



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญา

พืชไร่

พืชไร่นา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง อิทธิพลของระบบปลูกที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก

Effects of Planting Systems on Yield and Chemical Composition of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Alternative Energy

นามผู้วิจัย นางสาวเสาวภาคย์ สุขประเสริฐ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์สาขันธ์ ทัดศรี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุนันทา จันทกุล, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วัน ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของระบบปลูกที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็น  
พลังงานทางเลือก

Effects of Planting Systems on Yield and Chemical Composition of *Leucaena*  
(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Alternative Energy

โดย

นางสาวเสาวภาคย์ สุขประเสริฐ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสาวภาคย์ สุขประเสริฐ 2554: อิทธิพลของระบบปลูกที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์สายัณห์ ทัดศรี, Ph.D. 86 หน้า

การศึกษาอิทธิพลของระบบปลูกที่มีต่อผลผลิตชีวมวลและองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน ดำเนินการวิจัยที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ดำรับการทดลองประกอบด้วยระบบปลูก 6 ระยะเวลา คือ ระบบแถวเดี่ยวใช้ระยะ 1.0×0.50 เมตร 1.5×0.50 เมตร และ 2.0×0.50 เมตร และระบบแถวคู่ ใช้ระยะระหว่างแถว 0.50 เมตร 0.75 เมตร และ 0.75 เมตร โดยมีระยะระหว่างคู่แถว 1.0 เมตร 1.5 เมตร และ 2.0 เมตร ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่าระบบปลูกไม่มีผลต่อความสูงทั้งปีที่ 1 และปีที่ 2 เมื่อพิจารณาเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น พบว่าการปลูกระบบแถวเดี่ยวที่ระยะ (2.0×0.50 เมตร) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นใหญ่ที่สุด ทั้งในปีที่ 1 และ 2 การปลูกระบบแถวเดี่ยวที่ระยะ 1.0×0.50 เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งในส่วนของ ใบ กิ่งก้าน และลำต้นรวมสูงสุดทั้งสองปี คือ 5.0 และ 8.0 ตันต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาในด้านคุณภาพของเนื้อไม้ พบว่าการใช้ระบบปลูกที่ต่างกัน ไม่มีผลต่อความหนาแน่นและค่าพลังงานความร้อนของเนื้อไม้ ในด้านองค์ประกอบทางเคมีของส่วนใบพบว่าระบบปลูกไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟอร์ ADF เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสของกระถิน ดังนั้นการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานที่เหมาะสมควรเป็นระบบแถวเดี่ยวระยะปลูก 1.0×0.50 เมตร

ลายมือชื่อนิติสด

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Saowaphak Sukprasert 2011: Effects of Planting Systems on Yield and Chemical Composition of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Alternative Energy. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor Sayan Tudsri, Ph.D. 86 pages.

Effects of planting systems on yield and chemical composition of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for alternative energy were carried out at the National Corn and Sorghum Research Center, Pak Chong district, Nakhon Ratchasima province from February 2007 to February 2009. The experimental was arranged in RCBD with four replications. Plant height, stem diameter, chemical composition, heat value and wood density were measured from six treatments i.e. single row (1.0×0.50, 2.0×0.50 and 1.5 × 0.50 m) and double row (double row 0.50, 0.75 and 0.75 m apart at 1.0, 1.5 and 2.0 m).

The result revealed that planting height was not affected by planting systems ( $p > 0.05$ ) for both years. However, stem diameter was significantly higher at single row (2.0×0.50 m) spacing than double row for both years. Dry matter yield of leaf, branch and stem responded to single row spacing (1.0×0.50 m). The total biomass was significantly highest at 1.0×0.50 m of single row for both years (5.0 and 8.0 t/rai) whereas wood density, heat value and chemical compositions (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulfur, ADF, NDF, ADL, hemicelluloses and cellulose in the leaves) were not affected by planting systems. It concluded that the optimum plant spacing for growing leucaena as bioenergy was 1.0×0.50 m with single row system.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก  
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนันทา จันทกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ  
ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก รองศาสตราจารย์ ดร.รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ ที่กรุณาให้คำปรึกษาในด้านการใช้  
โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติจนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณอาจารย์  
ภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่กรุณาอบความรู้ และให้คำปรึกษา แนะนำการค้นคว้า ตลอดจนการเขียน  
และการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติที่เป็นผู้สนับสนุนทุนวิจัย และ  
ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์การวิจัย รวมทั้ง  
ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่และคณาจารย์ทุกท่านที่เกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ พี่กรรมิกา เร่งศิริกุล พี่นิตติปริชญ์เอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำการพูด  
การเขียน การใช้ภาษาอังกฤษในการพิมพ์วิทยานิพนธ์ ตลอดจนช่วยกระตุ้นตักเตือนทำให้มุ่งมั่น  
ตั้งใจในการศึกษา ที่สุพล นพแก้ว และคุณยืนยง บุญพา ที่ได้ช่วยเก็บข้อมูล และดูแลแปลงทดลอง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณพ่อ แม่ และครอบครัวของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุน  
และเป็นกำลังใจในการเรียน รวมทั้งการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

เสาวภาคย์ สุขประเสริฐ

พฤษภาคม 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	24
ผลและวิจารณ์	32
ผล	32
วิจารณ์	62
สรุปและข้อเสนอแนะ	71
สรุป	71
ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	73
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	86

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงการใช้ชีวมวลในประเทศไทยระหว่างปี 2546-2551 (หน่วย: พันตัน เทียบเท่าน้ำมันดิบ)	14
2	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550-2552 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยน้ำฝนย้อนหลัง 10 ปี สถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	33
3	ปริมาณอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) และความชื้น (เปอร์เซ็นต์) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550-2552 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี สถานีวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	34
4	การเจริญเติบโตทางด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกันในปีที่ 1	36
5	การเจริญเติบโตทางด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกันในปีที่ 2	37
6	แสดงการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของกระถินที่ระบบการปลูกแตกต่างกันในปีที่ 1	39
7	แสดงการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของกระถินที่ระบบการปลูกแตกต่างกันในปีที่ 2	40
8	จำนวนลำต้นใหม่ที่เกิดขึ้นมาจากตอเดิมของกระถินหลังตัดในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน	42
9	ผลผลิตน้ำหนักรากสด (กิโลกรัมต่อไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบในปีที่ 1 และปีที่ 2	45
10	ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบในปีที่ 1 และปีที่ 2	48
11	ผลของระบบการปลูกที่แตกต่างกันต่อปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในใบกระถิน	51
12	ผลผลิต N P K Ca Mg S ในกระถินที่ใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน	52
13	ปริมาณใบกระถิน (กิโลกรัมต่อไร่) ที่ร่วงหล่นลงมาในเดือนพฤษภาคม-ธันวาคม 2552	54

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร)	55
15	ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density) และค่าพลังงานความร้อนของไม้ (heat value)	57
16	แสดงความสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม กับการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของกระถิน	60
17	สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวล ( $Y_p$ ) กับลำต้น ( $X_s$ ) และชีวมวล ( $Y_p$ ) กับจำนวนต้นต่อไร่ ( $X_u$ ) ในปีที่ 1 และปีที่ 2	61

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ภาพแสดงการปลูกกระถินในแปลงย่อยเปรียบเทียบระหว่างการปลูกแบบแถวเดี่ยว (ดำรับที่ 3) กับการปลูกแบบแถวคู่ (ดำรับที่ 6)	26
2	ภาพแสดงการการตรึงตาข่ายในแปลงย่อยเปรียบเทียบระหว่างการตรึงในระบบแถว เดี่ยวกับการตรึงในระบบแถวคู่	29
3	การฟื้นตัวของกระถิน 1. การฟื้นตัวภายหลังการตัดปีที่ 1 2. การฟื้นตัวภายหลังการ ตัดปีที่ 2	41
4	ภาพแสดงการการวางตาข่ายในแปลงย่อยเปรียบเทียบระหว่างระบบแถว เดี่ยวกับ	53

## อิทธิพลของระบบปลูกที่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็น พลังงานทางเลือก

### Effects of Planting Systems on Yield and Chemical Composition of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Alternative Energy

#### คำนำ

การผลิตไฟฟ้าในประเทศไทยส่วนหนึ่งมาจากปิโตรเลียม ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน ซึ่งนับวันจะมีปริมาณน้อยลง และหมดไปในอนาคต นอกจากนี้ ราคาของเชื้อเพลิงดังกล่าว ยังมีความผันผวนไปในแนวทางที่สูงขึ้นตามสถานการณ์ทางเศรษฐกิจและการเมืองของโลก จากการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจของประเทศ จากปัญหาดังกล่าว นักวิทยาศาสตร์จึงมีความพยายามที่จะคิดค้นแหล่งพลังงานใหม่ๆ ที่ประหยัด และหาได้อย่างยั่งยืน จึงเริ่มหันมาให้ความสนใจกับพลังงานทางเลือก หรือที่เรียกว่าพลังงานทดแทนกันอย่างกว้างขวางมากขึ้น (กระทรวงพลังงาน, 2549) พลังงานสามารถแบ่งตามแหล่งที่ได้มาเป็น 2 ประเภท คือ พลังงานจากแหล่งที่ใช้แล้วหมดไป อาจเรียกว่า พลังงานสิ้นเปลือง ได้แก่ ถ่านหิน ก๊าซธรรมชาติ นิวเคลียร์ และพลังงานอีกประเภทหนึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่ใช้แล้ว สามารถหมุนเวียนมาใช้ได้อีก เรียกว่า พลังงานหมุนเวียน ได้แก่ แสงอาทิตย์ ลม น้ำ ไฮโดรเจน และพลังงานชีวมวล เป็นต้น พลังงานที่กำลังเป็นที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันนี้คือ พลังงานชีวมวล ส่วนหนึ่งมาจากเชื้อเพลิงชีวมวลที่ได้จากไม้ยืนต้นถือเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของโลก (วงกต, 2547) ในประเทศไทยมีแหล่งปลูกไม้ยืนต้นอยู่มาก และมีศักยภาพในการผลิตสูง เช่น ต้นยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ แต่ไม้ยืนต้นเหล่านี้เป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และโรงงานแปรรูปไม้ จึงไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2550)

อย่างไรก็ตามไม้โตเร็วที่กำลังเป็นที่น่าสนใจ ได้แก่ กระถิน ทั้งนี้เนื่องจากกระถินเป็นพืชในวงศ์ถั่ว (Leguminosae) สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศมาใช้ประโยชน์ได้ทำให้ช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้สูงขึ้น กระถินที่เจริญเติบโตเต็มที่สามารตรึงไนโตรเจนได้สูงถึง 80 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (อานวย, 2525; เจริญ, 2527) นอกจากนี้กระถินยังเป็นไม้ยืนต้นที่สามารถใช้ใบ และส่วนต้นอ่อนเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (สาขันธ์ และคณะ, 2551) เนื่องจากใบมีปริมาณ

โปรตีนสูงประมาณ 25-30 เปอร์เซ็นต์ (Shelton and Brewbaker, 1994) ส่วนด้านเนื้อไม้มีการศึกษาเพื่อเป็นไม้ใช้สอย เนื่องจากสามารถเจริญเติบโต และคลุมพื้นที่ได้เร็ว นอกจากนี้กระถินยังเป็นพืชที่มีอายุหลายปี และสามารถเก็บเกี่ยวได้ 2-3 ครั้งต่อปี (ณัฐ, 2550) ในการตัดแต่ละครั้งสามารถฟื้นตัวได้เร็ว กระถินสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ โดยมีค่าพลังงาน 4,770 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของไม้ที่มีอายุ 1.5 ปี (Kovitvadhi and Yantasath, 1982)

การนำกระถินมาใช้ให้เกิดประโยชน์และผลตอบแทนสูงสุดนั้นต้องพิจารณาจากวัตถุประสงค์ที่จะนำมาใช้ ไม่ว่าจะเป็นการใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน หรือการใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ ในด้านการใช้เป็นพลังงานนั้นจะเน้นผลผลิตของเนื้อไม้เป็นสำคัญ มณฑล และสมภัทร (2546) กล่าวว่า ขนาดของลำต้นจะได้รับผลกระทบจากระยะปลูกค่อนข้างมาก โดยกระถินที่ปลูกระยะแฉกกว้างจะมีขนาดลำต้นใหญ่เร็วขึ้น และทำให้ตัดได้เร็ว อีกทั้งกระถินที่มีขนาดลำต้นใหญ่หลังการตัดจะฟื้นตัวและให้ผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (สายัณห์, ม.ป.ป.) จากการใช้ระยะปลูกกว้าง ทำให้มีขนาดคอใหญ่และมีพื้นที่ที่กิ่งใหม่ที่จะเจริญเติบโตขึ้นมาได้มากขึ้นเมื่อเทียบกับการปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวแคบ (อำนาจ, 2522) ส่วนการผลิตเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์นั้นจะใช้ระยะปลูกแคบและมีการตัดบ่อยครั้ง สมคิด และคณะ (2522) พบว่าการใช้ระยะระหว่างต้น 30 เซนติเมตร และตัดทุก 60 วัน ให้ผลผลิตใบมากกว่าการใช้ระยะระหว่างต้น 50 70 100 และ 130 เซนติเมตร

