตทางด้านความสูง

จากผลการทดลอง พบว่าในช่วงแรกกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีการเจริญเติบโตช้า เช่นเดียวกับการรายงานของ Ferraris (1979); NAS (1984) ที่กล่าวว่ากระถินเป็นพืชที่มีเจริญเติบโตช้า ในระยะแรกของการปลูก (ประมาณ 3 เดือนแรก) โดยเฉพาะในระยะ 5 สัปดาห์หลังการงอกของเมล็ด กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีความสูงเพียง 11-18 เซนติเมตร (ตารางที่ 3) และไม่มี ความแตกต่างกัน ในทางสถิติถึงแม้ว่าทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์จะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดที่แตกต่างกันก็ตาม สอดคล้องกับงานทดลองของ Shelton (1994) ที่รายงานว่าหลังการงอกของเมล็ดกระถินประมาณ 7 สัปดาห์ การเจริญเติบโตจะเป็นไปอย่างช้าๆ โดยที่ระยะดังกล่าวกระถินมีความสูงไม่เกิน 20 เซนติเมตร เช่นเดียวกับพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ เช่น ต้นพุ่มพู่ (*Calliandra calothyrsus*), ถั่ว เชคก้าสไตโล (*Stylosanthes scabra*) และ แกลฝรั่ง (*Gliricidia sepium*) ซึ่งการเจริญเติบโตในระยะแรก มีผลต่อการอยู่รอดของพืช

Cooksley (1987) ศึกษาการควบคุมวัชพืชในกระถินพันธุ์เปรู พบว่าในระยะ 1-5 สัปดาห์หลัง การปลูกการกำจัดวัชพืช หรือไม่มีกำจัดวัชพืชออกจากแปลงไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกระถิน แต่ หลังจากสัปดาห์ที่ 5 เป็นต้นไปหากยังไม่มี การควบคุมวัชพืชในแปลงจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของ กระถิน แต่ในงานทดลองครั้งนี้มีการเตรียมดินก่อนการปลูก และมีการกำจัดวัชพืชในสัปดาห์ที่ 4 หลัง การปลูก ซึ่งเป็นช่วงก่อนที่วัชพืชจะเริ่มส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกระถิน ดังนั้นกระถินจึงยัง สามารถเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง และหลังจากระยะดังกล่าวการเจริญเติบโตจึงค่อยๆเพิ่มขึ้น และ เริ่มเห็นความแตกต่างกันในด้านความสูงในแต่ละพันธุ์/สายพันธุ์ภายหลังการงอกของเมล็ด 10 สัปดาห์ และในระหว่างกระถินที่ทดลองด้วยกัน พบว่ากระถินที่นำเข้ามาใหม่ (ทารัมบ้า 5/7 และ 5/8) และ พันธุ์คันทิงแฮม มีอัตราการเจริญเติบโตในด้านความสูงในระยะแรก (10 สัปดาห์) เร็วกว่าพันธุ์เปรู ดังนั้นการแข่งขันกับวัชพืชของกระถินเหล่านี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 จึงน่าจะมี โอกาสอยู่รอดได้ดีกว่าพันธุ์เปรู ทั้งนี้เนื่องจากกระถินที่นำเข้ามาใหม่เป็นกระถินลูกผสมเช่นเดียวกับ พันธุ์คันทิงแฮม (Dalzell *et al.*, 2006)

เมื่อกระถินมีอายุครบ 1 ปี พันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ยังคงเป็นพันธุ์ที่มีความสูง (705, 708 และ 703 เซนติเมตร ตามลำดับ) มากกว่าทั้งพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม โดยทั้ง 2 พันธุ์มีความสูงเพียง 582 และ 650 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 3) สอดคล้องกับงานทดลองของ Castillo *et al.*, (1998) ที่รายงานว่า พันธุ์ทาร์มบ้า มีการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมในทุกสภาพพื้นที่ที่ปลูก แต่ถึงอย่างไรทั้ง 2 พันธุ์ (เปรู และคันทิงแฮม) ยังมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากระถินพันธุ์พื้นบ้านที่เกษตรกรรู้จักกันเป็นอย่างดี กล่าวคือที่อายุ 1 ปีกระถินพันธุ์พื้นบ้านมีความสูงเพียง 179 เซนติเมตรเท่านั้น (ชาญชัย และคณะ, 2517) และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตกับไม้โตเร็วชนิดอื่น เช่นยูคาลิปตัส และกระถินเทพา พบว่ากระถินที่นำเข้ามาใหม่มีความสูงใกล้เคียงกับต้นยูคาลิปตัสในงานทดลองของ Viriyabucha *et al.* (2004) ที่ใช้ระยะปลูก 2x2 เมตร แต่สูงกว่ากระถินเทพาที่ปลูกโดยใช้ระยะ 1x3.6 เมตร และจากความสัมพันธ์ระหว่างความสูงกับผลผลิตชีวมวลรวม (ตารางที่ 15) แสดงให้เห็นว่ากระถินที่มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงได้ดีมีผลทำให้ผลผลิตชีวมวลรวมเพิ่มขึ้นด้วย ($R=0.771^{**}$) เช่นเดียวกับต้นสมอเทศที่เป็นไม้ยืนต้นเช่นกัน (Srivastava *et al.*, 1999)

2. การเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นกระถินพันธุ์ที่นำเข้ามาใหม่มีขนาดลำต้นใหญ่กว่าพันธุ์เดิม (เปรู และคันทิงแฮม) ในทุกระยะที่เก็บข้อมูล เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตทางด้านความสูง โดยเมื่ออายุครบ 1 ปีพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีขนาดลำต้นถึง 3.79, 3.63 และ 3.35 เซนติเมตรตามลำดับ (ตารางที่ 5) ซึ่งมีขนาดใหญ่มากกว่าทั้งในยูคาลิปตัส และกระถินเทพาที่อายุเท่ากัน (3.17 และ 1.51 เซนติเมตร) เช่นเดียวกับพันธุ์เปรู และคันทิงแฮมมีขนาดลำต้นใหญ่กว่ากระถินเทพาแต่เล็กกว่ายูคาลิปตัส (Viriyabucha *et al.*, 2004) โดยพันธุ์ที่ใช้ทดลองทุกพันธุ์/สายพันธุ์มีขนาดลำต้นใหญ่กว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกระถินยักษ์ในงานทดลองของ สรายุทธ (2529) ที่อายุ 1 ปีโดยใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร และยังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยมากกว่ากระถินเทพาในงานทดลองของ กันดินันท์ และ ชิงชัย (2545) ที่ปลูกโดยใช้ระยะปลูก 1x3 เมตร ที่อายุ 2 ปี (3.45 เซนติเมตร)

นอกจากนี้งานทดลองครั้งนี้ยังพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับอก (130 เซนติเมตร) มีความสัมพันธ์กับความสูงของต้นอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ (ตารางที่ 15) เช่นเดียวกับต้นเมเปิ้ลที่เป็นไม้ยืนต้นเช่นกัน ซึ่งสามารถใช้สมการเส้นตรง ($y = a+bx$) และสมการ quadratic ($y=a+b_1x+b_2x^2$) เพื่อหาความสัมพันธ์ โดยเมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีขนาดเพิ่มขึ้น ความสูงของ

ดินก็จะเพิ่มขึ้นตามเช่นกัน (Nowak, 1990) และจากงานทดลองครั้งนี้ยังพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยังมีความสัมพันธ์กับผลผลิตชีวมวลรวม โดยเฉพาะในส่วนของลำต้นที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทางสถิติ (ตารางที่ 15) สอดคล้องกับงานทดลองของ ชำรง และคณะ (2528); อนันต์ และคณะ (2530); กันดินันท์ และ จิงชัย (2545) ที่พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม และผลผลิตลำต้น กับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในกระถินยักษ์ และกระถินเทพามีค่าสูงมาก ($R^2=0.9950$ และ $0.9601-0.9928$ ตามลำดับ) การใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเป็นตัวแปรอิสระในสมการการประมาณค่าชีวมวลรวมที่พืชผลิตได้นั้นมีความเหมาะสมมากกว่าการใช้ความสูงของต้น เนื่องจากการประมาณค่าผลผลิตชีวมวลจากเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความแปรปรวนน้อยกว่า และค่าที่ได้จะไม่มากเกินไปเกินค่าความเป็นจริง (สรายุทธ และคณะ, 2528) แต่จะเห็นได้ว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับผลผลิตลำต้นที่ได้จากงานทดลองครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าในงานทดลองอื่นๆที่กล่าวมา ทั้งนี้เนื่องมาจากกระถินที่ทดลองมีอายุเพียง 1 ปี แต่ในงานทดลองอื่นๆนั้นมียุ 4-7 ปี จึงทำให้เห็นค่าความสัมพันธ์ชัดเจนมากยิ่งขึ้น นอกจากนั้นเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นยังมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของเนื้อไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่เป็นไปในเชิงลบ ซึ่งจะพบในไม้ยืนต้นที่มีอายุน้อย แต่เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้นความสัมพันธ์จะเป็นไปในเชิงบวก (DeBell *et al.*, 2004)

การเพิ่มขนาดของลำต้นมีความสำคัญยิ่งต่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน กระถินที่เพิ่มขนาดลำต้นได้เร็วจะช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดได้เร็วขึ้น ซึ่งขนาดลำต้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเครื่อง gasifier มีขนาดตั้งแต่ 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป (วีรชัย และคณะ, 2551) ดังนั้นจากงานทดลองครั้งนี้จะเห็นได้ว่าหลังจากเมล็ดงอกเพียง 7 เดือน กระถินที่นำเข้ามาใหม่ทั้ง 3 พันธุ์/สายพันธุ์ (ทาร์มบ้า 5/7 และ 5/8) สามารถตัดเพื่อนำไปใช้เป็นพลังงานได้ ในขณะที่กระถินพันธุ์คันทิงแสม และเปรู ใช้เวลา 10-12 เดือนตามลำดับ (ตารางที่ 7) ดังนั้นกระถินที่นำเข้ามาใหม่จึงน่าจะมีความเหมาะสมในการใช้เป็นพันธุ์สำหรับแนะนำให้เกษตรกรใช้ต่อไป

3. ผลผลิต

3.1 ใบ

จากการตัดกระถินเพียงครั้งเดียวในรอบ 1 ปีที่ความสูง 50 เซนติเมตรเช่นในงานทดลองครั้งนี้ จะเห็นว่าผลผลิตใบแห้งที่ได้อยู่ระหว่าง 268-649 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่ากระถินที่มี

การตัดเป็นระยะสั้น (60-90 วัน/ครั้ง) ดังในงานทดลองของ ชิต และคณะ (2547); จูรีรัตน์ และคณะ (2519) (955.3-1,256.8 และ 366-1,471 กิโลกรัม/ไร่) ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตใบในกระถินขึ้นอยู่กับความสูง และความถี่ของการตัด (Karim *et al.*, 1991) อีกทั้งการตัดกระถินเป็นระยะสั้นๆมักให้ผลผลิตใบมากกว่าลำต้น (ธำรงศักดิ์ และคณะ, 2546) ด้วยเหตุนี้การปลูกกระถินส่วนใหญ่ในประเทศไทยจึงจำเป็นต้องมีการจัดการกระถินโดยการกำหนดการตัดเป็นระยะ เช่น ทุกๆ 2-3 เดือนเพื่อให้ได้ผลผลิตใบที่มีคุณภาพดี และมีปริมาณเพียงพอต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ (จูรีรัตน์ และคณะ, 2519; ธำรงศักดิ์ และคณะ, 2546; ชิต และคณะ, 2547; Karim *et al.*, 1991)