การศึกษารูปแบบการปลูกกระถินส่วนใหญ่ในประเทศไทยนิยมศึกษาสำหรับการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ โดยการปลูกเป็นแถวเดี่ยว (สรายุทธ, 2529; สมคิด และคณะ 2522) ซึ่งตรงกันข้ามกับในต่างประเทศที่มักใช้ระบบแถวคู่ (Torres *et al.*, 2000; Dalzell *et al.*, 2006) เนื่องจากการปลูกแบบแถวคู่จะดูแลง่ายและให้ผลผลิตใบสูงกว่าในพื้นที่เท่ากันเพราะมีจำนวนแถวมากกว่า ซึ่งการปลูกในลักษณะนี้จึงอาจไม่เหมาะสมต่อการปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงาน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นยิ่งในการนำรูปแบบการปลูกกระถินมาทดสอบ โดยเน้นมวลชีวภาพของส่วนไม้ (woody stem) เพื่อใช้เป็นพลังงานเป็นหลัก

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษารูปแบบการปลูกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ความหนาแน่น และปริมาณพลังงานในเนื้อไม้กระถิน ในการนำไปใช้เป็นพลังงานทางเลือก
2. เพื่อศึกษารูปแบบการปลูกต่อองค์ประกอบทางเคมีของใบกระถินสำหรับการใช้เป็นอาหารสัตว์



## การตรวจเอกสาร

### กระถิน (*Leucaena leucocephala*)

#### 1. ประวัติและแหล่งที่มา

กระถินเป็นไม้ในวงศ์ Leguminosae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. เป็นพืชดั้งเดิมในแถบอเมริกากลาง สามารถจำแนกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ (1) Hawaiian type หรือ Common type ลักษณะเป็นไม้พุ่มเตี้ย สูงประมาณ 5 เมตร (2) Salvador type (Guatemala type, Hawaii Giant หรือ Giant type) เป็นไม้ต้นสูงโดยสูงได้ถึง 20 เมตร หรือมากกว่า และ (3) Peruvian type หรือ Peru type ลักษณะเป็นไม้นาขนาดกลาง มีความสูงประมาณ 10-15 เมตร (Pound and Cairo, 1983)

ชาญชัย (2526) รายงานว่ากระถินแพร่เข้ามาในเมืองไทยก่อนสมัยอยุธยา และสันนิษฐานว่าไทยนำกระถินมาจากอินเดียหรือกัมพูชา การนำกระถินเข้ามาในประเทศไทยเริ่มมีหลักฐานบันทึกไว้ตามลำดับดังนี้

- 2505 มีการนำเข้ากระถินพันธุ์เปรู จากออสเตรเลียโดยนายรัตนะ อุณยะวงศ์
- 2510 นำเข้ากระถิน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ Ivory Coast (PI286295 No.62), El Salvador, Australia, Taiwan, New Guinea. 70, 71, 72 และ Columbia โดย ดร.รอย ชิเกฟัส (Manidool, 1982)
- 2519 กระถินพันธุ์ Cunningham นำเข้ามาโดยกรมปศุสัตว์ (Manidool, 1982)
- 2520-23 มีการนำเข้าสายพันธุ์ K-line อีกหลายสายพันธุ์โดยกรมป่าไม้และสำนักงานวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีแห่งชาติ (Manidool, 1982)
- 2539 กรมปศุสัตว์นำกระถินเข้ามาอีก 17-20 สายพันธุ์ รวมทั้งลูกผสม นับว่ามีความหลากหลายทางพันธุกรรมมากที่สุด
- 2550 กระถินพันธุ์ทาร์รัมบ้า (Tarramba) จากประเทศออสเตรเลีย นำเข้ามาโดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## 2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้นกระถินมีลักษณะเรียบสีน้ำตาลแดง กระจุกสีเหลืองอ่อนเกือบขาว แก่นมีสีน้ำตาลแดง เปลือกไม้บางเนื้อไม้เป็นเส้นตรง เนื้อไม้เลื่อยกบดแตกได้ง่าย ส่วนมากมักเป็นไม้ขนาดกลาง ความสูงประมาณ 7-18 เมตร (วิระ, 2523; อำนวย, 2525) ใบมีลักษณะใบแบบผสมเหมือนขนนกสองชั้นประกอบด้วยใบย่อยขนาดเล็กจำนวนมากออกมาเป็นคู่ๆ และมีใบรวมย่อย 4-9 คู่ เกิดบนก้านใบรวมใหญ่ แต่ละใบรวมย่อยยาว 10 เซนติเมตร หรือมากกว่า และประกอบด้วยใบย่อย 11-17 คู่ แต่ละใบย่อยกว้าง 2-3.5 มิลลิเมตร เรียงตัวยาวคล้ายใบหอก และมักพบต่อมน้ำหวาน (orbicular gland) บริเวณใบย่อยคู่สุดท้าย ใบมีรูปร่างรีปลายใบแหลม ไม่มีขน กว้าง 2-3.3 มิลลิเมตร ยาว 8-12 มิลลิเมตร มีใบตลอดปี (อุดม, 2522; Pound and Cairo, 1983) ดอกมีสีเหลืองนวล หรือเหลืองปนขาว ดอกมีลักษณะรวมเป็นกลุ่ม (head) ประกอบด้วยดอกย่อย 100-180 ดอก ก้านชูดอกยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ในแต่ละดอกย่อยมีเกสรตัวผู้ 10 อัน ภายในรังไข่มีขนอยู่บริเวณส่วนบนเมื่อดอกแก่จะมีสีน้ำตาล (อุดม, 2522; Pound and Cairo, 1983) ฝักเกิดเป็นกลุ่มมีลักษณะบาง แบน และตรง บริเวณปลายฝักแหลม เมื่อฝักเริ่มแก่จะมีสีเขียวเข้มและเป็นสีแดงหรือสีน้ำตาลเข้ม เมื่อแก่เต็มที่ฝักมีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาว 12-20 เซนติเมตร ช่อดอกหนึ่งๆ มีฝักประมาณ 15-20 ฝัก ในฝักแก่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักประมาณ 15-30 เมล็ด (อุดม, 2522; Pound and Cairo, 1983) รูปร่างคล้ายไข่ แบนรี (elliptic) กว้าง 3-4 มิลลิเมตร ยาว 6-8 มิลลิเมตร หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร และเมล็ดมีสีน้ำตาลเมื่อแก่เปลือกหุ้มเมล็ดมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งไม่เปียกน้ำ (เจษฎา, 2527) จำนวนเมล็ดต่อกิโลกรัมมีความแปรผันตามชนิดและพันธุ์ เมล็ดกระถินมีเปลือกที่หนา การนำเมล็ดไปปลูกจึงจำเป็นต้องผ่านการทำลายการพักตัว (Pound and Cairo, 1983)

### พันธุ์กระถินที่ใช้ทดลอง

ใช้กระถินพันธุ์ Tarramba (*Leucaena leucocephala* cv. Tarramba) ซึ่งได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากมหาวิทยาลัยฮาวายและแนะนำให้เป็นพันธุ์ทางการค้าเมื่อปี ค.ศ. 1994 ลำต้นมีลักษณะตั้งตรง แตกกิ่งก้านน้อย การติดเมล็ดต่ำจึงไม่เป็นปัญหาในด้านการเป็นวัชพืช ไม่ทนต่อสภาพที่เป็นน้ำค้างแข็ง (Dalzell *et al.*, 2006) สามารถเจริญเติบโตได้ภายหลังการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟและให้ผลผลิตมากเมื่อมีการตัดบ่อยครั้ง และมีการเจริญเติบโตภายหลังการตัดดีที่สุด (Castillo *et al.*, 1998) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าสามารถให้ผลผลิตใบ ลำต้นมากกว่าพันธุ์เปรูและคันทันนิ่งแฮม (Wandera and Njarui, 1998)

อัยฎากรณ์ (2552) ได้รายงานลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพันธุ์ทาร์มบ้าไว้ว่าลำต้นมีลักษณะตั้งตรง ไม่ค่อยมีการแตกกิ่งก้าน และจากการตัดที่ระยะเวลา 1 ปีนั้นเนื้อไม้กระถินยังไม่มีความแก่ไม้ มีเพียงกระพี้สีเหลืองอ่อน มีใบประกอบย่อย (pinnae) ตั้งแต่ 4-14 คู่ และในแต่ละใบประกอบย่อยประกอบด้วยคูใบย่อย (leaflet) ประมาณ 10-30 คู่ พันธุ์ทาร์มบ้ามีความแปรปรวนของจำนวนใบประกอบ และคูใบย่อยมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอื่น ดอกมีลักษณะรวมเป็นกลุ่ม (head) สีขาวอมเหลือง เนื่องจากสีของก้านชูเกสรตัวผู้ที่เป็นสีขาว และบริเวณอับละอองเรณูของเกสรตัวผู้ที่มีสีเหลือง ช่อดอกจะเกิดบริเวณปลายยอด พันธุ์ทาร์มบ้าเป็นพันธุ์ที่ออกดอกช้าที่สุด ฝักมีความกว้าง  $2.5 \pm 0.06$  เซนติเมตร ความยาว  $14.95 \pm 0.75$  เซนติเมตร สามารถผลิตเมล็ดได้  $15 \pm 1.32$  เมล็ดต่อฝัก เมื่อพิจารณาถึงชีวมวลรวมแล้วพบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าให้ชีวมวลรวมสดมากที่สุดเท่ากับ 8,110 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์ทาร์มบ้ามีความหนาแน่นเนื้อไม้เท่ากับ 0.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 4.65 กิโลแคลอรีต่อกรัม

### 3. การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม

กระถินมีความทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี แม้ในสภาพพื้นที่ดินเค็มรวมทั้งพื้นที่พื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังเป็นในระยะเวลาหนึ่งก็สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ นอกจากนี้ยังสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี (National Academy of Science, 1977)

#### 1. ดิน

ลักษณะของดินที่กระถินสามารถปรับตัวได้ดี คือพื้นที่เป็นดินเหนียว (clay) มีการระบายน้ำดี (Tewari *et al.*, 2004) และเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ หน้าดินลึก ดินมีการระบายน้ำดี มีสภาพเป็นกลางจนถึงด่างเล็กน้อย pH ตั้งแต่ 5.5-8.5 (วีระ, 2523; Tewari *et al.*, 2004) เจษฎา และ ลัดดา (2527) พบว่ากระถินสามารถเจริญเติบโตได้ในดินที่มีสภาพความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 2 เเปอร์เซ็นต์ แต่การเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงของต้น และความยาวของรากจะลดลงตามความเข้มข้นของเกลือที่ใส่ ตั้งแต่ระดับ 0 1.0 1.5 และ 2 เเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยที่ระดับความเข้มข้นของเกลือ 2 เเปอร์เซ็นต์ กระถินมีเปอร์เซ็นต์การรอดตายอยู่ที่ 50 เเปอร์เซ็นต์ ในขณะที่บุคลากรปัสตายนหมด

## 2. น้ำ

กระถินเป็นไม้ไม่ผลัดใบมีใบตลอดปี แต่ในสภาพที่มีลมแรงหรือแห้งแล้งเป็นเวลานาน จะทิ้งใบบ้างตามธรรมชาติ ใบจะม้วนเมื่ออยู่ในสภาพขาดความชื้น (อุดม, 2523) และเป็นพันธุ์ไม้ที่โตเร็วสามารถขึ้นอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ทั้งในที่ลาดชัน ในพื้นที่ที่มีดินสภาพเสื่อมโทรมในพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่มีความแห้งแล้งติดต่อกันเป็นเวลานาน และในทุ่งหญ้าที่เกิดจากการตัดไม้ทำลายป่า หรือเกิดจากการเผาผลาญของไฟป่าเป็นประจำ (อำนาจ, 2525) แต่โดยทั่วไปแล้วกระถินเหมาะสมที่จะปลูกในบริเวณที่ราบต่ำกว่าระดับ 500 เมตร จากระดับน้ำทะเล กระถินที่เจริญเติบโตเต็มที่อาจมีรากหยั่งลึกลงไปใต้ดินได้ถึง 5 เมตร จึงสามารถนำน้ำใต้ดินที่อยู่ลึกลงไปมาใช้ประโยชน์ได้ (สายัณห์และคณะ, 2550) ดังนั้นกระถินจึงสามารถทนต่อสภาวะแห้งแล้งได้ดี ในขณะที่ในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังกระถินที่เจริญเติบโตและตั้งตัวได้แล้วอาจทนต่อน้ำท่วมขังได้ระยะหนึ่ง ดังนั้นบริเวณที่มีน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลายาวนานจึงไม่เหมาะที่จะปลูกกระถิน (สายัณห์, 2547)