3.2 ลำต้น

จากสภาพพื้นที่ปลูกกระถินในงานทดลองครั้งนี้ที่เป็นแปลงขนาดเล็ก (4x5 เมตร) พบว่าพันธุ์/สายพันธุ์ที่นำเข้ามาใหม่ (ทาร์มบ้า 5/7 และ 5/8) สามารถให้ผลผลิตชีวมวลรวมได้ดีกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (พันธุ์เดิม) อย่างเห็นได้ชัด (ตารางที่ 7 และ 8) สอดคล้องกับงานทดลองของ Castillo *et al.* (1998) ที่พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตชีวมวลรวมมากกว่าทั้งในพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม ทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากกระถินพันธุ์ทาร์มบ้าได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากสายพันธุ์ที่เป็น Giant type ซึ่งมีลักษณะเป็นไม้ขนาดใหญ่ ในขณะที่พันธุ์เปรู และคันทิงแฮมได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาจากสายพันธุ์ที่เป็น Peru type มีลักษณะเป็นไม้ขนาดกลาง มีลำต้นขนาดเล็ก แต่ให้ผลผลิตใบสูง และแตกกิ่งก้านมาก (อุดม, 2522; Brewbaker *et al.*, 1972; Pound and Cairo, 1983; NAS, 1984) จึงทำให้พันธุ์ทาร์มบ้าสามารถผลิตชีวมวลรวมได้มากกว่าทั้ง 2 พันธุ์ (เปรู และคันทิงแฮม) และเมื่อพิจารณาในแง่ของไม้ (ลำต้น) พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักสดได้ถึง 6,210, 4,660 และ 5,390 กิโลกรัม/ไร่ หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2,833, 2,700 และ 2,816 กิโลกรัม/ไร่ ในขณะที่พันธุ์เปรู และคันทิงแฮมให้ผลผลิตเพียง 2,390 และ 3,090 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (น้ำหนักสด) หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,137 และ 1,444 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 7 และ 8) สอดคล้องกับรายงานของ Wandera and Njarui (1998) ที่กล่าวว่า ส่วนลำต้นจากพันธุ์ทาร์มบ้าเมื่อคิดเป็นผลผลิตต่อต้นที่อายุ 18 เดือน จะมีปริมาณมากกว่าทั้งในพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม (15.3, 13.1 และ 5.2 กรัม/ต้น ตามลำดับ) และผลผลิตลำต้นที่ได้จากพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ในงานทดลองครั้งนี้ยังมีปริมาณมากกว่ากระถินในงานทดลองของ อนันต์ และคณะ (2530); ธำรง และคณะ (2529) ที่รายงานว่าไม้กระถินอายุ 1 ปีให้ผลผลิตไม้แห้งเฉลี่ยเพียง 1,617 และ 872 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ โดยไม่ได้ระบุถึงพันธุ์กระถินที่ใช้ทดลอง Ponnammal and Gnanam (n.d.) ศึกษาผลผลิตส่วนลำต้นใน

กระถินยักษ์ กระถินพันธุ์พื้นเมือง และพืชในวงศ์เดียวกันอีก 6 ชนิดคือ กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) มะกัลด่าน (*Adennanthera pavonina*) มะขามโคก (*Albizia lebbeck*) ทองหลวง (*Erythrina variegata*) แคลฝรั่ง (*Gliricidia maculata*) และจามจุรี (*Samanea saman*) โดยใช้ระยะปลูก 0.5x0.5 เมตร เป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่ากระถินยักษ์สามารถให้ผลผลิตลำต้นมากที่สุดถึง 5,888 กิโลกรัม/ไร่/ปี และยังให้ผลผลิตมากกว่ากระถินเทพาที่อายุการปลูกเท่ากัน (1,945.143 กิโลกรัม/ไร่) (กันดินันท์ และ ชิงชัย, 2545)

4. คุณค่าทางอาหารสัตว์

4.1 ไนโตรเจน

ไนโตรเจนพบมากในส่วนใบมากกว่าลำต้นของพืช เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในคลอโรฟิลล์ (สมบุญ, 2544) โดยปริมาณไนโตรเจนจากกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่พบในงานทดลองนี้อยู่ในช่วง 3.87-4.11 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นโปรตีนได้เท่ากับ 24.2-25.7 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) ซึ่งค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างระหว่างพันธุ์ แม้กระถินจะมีอายุถึง 1 ปี โปรตีนยังคงมีปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการตัดกระถินทุกๆ 45-90 วัน (Guevarra *et al.*, 1978; ฉายแสง และคณะ, 2548) นอกจากนี้โปรตีนที่ได้จากใบกระถินในงานทดลองครั้งนี้ยังมีปริมาณที่สูงกว่าในถั่ว *Stylosanthes guianensis* cv. Cook, ถั่วเวอร์ราโน (*Stylosanthes hamata* cv. Verano), ถั่วเช็กก้าสไตโล (*Stylosanthes scabra* cv. Seca) และ ถั่ว (*Macroptilium artropurpureum* cv. Siratru) ที่ตัดทุกๆ 1-3 เดือน (15, 15, 14.6 และ 17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Khai *et al.*, 1995) และสูงกว่ากระถินทั้ง 10 พันธุ์ในงานทดลองของ จูริรัตน์ และคณะ (2519); ฉายแสง และคณะ (2548) ยกเว้นในกระถินพันธุ์ *L. trichodes* 61/88 เท่านั้น และปริมาณโปรตีนที่ได้จากกระถินในงานทดลองครั้งนี้ยังเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อการดำรงชีวิต (8-10 เปอร์เซ็นต์) เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (12-25 เปอร์เซ็นต์) และเพียงพอสำหรับโคที่มีการให้น้ำนม (15 เปอร์เซ็นต์) (Norton *et al.*, 1995; Tudsri, 2004) Milford and Minson (1966) รายงานว่า การกินของสัตว์จะลดลงถ้าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารหยาบมีค่าน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ไม่ได้มีการวิเคราะห์ปริมาณมิโนซีนจึงไม่มีข้อมูลว่ากระถินที่มีอายุมากถึง 1 ปีจะมีปริมาณสารดังกล่าวมากนักน้อยเพียงใด ดังนั้นการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จึงต้องมีความ

ระมัดระวังจากสารพิษชนิดนี้ด้วย ยกเว้นว่าสัตว์จะมีจุลินทรีย์ *Synergistes jonesii* อยู่ในกระเพาะซึ่งช่วยแก้ไขปัญหาระบาดพิษมิโมซินได้ (Soedarjo *et al.*, 1994)

4.2 ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนมอีกเช่นกัน โดยความต้องการธาตุฟอสฟอรัสในโคเนื้อ และโคที่ให้น้ำนมอยู่นั้นในช่วง 0.23-0.31 และ 0.32-0.38 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Powell and Satter, n.d.) และเป็นโครงสร้างที่สำคัญของกระดูก และฟันของสัตว์ รองมาจากธาตุแคลเซียม (Ca) โดยพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในองค์ประกอบของโครงสร้างกระดูก และฟันมีอยู่ถึง 85 เปอร์เซ็นต์ (Fluharty, n.d.) หากสัตว์ขาดฟอสฟอรัสจะทำให้การเจริญเติบโตความสามารถในการกิน และการสืบพันธุ์ของสัตว์ลดลง และเมื่อสัตว์ขาดฟอสฟอรัสอย่างรุนแรงจะมีผลต่อกระดูกโดยจะทำให้กระดูกเปราะ และแตกหักได้ง่าย (Amaral-Phillips, n.d.)

งานทดลองในประเทศไทยเกี่ยวกับการนำกระดูกไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้จากใบมีปริมาณต่ำ และในบางงานทดลองพบว่าฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำกว่าความต้องการของสัตว์ทั้งในโคเนื้อ และโคนมที่ต้องการฟอสฟอรัส 0.20 และ 0.34 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (โคให้นม 14 กิโลกรัม/ตัว/วัน) ของอาหารที่ให้ (Tudsri *et al.*, 2001) เช่นเดียวกับในงานทดลองครั้งนี้ที่พบปริมาณฟอสฟอรัสในใบกระดูกเพียง 0.15-0.20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของทั้งโคเนื้อ และโคนม ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกระดูกที่ตัดมีอายุถึง 1 ปีปริมาณฟอสฟอรัสในใบจะมีค่าลดลงเมื่อพืชอายุมากขึ้น (Tudsri *et al.*, 2002)

4.3 โพแทสเซียม

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่พบในกระดูกพันธุ์แปรุ และคันนิงแฮม (1.71 และ 1.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีปริมาณมากกว่าพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (1.35, 1.38 และ 1.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 13) โดยที่ความถี่ของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียม อย่างไรก็ตามปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในกระดูกยังคงมีปริมาณน้อยกว่าในหญ้าอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ เช่น หญ้าลูซี่ หญ้าเนเปียร์แคะ และหญ้าเนเปียร์ได้หวาน A25 ที่มีโพแทสเซียมอยู่ระหว่าง 2.31-3.28 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ใบกระดูกพบเพียง 1.69-1.77 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น

(Tudsri *et al.*, 2002) แม้ว่าโพแทสเซียมที่ได้จากกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในงานทดลองครั้งนี้จะมีปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าอาหารสัตว์ แต่ก็เพียงพอต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ต้องการโพแทสเซียม 0.6-0.7 เปอร์เซ็นต์ (Armstrong, 1998)

4.4 แคลเซียม

ปริมาณแคลเซียมที่พบในใบกระถินที่ทดลองทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์อยู่ในช่วง 1.37-1.60 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 13) ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ที่ต้องการแคลเซียม 0.19-0.40 เปอร์เซ็นต์ (Dalzell *et al.*, 1998) โดยปริมาณแคลเซียมที่พบในใบกระถินส่วนใหญ่จะพบในช่วง 0.3-1.0 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิด และสายพันธุ์ (Dalzell *et al.*, 1998) นอกจากนั้นความถี่ในการตัดยังมีผลต่อปริมาณแคลเซียมในกระถินเช่นกัน โดยการตัดที่อายุ 4 เดือน จะมีปริมาณแคลเซียม (0.99 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าการตัดที่อายุ 2 เดือน (0.80 เปอร์เซ็นต์) (จิต และคณะ 2547) อีกทั้งช่วงเวลา (ฤดู) ในการตัดก็มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในกระถิน กล่าวคือ การตัดในฤดูฝนทำให้ปริมาณแคลเซียมในใบต่ำกว่าการตัดในฤดูแล้ง (0.6 และ 1.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Karachi and Shirima, 1997) แต่ปริมาณแคลเซียมที่พบในกระถินมักมีปริมาณมากกว่าหญ้า โดยเฉพาะหญ้านาเปียร์ที่ตัดทุกๆ 45 วัน และมีการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 80 กิโลกรัม/ไร่ (จूरรัตน์ และคณะ, 2524)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แม้กระถินจะมีอายุ 1 ปีแต่ปริมาณแคลเซียมยังคงอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นการปลูกกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์เพื่อใช้ส่วนต้นเป็นพลังงาน เกษตรกรยังสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเสริมแคลเซียม

4.5 แมกนีเซียม

ในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วมักพบแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงกว่าหญ้า ฉายแสง และคณะ (2548) รายงานว่าในถั่วอัลฟาฟ่าทั้ง 24 สายพันธุ์ที่ทดลองโดยการตัดทุกๆ 40 วันพบแมกนีเซียมตั้งแต่ 0.28-0.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณดังกล่าวมีค่าใกล้เคียงกับกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ที่ใช้ในงานทดลองครั้งนี้ (0.28-0.34 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมที่ได้จากถั่วทั้ง 2 ชนิด (อัลฟาฟ่า และ กระถิน) มีมากกว่าในหญ้ามะเดียนที่ตัดอายุ 60 วัน และหญ้านิปปินี่ที่ตัดทุกๆ 45 วัน โดยได้รับธาตุอาหารหลัก และรองอย่างครบถ้วน (0.31 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) (พิสุทธิ์ และคณะ, 2545;

สมศักดิ์ และคณะ, 2546) นอกจากนั้นถั่วทั้ง 2 ชนิดยังมีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่าข้าวฟ่างอาหารสัตว์ ที่มีการเพิ่มปุ๋ยในโตรเจน 10, 20 และ 30 กิโลกรัมในโตรเจน/ไร่ (0.22, 0.23 และ 0.22 เปอร์เซ็นต์) โดยพบว่า การเพิ่มอัตราของปุ๋ยในโตรเจนไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของแมกนีเซียมในข้าวฟ่างอาหารสัตว์ (เกียรติศักดิ์ และคณะ, 2541) และยังมีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่าในหญ้าแฝกทั้ง 17 สายพันธุ์ในงานทดลองของ สมศักดิ์ และคณะ (2544) ถึง 2 เท่า โดยแมกนีเซียมที่พบในหญ้าแฝกเฉลี่ยทั้ง 17 สายพันธุ์มีเพียง 0.10-0.20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น แต่ในหญ้านาเปียร์ไม่ว่าจะเป็นนาเปียร์ธรรมดา นาเปียร์แคระ และนาเปียร์ยักษ์ ซึ่งนิยมนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์นั้นมีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่าทั้งในถั่วอัลฟาฟา กระถิน และหญ้าอาหารสัตว์ที่กล่าวมาข้างต้น นอกจากนั้นแมกนีเซียมยังมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อ การสังเคราะห์โปรตีน และการเปลี่ยนกลูโคสไปเป็นพลังงาน ดังนั้นการขาดแมกนีเซียมจึงมีผลกระทบต่อระบบต่างๆ ของสัตว์ โดยการขาดอย่างเฉียบพลันอาจทำให้สัตว์ตายได้ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.) การเพิ่มปริมาณแมกนีเซียมให้แก่สัตว์สามารถเพิ่มการผสมติในโค และสุกร นอกจากนั้นยังช่วยเพิ่มจำนวนการฟักในไก่ไข่อีกด้วย (Katalin *et al.*, 2004)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า กระถินที่ทดลองทุกพันธุ์/สายพันธุ์ โดยเฉพาะพันธุ์/สายพันธุ์ที่นำเข้ามาใหม่สามารถนำมาใช้เลี้ยงโคได้เนื่องจากโคมีความต้องการธาตุแมกนีเซียมเพียง 0.19 เปอร์เซ็นต์ในโคนมที่ให้น้ำนม 6-14 กิโลกรัม/วัน และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ในโคเนื้อที่มีน้ำหนักตัว 300-500 กิโลกรัม (Dalzell *et al.*, 1998)

4.6 ชัลเฟอร์ (กำมะถัน)

สำหรับพืชอาหารสัตว์ทั้งถั่ว และหญ้าที่ปลูกในประเทศไทยนั้นมีชัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ 0.10-0.29 และ 0.12-0.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ โดยเฉพาะโคที่ต้องการชัลเฟอร์ในปริมาณ 0.15-0.20 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2547; Dalzell *et al.*, 1998) และมีปริมาณมากพอต่อความต้องการของโคที่เพิ่งออกลูก และเพื่อการผลิตน้ำนม (0.29 เปอร์เซ็นต์) เช่นเดียวกับกระถินในงานทดลองที่มีปริมาณชัลเฟอร์ 0.32-0.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารในโคนมได้เช่นกัน อีกทั้งชัลเฟอร์ที่ไดยังมีปริมาณมากกว่าในถั่วอาหารสัตว์ที่กองอาหารสัตว์ได้รายงานไว้ และมากกว่าในถั่วอัลฟาฟาที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ในต่างประเทศ (0.26 เปอร์เซ็นต์) (National Research Council [NRC], 2001)

4.7 NDF

ในการประเมินความต้องการเชื้อใยของสัตว์มักศึกษาจากค่า NDF มากกว่า ADF เนื่องจากเป็นค่าที่วิเคราะห์รวมเอาส่วนประกอบของผนังเซลล์ คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และ ลิกนิน ที่สามารถใช้ประเมินการกินได้ของสัตว์ ซึ่งปกติสัตว์กระเพาะเคี้ยวจะไม่สามารถย่อยส่วนประกอบของผนังเซลล์เหล่านี้ได้ หรือย่อยได้เป็นบางส่วน แต่จะมีประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเพราะในกระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสได้ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.; Kerley, 2004) ในพืชอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความหลากหลายทางด้านองค์ประกอบทางเคมี และลักษณะทางกายภาพโดยเฉพาะส่วนใบ ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการย่อยได้ในสัตว์ เช่นในพืชตระกูลถั่วมีใบขนาดเล็กสามารถย่อย และผ่านไปสู่กระเพาะหมัก (rumen) ได้เร็วกว่าหญ้าที่มี NDF ปริมาณเท่ากัน โดยปกติพืชตระกูลถั่วมักพบ NDF น้อยกว่าหญ้า (Dalzell *et. al.*, 1998) เช่น ในหญ้างินนิสมีม่วง หญ้าแพงโกล่า และหญ้ารูซี่ที่มีปริมาณ NDF มากกว่าในถั่วแรมสไตโล และกระถิน ประมาณ 2-3 เท่า (ฉลอง, 2550) แต่แตกต่างจากงานทดลองของ วิทยา และคณะ (2547) ที่รายงานว่าหญ้างินนิสมีม่วง มีค่า NDF ใกล้เคียงกับถั่วท่าพระสไตโล (66.3 และ 62.4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากระยะเวลาการตัดต้นถั่วที่ 90 วัน ถั่วมีอายุมากจึงทำให้มีส่วนของเชื้อใยมากกว่าการตัดที่อายุ 45 วัน (50.7 เปอร์เซ็นต์) (อานุภาพ และคณะ, 2546) กระถินในงานทดลองที่อายุ 1 ปีมี NDF 31.7-34.3 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ซึ่งไม่แตกต่างจากกระถินที่ตัดทุกๆ 2, 3 และ 4 เดือน (35.54, 37.47 และ 37.89 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากชนิด และพันธุ์ของกระถิน (ศศิธร และคณะ, 2546; ชิต และคณะ, 2547; ฉายแสง, 2548) ซึ่งค่า NDF ที่ต่ำสุดถึงสูงสุดที่จำเป็นต่อความต้องการในการคงเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำมัน และค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักของสัตว์อยู่ที่ 25-27 ถึง 46 เปอร์เซ็นต์ (Seglar and Mahanna, n.d.; Kerley, 2004) ดังนั้นกระถินที่ใช้ในการศึกษานี้จึงมีความเหมาะสม และสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ แม้ว่าอายุของกระถินจะมากถึง 1 ปี

4.8 ADF

เป็นค่าที่วัดเฉพาะส่วนของเซลลูโลส และลิกนินในพืช ซึ่งเป็นตัวชี้วัดการย่อยได้เพื่อประมาณค่าพลังงานที่สัตว์จะได้รับ และความต้องการเชื้อใยเพื่อให้กระเพาะหมักทำงานเป็น โดยในโคนมควรจะได้รับ ADF ไม่ต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์ เพราะถ้าต่ำกว่านี้อาจมีผลทำให้ไขมันในน้ำมันลดลงได้ (กานดา และคณะ, 2547)

ทั้ง NDF และ ADF เป็นส่วนของเยื่อใยที่มีพืชผลิตขึ้นมา ดังนั้นเมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้นค่าทั้ง 2 ก็ จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังในงานทดลองของ ชิต และคณะ (2547) ที่พบว่าปริมาณ ADF ในกระถินที่ตัด ในระยะเวลาแตกต่างกันคือ 2, 3 และ 4 เดือนมีค่าแตกต่างกัน โดยที่อายุ 2 เดือนมีค่าน้อยกว่าอายุ 3 และ 4 เดือน (22.83, 25.03 และ 25.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) แต่ไม่ได้นำมาวิเคราะห์ในทางสถิติ ซึ่งค่า ดังกล่าวมีมากกว่ากระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในงานทดลองนี้ (ตารางที่ 13) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจาก กระถินแต่ละพันธุ์มีความสามารถในการผลิตเยื่อใยได้ต่างกัน และรวมถึงสภาพพื้นที่ที่ปลูก โดยในงาน ทดลองของ ฉายแสง และคณะ (2548) รายงานว่ากระถินที่ทดลองทั้ง 17 สายพันธุ์มีปริมาณ ADF แตกต่างกัน เช่นพันธุ์คันทิงแสมมีปริมาณ ADF 23.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กระถิน *L. macrophylla* subsp. *Nelsonii* 47/85 และ *L. multicapitulata* 81/87 มีปริมาณถึง 31.04 และ 35.42 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อ พิจารณาในพันธุ์เดียวกันเช่น พันธุ์คันทิงแสมที่ปลูกในสภาพที่มีปริมาณน้ำฝนต่อปีแตกต่างกัน พบว่า เปอร์เซ็นต์ ADF ที่ได้ก็จะมีค่าแตกต่างกันออกไปเช่นกัน โดยปลูกในพื้นที่ที่ได้รับน้ำฝนต่อปีสูงค่า ADF ที่ได้ก็จะสูงตาม(Wandera *et al.* , 1991; Karachi, 1998)

คุณค่าทางอาหารสัมพัทธ์ (Relative Feed Value หรือ RFV) เป็นค่าที่บอกถึงคุณค่าทางอาหาร ของพืชอาหารสัตว์ที่หาได้จากค่า NDF และ ADF หากค่าดังกล่าวน้อยกว่า 100 แสดงว่าพืชชนิดดังกล่าว มีคุณภาพทางอาหารไม่เหมาะสมเท่าที่ควร แต่หากมีค่ามากกว่า 100 แสดงว่าพืชชนิดนั้นมีคุณภาพดีมาก โดยในกระถินพบว่าค่า RFV สูงถึง 282 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าข้าวและ หญ้าอาหารสัตว์อีกหลายๆชนิด (ฉลอง, 2550)