## 3. อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถินอยู่ที่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิกลางวัน) อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง อุณหภูมิที่จะมีปัญหาต่อการเจริญเติบโตในเขตร้อนจะอยู่บริเวณที่สูง 500-1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ดังนั้นจะเห็นว่าพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะปลูกกระถินในประเทศไทยมีความเป็นไปได้เกือบทุกพื้นที่ ยกเว้นในบริเวณที่สูงๆ (Brewbaker, *et al.*, 1985; สายัณห์ และคณะ, 2550)

## 4. แสง

นอกจาก ดิน น้ำ อุณหภูมิแล้วแสงยังมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกชนิด กระถินก็เช่นกัน จากการวัดอัตราการเจริญเติบโตของกล้ากระถินเมื่อทดลองโดยการให้แสงในระดับต่างๆ ของ วีระ และสมาน (2524) พบว่าการให้แสง 60 เปอร์เซ็นต์ (มีหลังคา) จะเจริญเติบโตทางด้านความสูงได้ดีกว่าการให้แสง 100 เปอร์เซ็นต์ (ไม่มีหลังคา) โดยเป็นผลมาจากความเข้มของแสง (light intensity) โดย John (1969) กล่าวว่าอัตราการเจริญเติบโตของพืชจะขึ้นกับความเข้มแสง (light intensity) คุณภาพของแสง (light quality) และช่วงเวลาการให้แสง (light duration) ซึ่งความเข้มแสงจะช่วยเร่งอัตราการสังเคราะห์แสงเมื่อเราให้ความเข้มแสงเพิ่มขึ้น อัตราการเจริญเติบโตของพืชก็จะมากขึ้น Edmund (1960)

## 5. ศัตรูพืช

### 5.1 แมลง

แมลงศัตรูพืชที่สำคัญในกระถินคือ เพลี้ยไก่อไฟกระถิน (*Heteropsylla cubana* Crawford) ที่สามารถเข้าทำลายกระถินได้ทั้งในระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัยโดยการดูดน้ำเลี้ยงจาก ยอดอ่อน ใบอ่อน และฝัก ทำให้ยอด และใบเหี่ยวเฉา พบการระบาดรุนแรงมากเมื่อเกิดสภาพแห้งแล้งหรือฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลายาวนาน ในระหว่างเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ มีวงจรชีวิตค่อนข้างสั้นคือเฉลี่ย 20.5 วัน ตัวเมียวางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ สีขาวขนาด 0.13×0.25 มิลลิเมตร บนยอดกระถิน ลักษณะรูปไข่ค่อนข้างยาว ปลายข้างหนึ่งแหลมเล็ก ไข่จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองส้มเมื่อใกล้จะฟัก ระยะไข่ 3.4 วัน ตัวอ่อนมี 4 วัย ระยะตัวอ่อน 9.9 วัน ตัวเต็มวัยมีลักษณะคล้ายจิ้งจกจิ๋ว ขนาด 0.50×1.48 มิลลิเมตร ลำตัวสีเขียวอ่อนหรือสีน้ำตาลอ่อน ตัวเมียเริ่มวางไข่หลังจากเป็นตัวเต็มวัย 2-3 วัน วางไข่ได้เฉลี่ย 58.3 ฟอง ไข่ฟัก 78 เปอร์เซ็นต์ ระยะตัวเต็มวัยเฉลี่ย 7.2 วัน หากจำเป็นต้องใช้สารฆ่าแมลง ควรใช้ bifenthrin 0.005 เปอร์เซ็นต์ cyhalothrin L 0.001 เปอร์เซ็นต์, carbaryl 1 0.17 เปอร์เซ็นต์, omethoate 0.06 เปอร์เซ็นต์, carbosulfan 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ dicrotophos 0.036 เปอร์เซ็นต์ ชนิดใดชนิดหนึ่ง โดยใช้น้ำยาประมาณ 60-80 ลิตรต่อไร่ พ่นบนยอดกระถินให้ทั่วทั้งไร่ และพ่นซ้ำอีกครั้งหลังพ่นครั้งแรก 15 วัน (โอชา และคณะ, 2531) ส่วนในการใช้สารเคมีนั้นสามารถใช้ ฮัลดาไซเบอร์มีทริล ชื่อการค้าเรียกว่า คาราเต้ ใช้ปริมาณ 10 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร นิดพ่น หรือ เซฟวิน(ผง) 40-50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (สายัณห์, ม.ป.ป.) ในการควบคุมด้วยชีววิธี ชาณูรงค์ และคณะ (2540); กัลยา และคณะ (2542) กล่าวว่า การควบคุมด้วยชีววิธีที่ได้ผลดี และมีประสิทธิภาพคือ การควบคุมโดยใช้แมลงศัตรูตามธรรมชาติของเพลี้ยไก่อไฟกระถินนั้นคือด้วงเต่า (*Curinus coeruleus*) ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยไก่อไฟได้ดี อีกทั้งการตัดกระถินแบบสลับแถวยังช่วยลดปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟได้เช่นกัน

### 5.2 โรคกระถิน

โรคที่พบในกระถินส่วนใหญ่มักเกิดจากเชื้อรา เช่น โรคกล้าเน่า และ โรคเน่าคอดิน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้สารเคมี หรือสารกำจัดเชื้อรา เช่น เบนเลท หรือ บราสซิโคล นีด พ่นในช่วงฤดูฝน เพื่อลดความเสี่ยงหายจากเชื้อรา (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2550) การเกษตรกรรม

#### 4. การเขตกรรม

##### 1. การปลูก

ในการปลูกกระถินสามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

###### 1.1 การเพาะเมล็ดในถุงเพาะชำแล้วย้ายปลูก

เมื่อเตรียมดินใส่ถุงพลาสติกแล้วนำเมล็ดที่ผ่านการทำลายการพักตัวโดยการแช่เมล็ดในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80-100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10-20 นาที แล้วหยอดลงในถุงพลาสติก ถุงละ 2 เมล็ด เมื่อเมล็ดงอกแล้วให้แยกเหลือถุงละ 1 ต้น เลี้ยงกล้าไว้ในถุงพลาสติก 3-4 เดือนจึงย้ายปลูก (เจษฎา, 2527; พันธุ์ศักดิ์ และ อนุ, 2523)

###### 1.2 การปลูกโดยการหยอดเมล็ดลงในแปลงโดยตรง

การปลูกด้วยวิธีนี้สามารถนำเมล็ดมาหยอดลงแปลงได้โดยตรง แต่แปลงปลูกต้องมี การเตรียมแปลงเป็นอย่างดี โดยมีการกำจัดวัชพืชเป็นอย่างดี การปลูกโดยการหยอดเมล็ดในแปลง โดยตรงไม่เหมาะสมสำหรับบริเวณที่มีพื้นที่ลาดชัน ความงอกของเมล็ดคิดเป็นร้อยละ 50-60 (พันธุ์ศักดิ์ และอนุ, 2523)

เนื่องจากกระถินสามารถผลิตเมล็ดได้มาก และเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง จึงนิยม ปลูกด้วยเมล็ด แต่การใช้เมล็ดปลูกโดยตรงในแปลงอาจมีปัญหาเรื่องการแยธาตุอาหารกับวัชพืช ทำให้กระถินเจริญเติบโตได้ไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นก่อนการปลูกจึงควรนำเมล็ดมาเพาะในถุงให้เจริญ เป็นต้นกล้าก่อนแล้วนำไปปลูก เพราะจะช่วยให้ต้นมีขนาด และความสูงที่เหมาะสมไม่ถูกปกคลุม ด้วยวัชพืช และไม่ถูกทำลายโดยสัตว์ (Pound and Cairo, 1983)

###### 1.3 การปักชำ

กระถินสามารถขยายพันธุ์ด้วยวิธีการปักชำได้เช่นเดียวกับพืชชนิดอื่น โดยเลือก ขนาดกิ่งที่จะใช้ปักชำไม่อ่อนหรือแก่จนเกินไป ตัดเป็นท่อน ยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ซุกสาร เร่งรากแล้วนำไปชำในถุงเพาะชำจนกระทั่งต้นแข็งแรงจึงนำไปปลูก (สาขันธ์, ม.ป.ป.)

## 2. การปลูกเชื้อไรโซเบียม

สมคิด และ เพ็ญศรี ( 2523) ศึกษาการเพิ่มผลผลิตของกระถิน 3 พันธุ์โดยคลุมเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมที่แยกมาจากปมรากของกระถิน พบว่ากระถินทั้ง 3 พันธุ์คือ ฮาวาย ไอเวอร์รี่ไคส์ และ ได้หว่านที่คลุมเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียมให้ผลผลิตใบสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้คลุมเชื้อ แต่ด้านการเจริญเติบโตกระถินทั้ง 3 พันธุ์ ที่คลุมและไม่คลุมเชื้อไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากการนำเมล็ดไปคลุมเชื้อก่อนปลูกแล้ว การเลือกสายพันธุ์เชื้อไรโซเบียมให้เหมาะกับพืชนั้นถือเป็นเรื่องที่มีความสำคัญยิ่งเช่นกัน เนื่องจากพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิด และแต่ละพันธุ์มีความจำเพาะเจาะจงกับเชื้อไรโซเบียมที่แตกต่างกัน ต่อมาวีระ และสมาน (2525) ได้ทำการทดสอบการตอบสนองของกล้ากระถินที่คลุมเชื้อไรโซเบียม 2 สายพันธุ์ คือ ไรโซเบียมพวก cow pea สายพันธุ์ 160 เป็นเชื้อที่ใช้กับพวกถั่วเขียว และ สายพันธุ์ NGR (เป็นเชื้อที่ใช้กับกระถิน) พบว่า การคลุมเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ NGR ทำให้น้ำหนักแห้งของรากกล้ากระถินมากกว่าแปลงที่ไม่คลุมเชื้อและคลุมเชื้อด้วยสายพันธุ์ 160 แต่ปัจจุบันสายพันธุ์ไรโซเบียมที่เหมาะสมได้แก่ สายพันธุ์ CB 3126 ในประเทศไทยสามารถติดต่อได้ที่ตึกไรโซเบียมกรมวิชาการเกษตร (สาขณ์ห้, ม.ป.ป.)

## 3. การใส่ปุ๋ย

กระถินเป็นพืชตระกูลถั่วมีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนได้โดยอาศัยเชื้อแบคทีเรียไรโซเบียมที่อยู่ในบริเวณรากดังนั้นกระถินจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีไนโตรเจนอยู่ในดินต่ำ ด้วยเหตุนี้โดยทั่วไปจึงไม่แนะนำให้ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณมากเมื่อปลูกร่วมกับหญ้าหรือปลูกเป็นแปลงกระถินล้วนๆ เพราะมีผลทำให้วัชพืชซึ่งส่วนใหญ่เป็นหญ้าเจริญเติบโตแข่งขันกับกระถิน นอกจากนั้นปุ๋ยไนโตรเจนยังมีผลทำให้การเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนลดลง (สาขณ์ห้, 2547) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำๆ ในช่วงที่กระถินยังเป็นต้นกล้าจะช่วยกระตุ้นให้กระถินเจริญเติบโตได้เร็วขึ้น เช่น จากการศึกษาของ วีระ และสมาน (2524) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนร่วมด้วย (สูตร 15-15-15) ให้กับกระถินในระยะต้นกล้าช่วยกระตุ้นให้กระถินเจริญเติบโตในด้านความสูงได้เร็วขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลดีต่อการช่วยให้กระถินสามารถแข่งขันกับวัชพืชได้โดยแนะนำให้ใช้ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแก่กระถินในสภาพที่ดินมีไนโตรเจนสูงอยู่แล้ว จะทำให้เกิดการสะสมไนเตรท ซึ่งจะยับยั้งการสร้างปมราก และกระบวนการตรึงไนโตรเจน (Duhoux and Dommergues, 1985) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากรองจากไนโตรเจน เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์หลายชนิดในพืชเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์แสงและการหายใจของพืช สำหรับโพแทสเซียมนั้นก็มีความสำคัญเช่นกันคือมีความจำเป็นสำหรับ

กระบวนการสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล ขบวนการสังเคราะห์แสงและหายใจของพืช ตลอดจนเป็นตัวเร่งให้เซลล์ทำงาน ได้ดีขึ้น (สมเจตน์ และคณะ, 2526) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสนั้นมีความจำเป็นสำหรับพืชตระกูลถั่วเช่นกัน เนื่องจากฟอสฟอรัสมีความจำเป็นต่อการเกิดปมและการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว (สายพันธ์, 2547) ในสภาพที่ดินมีฟอสฟอรัสต่ำ การเจริญเติบโตของกระถินอาจเป็นไปได้ยาก หากไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (Hegde, 1982) Habte (1987) รายงานว่า หากมีการคลุกเชื้อไมคอร์ไรซา (mycorrhizal) ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงสุด (0.807 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) ทำให้มีผลผลิตต่อต้นมากกว่า (1.66 กรัมต่อต้น) การไม่คลุกเชื้อไมคอร์ไรซา (1.45 กรัมต่อต้น) ที่ระดับเดียวกัน เช่นเดียวกับงานทดลองของ Hegde (1982) ได้รายงานการเจริญเติบโตของกระถินที่ได้รับฟอสฟอรัสระดับต่างๆ ได้แก่ 0.002 0.008 0.032 0.128 และ 0.512 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่ากระถินมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากขึ้นเมื่อได้รับฟอสฟอรัสมากขึ้น ชิต และคณะ (2547) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในรูปของทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (45%  $P_2O_5$ ) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%  $K_2O$ ) อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่

#### 4. การกำจัดวัชพืช

กระถินจะเจริญเติบโตในช่วงแรกของการปลูกทำให้วัชพืชสามารถขึ้นแข่งขันได้ ดังนั้นควรมีการกำจัดวัชพืชเพื่อลดการแก่งแย่งปัจจัยในการเจริญเติบโต สามารถกระทำได้โดยการใช้มือถอน ใช้เครื่องจักร หรือใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช การใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชในแปลงพืชตระกูลถั่ว นั้น Shelton (1994) พบว่า การใช้ glyphosate อัตรา 160 กรัม a.i.ต่อไร่ สามารถควบคุมวัชพืชได้ โดยไม่เป็นอันตรายต่อพืช

#### 5. การเก็บเกี่ยว

การปลูกกระถินตั้งแต่ขั้นต้นผ่านการปฏิบัติ ดูแลรักษา จนถึงระยะของการเก็บเกี่ยวซึ่งถือเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต แม้วัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์จากกระถินจะแตกต่างกันออกไปแต่วัตถุประสงค์หลักคือการใช้ประโยชน์จากแปลงกระถินให้นานที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องรู้หลักและวิธีการเก็บเกี่ยวที่ถูกต้องเหมาะสม หากกระทำไม่ถูกต้องอาจทำให้ผลผลิตเกิดความเสียหายต่อผลผลิตได้

### 5.1 ช่วงที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว

สาขันธ์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า ช่วงที่เหมาะสมต่อการตัดกระถินควรจะอยู่ในช่วงปลายฝน แม้ว่าจะมีผลให้กระถินฟื้นตัวช้าก็ตาม แต่การไว้ความสูงของตอที่เหมาะสมจะช่วยให้กระถินอยู่รอด ได้จนถึงฤดูฝนและฟื้นตัวได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งการตัดในช่วงต้นฤดูแล้ง ทำให้การทำงานในแปลงสะดวกขึ้นไม่ว่าจะเป็นการใช้ใบเป็นอาหารสัตว์ โดยเฉพาะการทำใบกระถินตากแห้งเพื่อเก็บไว้ให้สัตว์กินจะช่วยให้ไม่เกิดเชื้อราเมื่อเปรียบเทียบกับ การตัดในช่วงฤดูฝน Tewari *et al.* (2004) กล่าวว่า การตัดกระถินในช่วงต้นฤดูแล้ง ยังทำให้ผลผลิตเนื้อไม้ของกระถินเพิ่มมากขึ้นในรอบการตัดฟันในปีต่อไป

### 5.2 ความสูงของการตัด

Dutt and Jamwal (1987) รายงานว่าการตัดกระถินที่ระดับความสูง 50 75 และ 100 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น และความสูงของหน่อมากกว่าการตัดที่ระดับเดียวกับพื้นดิน และการตัดที่ความสูง 25 เซนติเมตร และการตัดที่ความสูงเหนือพื้นดินที่ระดับ 25 50 75 และ 100 เซนติเมตร มีจำนวนการแตกหน่อมากกว่าการตัดที่ระดับเดียวกับพื้นดิน สาขันธ์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า การฟื้นตัวภายหลังการตัดขึ้นอยู่กับ 1) พื้นที่ใบที่เหลืออยู่ 2) จำนวนจุดเจริญ 3) ปริมาณอาหารสำรองที่เคลื่อนย้ายจากลำต้นและรากไปสู่จุดเจริญ 4) ความชื้นที่มีอยู่ในดิน จากปัจจัยดังกล่าว จึงควรตัดในระดับความสูง 50-100 เซนติเมตร โดยการตัดในช่วงฤดูแล้งควรไว้ความสูงในการตัดอย่างต่ำ 75 เซนติเมตร

### 5.3 ความถี่ของการตัด

สำหรับการตัดเพื่อให้ได้ขนาดของลำต้นที่เหมาะสมต่อการใช้กับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้า สาขันธ์ (ม.ป.ป.) กล่าวว่า กระถินที่ปลูกในระยะปีแรก ต้องใช้เวลาอย่างน้อย 8 เดือน สำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และสำหรับดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ควรใช้เวลา 12-18 เดือน จึงจะได้ขนาด 1 นิ้วขึ้นไป

## พลังงานจากชีวมวลในประเทศไทย

### 1. รูปแบบการใช้พลังงานชีวมวล

พลังงานชีวมวลสามารถนำมาเปลี่ยนเป็นพลังงานได้หลายรูปแบบ เช่น นำมาเผาใช้ได้โดยตรง การนำมาเปลี่ยนรูปให้เป็นเชื้อเพลิงเหลว (biofuels) การเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซชีวมวล (gasification) และการเปลี่ยนเป็นก๊าซชีวภาพ ระบบที่เหมาะสมกับการผลิต กระแสไฟฟ้า จากเชื้อเพลิงชีวมวลสำหรับประเทศไทยมี 2 ระบบดังนี้คือ การเผาไหม้โดยตรง และการเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซชีวมวล (วีรัชย์ และคณะ, 2550)

#### 1.1 การเผาไหม้โดยตรง

การเผาไหม้โดยตรงกระทำได้โดยการนำไม้โตเร็วมาเป็นเชื้อเพลิงเพื่อผลิตความร้อนในห้องเผาไหม้ซึ่งความร้อนที่ได้รับจะถูกถ่ายเทไปสู่หม้อไอน้ำ (boiler) เพื่อผลิตเป็นไอน้ำ ความดันสูง โดยพลังงานไอน้ำที่ได้จะถูกนำมาผลิตไฟฟ้าผ่านกังหันไอน้ำ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า (ณัฐ และคณะ, 2551)

วีรัชย์ และคณะ (2550) รายงานว่าการผลิตกระแสไฟฟ้าด้วยระบบการเผาไหม้โดยตรงขนาด 50 กิโลวัตต์ เชื้อเพลิงที่เหมาะสมที่สุด คือ ไม้กระถิน เนื่องจากคุณสมบัติทางด้านค่าความร้อนที่อยู่ในช่วง 15.91-20.10 เมกะจูลต่อกิโลกรัม การจัดการในการปลูกไม้ยุ่งยาก และมีต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าอยู่ที่ 2.71-3.31 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง

#### 2.2 เทคโนโลยีก๊าซซิฟิเคชัน ( gasification)

เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพชีวมวลของแข็งให้กลายเป็นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) และมีเทน (CH<sub>4</sub>) ซึ่งจุดติดไฟง่าย แล้วนำก๊าซที่ได้ไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า (บุรณะศักดิ์, 2548) ซึ่งในระบบผลิตก๊าซเชื้อเพลิงนี้เป็นระบบที่มีความดันต่ำ (Low pressure) ไม่มีอันตราย อีกทั้งเครื่องยนต์สันดาปภายในที่ใช้ เป็นเครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซินที่เกษตรกรมีความคุ้นเคย สามารถดูแลรักษาเองได้ (วีรัชย์ และคณะ, 2550)

## 2. แหล่งของพลังงานชีวมวล

การผลิตชีวมวลส่วนใหญ่มีจะมาจากเศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร เช่น แกลบ กาก อ้อย มันสำปะหลัง กะลาปาล์ม ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า บางชนิดต้องนำมาย่อย ก่อนนำไปเผาไหม้ ปริมาณชีวมวลจากเศษ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ที่ผลิตภายในประเทศจะแปรผันและขึ้นอยู่กับ ปริมาณผลผลิตทางการเกษตรของประเทศ จากตารางที่ 1 พบว่ามีปริมาณการใช้ชีวมวลเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากปี 2546-2551

ตารางที่ 1 แสดงการใช้ชีวมวลในประเทศไทยระหว่าง ปี 2546 – 2551

(หน่วย: พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ)

ชนิด	2546	2547	2548	2549	2550	2551
ฟืน	3,493	3,693	3,452	3,372	3,237	3,300
ถ่าน	2,357	2,608	2,698	2,807	2,932	3,095
แกลบ	996	1,073	1,084	998	1,043	1,184
กากอ้อย	2,905	2,949	2,866	2,435	2,636	2,818
วัสดุเหลือ ใช้	-	188	724	1,381	1,797	1,848
รวม	9,751	10,511	10,100	10,993	11,645	12,245

ที่มา: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน รายงานพลังงานของประเทศไทย 2551

จากปัญหาการมีข้อจำกัดเรื่องการใช้เศษวัสดุเหลือใช้จากการเกษตร จึงมีการตัดไม้โตเร็ว มาเป็นเชื้อเพลิงมากขึ้น ทั้งนี้การเก็บเกี่ยวไม้โตเร็ว สามารถทำได้ตลอดไม่ขึ้นกับฤดูกาล (นคร, 2553) สำหรับวิธีการเลือกชนิดหรือพันธุ์ไม้โตเร็วเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตไฟฟ้านั้น วีรชัย และคณะ (2551) เสนอว่าควรเลือกพันธุ์ไม้ที่มีการเจริญเติบโตเร็ว ปลูกง่าย ทนต่อสภาพแห้งแล้ง สามารถขึ้นได้ในพื้นที่ดินเสื่อมโทรมที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและเนื้อไม้ให้ค่าพลังงานความร้อนสูง ซึ่งไม้โตเร็วที่กำลังเป็นที่ได้รับความนิยมในปัจจุบันคือ กระถินยักษ์ และเป็นพืชที่มีความเหมาะสมในการปลูกเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง (บัวเรศ และ มยุรี, 2526) เนื่องจากไม้กระถินเป็นไม้ที่ให้ค่าความร้อนอยู่ในช่วง 4,200-4,600 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่น เช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้ใกล้เคียงกัน คือ

ยุคาลิปต์ส 4,500-4,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม กระถินเทพา 4,800-4,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และกระถินณรงค์ 4,000-5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (อำนาจ, 2525)

ในปี พ.ศ. 2548 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี บริษัทซาตาคะ (ประเทศไทย) จำกัด และ Satake Corporation Co., Ltd. ได้ร่วมวิจัยและพัฒนาโรงไฟฟ้าชีวมวลต้นแบบระบบ Biomass Gasification ขนาด 100 กิโลวัตต์ ขึ้น โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพคือ ไม้กระถิน และ แกลบอัดแท่ง ซึ่งเชื้อเพลิงทั้ง 2 สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 78 กิโลวัตต์ โดยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 2 ชนิดเฉลี่ยอยู่ที่ 1.4-1.8 กิโลกรัมต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ในการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลขนาด 100 กิโลวัตต์ ต้องใช้วัตถุดิบเชื้อเพลิงไม้ประมาณ 1,500 ตันต่อปี ดังนั้น หากปลูกไม้โตเร็วให้ เพียงพอต่อการผลิตกระแสไฟฟ้านั้นจำเป็นต้องปลูกไม้โตเร็วในพื้นที่ 500-600 ไร่ แบบหมุนเวียน จะทำให้มีวัตถุดิบสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิงได้อย่างเพียงพอ (ณัฐ และคณะ, 2551)

### 3. ปัญหาการใช้เชื้อเพลิงจากชีวมวล

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (2545) รายงานว่าปัญหาในการผลิต พลังงานชีวมวลจากเศษเหลือจากการเกษตรมีข้อจำกัดคือ มีปริมาณไม่แน่นอน กล่าวคือชีวมวลแต่ ละชนิดปลูกเพียงตามฤดูกาลเท่านั้น และผลผลิตที่ได้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ เกษตรกรเปลี่ยนชนิด ของผลผลิตไปตามความต้องการของตลาด พื้นที่การเกษตรลดลง นอกจากนี้ชีวมวลยังมีอยู่อย่าง กระจุกกระจายทำให้รวบรวมได้ยาก เช่น กะลามะพร้าว เศษไม้ ชังข้าวโพด ยอดอ้อยที่อยู่ตามท้องไร่ ท้องนา และแถบตามโรงสีเล็กๆ นอกจากนี้จะมีปัญหาในการผลิตและรวบรวมเศษเหลือจาก การเกษตรแล้ว ยังมีปัญหาในกระบวนการเผาเช่นกัน กล่าวคือในกระบวนการเผานั้นจะมีเถ้าออกมา และ ส่วนประกอบของเถ้าที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงชีวมวลจะก่อให้เกิดปัญหา สิ่งสกปรก (fouling) ทำให้ ประสิทธิภาพทางความร้อนลดลง (พิศาล, 2553)