4.9 ADL

ADL หรือ ลิกนิน เป็นสารที่อยู่ในส่วนของผนังเซลล์ ซึ่งสัตว์ทั้งกระเพาะเคี้ยว และ กระเพาะรวมไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นหากมีลิกนินอยู่ที่ผนังเซลล์พืชมากจะเป็นการจำกัดการย่อยได้ของ เส้นใยชนิดอื่น (ลักขณา และคณะ, 2541; พิมพาพร และคณะ, 2543) หากพืชชนิดใดมีเปอร์เซ็นต์ ลิกนินมากกว่าการย่อยได้ก็จะลดลงตามเปอร์เซ็นต์ลิกนินที่เพิ่มขึ้น (Stokes and Prostko, n.d.) โดยผล จากการวิเคราะห์ปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้ามีเปอร์เซ็นต์ ลิกนินในใบต่ำที่สุด จึงอาจกล่าวได้ว่าพันธุ์ทาร์มบ้าเมื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จะสามารถย่อยได้ดีกว่าพันธุ์ อื่นๆอีก 4 พันธุ์ (พิจารณาเฉพาะลิกนินอย่างเดียว) (ตารางที่ 13) โดยปกติลิกนินมักพบในพืชตระกูลถั่ว มากกว่าหญ้า (พิมพาพร และคณะ, 2543) แต่ลิกนินในหญ้ามักยับยั้งการย่อยได้มากกว่าในถั่ว (Buxton

and Russell, 1988) นอกเหนือจากอายุพืชที่ทำให้ปริมาณลิกนินที่สะสมมีเพิ่มขึ้นยังมีปัจจัยอื่นๆอีก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน แสง และความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Kenneth and Jung, 2001)

4.10 cellulose

เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างในส่วนผนังเซลล์ชั้นที่ 1 (primary wall) ของพืชที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะช่วยในการย่อย อีกทั้ง cellulose ยังสามารถจับตัวกับลิกนินได้จึงทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลสลดลง (ศรีธนา และคณะ, 2535; Belyea and Ricketts, 1993) เซลลูโลสจะเพิ่มขึ้นตามอายุพืช โดยเฉพาะในส่วนลำต้นของหญ้าเมื่ออายุเพิ่มขึ้น ปริมาณ cellulose จะเพิ่มขึ้นมากกว่าในถั่ว (Boxton and Brasche, 1991) แต่ในระยะเวลาการตัดที่เหมาะสมมักพบปริมาณ cellulose ในถั่วมากกว่าหญ้า (ราไพ และคณะ, 2546; วิทยา และคณะ, 2547) สำหรับถั่วอาหารสัตว์ที่เป็นไม้ยืนต้นเช่น กระถิน ทองหลวง ถั่วมะแฮะ ไมยราบ และแคฝรั่ง พบว่า กระถินมีปริมาณ cellulose ต่ำที่สุด (10.64 เปอร์เซ็นต์) และมีค่าใกล้เคียงกับกระถินที่ได้จากงานทดลองนี้ (ตารางที่ 13) ในขณะที่ ทองหลวง ถั่วมะแฮะ ไมยราบ และแคฝรั่ง มี cellulose มากถึง 20.08, 16.10, 14.97 และ 13.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (พิมพ์พร และ คณะ, 2538) นอกจากนั้นการใช้ใบกระถินผสมในสูตรอาหารเลี้ยงสัตว์จะช่วยลดปริมาณ cellulose ลงได้เช่นกัน (สายจิม และคณะ, 2535)

จากการตัดกระถินที่อายุ 1 ปี (งานทดลอง) พบว่ามีปริมาณ cellulose เฉลี่ยเพียง 4.5-10.0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11) ซึ่งมีปริมาณต่ำกว่าในถั่วท่าพระสไตโลที่ตัดทุกๆ 90 วัน (43.1 เปอร์เซ็นต์) (วิทยา และคณะ, 2547) และถั่วฮามาต้าที่ตัดทุกๆ 60 วัน (33.9 เปอร์เซ็นต์) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณ cellulose ที่วิเคราะห์ได้มาจากส่วนของใบและก้านใบกระถินเท่านั้นไม่มีส่วนของกิ่งก้านและลำต้นเข้ามาผสม แต่ในถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า เป็นถั่วล้มลุกการตัดเพื่อนำมาวิเคราะห์จึงตัดเอาส่วนของลำต้นมาด้วย จึงทำให้ค่า cellulose ที่พบมีมากกว่าในกระถิน

4.11 hemicellulose

เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของผนังเซลล์ชั้นที่สอง (secondary wall) ของพืชที่สัตว์สามารถย่อยได้เพียงเล็กน้อย (ศรีธนา และคณะ, 2535) และปริมาณจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืชเช่นเดียวกับเยื่อที่พบในพืชทั่วไป โดยปกติมักพบในพืชตระกูลหญ้ามากกว่าถั่ว (กานดา และคณะ,

2547; วิทยา และคณะ, 2547) จากงานทดลองของ ฉายแสง และคณะ (2548) พบว่ากระถินในแต่ละสายพันธุ์สามารถผลิต hemicellulose ได้แตกต่างกันตั้งแต่ 3.62-13.68 เปอร์เซ็นต์จากการตัดทุกๆ 4 เดือน เช่นเดียวกับในงานทดลองนี้ที่กระถินมีปริมาณ hemicelluloses ตั้งแต่ 11.1-15.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในระหว่างพันธุ์ (ตารางที่ 13) แต่ในขณะที่หญ้าในสกุล *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum* และ *Setaria* มีปริมาณถึง 23.91-34.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัดทุกๆ 60 วัน (ศรีธนา และคณะ, 2535)

5. การนำไปใช้เป็นพลังงาน

จากกระแสการหันมาพึ่งพาพลังงานทดแทนที่ผลิตจากพืชทำให้มีการศึกษาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลขึ้น (จึงชัย และคณะ, 2550; ณัฐ, 2550) ซึ่งเชื้อเพลิงชีวมวลดังกล่าวได้มาจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร และไม้จากพืชยืนต้นเป็นสำคัญ โดยพืชยืนต้นที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี คือ กระถิน เพราะเป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งในส่วนของต้น และกิ่งก้านตั้งแต่อายุ 1 ปี (บัวเรศ และ มยุรี, 2526; Pottinger and Hughes, 1995; Abe *et al.*, 2007) NAS (1984) กล่าวว่า ประเทศฟิลิปปินส์มีการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงแทนการใช้น้ำมันเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ามาเป็นระยะเวลานาน โดยคำนวณว่าการปลูกกระถิน 1 ไร่สามารถให้พลังงานได้เท่ากับน้ำมัน 636-763 ลิตร/ปี โดยที่ไม้กระถินมีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 4,200-4,600 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (อำนาจ, 2525) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองครั้งนี้ กล่าวคือไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ที่ 4,580-4,650 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (ตารางที่ 10) และเมื่อนำค่าความร้อนจากดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่นเช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยยูคาลิปตัสมีค่าพลังงานความร้อน 4,500-4,800 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม, กระถินเทพา 4,800-4,900 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และกระถินณรงค์ 4,000-5,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม (มูลนิธิพลังงานและสิ่งแวดล้อม, 2548)

โดยในปีพ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บริษัทซาตาเก้ (ประเทศไทย) จำกัด และ Satake Corporation Co., Ltd. ได้ร่วมกันวิจัยและพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบระบบ Biomass Gasification ขนาด 100 กิโลวัตต์ โดยใช้ไม้กระถิน และวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเป็นเชื้อเพลิง จากการวิจัยพบว่าไม้กระถิน และแกลบอัดแท่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในระบบดังกล่าวได้ดี สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 78 กิโลวัตต์ โดยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4-1.8 กิโลกรัม/กิโลวัตต์

ชั่วโมง และหากต้องการปลูกไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินยักษ์) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลดังกล่าว จึงชัย และคณะ (2550) แนะนำสูตรการคำนวณ พื้นที่ปลูกไม้โตเร็วให้เพียงพอต่อความต้องการของเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าได้โดยใช้สูตร

$$\text{พื้นที่ปลูก (ไร่)} = [\text{กำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง (กิโลวัตต์)} \times \text{ชั่วโมงการทำงาน (ชั่วโมง/ปี)} \times \text{น้ำหนักไม้สด ต่อหน่วยไฟฟ้า (กิโลกรัม/กิโลวัตต์ชั่วโมง)}] / \text{ผลผลิตไม้โตเร็ว (กิโลกรัม/ไร่/ปี)}$$

ดังนั้นหากต้องการปลูกกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ให้เพียงพอต่อการนำไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลกำลังไฟฟ้า 100 กิโลวัตต์ ชั่วโมงการทำงาน 7,008 ชั่วโมง/ปี โดยมีน้ำหนักไม้สดต่อหน่วยไฟฟ้าเป็น 2.75 กิโลกรัม/กิโลวัตต์ชั่วโมงต้องปลูกด้วยพื้นที่ 310.34, 413.56 และ 357.55 ไร่ ตามลำดับ ซึ่งการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลในระบบ gasification ต้นทุนในการผลิตจะต่ำกว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าจากน้ำมันปิโตรเลียม ฌฐ และคณะ (2551) กล่าวว่าหากต้องการให้ราคาต้นทุนต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้าต่ำที่สุดต้องตัดกระถินที่ปลูกด้วยระยะ 1x1 เมตร โดยทยอยปลูกกระถิน 12 แปลงๆละ 48 ไร่ หลังจากทีแปลงแรกอายุครบ 3 ปี จึงเริ่มตัด และเมื่อการตัดครบทั้ง 12 แปลง จะให้ผลผลิตได้มากที่สุดเกือบ 18,000 กิโลกรัม/ไร่ Food and Agriculture Organization [FAO], (1983) รายงานว่ากระถินพันธุ์ K28 ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 10-18 เซนติเมตร สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี โดยไม้ที่ผ่านการลดความชื้น 1.3 กิโลกรัม สามารถเปลี่ยนเป็นไฟฟ้าได้ 1 กิโลวัตต์ชั่วโมงและสามารถผลิตเป็นกระแสไฟฟ้าได้ 144 กิโลวัตต์ชั่วโมง/วัน ดังนั้นในระยะเวลา 1 ปี จะต้องใช้ไม้กระถิน 5,600 กิโลกรัมเพื่อผลิตเป็นกระแสไฟฟ้า

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานทดแทนนั้นสามารถทำได้ อีกทั้งยังมีศักยภาพในการเจริญเติบโตได้ดีทัดเทียมกับไม้โตเร็วชนิดอื่นๆที่นิยมนำมาปลูกกันในปัจจุบัน โดยหากมีการคัดเลือกพันธุ์ปลูกที่เหมาะสมกับการนำไปใช้จะยิ่งเพิ่มประสิทธิภาพให้แก่กระถิน ในประเทศไทยหากปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมน่าจะสามารถผลิตเชื้อเพลิงหมุนเวียนได้ตลอดเวลา

6. ความหนาแน่นเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อน

การหาค่าความหนาแน่นเป็นวิธีที่สะดวกสำหรับการบ่งชี้ถึงคุณสมบัติของไม้ เพราะค่าความหนาแน่นมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการหด-ขยาย และค่าพลังงานความร้อนเนื้อไม้ (Pottinger *et al.*,

1998) แต่ในงานทดลองครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ กับค่าพลังงานความร้อน (ตารางที่ 15) เช่นในพันธุ์ทาร์มบ้าที่มีค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ต่ำที่สุด (0.50 กรัม/ลูกบาศก์ เซนติเมตร) แต่กลับมีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับพันธุ์คันทิงแฮมที่มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้มากกว่า และในขณะที่สายพันธุ์ 5/8 เป็นสายพันธุ์ที่มีความหนาแน่นเนื้อไม้มากที่สุดแต่กลับมีค่าพลังงานความร้อนต่ำที่สุด (ตารางที่ 9) ที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากไม้มีอายุเพียง 1 ปี