## อิทธิพลของระยะปลูกต่อลักษณะทางด้านรูปร่างผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและทางเคมีของ กระถิน

### 1. ขนาดของลำต้น

การปลูกกระถินเพื่อใช้ส่วนลำต้นหากปลูกโดยใช้ระยะแคบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ได้จะมีขนาดลดลงดังในงานทดลองของ Van Den Beldt (1982) ที่ศึกษาถึงอิทธิพลของระยะการปลูกที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกระถินที่อายุเท่ากัน การปลูกที่ระยะ 1×2 เมตร ทำให้กระถินมีขนาดลำต้นดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับระยะ 1×1 1×0.5 และ 1×0.25 เมตร และระยะปลูกจะมีอิทธิพลต่อพืชมากขึ้นเมื่อความหนาแน่นของการปลูกต่ำกว่า 1,600 ต้นต่อไร่ เมื่อจำนวนต้นต่อพื้นที่ลดลงค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจะเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นปริมาณไม้ที่เพิ่มขึ้นต่อปีของระยะปลูกกว้างจึงมากกว่าระยะปลูกแคบ ส่วนที่ระยะปลูกแคบ การเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจะลดลงเร็วกว่าปกติ สอดคล้องกับงานทดลองของ สรายุทธ (2529) ศึกษาการเจริญเติบโตของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และผลผลิตไม้พื้นที่ได้จากไม้กระถินที่ปลูกด้วยระยะต่างกันที่อายุ 1 ปี พบว่าการปลูกเพื่อให้ได้ขนาดลำต้นที่ดีควรปลูกที่ระยะ 2×2 เมตร ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเพียงออกมากที่สุด 0.99 เซนติเมตร รองลงมาคือระยะ 1×1 เมตร (0.76 เซนติเมตร) และ 1×0.5 เมตร (0.72 เซนติเมตร) แต่ระยะปลูกที่ให้ผลผลิตส่วนของลำต้น และ ใบมากที่สุดคือ ระยะ 1×0.5 เมตร (5 และ 0.4 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ) ณัฐ และคณะ (2551) พบว่าไม้กระถินยักษ์ที่อายุ 2-3 ปี ระยะปลูกที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.6×0.6 ถึง 1×1 เมตร ให้ผลผลิต 15.84-17.92 ต้นต่อไร่ สอดคล้องกับงานทดลองของ วีรชัย และคณะ (2551) ที่ศึกษาศักยภาพการปลูกไม้โตเร็ว (ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินยักษ์) เพื่อผลิตไฟฟ้า โดยใช้ระยะปลูกที่ 1×1 1×2 2×2 2×3 และ 4×4 เมตร พบว่าการปลูกที่ระยะ 1×1 เมตร ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดสามารถให้ผลผลิตชีวมวลมากที่สุด คือ 6.81 7.67 และ 7.21 ต้นต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ในด้านการเจริญเติบโตทางความสูงของต้น ระยะปลูกมีอิทธิพลต่อความสูงต้นน้อยกว่าขนาดลำต้น ทั้งนี้อาจขึ้นกับปัจจัยอื่นนอกจากระยะปลูก เช่น ปริมาณน้ำฝน ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในดินที่ทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างกัน Van Den Beldt (1982) รายงานว่าการเจริญเติบโตทางด้านความสูงได้รับผลกระทบจากระยะปลูกน้อยกว่าการเจริญทางขนาดลำต้น โดยการให้ระยะปลูกกว้างที่มีจำนวนต้น 800-1,600 ต้นต่อไร่ ให้การเจริญเติบโตทางความสูงดีที่สุด แต่เมื่อมีระยะปลูกแคบลง ทำให้ได้จำนวนต้นมากกว่า 1,600 ต้นต่อไร่ ต้นกระถินจะมีความสูงลดลง ซึ่งระยะปลูกแคบสุดที่มีจำนวน 12,800 ต้นต่อไร่ มีความสูงน้อย

## 2. ความสูง

เมื่อพิจารณาจากความสูงของกระถินพบว่า การใช้ระยะปลูกกว้างจะมีการเพิ่มขึ้นทางด้านความสูงมากกว่าระยะปลูกแคบ ในช่วงอายุ 2-3 ปี หรือ 3-4 ปี และเมื่ออายุ 1 และ 2 ปี ระยะปลูก  $1 \times 1$  เมตร จะมีความสูงมากที่สุด โดยมีความสูงเฉลี่ย 1.43 และ 4.03 เมตร ตามลำดับ (สรายทฐ, 2529) สอดคล้องกับการทดลองของ Van Den Beldt (1982) พบว่าการใช้ระยะปลูกที่กว้างขึ้นมีแนวโน้มจะทำให้การเจริญเติบโตทางความสูงดีที่สุด แต่เมื่อมีระยะปลูกแคบลง ทำให้ได้จำนวนต้นมากกว่า 1,600 ต้นต่อไร่ ต้นกระถินจะมีความสูงลดลง ซึ่งระยะปลูกแคบสุดที่มีจำนวน 12,800 ต้นต่อไร่ จะมีความสูงน้อยที่สุด และพบว่าเมื่อกระถินมีอายุเพิ่มขึ้น ความสูงในทุกระยะการปลูกจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย

การปลูกสร้างสวนป่าที่มีความหนาแน่นมากเกินไป ในแปลงที่มีสภาพดินเลวถึงปานกลาง จะมีการเจริญเติบโตทางความสูงเพิ่มขึ้นเมื่อระยะปลูกเพิ่มขึ้น แต่ระยะปลูกจะมีผลต่อการเจริญเติบโตทางความสูงน้อย ในสภาพแปลงที่มีดินอุดมสมบูรณ์ดี (Evert, 1971)

## 3. ผลผลิตของใบ

สำหรับการใช้ประโยชน์ด้านการเป็นอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่นิยมปลูกแล้วแซมด้วยหญ้าระหว่างแถบกระถินหรือปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวแคบและตัดบ่อยครั้งเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารต่อหน่วยพื้นที่สูง เช่นงานทดลองของ จรุงญโรจน์ และ เฉลิมพล (2546) พบว่าการใช้ระยะระหว่างแถว 2.5 เมตร แล้วแซมด้วยหญ้ารูซี่ (*Brachiaria ruziziensis*) จะให้ผลผลิตรวมและปริมาณโปรตีน หากมองในแง่ของการใช้ประโยชน์ด้านพลังงานร่วมกับการใช้เป็นอาหารสัตว์แล้ว สายพันธ์ และคณะ, (2550) ได้ศึกษาการผลิตกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานร่วมกับการปล่อยโคนมลงแพะเล็ม โดยการใช้ระยะระหว่างแถวกระถิน 0.75 เมตรและระยะระหว่างต้น 0.50 เมตร และระยะแต่ละคู่แถว 5 เมตร พบว่าการปล่อยสัตว์เข้าแพะเล็มทุกๆ 2 เดือน จะกระตุ้นให้กระถินเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากขึ้นส่งผลให้ในปีที่ 2 ให้ผลผลิตเนื้อไม้ถึง 7.7 ต้นต่อไร่ (น้ำหนักสด) การปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ระยะปลูกที่เหมาะสมนั้น สายพันธ์ และชื่นจิต (2545) รายงานว่าควรปลูกแบบระยะแถวแคบ เพราะจะได้ผลผลิตใบมากกว่าการใช้ระยะแถวกว้าง สอดคล้องกับงานทดลองของ สมคิด และคณะ (2522) ที่แสดงให้เห็นว่าการปลูกกระถินโดยใช้ระยะแคบที่สุดในการทดลองคือ  $1 \times 0.3$  เมตรให้ผลผลิตใบแห้งมากที่สุด 2,049 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบกับระยะ  $1 \times 0.5$   $1 \times 0.7$   $1 \times 1$  และ  $1 \times 1.3$  เมตร จะให้ผลผลิตเพียง 1,769 1,630 1,482 และ 1,665 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ ทำนองเดียวกับงานทดลองของ ประสาท และคณะ (2526) ที่แสดงว่าการปลูกกระถินใน

ระยะปลูกที่แคบคือ 1×1 เมตร ให้ผลผลิตใบ และยอดมากกว่าระยะ 2×1 และ 2×2 เมตร ตามลำดับ Savory (1979) กล่าวว่า การปลูกกระถินที่อัตรา 16,000-24,000 ต้นต่อไร่ อาจเหมาะต่อการปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ อัตราการปลูกมากกว่า 20,800 ต้นต่อไร่ จะช่วยควบคุมวัชพืชได้ดี

#### 4. ผลผลิตไม้ (woody stem)

ทรงยศ (2553) รายงานว่าการปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะที่ปลูกแคบที่สุด (1×0.25 เมตร) ให้ผลผลิตลำต้นสดมากที่สุด มากกว่าระยะปลูกกว้างที่สุด (2×1 เมตร) ให้ผลผลิตลำต้นน้อยที่สุด เพียง 4,301 กิโลกรัมต่อไร่ และพบว่าผลผลิตลำต้นมีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะปลูกกว้างขึ้น สอดคล้องกับสรายุทธ (2529) ที่รายงานการปลูกกระถินยักษ์โดยใช้ระยะปลูกต่างๆ กัน เพื่อผลิตไม้ฟืน พบว่ามวลชีวภาพส่วนลำต้น ที่อายุ 3 ปี ระยะปลูกแคบสุด 1×0.5 เมตร ให้ผลผลิตมากที่สุด เท่ากับ 4,992 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ ระยะปลูก 1×1 เมตร (4,544 กิโลกรัมต่อไร่) และระยะปลูก 2×2 เมตร (2,448 กิโลกรัมต่อไร่) Kovitvadh and Yantasath (1982) ศึกษาชีวมวลของกระถินที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าระยะปลูก 2×0.25 เมตร ให้ผลผลิตมวลชีวภาพมากที่สุด 3.2 ต้นต่อไร่ (ลำต้น 2.74 ต้นต่อไร่) และระยะปลูก 2×2 เมตร ให้ผลผลิตน้อยที่สุด 2.12 ต้นต่อไร่ (ลำต้น 1.14 ต้นต่อไร่) โดยมีอายุการตัด 1.5 ปี และถ้าขยายอายุการตัดไปเป็น 3 ปี ระยะปลูก 2×0.25 เมตร จะให้ผลผลิตชีวมวลมากที่สุด 4.4 ต้นต่อไร่

#### 5. องค์ประกอบทางเคมี

การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีในกระถินนั้นมีความสำคัญต่อการนำไปใช้เป็นพลังงานและในการนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์ เนื่องจากในการนำไปใช้เป็นพลังงานนั้น จำเป็นต้องวิเคราะห์หาสัดส่วนของธาตุหลักๆ คือ คาร์บอน (carbon) ไฮโดรเจน (hydrogen) ไนโตรเจน (nitrogen) และออกซิเจน (oxygen) เนื่องจากธาตุเหล่านี้ต่างมีผลต่อการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงชีวมวล (ศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, 2549) เมื่อมีธาตุเหล่านี้สูง ค่าพลังงานความร้อนจะสูงตามไปด้วย (Lewandowski and Kicherer, 1997) พร้อมทั้งพิจารณาด้านองค์ประกอบทางเคมีในการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์

##### 5.1 ศักยภาพในการใช้เป็นพลังงานชีวมวล

ในการใช้เป็นพลังงานนั้นสามารถพิจารณาจากองค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลที่นำมาใช้ เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีนั้นมีผลต่อการให้ค่าพลังงานความร้อนของชีวมวล ในส่วนที่

นำมาผลิตเป็นพลังงานชีวมวลนั้นคือส่วนของลำต้นกระถิน ซึ่งในส่วนลำต้นนั้นจะประกอบไปด้วย เซลลูโลส เฮลมิเซลลูโลส ลิกนิน ส่วนของผนังเซลล์นี้เรียกอีกอย่างว่า neutral detergent fiber (NDF) เมื่อนำไปสกัดด้วยสารละลายที่เป็นกรดแยกสลายเฮลมิเซลลูโลสออกไป ส่วนที่เหลือคือ acid detergent fiber (ADF) ในขั้นตอนต่อไปใช้กรดซัลฟิวริก ( $H_2SO_4$ ) ย่อยสลาย ADF แยกเอาเซลลูโลส ออกไปส่วนที่เหลือประกอบด้วยลิกนินเป็นส่วนใหญ่เรียกว่า acid detergent lignin (ADL) (สายัณห์, 2547) ซึ่งในส่วนของเยื่อใยเหล่านี้มีโมเลกุลของน้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก และในโมเลกุลของ น้ำตาลนั้นจะประกอบด้วยโมเลกุลของ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน แตกต่างกันไป ฟีชีที่มี เซลลูโลสในปริมาณที่สูงทำให้อัตราการเผาไหม้เกิดขึ้นได้เร็วกว่าชีวมวลที่มีเซลลูโลสน้อยกว่า ในขณะที่ฟีชีที่มีการสะสมลิกนินมาก ทำให้อัตราการเผาไหม้เกิดขึ้นได้ช้าลง (Gani and Naruse, 2007) สำหรับไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ พบว่า ถ้ามีมากอาจก่อให้เกิดปัญหาในการเผาไหม้ เนื่องจาก ไนโตรเจนเมื่อรวมกับออกซิเจนเกิดเป็นไนตรัสออกไซด์ ดังนั้น ความเข้มข้นของ ไนโตรเจนในชีวมวลจึงควรต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง (Lewandowski and Kicherer, 1997)

ในด้านองค์ประกอบทางเคมีของกระถินนั้นการใช้พันธุ์ที่ต่างกัน หรือการใช้ระยะปลูกที่ต่างกันอาจมีผลทำให้มีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน เช่นการใช้ไม้โตเร็วต่างชนิดกันทำให้ได้ค่าพลังงานความร้อนแตกต่างกันออกไป เช่น ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ พบว่าค่าพลังงานความร้อนที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน โดยยูคาลิปตัสมีค่าพลังงานความร้อน 4,500-4,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม, กระถินเทพา 4,800-4,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และกระถินณรงค์ 4,000-5,000 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, ม.ป.ป.) ในด้านการใช้พันธุ์ของกระถินที่แตกต่างกันดังงานทดลองของ อัยฎาภรณ์ (2552) ไม้กระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ที่ 4,580-4,650 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ อำนวย (2525) กล่าวว่า ไม้กระถินมีค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 4,200-4,600 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ส่วนการให้ค่าความร้อนในเรื่องของระยะปลูกนั้นจากการศึกษาอิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวลของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนของทรงยศ (2552) พบว่าค่าความร้อนในปีที่ 1 ของไม้กระถินที่ได้จากแต่ละระยะการปลูกมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4,670-4,710 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

## 5.2 การใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสัตว์

ใบกระถินสามารถนำมาเป็นอาหารสัตว์ได้ เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง และให้ผลผลิตมาก ปัจจัยที่มีผลต่อผลผลิต องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้ของกระถินมีประมาณ 2 ปัจจัยคือ ความสูงในการตัด และความถี่ในการตัดจากการทดลองของ Costa and Paulino (1995) กล่าวว่า ผลผลิตใบมีความสัมพันธ์กับความสูง และความถี่ของการตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และผลผลิตใบจะลดลงเมื่อตัดต้นกระถินที่ระดับต่ำ 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 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่การตัดที่ความสูง 30 เซนติเมตรตัดทุกๆ 42 วันให้ผลผลิตใบเพียง 2,755 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ของสัตว์ พบว่าความถี่ในการตัดที่ระยะสั้นกว่าจะทำให้ปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น Hill (1971) รายงานว่าโปรตีนในวัตถุแห้งของส่วนที่สัตว์สามารถกินได้ อยู่ระหว่าง 18-19 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ชิตและคณะ (2547) กล่าวว่า การตัดกระถินที่อายุแตกต่างกันทำให้มีปริมาณโปรตีนแตกต่างกันด้วยโดยการตัดกระถินทุกๆ 2 เดือน ให้โปรตีนมีแนวโน้ม สูงสุดเท่ากับ 27.10 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือ การตัดกระถินทุกๆ 3 และ 4 เดือน มีโปรตีนเท่ากับ 23.73 และ 21.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในด้านการใช้พันธุ์ต่อองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน ชาชูชัยและคณะ (2517) ได้ศึกษาถึงผลผลิตและคุณค่าในการนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ของกระถิน 10 พันธุ์ คือพันธุ์พื้นเมือง ออสเตเรีย ไอวอรีโก๊ส เอลซาวาคอร์ นิวกินนี่ 70 นิวกินนี่ 71 นิวกินนี่ 72 ได้หวัน ฮาวาย และโคลัมเบีย พบว่ากระถินมีธาตุแคลเซียมอยู่ระหว่าง 1.5-3.2 เปอร์เซ็นต์ และกระถินทุกพันธุ์ที่ศึกษาจะมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสต่ำกว่าธาตุแคลเซียม โดยแต่ละพันธุ์มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสใกล้เคียงกัน คืออยู่ระหว่าง 0.13-0.15 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนเฉลี่ยตั้งแต่ 16.30-21.62 เปอร์เซ็นต์ จากงานทดลองของอัษฎากรณ์ (2552) พบว่า กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ มีปริมาณไนโตรเจนในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.87-4.11 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่าพันธุ์เปรู มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงกว่าพันธุ์ ทาร์มบ้า คันนิงแฮม 5/7 และ 5/8 และมีธาตุแคลเซียมอยู่ระหว่าง 1.37-1.60 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้แล้วในการทดลองของ อัษฎากรณ์ (2552) ยังพบว่าการใช้กระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ ไม่ทำให้ในส่วนของ NDF ADF เฮลมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ในส่วนของใบกระถินแตกต่างกันทางสถิติยกเว้น ADL โดยพันธุ์ทาร์มบ้าให้ปริมาณ ADL น้อยสุดเท่ากับ 10.90 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับงานทดลองของทรงยศ (2553) พบว่าการใช้ระยะปลูกที่แตกต่างกัน 6 ระยะไม่ทำให้ปริมาณ NDF ADF เฮลมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ในส่วนของใบกระถินแตกต่างกันทางสถิติยกเว้น

ADL โดยระยะที่มีปริมาณ ADL มากสุดคือ 1×1 เมตร โดยมีค่าเท่ากับ 13.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ระยะอื่นมีค่าอยู่ระหว่าง 10.43-11.11 เปอร์เซ็นต์ ในด้านแร่ธาตุพบว่าการใช้ระยะปลูกไม่ทำให้ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ระหว่าง 3.53-3.87 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ที่ระยะปลูก 1×0.25 เมตร มีปริมาณแมกนีเซียมและซัลเฟอร์ มากสุดเท่ากับ 0.31 และ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

### กรณีกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

เนื่องจากกรณีนี้เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีรากสามารถตรึงไนโตรเจนในอากาศได้ดี (nitrogen fixing legume) ฉะนั้นกรณีนี้จะช่วยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ขึ้น นอกจากนี้ใบกรณียังเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณค่าสูง กรณีที่ขึ้นในดินดีและมีความชื้นเหมาะสมจะให้ไนโตรเจนในปริมาณที่สูงถึง 80 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และยังสามารถปลูกเป็นพืชคลุมดินในที่ลาดชัน ระบบรากยังสามารถป้องกันการกัดเซาะและพังทลายของหน้าดิน ปลูกเป็นแนว กันลม ไฟ ให้ร่มเงา และเป็นไม้ประดับได้ (อำนาจ, 2525; เจริญ, 2527) สอดคล้องกับการทดลองของ สวัสดิ์ และคณะ (2538) ได้ทำการศึกษาอัตราการสูญเสียดินในบริเวณปลูกแถวกรณีอัตราความหนาแน่นต่าง ๆ กัน แทนคันดินเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ดอนบริเวณภาคเหนือตอนบน พบว่าวิธีการปลูกถั่วลิสงตามด้วยถั่วเขียวระหว่างแถวกรณี 4, 8 และ 12 แถวมีปริมาณการสูญเสียดินสูงและไม่แตกต่างกับวิธีการที่ไม่มีแถวกรณีในช่วงสองปีแรก แต่สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้มากที่สุดในปีที่สามและปีสุดท้ายของการทดลอง โดยเฉพาะวิธีการปลูก ถั่วลิสงตามด้วยถั่วเขียวระหว่างแถวกรณี 12 แถวมีแนวโน้มการสูญเสียดินน้อยลงทุก ๆ ปี ขณะที่วิธีการปลูก ถั่วลิสงตามด้วยถั่วเขียวโดยไม่มีแถวกรณีมีปริมาณการสูญเสียดินสูงขึ้นทุก ๆ ปี และปริมาณน้ำไหลบ่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน ในด้านการปรับปรุงดิน ประสาท และคณะ (2526) ทดลองเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และใช้ปรับปรุงดินด้วยการปลูกกรณีในระยะปลูก 1×1 เมตร 1×2 เมตร เปรียบเทียบกับแปลงที่ปล่อยให้หญ้าขึ้นตามธรรมชาติ (check) ผลการทดลองเมื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ การใช้ระยะปลูก 1×1 เมตร จะได้น้ำหนักแห้งของใบยอดอ่อนสูงสุดทั้งที่ จ. มหาสารคาม และ จ. ชลบุรี คือ 243 และ 325 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในด้านปรับปรุงดินพบว่า การปลูกโดยใช้ระยะปลูกเท่าใดก็ตาม ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เปอร์เซ็นต์ความชื้น ปฏิกริยาของดินและธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชในดิน ไม่แตกต่างจากแปลงที่ปล่อยให้หญ้าขึ้นตามธรรมชาติ แต่เมื่อเทียบกับคุณสมบัติของดินก่อนปลูกปรากฏว่า การปลูกกรณียิ่งนานขึ้นจะมีผลต่อคุณสมบัติของดินมากขึ้นเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีการนำกรณีมาปลูกร่วมกับพืชไร่เศรษฐกิจเช่นงานทดลองของ พิทยา (2530) ที่ทดลองปลูกกรณีร่วมกับมันสำปะหลัง พบว่า ผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกร่วมกับกรณีให้ผลผลิตมากที่สุด

977 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกมันสำปะหลังร่วมกับนนทรีให้ผลผลิต 125 กิโลกรัมต่อไร่ กระถินณรงค์ได้ 316.7 กิโลกรัมต่อไร่ และยูคาลิปตัสได้ 530 กิโลกรัมต่อไร่



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. อุปกรณ์ภาคสนาม

- 1.1 เมล็ดกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า
- 1.2 เชื้อไรโซเบียม สายพันธุ์ CB 3126
- 1.3 ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 สูตร 0-52-34 และสูตร 0-0-60
- 1.4 สายเทปวัด
- 1.5 ไม้เมตร
- 1.6 เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์
- 1.7 ถุงตาข่าย
- 1.8 เลื่อย
- 1.9 มีด
- 1.10 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบหยาบและแบบละเอียด

#### 2. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

- 2.1 ตู้อบ (hot air oven)
- 2.2 เครื่องชั่งละเอียด
- 2.3 กระบอกตวง
- 2.4 ถ้วยยูเรก้า
- 2.5 เครื่องบดตัวอย่างพืช Willey mill รุ่น standard model No. 3
- 2.6 เครื่อง visible spectrophotometer
- 2.7 เครื่อง Atomic absorption flame spectrophotometer

## วิธีการ

### 1. ประวัติ และสถานที่ทดลอง

สถานที่ทดลองอยู่ที่ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ตั้งอยู่เลขที่ 298 บ้านปางอโศก ตำบลกลางดง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ริมถนน ห่างจากกรุงเทพฯ 150 กิโลเมตร อยู่ในแนวเส้นทางที่ 14.5 องศาเหนือ เส้นแวงที่ 101 องศาตะวันออก สูงจากระดับน้ำทะเล ประมาณ 360 เมตร ความอุดมสมบูรณ์ของดินวิเคราะห์โดยห้องปฏิบัติการกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตร และสหกรณ์ โดยลักษณะของดินในบริเวณแปลงที่ใช้ทดลองก่อนการปลูกกระถิน มีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.1-7.4, อินทรีย์วัตถุ 2-2.43 เปอร์เซ็นต์ มีค่าฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 8-18 พีพีเอ็ม (Bray II extraction method) และ โพแทสเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้ 70-98 พีพีเอ็ม

### 2. การเตรียมเมล็ดพันธุ์

นำกระถินพันธุ์ทาร์มบ้าที่ผ่านการทำลายการพักตัวโดยการใช้เครื่องขัดเมล็ดเรียบร้อยแล้ว มาคลุกเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์ CB 3126 พักผึ่งให้เมล็ดแห้งในที่ร่มแล้วนำลงปลูกในแปลงที่เตรียมดินเรียบร้อยแล้ว

### 3. การปลูก

ภายหลังการเตรียมดินโดยการไถพรวนให้ดินละเอียดเหมาะสมต่อการปลูกแล้ว นำเมล็ดที่ผ่านการคลุกเชื้อไรโซเบียมเรียบร้อยแล้วปลูกลงในแปลงโดยตรง เมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ด้วยการหยอดเมล็ด 2-3 เมล็ดลงในแปลงตามระยะปลูกที่ได้กำหนดไว้ ด้วยเครื่องหยอดเมล็ดด้วยมือ (Jab) ถอนแยกให้เหลือกระถินเพียงหลุมละ 1 ต้น เมื่อวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2550 ใส่ปุ๋ยรองพื้นให้กับกระถินโดยใช้ปุ๋ยสูตร 0-52-34 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ปุ๋ยโพแทสเซียม 0-0-60 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่

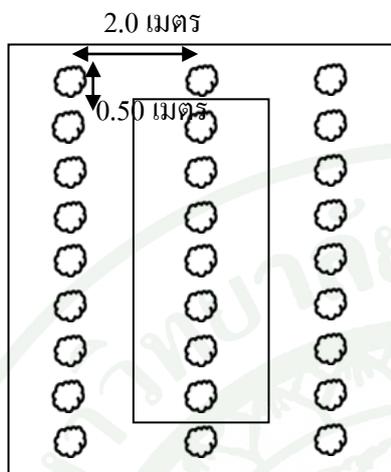
#### 4. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยแต่ละซ้ำมีตำรับการทดลองประกอบด้วยระยะระหว่างแถวปลูก 6 ระยะ ดังนี้ (ภาพที่ 1)