7. การฟื้นตัวหลังการตัด

จากผลการศึกษาด้านการฟื้นตัวของกระถินเมื่อพิจารณาจากความสูงของยอดที่แตกใหม่ตลอดทั้ง 3 เดือน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับจำนวนหน่อ/ตอ แต่ความสูงของยอดที่เกิดจากตอหลังการฟื้นตัวมีการเจริญเติบโตที่เร็วกว่ายอดที่เกิดจากการปลุกด้วยเมล็ดโดยตรงจากปีแรก (ตารางที่ 3 และ 14) โดยในระยะ 5 สัปดาห์ยอดที่เกิดจากเมล็ดโดยตรงในพันธุ์ทาร์มบ้า เปรุ คันทิงแฮม สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีความสูงเพียง 15, 11, 18, 18 และ 18 เซนติเมตรตามลำดับ ในขณะที่หน่อที่เกิดจากการฟื้นตัวของตอหลังการตัด 5 สัปดาห์มีความสูงถึง 52, 57, 63, 45 และ 72 เซนติเมตรตามลำดับ สอดคล้องกับงานทดลองของ วารินทร์ และ สุพจน์ (2526) ที่กล่าวว่ากระถินยักษ์สามารถแตกหน่อได้ดี และมีจำนวนมาก นอกจากนั้นยังกล่าวเพิ่มเติมว่าในระยะปีแรกขนาดของหน่อมีการเจริญเติบโตน้อย เพราะมีการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่า โดยการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของหน่อจะมีลักษณะเป็นแบบ sigmoid curve (Boonarutee, 1983) และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกระถินที่ปลุกโดยวิธีอื่น เช่น ขยายชำกล้า ใช้เหง้าปลุก หยอดเมล็ด และถอนปลุก พบว่า กระถินที่ฟื้นตัวหลังการตัด (การแตกหน่อ) มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (พันธ์ศักดิ์ และ อนุ, 2523)

8. การเข้าทำลายจากสัตว์ โรค และแมลงศัตรูพืช

ในการทดลองในครั้งนี้พบปัญหาด้านสัตว์ และแมลงศัตรูพืชมากกว่าการเข้าทำลายจากโรคพืช โดยตั้งแต่ในระยะเริ่มแรกของการปลุก พบปัญหาการเข้าทำลายจากกระต่าย และ ปลวก ซึ่งปลวกจะกัดกินบริเวณรากของต้นกระถินทำให้เกิดอาการขึ้นต้นตาย แต่มีจำนวนเพียงเล็กน้อย Pottinger *et al.* (1998) กล่าวว่าไม้กระถินไม่สามารถทนต่อการเข้าทำลายของปลวก แต่ปัญหาการเข้าทำลายจากปลวกในไม้กระถินมีน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ยางนา สน และตะกู (จารุณี และ ยุกาพร, 2530)

ในระยะปีแรกของการปลูกกระถินยังไม่พบปัญหาการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟกระถินมากนัก แต่จะเริ่มพบมากหลังจากการเก็บเกี่ยวเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่สัปดาห์แรก โดยเพลี้ยจะเข้าทำลายบริเวณใบ และยอดอ่อนของกระถินมากกว่าใบแก่ Napompeth (1994) กล่าวว่า การเข้าทำลายกระถินของเพลี้ย สามารถทำให้ผลผลิตใบกระถินลดลง 95-100 เปอร์เซ็นต์ ในประเทศไทยบริเวณที่ปลูกกระถินมักพบ การเข้าทำลายจากเพลี้ยเช่นกัน โดยการแพร่ระบาดของเพลี้ยไก่อไฟจะรุนแรงมากในช่วงปลายฤดูฝน (ตุลาคม–พฤศจิกายน) และปลายฤดูแล้ง (เมษายน–พฤษภาคม) (ฉายแสง และคณะ, 2548) ซึ่งสอดคล้อง กับงานทดลองของ ศศิธร และคณะ (2546) ที่พบว่ามีการระบาดของเพลี้ยไก่อไฟช่วงต้นเดือน กันยายน – ตุลาคม แต่อยู่ในระดับไม่รุนแรง เมื่อมีฝนตกการระบาดของเพลี้ยไก่อไฟจะหายไป แต่จะเริ่มเกิดขึ้นอีกครั้งเมื่อเข้าฤดูหนาวที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงและสภาพทั่วไปแล้ง การระบาดจะเริ่มรุนแรงจนถึง ระดับทำให้ใบยอดของกระถินเสียหายในเดือน พฤศจิกายน – มกราคม จากการสังเกตในงานทดลอง ครั้งนี้พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าทนต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆ รองมาเป็นสาย พันธุ์ 5/8 และ 5/7 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม ได้รับผลกระทบจากการเข้าทำลายของเพลี้ย ไก่อไฟมากที่สุด เช่นเดียวกับ Dalzell *et al.* (2006) ที่รายงานว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าทนต่อการเข้าทำลาย จากเพลี้ยไก่อไฟ ได้ดีกว่าพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม เพลี้ยไก่อไฟจะทำลายต้นกระถินด้วยการดูดน้ำเลี้ยงจาก ส่วนยอด ลำต้นและใบกระถิน แล้วปล่อยของเหลวที่เหนียวไว้บนใบกระถินทำให้ใบอ่อนติดกันและ บางครั้งทำให้เกิดเชื้อราที่ส่วนของยอดอ่อน ต้นกระถินจะชะงักการเจริญเติบโต และอาจไม่มีใบใหม่ เกิดขึ้นในช่วงประมาณ 30 เซนติเมตรจากจุดเจริญของต้นกระถิน (Bray, 1994) แต่การเข้าทำลายนั้นไม่ ส่งผลต่อต้นกระถินมากจนทำให้ต้นกระถินตาย

9. ผลตอบแทนจากการปลูกกระถิน

การปลูกกระถินในปัจจุบันนิยมใช้พันธุ์เปรู และคันทิงแฮม มากกว่าพันธุ์ทาร์มบ้า เนื่องจาก เมล็ดพันธุ์ที่นำเข้ามามีราคาต่ำกว่าพันธุ์ทาร์มบ้า และทั้ง 2 พันธุ์ยังมีการติดเมล็ดมากจึงสามารถเก็บเมล็ด ที่ได้ไปปลูกต่อ แต่ผลผลิตที่ได้จากพันธุ์ทาร์มบ้าสูงกว่าพันธุ์เปรูและคันทิงแฮมอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้น ผลตอบแทนที่ได้ระหว่างพันธุ์เก่าและพันธุ์ใหม่จะเห็นได้ว่า ในปีแรกเมื่อพิจารณาไม้ และใบที่นำไป จำหน่าย จะได้ผลตอบแทนไร่ละ 1,830 บาท ในขณะที่ใช้พันธุ์เปรู เกษตรกรจะขาดทุนไร่ละ 1,465 ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้พันธุ์ใหม่ (ทาร์มบ้า) จะให้ผลตอบแทนดีกว่าพันธุ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน จึงควร แนะนำให้เกษตรกรใช้พันธุ์ใหม่ให้มากขึ้น

ตารางที่ 17 ผลตอบแทนระหว่างการใช้นำพันธุ์เก่ากับพันธุ์ใหม่

รายการ	ปีที่ 1	
	ทาร์มบ้า	เปรู
ต้นทุน		
- แปลงเพาะเมล็ด	850	850
- เมล็ดพันธุ์	480	15
- ปุ๋ย	800	800
- ปลูกร (โดยการหยอดเมล็ด)	400	400
- กำจัดวัชพืช	1,200	1,200
- เก็บเกี่ยว	1,200	1,200
รวม	4,930	4,465
ผลผลิต		
- ผลผลิตไม้สด (ตัน/ไร่)	6.2	2.4
- ผลผลิตใบแห้ง (ตัน/ไร่)	0.45	0.27
รายได้		
- รายได้จากไม้		
ตันละ 800 บาท	4,960	1,920
- รายได้จากใบ		
ตันละ 4,000 บาท	1,800	1,080
รวม	6,760	3,000
ผลตอบแทนรวม		
(บาท/ไร่)	1,830	-1,465

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. กระถินพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 (พันธุ์ใหม่) เจริญเติบโตใกล้เคียงกันแต่เร็วกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนิ่งแฮม (พันธุ์เดิม) ทั้งในด้านความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น
2. สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ให้ผลผลิตใบสูงกว่าพันธุ์ทาร์มบ้า เปรู และคั่นนิ่งแฮม ในขณะที่ส่วนลำต้นพันธุ์ทาร์มบ้า สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนิ่งแฮม ดังนั้นผลผลิตชีวมวลรวมจากกระถินที่นำเข้ามาใหม่ (ทาร์มบ้า 5/7 และ 5/8) จึงให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงกว่าพันธุ์เดิม (เปรู และคั่นนิ่งแฮม)
3. ความแน่นเนื้อไม้ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานความร้อนในไม้กระถินที่อายุ 1 ปี
4. ใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน เช่นเดียวกับแคลเซียม และ ซัลเฟอร์ ขณะที่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และ แมกนีเซียม มีปริมาณแตกต่างกัน โดยกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า, สายพันธุ์ 5/7 และ 5/8 มีปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบต่ำกว่าพันธุ์เปรู และคั่นนิ่งแฮม แต่มีแมกนีเซียมสูงกว่าพันธุ์เดิม (เปรู และ คั่นนิ่งแฮม) ในขณะที่ส่วนเชื้อใยไม่มีความแตกต่างกัน ยกเว้นปริมาณลิกนินในพันธุ์ทาร์มบ้าที่มีค่าต่ำกว่าพันธุ์อื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

1. พันธุ์ใหม่ที่น่ามาปลูก (ทาร์มบ้า 5/7 และ 5/8) สามารถให้ผลผลิตชีวมวลได้ดีจากการปลูกเพียงปีเดียว แต่หากพิจารณาในระยะยาวผลผลิตที่ได้อาจจะลดลง เนื่องจากอาจมีการบดบังแสงระหว่างต้นกระถินจนทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาต่อไปอีกปีถัดไป เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของผลผลิตในระยะยาวว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง
2. การทดลองในครั้งนี้ศึกษา ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติเพียงแห่งเดียว ซึ่งดินมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว pH 7.1-7.4 จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในดินลักษณะอื่นๆ เพื่อให้ทราบถึงผลผลิตที่ควรจะได้ในดินแต่ละลักษณะ
3. งานวิจัยด้านพืชพลังงานทดแทนเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทยนั้นกำลังเป็นที่สนใจ (เอทานอล) กระถินเองเป็นพืชที่สามารถให้ cellulose และ hemicellulose ที่สามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้ ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากไม้กระถิน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

_____. ม.ป.ป. การขาดแคลเซียมในโค. สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/niah/TechnicArticle/tech_CalciumDef.htm, 14 มีนาคม 2552.

_____. ม.ป.ป. ประวัติการนำเข้าพืชอาหารสัตว์. ความรู้ด้านอาหารสัตว์. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/nutrition/Nutrition_Knowledge/nutrition_1.htm, 20 กันยายน 2551.

_____. ม.ป.ป. วิธีวิเคราะห์แบบ Detergent. กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/ncna_nak/index/NDF.html, 18 มีนาคม 2552.

กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. เทคนิคการผลิตถ่าน สร้างงาน สร้างรายได้. ศูนย์วิจัยพลังงานจากไม้, สระบุรี. (อัดสำเนา)

กระทรวงพลังงาน. 2549. รายงานประจำปี 2549 กระทรวงพลังงาน. กระทรวงพลังงาน. แหล่งที่มา: <http://www.energy.go.th/Index.aspx?MenuID=143>, 14 กันยายน 2550.

_____. 2550. พลังงานชีวมวล. Energy Pedia. แหล่งที่มา: <http://www.energyfantasia.com/ef4/pedia/pediashow.php?show=346>, 27 มีนาคม 2552.

กันดินันท์ ผิวสะอาด และ ชิงชัย วิริยะปัญญา. 2545. การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของ ไม้กระถินเทพา, น. 130-146. ใน รายงานนวนิทัศน์วิจัย ประจำปี 2545. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

กัลยา กรงจักร; ศรีฟ้า จือพิมาย; ประพันธ์ โอสถาพันธุ์ และ ชาญณรงค์ ดวงสะอาด. 2542. การควบคุม เพลี้ยไก่อไฟกระถิน, *Heteropsylla cubana* Crawford (Homoptera: Psyllidae) โดยชีววิธีใน ภาคเหนือของประเทศไทย. แก่นเกษตร 27(1): 30-38

กานดา นาคมนี, ศรีธนา วิทยานุกาญจน์, ศศิธร ถิ่นนคร และ อำนาจ ปัญญาปฐ. 2547. การเพิ่มคุณภาพแปลงหญ้ากินนีสีม่วงโดยใช้ถั่วอาหารสัตว์, น. 20-33. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกียรติศักดิ์ กล้าแอม, สุมน โพธิ์จันทร์ และ ปัญญา ธรรมศาล. 2541. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของมิลเลทและข้าวฟ่างอาหารสัตว์, น. 243-254. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2541. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

จรูญ สุขเกษม, ขวลิท ชโลธร, ดุสิต มานะจติ และ กนิษฐา เอื้องสวัสดิ์. 2540. การเจริญและผลผลิตจากกระถินณรงค์และกระถินยักษ์ ณ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและส่งเสริมการเกษตร (12-14): 11-27.

จารุณี วงศ์ข้าหลวง และ ยุพาพร สรรนวัตร. 2530. ความทนทานตามธรรมชาติของไม้โตเร็วชนิดต่างๆ ต่อการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน, น. 35-40. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2530 การป่าไม้กับการพัฒนาอาชีพของประชาชน (สาขาวนผลิตภัณฑ์). กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

จำเริญ อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

จूरรัตน์ สัจจิตานนท์, ชาญชัย มณีดุลย์ ลักษณะ วุฒิปราชญ์อำไพ และนิศา โสภณ. 2524. การตอบสนองต่อปุ๋ยยูเรียและ ปุ๋ยมูลสัตว์ของหญ้าเนเปียร์ในท้องที่จังหวัดชัยนาท, น. 43-53. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2524 (สาขาผลิตสัตว์). กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.

_____, เดชา ศิริภัทร และ แสงอรุณ สมุทรักษ์. 2519. การเปรียบเทียบผลผลิตของกระถิน 10 พันธุ์ในพื้นที่ดินเหนียวชัยนาทในเขตชลประทาน. ใน รายงานประจำปี พ.ศ. 2519. กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.

เจษฎา เหลืองแจ่ม และ ถัดดา บุญภักดี. 2527. ความต้านทานของสภาพความชื้นของพันธุ์ไม้บางชนิด, น. 58-64. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2527 เล่ม 2. การป่าไม้เพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

_____. 2527. กระถินยักษ์. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ฉลอง วชิราภากร. 2550. เรื่องน่ารู้ของอาหารโคนม. จดหมายข่าวโคนม 11(5): 6-8.

นายแสง ไข่แก้ว, ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมนิ และ ศรีธยา วรจิรวาณิช. 2548. การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์กระถินเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์, น. 28-47. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ ประจำปี 2548. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____ และ ศศิพร คุณาพงษ์กิติ. 2548. ผลผลิต ส่วนประกอบทางเคมีและลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วอัลฟัลฟา 24 สายพันธุ์ปลูกในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา, น. 60-76. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2548. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

ชาญชัย มณีคุลย์, พรเพ็ญ ต่อสกุล และ นิตยา ศิริกิตยานนท์. 2517. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสัตว์ของกระถิน 10 พันธุ์, น. 231-237. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 14 (สาขาสัตว์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชิงชัย วิริยะบัญชา, สมิต บุญเสริมสุข, วีรชัย อาจหาญ, ศาวิตรี คำหอม, ณัฐพงษ์ ประภากร, ทิพย์สุภินท์ หินชู และ จิราวัฒน์ วงษ์มาศจันทร์. 2550. การศึกษาด้านแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็ก สำหรับชุมชน-การศึกษาการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในชุมชน-น. 164-216. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วริศพรณ สุภูมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับ ชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี, กรุงเทพฯ.

จิต ยุทธวรวิทย์, สมศักดิ์ เกาทอง, ฉายแสง ฝั่แก้ว และ จริยา บุญจรชชะ. 2547. ความถี่ของการตัดที่มี ต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของกระถิน 4 สายพันธุ์, น. 158-171. ใน รายงาน ผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ฐานเศรษฐกิจ. 2551. กรุงเทพฯ: 24 ก.พ. หน้า 8.

ดลิตา ชูจอมพิทักษ์. ม.ป.ป. เทคโนโลยีชีวภาพกับพลังงาน. แหล่งที่มา: <http://www.techno.msu.ac.th/bt/pdfdocxls/b.doc>, 16 ก.ย. 51.

ณัฐ วรยศ. 2550. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว, น. 75-102. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วริศพรณ สุภูมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับ ชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี สุรนารี, กรุงเทพฯ.

_____, ณัฐนี วรยศ, ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, นคร ทิพย์วงศ์, ณัฐวุฒิ คุชฎี, ชูรัตน์ ชารัตน์ และ อติพงศ์ นันทพันธุ์. 2551. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้ พลังงานจากไม้โตเร็ว, น. 127-146. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา และ จุฑามาศ วาสีรัตน์ , บรรณาธิการ. การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ: ด้วยงานวิจัย วช. สำนักงาน คณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อมแห่ง ประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ทรงยศ โชติชูติมา, สายัณห์ ทัดศรี, ประภา ศรีพิจิตร, กานดา นาคมนิ และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. 2551.

อิทธิพลของระยะปลูกที่มีผลต่อผลผลิตและความหนาแน่นของเนื้อไม้กระถิน, น. 89-92. ใน
การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์, จงรักย์ จันทร์เจริญสุข และ สุรเดช จินตกานนท์. 2537. แบบฝึกหัดและคู่มือ
ปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธำรง ชินสุขใจประเสริฐ, ชัยรัตน์ ชยามฤต และ สมาน รวยสูงเนิน. 2528. มวลชีวภาพและผลผลิตไม้พื้น
ของไม้กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ และแอบเปิ้ลป่า อายุ 5 ปีที่หน่วยพัฒนาต้นน้ำที่ 32 (ดอย
มูเซอร์) จังหวัดตาก, น. 103. ใน งานวิจัยต้นน้ำ 2520-2547 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและ
พันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ธำรงค์ดี พลบำรุง, ฉายแสง ไผ่แก้ว, จริยา บุญจรัสชะ และ สมศักดิ์ เกาทอง. 2546. การศึกษากระถิน
พันธุ์ด้านทานเพลี้ยไก่อไฟ(ข)ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี, น. 215-227. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง
อาหารสัตว์ประจำปี2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ธิดิ วิสารัตน์. ม.ป.ป. กระถินยักษ์ *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. แหล่งที่มา:

http://www.forest.go.th/silvic/WP_News/Information/Details/กระถินยักษ์%20Leucaena%20leucocephala.pdf, 2 ตุลาคม 2551.

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

ประสาธ เกศวพิทักษ์, พันธ ส่งเสริม และ อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2526. อิทธิพลของกระถินยักษ์
(*Leucaena leucocephala*) ที่ปลูกเป็นอาหารสัตว์ต่อคุณสมบัติบางประการของดิน.
วารสารวิชาการเกษตร 1(1): 39-42.

นิคม แหยมสัก, วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์, จงรัก วัชรินทร์รัตน์, สкар ทีจันทิก, วีระภาส คุณรัตนศิริ, มะลิ วัลย์ ณะสมบัติ และ เกษม หฤทัยธนาสันติ. 2550. การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อเป็นพลังงานทดแทนในกสนผลิตกระแสไฟฟ้าและแก๊สหุงต้ม. น. 33-74. ใน สุรนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วริศพรพรรณ ศุภมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. **การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

พันศักดิ์ ถ่องแท้มุ่งเจริญ และ อนุ ชาติประเสริฐ. 2523. ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับการปลูกไม้กระถินยักษ์, น. 121-124. ใน **การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2523 เล่มที่ 2 (สาขาวนศาสตร์ทั่วไป)**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พิทยา เพชรมาก. 2530. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชนเรื่อง ผลกระทบทางนิเวศวิทยาของการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิสในประเทศไทย. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, กรุงเทพฯ.

พิมพ์พร พลเสน, ราไพร ใจเที่ยง, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, โตโมยูกิ คาวาชิมา และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชตระกูลถั่วขึ้นดิน 3 ชนิดโดยวิธีการต่างๆ กัน, น. 167-183. ใน **รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2543**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิสุทธิ สุขเกษม, เกียรติสุรภัย โภคสวัสดิ์ และ กมลทิพย์ คำคงเพชร. 2545. อิทธิพลของธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ที่มีผลต่อผลผลิตและความเข้มข้นของธาตุอาหารของหญ้าอะตราดัมปลูกในชุดดินบ้านทอนและชุดดินท่าแซะ, น. 13-31. ใน **รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2545**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิพลังงานและสิ่งแวดล้อม. 2548. **Energy Crops**. แหล่งที่มา: <http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&doc=h0smDRYUT98WcL17>, 28 ส.ค. 51.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2538. **อนุกรมวิธานพืช อักษร ก**. เพื่อนพิมพ์, กรุงเทพฯ.