1. การปลูกแบบแถวเดี่ยว: ระยะระหว่างแถว 1.0 เมตร และระหว่างต้น 0.50 เมตร (3,200 ต้นต่อไร่) จำนวน 4 แถว ยาว 4 เมตร
2. การปลูกแบบแถวเดี่ยว: ระยะระหว่างแถว 1.5 เมตร และระหว่างต้น 0.50 เมตร (2,133 ต้นต่อไร่) จำนวน 3 แถว ยาว 4 เมตร
3. การปลูกแบบแถวเดี่ยว: ระยะระหว่างแถว 2 เมตร และระหว่างต้น 0.50 เมตร (1,600 ต้นต่อไร่) จำนวน 3 แถว ยาว 4 เมตร
4. การปลูกแบบแถวคู่: ระยะระหว่างคู่แถว 1.0 เมตร, ระยะระหว่างแถว 0.50 เมตร และระยะระหว่างต้น 0.50 เมตร (4,266 ต้นต่อไร่) จำนวน 3 คู่แถว ยาว 4 เมตร
5. การปลูกแบบแถวคู่: ระยะระหว่างคู่แถว 1.50 เมตร, ระยะระหว่างแถว 0.75 เมตร และระยะระหว่างต้น 0.50 เมตร (2,844 ต้นต่อไร่) จำนวน 3 คู่แถว ยาว 4 เมตร
6. การปลูกแบบแถวคู่: ระยะระหว่างคู่แถว 2.0 เมตร, ระยะระหว่างแถว 0.75 เมตร และระยะระหว่างต้น 0.50 เมตร (2,327 ต้นต่อไร่) จำนวน 3 คู่แถว ยาว 4 เมตร

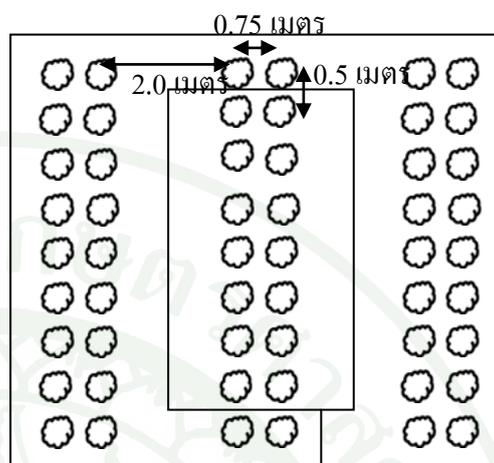
การปลูกแบบแถวเดี่ยว

(2.0×0.50 เมตร)



การปลูกแบบแถวคู่

(2.0×0.75 เมตร)



พื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิต

หมายเหตุ ○ = ตำแหน่งต้นกระถินที่ปลูกในแปลงย่อย

ภาพที่ 1 ภาพแสดงการปลูกกระถินในแปลงย่อยเปรียบเทียบระหว่างการปลูกแบบแถวเดี่ยว (สำหรับที่ 3) กับการปลูกแบบแถวคู่ (สำหรับที่ 6)

## 5. การจัดการหลังการปลูก

### 5.1 การให้น้ำชลประทาน

ในระยะเวลาที่กระถินยังเป็นต้นกล้ามีการให้น้ำ สัปดาห์ละ 1 ครั้งๆละประมาณ 25 มิลลิเมตร เป็นระยะเวลา 2 เดือนด้วยระบบ sprinkler และหลังจากที่กระถินสามารถตั้งตัวได้ดีแล้ว จึงปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติ

### 5.2 การกำจัดวัชพืช

กำจัดวัชพืชเพียงครั้งเดียวเมื่อกระถินอายุ 4 สัปดาห์หลังการปลูก โดยการใช้แรงงานคน ถอนด้วยมือเมื่อวันที่ 7-8 กรกฎาคม 2550

### 5.3 การกำจัดศัตรูพืช

การปลูกกระถินในระยะที่เป็นต้นกล้ามีการเข้าทำลายจากปลวกจึงมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชชนิดเม็ดชื่อทางการค้าว่า ฟุราดาน เพื่อกำจัดปลวกเมื่อวันที่ 8 เมษายน 2550

### 5.4 การใส่ปุ๋ยบำรุงรักษา

ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส (0-46-0) อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ ในวันที่ 31 พฤษภาคม 2550 ในปีที่ 2 ใส่วันที่ 27 สิงหาคม 2551

## 6. การบันทึกข้อมูล

### 6.1 ความสูง

วัดความสูงจากพื้นดินถึงปลายยอดที่สูงสุด โดยเริ่มวัดภายหลังการงอกของเมล็ด ประมาณ 4 เดือน ตั้งแต่วันที่ 30 พฤษภาคม 2550 และวัดต่อเนื่องทุกๆ 2 สัปดาห์ จนถึงวันที่ 4 ตุลาคม 2550 หรือที่อายุ 32 สัปดาห์ และเก็บข้อมูลความสูงอีกครั้งในช่วงการเก็บเกี่ยววันที่ 21 มีนาคม 2551 (56 สัปดาห์) เพื่อให้ทราบความสูงทั้งต้น ในปีที่ 2 วัดความสูงของต้นที่เกิดขึ้นมาใหม่ จากตอเดิมจนถึงปลายยอด เก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 4 สัปดาห์หลังการตัด และที่อายุ 6 8 10 12 14 และเก็บอีกครั้งในช่วงการเก็บเกี่ยว วันที่ 21 มกราคม 2552 (42 สัปดาห์)

### 6.2 ขนาดลำต้น

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ตำแหน่งความสูง 130 เซนติเมตรของต้นกระถิน โดยใช้เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์ สุ่มวัดจำนวน 5 ต้น ต่อ 1 แปลงย่อย โดยเก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 26 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก และต่อมาที่อายุ 28 32 36 40 44 48 และเก็บอีกครั้งในช่วงการเก็บเกี่ยว วันที่ 21 มีนาคม 2551 (56 สัปดาห์) ส่วนปีที่ 2 วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่เจริญขึ้นมาใหม่ จากตอเดิมภายหลังการตัด ที่ตำแหน่งความสูง 130 เซนติเมตร โดยวัดจากรอยตัด และเก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 12 สัปดาห์หลังการตัด และต่อมาที่อายุ 14 16 18 20 22 24 26 28 32 36 และเก็บอีกครั้งในช่วงการเก็บเกี่ยวผลผลิตวันที่ 21 มกราคม 2551 (42 สัปดาห์)

### 6.3 จำนวนจุดเจริญภายหลังการตัด

หลังการเก็บเกี่ยวข้อมูลผลผลิตในปีที่ 1 เก็บข้อมูลการฟื้นตัว เมื่อเข้าสู่ปีที่ 2 และปีที่ 3 โดยการนับจำนวนยอด (ลำต้นที่เจริญขึ้นมาใหม่จากตอเดิม) ต่อดันของกระถินที่แตกขึ้นมาภายหลังการตัด โดยนับเฉพาะหน่อที่มีชีวิต ที่อยู่บนต้นหลัก (main stem) สุ่มวัดจำนวน 5 ต้น ต่อ 1 แปลงย่อย โดยเก็บข้อมูลครั้งแรกที่อายุ 2 สัปดาห์ภายหลังการตัด และต่อมาที่อายุ 4 6 8 10 12 สัปดาห์ และเก็บอีกครั้งในช่วงการเก็บเกี่ยว (วันที่ 21 มกราคม 2552) ภายหลังการตัดในปีที่ 2 สุ่มนับจำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาจากต้นหลักอีกครั้งที่อายุ 2 4 6 8 10 และ 12 สัปดาห์หลังการตัด

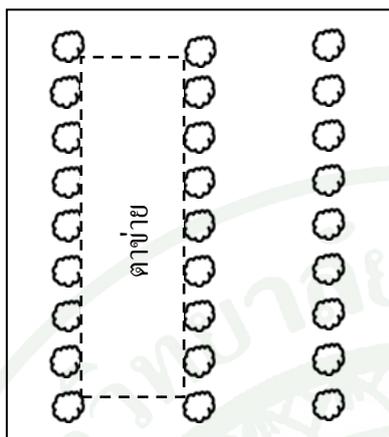
### 6.4 ผลผลิต

เมื่อกระถินอายุครบ 1 ปี เก็บข้อมูลผลผลิต (วันที่ 21 มีนาคม 2551) โดยในแต่ละแปลงย่อยเก็บผลผลิตทั้งหมดยกเว้นแฉ่วริมและหัวแปลงข้างละ 1-2 แถว ขึ้นอยู่กับระบบการปลูกดั้งเดิม ไว้ในภาพที่ 1 ตัดสูงจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปแยกหาส่วนใบ ลำต้น และกิ่งก้าน นำส่วนที่แยกไว้ (ยกเว้นส่วนลำต้น) ไปอบที่อุณหภูมิ 90 องศา จนได้น้ำหนักคงที่แล้วนำตัวอย่างที่ได้ไปบดเพื่อหาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป ในส่วนลำต้นทำไปตากแดดไว้ระยะหนึ่ง (ประมาณ 2-3 สัปดาห์) หลังจากนั้นจึงนำเข้าคู่อบโดยใช้อุณหภูมิระดับเดียวกับองค์ประกอบอื่นๆ บันทึกน้ำหนักแห้ง และนำไปบดเพื่อหาค่าพลังงานต่อไป ปฏิบัติการเก็บเกี่ยวผลผลิตเช่นเดียวกับในปีที่ 2 โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตหลังจากพืชฟื้นตัวได้ 1 ปี

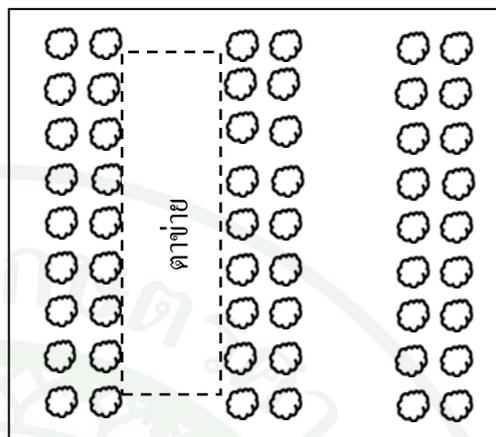
### 6.5 การร่วงหล่นของใบกระถิน

เก็บปริมาณใบที่ร่วงหล่นของใบกระถินภายหลังการตัดในปีที่ 2 เริ่มเก็บในเดือนพฤษภาคม 2552-เดือนธันวาคม 2552 โดยใช้ตาข่ายดั่งแสดงไว้ในภาพที่ 2 โดยมีขนาดเท่ากับระยะระหว่างแถวของแต่ละแปลงย่อย เก็บปริมาณใบที่ร่วงหล่นลงเดือนละ 1 ครั้ง นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศา และชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาผลผลิตต่อไป

## การปลูกแบบแถวเดี่ยว



## การปลูกแบบแถวคู่



หมายเหตุ

○ = ตำแหน่งต้นกระถินที่ปลูกในแปลงย่อย

ภาพที่ 2 ภาพแสดงการการวางตาข่ายในแปลงย่อยเปรียบเทียบระหว่างระบบแถวเดี่ยวกับระบบแถวคู่

## 7. ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density)

นำส่วนลำต้น (ไม้) ที่อยู่ระหว่างความสูงจากระดับพื้นดิน 130-145 เซนติเมตร ไปประเมินค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ โดยสุ่มตัดจำนวน 5 ท่อนๆละ 15 เซนติเมตร ต่อหนึ่งแปลงย่อย ตามวิธีการหาค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ของ จรุงฤ และคณะ (2540) โดยการลอกเปลือกไม้ออกแล้วนำมาชั่งน้ำหนักจะได้ค่าของมวล หรือน้ำหนักของท่อนไม้ (m) หลังจากนั้นนำท่อนไม้ที่ลอกเปลือกออกไปหาปริมาตร (v) โดยการแทนที่ด้วยน้ำ แล้วนำค่าที่ได้ทั้ง 2 ค่ามาคำนวณโดยใช้สูตร

$$D = m / v$$

โดย D คือ ค่าความหนาแน่น (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

m คือ มวล หรือน้ำหนักของไม้ที่ต้องการหาความหนาแน่น (กรัม)

v คือ ปริมาตรของไม้ที่ได้จากการแทนที่ด้วยน้ำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

## 8. องค์ประกอบทางเคมี

นำส่วนใบกระถินที่อบแห้งแล้วไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด นำไปวิเคราะห์หาปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ ที่ห้องปฏิบัติการกองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตร สำหรับ ADF (acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber), ADL (acid detergent lignin), Cellulose และ Hemicellulose วิเคราะห์ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์นครราชสีมา กรมปศุสัตว์ จังหวัดนครราชสีมา โดยวิธีดังนี้