รำไพพร นามสาลี, พิมพาพร พลเสน, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา และวิทยา สุมามาลย์. 2546. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์ (1) หญ้าธูป (2) ถั่วฮามาต้า, น. 228-242. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วารินทร์ จิระสุขทวีกุล และ สุพจน์ เจริญสุข. 2526. การแตกหน่อของไม้กระถินยักษ์, น. 80. ใน งานวิจัยต้นน้ำ 2520-2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

วิทยา สุมามาลย์, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, รำไพพร นามสาลี และ พิมพาพร พลเสน. 2547. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์ : หญ้ากินนีสีม่วงและถั่วท่าพระสไตโล, น. 399-416. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วีรชัย ออาจหาญ, ชิงชัย วิริยะบัญชา และ สมิต บุญเสริมสุข. 2551. การศึกษาภาพการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชนสำหรับประเทศไทย, น. 147-159. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา และ จุฑามาศ วาสีกรัตน์. การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ: ด้วยงานวิจัย วช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

_____, นิวัฒน์ คงกระพี, กฤษกร รับสมบัติ, ปกัศ ชนะโรค และ ทิพย์สุกินทร์ หินชูข. 2550. การศึกษาด้านแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. น. 103-163. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย ออาจหาญ และ วรศพรธรณ์ สุภูมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

วีระ พุกเจริญ และ สมาน รวบสูงเนิน. 2524. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ย, การให้แสง และการให้น้ำในระดับต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ากระถิน, น. 83. ใน งานวิจัยต้นน้ำ 2520-2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

_____, กิตติพงษ์ พงษ์บุญ และ สมาน รวยสูงเนิน. 2528. ปริมาณน้ำฝนที่ถูกสกัดกั้นโดยเรือนยอดของไม้กระถินยักษ์, น. 116. ใน งานวิจัยต้นน้ำ 2520-2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

_____. 2523. กระถินยักษ์. กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ลักขณา วุฒิปราชญ์อำไพ, กานดา นาคมณี, วีระพล พูนพิพัฒน์ และ สุภาพร มนต์ชัยกุล. 2541. ผลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิต และส่วนประกอบทางเคมีของหญ้าเนเปียร์ 3 พันธุ์ในพื้นที่จังหวัดชัยนาท, น. 216-229. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศรัณยา วิทยานุภาพเย็นขง, จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์ และ อิสสระ กริธาพล. 2535. การศึกษาคุณค่าอาหารและอนุกรมวิธานของหญ้าพืชอาหารสัตว์บางชนิด, น. 154-203 ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2535. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

ศิริพันธ์ ชำนาญกิจ. 2523. การทดลองปรับปรุงเมล็ดและเปรียบเทียบระดับแสงในการเพาะเมล็ดกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* Lam.), น. 71-78. ใน การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2523 เล่มที่ 2 (สาขานวนศาสตร์ทั่วไป). กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สมคิด รื่นภาควุฒิ, ชาญชัย มณีดุลย์ และ นิตยา ศิริกิตยานนท์. 2522. อิทธิพลของระยะระหว่างต้นต่อผลผลิตของกระถิน 3 พันธุ์, น. 255-262. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2522. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ เกาทอง, วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ และ วีระศักดิ์ จิโนแสง. 2546. การศึกษาธาตุอาหารพืช ที่มีต่อผลผลิต และความเข้มข้นของธาตุอาหารของหญ้ากินนีสีม่วงในชุดดินหุบกะพง, น. 56-82. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ เกาทอง, โสภณ ชินเวโรจน์, ฉายแสง ไผ่แก้ว, วิรัช สุขสราญ และ วาญณี พานิชผล. 2544. การศึกษาหญ้าแฝกเป็นพืชอาหารสัตว์, น. 29-51. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2544. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และ บุญฤทธิ์ ภูริยากร. 2527. ผลผลิตขั้นปฐมภูมิสุทธิของพันธุ์ไม้ห้าชนิด และการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินภายหลังการปลูก 30 เดือน, น. 148-165. ใน การประชุมการ ป่าไม้ประจำปี 2527 เล่ม 2. การป่าไม้ เพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

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

สายจิม แสงโชติ, ทิพา บุญยะวิโรจ และ นวตมณี กาญจนพิบูลย์. 2535. คุณค่าทางโภชนาของยอดอ้อยหมักผสมใบกระถินในอัตราต่างๆกัน, น. 1-14. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2535. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สายัณห์ ทัดศรี และ ชื่นจิต แก้วกัญญา. 2545. ผลของระยะระหว่างแถวและความสูงของการตัดกระถินต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า 3 ชนิด ที่ปลูกร่วมกับกระถิน. วารสารสงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24 (3): 371-380.

สายัณห์ ทัดศรี, ประภา ศรีพิจิตร, กานดา นาคมณี และณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. 2550ก. กระถินยักษ์การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานและอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. น. 7-32. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วิรัช อัจหาญ และ วิศพรณ สุภูมิตรเกษมณี. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____, และ _____. 2550ข. รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษามวลชีวภาพของกระถิน เพื่อใช้เป็นแหล่งทดแทนพลังงานอย่างยั่งยืน.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2550. หลักการและเหตุผล, น. 1. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อัจหาญ และ วริศพรณ ศุภมิตรเกษมณี. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน. 2527. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน เรื่อง การปลูก ไม้โตเร็วโดยระบบวนเกษตรเพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่าไม้, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักส่งเสริมการปลูกป่า. 2550. กระถินยักษ์. กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม , กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)

สุริย์ แวงโสภา. 2531. พลังงาน. สำนักพิมพ์ อักษรเจริญทัศน์, กรุงเทพฯ.

สุริย์ ภูมิภมร และ อนันต์ คำคง. 2540. ไม้เอนกประสงค์กินได้. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

อนันต์ สอนง่าย, บุญชู บุญทวี และทินกร วุฒิจันทร์. 2530. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการเล่มที่ 7. 11 หน้า.

อนันท์ อุณศิริไธย์ และ บุญเรือง มะรังศรี. 2550. การทดสอบระบบการผลิตแก๊สชีวมวลเพื่อผลิตไฟฟ้า ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน : กรณีศึกษาโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบสาธิต อ.ทับสะแก จ. ประจวบคีรีขันธ์ น. 217-234. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อัจหาญ และ วริศพรณ ศุภมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

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

อรุณ ชมชาญ, สุธี วิสุทธิเทพกุล และ ภิรมย์ ห่อตระกูล. 2528. คุณสมบัติ และการใช้ประโยชน์ไม้โตเร็ว
(2), น. 298-329. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2528 เล่ม 2. การพัฒนาป่าไม้ เพื่อพัฒนาชาติ.
กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

อานูภาพ เสี่ยงสาย, สมศักดิ์ เกาทอง, วิรัช สุขสราน และ นายแสง ไผ่แก้ว. 2546. การทดสอบและ
คัดเลือกพันธุ์หญ้าและถั่วอาหารสัตว์บริเวณพื้นที่ดินเสื่อมโทรม ตำบลเขาชะงุ้ม จังหวัดราชบุรี,
น. 17-31. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2546. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

อำนวย คอวนิช. 2525. ไม้โตเร็วและแนวคิดเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย. โรงพิมพ์ พ.
จิระการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

อุดม บุญณานนท์. 2522. ไม้กระถินยักษ์กับการปลูกสร้างสวนป่า. ใน การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา
ครั้งที่ 2 เรื่องไม้โตเร็ว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อุดม เสนากัสป์, สุนันทิพย์ บุญนาค, พิไล กวิศราสัย และ วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง. 2526. ปริมาณของ
สารมิโมจีนในกระถินพันธุ์ต่าง ๆ, น. 53-62. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี
2526. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Abe, P., A. Katayama, B.P. Sah, T. Toriu, S. Samy, P. Pheach, M.A. Adams and P.F. Grierson. 2007.
Potential for rural electrification based on biomass gasification in Cambodia. **Biomass and
Bioenergy** 31 (9): 656-664.

Amaral-Ppillips. n.d. **Phosphorus important for optimum milk production and
reproduction.** Extension Dairy Nutritionist University of Kentucky. Available Source:
<http://www.uky.edu/Ag/AnimalSciences/dairy/extension/nut00118.pdf>, 9 March 2009.

Armstrong, D.L. 1998. Potassium in animal nutrition. **Better Crops** 3(82): 32-36.

- Belyea, R.L. and R.E. Ricketts. 1993. **Forages for Cattle: New Methods of Determining Energy Content and Evaluating Heat Damage**. University of Missouri Extension. Available
Source: <http://extension.missouri.edu/xplor/agguides/dairy/g03150.htm>.
- Benjamin, A., R.C. Gutteridge and H.M., Shelton. 1991. Shade tolerance of some tree legumes, pp. 83-88. *In* Shelton, H.M. and W.W., Stür, eds. **Forages for Plantations Crops**. ACIAR Proceedings 32.
- Boltz, D.F. 1958. **The Colorimetric Determination of Nonmetals**. Interscience Publishers, Inc., New York, p. 231-259.
- Boonarutee, P. 1983. **Regeneration of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai) *Cited* Gambi, G. 1978. Coppice or High Forest Marginal Notes on The Meeting at Borgo Val Di Taro. **Momtanaro d'Italia Monti & Bosehi**. 29(6): 51-53.
- Bray, R. A. 1994. Possibilities for developing low mimosine leucaena, pp. 24 – 29. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggan and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of workshop held in Bogor**, Indonesia.
- Brewbaker, J.L., 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**. 39.
- Brewbaker, J.L., D. Pluckett and V. Gonzalez. 1972. Varietal variation and yield trails of *Leucaena leucocephala* (Kao haole) in Hawaii. **Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin** 166: 26.
- Buxton, D.R. and J.R. Russell. 1988. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and

legume stems. **Crop Sci.** 28:553–558.

_____ and M.R. Brasche. 1991. Digestibility of structural carbohydrates in cool-season grass and legume forages. **Crop Sci.** 31:1338-1345.

Castillo, A.C., R.N. Acasio, A. G. Deocareza, E.E. Victorio, F.A. Moog, E. Galido and A.A. Llarena. 1998. New leucaena species and hybrids for livestock production, pp. 99-114. *In* A.C. de la Vina and F.A. Moog, eds. **Proceedings 6th Meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for Southeast Asia**. Mayon International Hotel Legaspi City, Philipines.

Chulalongkorn University. 1984. **Biomass Gasification in Thailand**. National Energy Administration, Bangkok, Thailand. *Cited* Coovattanachai, N. 1981. Gasifiers from biomass. **Proceedings of the Symposium on Technologies for Energy Savings and Increased Energy Use Efficiencies**. The Engineering Society of Thailand, Bangkok.

Cooksley, D.G. 1987. Effect of weed competition on the early growth of *Leucaena leucocephala*. **Trop. Grass.** 3(21): 139-142.

Costa, N.L. and V.T. Paulino. 1995. Forage yield and chemical composition of leucaena as affected by cutting regimes, pp. 57-61. *In* **Nitrogen fixing tree research reports vol. 13**. Winrock International's Nitrogen Fixing Tree Association, Taiwan.

DeBell, D.S., R. Singleton, B.L. Gartner and D.D. Marshall. 2004. Wood density of young-growth western Hemlock: relation to ring age, radial growth, stand density, and site quality. **Can. J. For. Res.** 34: 2433-2442.

Dalzell, S.A., 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.

- _____, J.L. Stewart, A. Tolera and D.M. McNeill. 1998. Chemical composition of leucaena and implications for forage quality, pp. 227-246. *In* Shelton, H.M., Gutteridge, R.C., Mullen, B.F. and Bray, R.A, eds. **ACIAR Proceedings No. 86.** Watson Ferguson & Co., Australia.
- 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.
- Ferraris, R. 1979. Productivity of *Leucaena leucocephala* in the wet tropics of north Queensland. **Trop. Grass.** 13: 20-27.
- Flores-Ramos, J.F. 1977. *Leucaena leucocephala* for milk production: effect of supplementation with leucaena on cows grazing grass pasture. **Trop. Anim. Prod.** 4 (1): 55-60.
- Fluharty, F.L. n.d. **Updating phosphorus supplementation in ruminants to meet the animal's requirement, reduce excess cost, and reduce environmental concerns.** Available Source: <http://beef.osu.edu/Neweconomics/ReTkgPhos.doc>, 9 March 2009.
- Food and Agriculture Organization of the United Nation, 1983. ***Leucaena leucocephala: The Indonesian Experience.*** Regional Office for Asia and The Pacific, Bangkok. *Cited*
- Sukanto, I., E. Kantosa and P. Sunaryo. 1982. Gasifikasi kuyu lamtoro sebagai pembangkit tenaga listrik. **Seminar Nasional Lamtoro I, (BPPT)** Jakarta.
- Fuwape, J. A. and S. O. Akindele. 1997. Biomass Yield and Energy Value of Some Fast-Growing Multipurpose Trees in Nigeria. **Biomass and Bioenergy** 12 (2): 101-106.

- Galgai, 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.
- 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., U.S.A.
- Guevarra, A. B., A. S. Whitney and J. R., Thompson. 1978. Influence of inter-row spacing and cutting regimes on the growth and yield of leucaena. **Agronomy Journal** 70: 1033-1037.
- Heineman, A. M., H.J.O. Otieno, E.K. Mengich and B.A. Amadalo. 1997. Growth and Yield of Eight Agroforestry Tree Species in Lineplantings in Western Kenya and Their Effect on Maize Yields and Soil Properties. **Forest Ecology and Management** 91: 103-135.
- Hien, T.Q. and N.D. Hung. 1998. The effect of leucaena leaf meal on egg quality and growth of broiler chickens, pp 296-297. *In* Shelton, H.M., Gutteridge, R.C., Mullen, B.F and Bray, R.A., eds. **ACIAR Proceedings No. 86**. Watson Ferguson & Co., Australia.
- Hughes, C.E. 1991. Leucaena improvement through use of lesser known species. **Leucaena Research Rep.** 12: 98-100.
- Hughes, C.E. 1998. Taxonomy of leucaena, pp. 27-38. *In* Shelton, H.M., Gutteridge, R.C., Mullen, B.F and Bray, R.A., eds. **ACIAR Proceedings No. 86**. Watson Ferguson & Co., Australia.

- Jones, R.J. and R.M. Jones. 1982. Observations on the persistence and potential for beef production of pastures based on *Trifolium semipilosum* and *Leucaena leucocephala* in subtropical coastal Queensland. **Trop. Grass.** 6 (1): 24-29.
- Karachi, M. 1998. The performance and nutritive value of leucaena in a unimodal rainfall environment in western Tanzania. **Trop. Grass.** (32): 105-109.
- _____. and D.S. Shirima. 1997. Agronomic evaluation of eleven leucaena lines at Tumbi, Tabora, western Tanzania. **Agroforestry Systems.** 2(35): 155-163.
- Karim, A.B., E.R. Rhodes and P.S. Savill. 1991. Effect of cutting height and cutting interval on dry matter yield of *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit. **Agroforestry Systems** (16): 129-137.
- Katalin, K.G., O.S.L. Gulyas and P. Stadler. 2004. Magnesium in animal nutrition. **J. Nutr.** 23(6): 754-757.
- Kenneth, J.M. and H. J. G. Jung. 2001. Lignin and fiber digestion. **J. Range Manage.** 54(4): 420-430.
- Kerley, M.S. 2004. **Matching forage quality with production.** Illini PastureNet Papers. Available Source: <http://www.livestocktrail.uiuc.edu/pasturenet/paperDisplay.cfm?ContentID=6620>, March 19, 2009.
- 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, pp. 89-95. *In* **Enhancing Sustainable Livestock-Crop Production in Stallholder Farming Systems.** Food and Agriculture Organization, Vietnam.
- Long, D.W. 1992. Frost tolerance tests on *Leucaena retusa*. **Leucaena Research Report** (13). 69-70.

- Mendoza, R.C. 1984. Highlights of research into the use of leucaena for forage in The Phillipines, pp. 114-134. **Asian Pasture**. ASPAC, Taiwan. *Cited* Endrinal, E.R.B. and E.M.T. Mendoza. 1979. Mimosine levels of different parts and height classes of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Philipp. J. Crop Sci.** 4: 48-52.
- Milford, R. and D. J. Minson. 1966. The feeding values of tropical pastures, pp 1-106. *In* W. Davies and C. R. Skidmore, eds. **Tropical Pastures**. Faber and Faber, London.
- Muir, J. P. 1998. Effect of cutting height and frequency on *Leucaena leucocephala* forage and wood production. **African Journal of Range and Forage Science.** 1&2(15): 7-10.
- 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* Shelton, H.M., R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **Leucaena-Adaption, Quality and Farming Systems Proceedings of a Workshop Held in Hanoi**. Watson Ferguson & Co., Australia.
- Napompeth, B. 1994. **Leucaena psyllid in The Asia-Pacific Region: Implications for Its Management in Africa**. FAO Bangkok, Thailand.
- National Academy of Science. 1977. **Leucaena Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C.
- _____. 1984. **Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C.
- National Research Council. 2001. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.

- 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 Shelton, H.M., R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **Leucaena-Adaption, Quality and Farming Systems Proceedings of a Workshop Held in Hanoi**. Watson Ferguson & Co., Australia.
- Norton, B.W., B. Lowry and C. McSweeney. 1995. The nutritive value of *Leucaena* species, pp. 103-111. In Shelton, H.M., C.M. Piggin and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of workshop held in Bogor**, Indonesia.
- Nowak, D.J. 1990. Height-Diameter Relations of Maple Street Trees. **J. Arbo-ric.** 19(9): 231-235.
- Pathak, P.S. and B.D. Patil. 1982. *Leucaena* research at the Indian Grassland and Fodder Research Institute (IGFRI), pp. 83-88. In **Proceedings of a Workshop Held in Singapore, 23-26 Nov. 1982**. Ont., IDRC.
- Ponnammal,N.R. and A. Gnanam. n.d. Studies on biomass production in a species trail in south India, 53. In Dele Withington and Dr. James L. Brewbaker, eds. **Leucaena research reports 9**. Council of Agriculture, China.
- Pottinger, A.J., I.D. Gourlay, F.G. Gabunada Jr., B.F. Mullen and E.G. Ponce. 1998. Wood density and yield in the genus *leucaena*, pp. 96-102. In **Proceedings of a Workshop Held in Hanoi**. Cited Pottinger, A.J. and C.E. Hughes. 1995. A review of wood quality in *leucaena*. **ACIAR Proceeding 57**. Canberra, Australia.
- Pottinger, A.J., I.D. Gourlay, F.G. Gabunada Jr., B.F. Mullen and E.G. Ponce. 1998. Wood

- density and yield in the genus *leucaena*, pp. 96-102. *In* Shelton, H.M., R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **Leucaena-Adaption, Quality and Farming Systems. Proceedings of a Workshop Held in Hanoi.** Watson Ferguson & Co., Australia.
- Pottinger, A.J. and C.E. Hughes. 1995. A review of wood quality in *leucaena*, pp. 98-102. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggin and J.L. Brewbaker, eds. **Leucaena Opportunities and Limitations. Proceedings of a Workshop Held in Bogor.** Indonesia.
- Pound, B. and L.M. Cairo. 1983. **Leucaena: Its Cultivation and Uses.** Overseas Development Administration, London.
- Powell, J.M. and L.D. Satter. n.d. **Dietary phosphorus levels for dairy cows.** SERA-17.
AvailableSource: http://www.sera17.ext.vt.edu/Documents/BMP_dietary_phosphorus.pdf, 9 March 2009.
- Ryan, P.A. 1994. The use of tree legumes for fuelwood production, pp. 111-119. *In* Ross C. Gutteridge and H. Max Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture.** UK.
- 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. 1994. Establishment of forage tree legume, pp. 132-142. *In* Ross, C., Gutteridge and H. Max Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture.** UK. *Cited*
- Swasdiphanich, S. 1993. **Environment Adaption of Some Forage Tree Legumes.** PhD thesis, The University of Queensland.
- _____ and J.L. Brewbaker. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume, pp. 15-29. *In* Ross, C., Gutteridge and H. Max Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture.** UK.

_____ and _____. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume, pp. 15-29. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. UK. Cited Brewbaker, J.L., D. Pluckett and V. Gonzalez. 1972. Varietal variation and yield trials of *Leucaena leucocephala* (Koa haole) in Hawaii. **Hawaii Agr. Exp. Stat. Res. Bull.** 166: 26.

_____ and _____. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume, pp. 15-29. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. UK. Cited Brewbaker, J.L., N. Hegde, E.M. Hutton, R.J. Jones, J.B. Lowry, F. Moof and R. van den Beldt. 1985. **Leucaena-forage production and use**. NFTA, Hawaii.

_____ and _____. 1994. *Leucaena leucocephala*-the most widely used forage tree legume, pp. 15-29. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. UK. Cited Jones, R.M. and Carter, E.D. 1989. Demography of pasture legumes, pp. 139-158. In Marten, G.C., A.G. Matches, R.F. Barnes, R.W. Brougham, R.J., Clements and G.W. Sheath, eds. **Persistence of Forage Legumes**. Soil Science Society of America, Madison.

Seglar, B. and B. Mahanna. n.d. **Measuring the Effectiveness of NDF and its Application in Dairy Rations**. Dairy Herd Managenent. Available Source: http://www.dairyherd.com/Webcontent/NDF_DairyRations.pdf, March 19, 2009.

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.

Srivastava, N., V.L. Goel and H.M. Behl. 1999. Influence of planting density on growth and biomass productivity of *Terminalia arjuna* under sodic soil sites. **Biomass and Bioenergy** 17: 273-278

Stokes, S.R. and E.P. Prostko. n.d. **Understanding Forage Quality Analysis**. Texas Agricultural Extension Service. Available Source: <http://animalscience.tamu.edu/images/>

pdf/dairy/dairy-understanding-forage-quality-analysis.pdf, April 8, 2009

- Tewari, S. K., R.S. Katiyar, B. 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.
- Tudsri, S. 2004. **Tropical Forage**. Kasetsart Univ., Bangkok. (in Thai) *Cited* Walton, P.D. 1984. **Production and Management of Cultivated Forages**. Reston Publishing Company, Inc. Virginia.
- _____, 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.
- _____, S. Prasanpanich, S. Sawadipanich, 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.
- Van Den Beldt, R.J. 1982. Effect of spacing on growth of leucaena, pp. 103-108. *In* **Leucaena Research in the Asian-Pacific Region: Proceedings of a Workshop Held**, Singapore.
- Viriyaabuncha, C, S. Janmahasaties and K. Peawsa-ad. 2004. Assessment of the potentiality of re-afforestation activities in climate change mitigation. *In* **Annual Report April, 2003-March, 2004**. Silviculture Research Group. Department of National Park Wildlife and Flora, Thailand.
- Wahab, H. and I. Ahmad. 1984. Status of pasture research and development in Peninsular Malaysia, pp. 30-43. *In* Juang, T.C. **Asian Pasture**. ASPAC, Taiwan.
- Wandera, F.P., and D.M.G. Njarui. 1998. Psyllid tolerance and productivity of leucaena species

and hybrids in semi-arid Kenya, pp. 136-140. *In* Shelton, H.M., R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray. **Leucaena-Adaption, Quality and Farming Systems Proceedings of a Workshop Held in Hanoi.** Watson Ferguson & Co., Australia.

_____, B.H. Dzowela and M. K. Karachi. 1991. Production and nutritive value of browse species in semi-arid Kenya. **Trop. Grass.** (25): 349-355.

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวอัมภากรณ์ กาญจนคูหา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 6 พฤศจิกายน 2526
สถานที่เกิด	เชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-