8.1 ไนโตรเจน (N) วิเคราะห์โดยวิธีเจดดาห์ล (Kjeldahl method) ตามวิธีการของ ทศนีย์ และคณะ (2537) และการคำนวณหาไนโตรเจนทั้งหมดที่พบในผลผลิต (N yield) โดยใช้สูตรต่อไปนี้คือ

$$N \text{ yield (กิโลกรัมต่อไร่)} = \frac{\text{ผลผลิตน้ำหนักรวม (กิโลกรัมต่อไร่)} \times \text{ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)}}{100}$$

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

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

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

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

## 9. ค่าพลังงานความร้อน

นำส่วนลำต้นกระถินที่เกี่ยวข้องในปีที่ 1 มาสับเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วบดให้ละเอียดโดยส้อมแปลงย่อยๆ ละ 5 ชิ้น ตัดเฉพาะส่วนที่สูงจากพื้นดินระหว่าง 130-145 เซนติเมตร ส่งไปวิเคราะห์หาค่า

พลังงานความร้อนของไม้กระถิน ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter ที่ห้องปฏิบัติการของกลุ่มงาน  
วิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

#### 10. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

การหาค่าสหสัมพันธ์ (r) และสมการถดถอยเชิงเส้น  $y = a + bx$

#### 11. ระยะเวลาทำการวิจัย

ดำเนินการวิจัย ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2552 รวมระยะเวลาทั้งสิ้น  
36 เดือน

## ผลและวิจารณ์

### ผล

#### ปริมาณน้ำฝน

ในช่วงการปลูกกระถินในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 พบว่ามีปริมาณน้ำฝนประมาณ 94 มิลลิเมตร และมีฝนตกต่อเนื่องตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน ทำให้กระถินที่ปลูกได้รับน้ำฝนอย่างต่อเนื่อง และฝนตกมากขึ้นในเดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนตุลาคม โดยมีฝนตกมากที่สุดในเดือนสิงหาคมถึง 229 มิลลิเมตร และเริ่มลดลงในเดือนพฤศจิกายน และไม่มีฝนในเดือนธันวาคมและมกราคม ฝนเริ่มตกอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2551 และเพิ่มปริมาณมากขึ้นจนถึงเดือนพฤษภาคม และฝนทิ้งช่วงในเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม โดยมีฝนเพียง 43-50 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนมีมากขึ้นในเดือนสิงหาคมกันยายน และตุลาคม หลังจากนั้นปริมาณน้ำฝนมีเพียงเล็กน้อยในเดือนพฤศจิกายน และไม่มีฝนเลยในเดือนธันวาคม 2551 และมกราคม 2552 ในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นระยะเก็บเกี่ยว มีปริมาณน้ำฝนเพียง 48 มิลลิเมตร (ตารางที่ 2) ดังนั้นในช่วงระยะเวลาทดลองจึงมีปริมาณน้ำฝนรวม 1,156 และ 1,372 มิลลิเมตร สำหรับปี 2550 และ 2551 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝน 10 ปี มีค่าเท่ากับ 1,199 มิลลิเมตรต่อปี

#### อุณหภูมิและความชื้น

ในปีแรกของการปลูกในเดือนมีนาคม 2550-เดือนเมษายน 2550 พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุด เท่ากับ 34-22 องศาเซลเซียส ทำให้กระถินได้รับอุณหภูมิสูงในช่วงแรกของการเจริญเติบโต และอุณหภูมิต่ำลงเมื่อเข้าสู่ฤดูฝนในช่วงเดือนพฤษภาคม 2550-เดือนตุลาคม 2550 โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ย 31-23 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเมื่อเข้าสู่ฤดูแล้งอุณหภูมิจะเริ่มลดต่ำลงในเดือนพฤศจิกายน 2550 มีอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดเท่ากับ 27-19 องศาเซลเซียส ในช่วงที่อุณหภูมิต่ำลงอาจทำให้การเจริญเติบโตของกระถินลดลง โดยกระถินต้องการอุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ในปี 2551 พบว่าอุณหภูมิสูงสุดจะอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม-เดือนเมษายน เช่นกันและมีอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูฝนใกล้เคียงกับปี 2550 แต่ในฤดูแล้งช่วงเดือนธันวาคม 2551 พบว่ามีอุณหภูมิสูงสุด 27 องศาเซลเซียส และต่ำสุดเพียง 17 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 3) และเมื่อพิจารณาจากอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี พบว่าในปี 2550 และ 2551 มีอุณหภูมิสูงสุด-ต่ำสุดเท่ากับอุณหภูมิเฉลี่ยทั้ง 5 ปี ด้วย (31-21 องศาเซลเซียส)

ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมีนาคม 2550 พบว่ามีความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 60 และ 68 เปอร์เซ็นต์ และมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นในเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม โดยมีความชื้นอยู่ระหว่าง 73-83 เปอร์เซ็นต์ โดยในเดือนกันยายนจะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดเท่ากับ 83 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นจะลดลงในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550 ถึงเดือนมีนาคม 2551 เช่นเดียวกันในปี 2550 ความชื้นสัมพัทธ์จะมีมากขึ้นในเดือนเมษายนถึงเดือนตุลาคม โดยในเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม 2551 จะมีความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดถึง 83 เปอร์เซ็นต์ และลดลงในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2551 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2552 อย่างไรก็ตามทั้งในปีที่ 1 และปีที่ 2 ของการตัดจะมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 72 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ในปี 2552 และค่าเฉลี่ย 5 ปี มีปริมาณความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า เท่ากับ 74 และ 63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

**ตารางที่ 2** ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในช่วงระยะเวลาทดลองระหว่างปี 2550-2552  
เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยน้ำฝนย้อนหลัง 10 ปี ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง  
แห่งชาติอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

เดือน	ปี 2550	ปี 2551	ปี 2552	ค่าเฉลี่ย 10 ปี
มกราคม	0	0	0	13
กุมภาพันธ์	94	18	48	34
มีนาคม	56	80	155	77
เมษายน	88	177	165	136
พฤษภาคม	163	248	94	188
มิถุนายน	102	50	85	108
กรกฎาคม	151	43	138	104
สิงหาคม	229	152	168	143
กันยายน	129	364	263	232
ตุลาคม	127	230	108	135
พฤศจิกายน	18	9	13	23
ธันวาคม	0	0	12	6
รวม	1,156	1,372	1,249	1,199

ตารางที่ 3 ปริมาณอุณหภูมิต่ำ (องศาเซลเซียส) และความชื้นสัมพัทธ์ (เปอร์เซ็นต์) ในช่วงระยะเวลาการทดลองระหว่างปี 2550-2552 เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 5 ปี ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา

เดือน	ปี 2550			ปี 2551			ปี 2552			ค่าเฉลี่ย 5 ปี		
	อุณหภูมิ		ความชื้นสัมพัทธ์	อุณหภูมิ		ความชื้นสัมพัทธ์	อุณหภูมิ		ความชื้นสัมพัทธ์	อุณหภูมิ		ความชื้นสัมพัทธ์
	สูงที่สุด	ต่ำสุด		สูงที่สุด	ต่ำสุด		สูงที่สุด	ต่ำสุด		สูงที่สุด	ต่ำสุด	
มกราคม	30	18	58	31	18	59	28	15	58	30	17	60
กุมภาพันธ์	33	19	60	30	19	62	33	20	63	33	20	62
มีนาคม	34	22	68	33	21	62	32	21	75	33	21	67
เมษายน	34	22	73	33	23	77	33	23	75	33	23	74
พฤษภาคม	31	23	81	31	23	77	32	23	79	32	23	78
มิถุนายน	33	23	76	31	23	77	32	24	74	32	24	75
กรกฎาคม	31	23	78	31	24	72	31	24	75	31	23	75
สิงหาคม	31	23	78	31	23	77	32	24	79	31	23	77
กันยายน	31	23	83	29	22	83	31	23	85	30	23	84
ตุลาคม	29	22	81	30	22	83	31	22	84	30	22	82
พฤศจิกายน	27	19	66	28	20	73	30	19	72	29	20	73
ธันวาคม	31	19	64	27	17	65	31	18	68	29	18	66
เฉลี่ย	31	21	72	31	21	72	31	21	74	31	21	73

### ข้อสังเกตทั่วไป

ในช่วงปีแรกของการปลูก กระถินจะเจริญเติบโตช้าแต่ภายหลังจากการตัดในปีที่ 1 พบว่ากระถินทุกระบบปลูกจะมีการเจริญของลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่จากตอเดิมภายใน 2 สัปดาห์ และมีจำนวนมากในระยะการสุ่มวัดครั้งแรกเนื่องจากได้รับน้ำฝนอย่างต่อเนื่องทำให้มีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่จำนวนต้นที่แตกขึ้นมาใหม่จากตอเดิมเริ่มลดลง และพบว่ามี การเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อ้อ (Heterophylla cubana) ในช่วงแรกของการตัดในเดือนมีนาคม-เดือนเมษายน 2551 และลดลงเมื่อเริ่มมีฝนตก ทั้งนี้อาจเนื่องจากฝนช่วยชะล้างเพลี้ยที่เข้าทำลายกระถิน

## การเจริญเติบโตของกระถิน

### 1. ความสูง

ในช่วง 14 สัปดาห์แรก ของการเจริญเติบโต ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติในระหว่างแปลงที่ใช้ระบบและระยะปลูกแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม หลังจากกระถินมีอายุ 16 สัปดาห์หลังการงอก พบว่ากระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร มีความสูงลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 215 เซนติเมตร แตกต่างทางสถิติกับระบบปลูกเดียวกันที่ระยะ  $2.0 \times 0.50$  และ  $1.5 \times 0.50$  และ ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $2.0 \times 0.75$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร แต่ใกล้เคียงกับการใช้ระยะปลูก  $1.5 \times 0.75$  เมตร ในระบบแถวคู่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวที่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงมีความสูงลำต้นมากที่สุดอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (อายุ 1 ปี) แต่พบความแตกต่างระหว่างระยะปลูกในช่วงที่กระถินมีอายุ 16-24 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก โดยมีความสูงมากที่สุด 596 เซนติเมตร และต่ำสุด 502 เซนติเมตร เมื่อใช้ระบบปลูกแถวเดี่ยวระยะปลูก  $1.0 \times 0.50$  เมตร และ  $1.5 \times 0.50$  เมตร ตามลำดับ ในขณะที่ระยะปลูกที่เหลือมีค่าความสูงระหว่าง 524-545 เซนติเมตร เมื่อกระถินอายุ 56 สัปดาห์ ซึ่งเป็นระยะการตัดกระถินในปีที่ 1 (ตารางที่ 4)

ในปีที่ 2 กระถินทุกแปลงที่ทดลองพื้นตัวภายหลังการตัดได้ดี ดังนั้นในช่วง 4-10 สัปดาห์หลังการตัด กระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $2.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.50$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร และระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $2 \times 0.75$   $1.5 \times 0.75$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร มีความสูงไม่แตกต่างกันในทางสถิติ จนกระทั่งที่อายุ 12 สัปดาห์หลังการตัด พบว่ากระถินที่ใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $2.0 \times 0.50$  เมตร ให้ความสูงลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 330 เซนติเมตร ไม่แตกต่างในทางสถิติกับการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.5 \times 0.50$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร และระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $2.0 \times 0.75$  และ  $1.5 \times 0.75$  เมตร ยกเว้นระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $1.5 \times 0.50$  เมตร ซึ่งมีความสูงลำต้นน้อยที่สุด 308 เมตร (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกันกับในสัปดาห์ที่ 14 กระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $2.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงมีความสูงลำต้นสูงสุด 380 เมตร และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกในระบบปลูกแบบแถวคู่ ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร อย่างไรก็ตามเมื่อถึงระยะการเก็บเกี่ยว พบว่าความสูงลำต้นในทุกระยะการปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความสูงระหว่าง 625-698 เซนติเมตร (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกันในปีที่ 1

ระบบปลูก (เมตร)	ความสูงหลังเมล็ดงอก (สัปดาห์)									
	14 30 พ.ค.50	16 14 มิ.ย.50	18 28 มิ.ย.50	20 12 ก.ค.50	22 25 ก.ค.50	24 9 ส.ค.50	26 23 ส.ค.50	28 6 ก.ย.50	32 4 ต.ค.50	56 21 มี.ค. 51
ระบบแถวเดี่ยว										
1.0×0.50	171 <sup>a</sup>	215 <sup>a</sup>	253 <sup>a</sup>	267 <sup>a</sup>	321 <sup>a</sup>	342 <sup>a</sup>	353 <sup>a</sup>	367 <sup>a</sup>	445 <sup>a</sup>	596 <sup>a</sup>
1.5×0.50	148 <sup>a</sup>	178 <sup>c</sup>	212 <sup>cd</sup>	246 <sup>ab</sup>	285 <sup>bc</sup>	328 <sup>ab</sup>	348 <sup>a</sup>	358 <sup>a</sup>	442 <sup>a</sup>	502 <sup>a</sup>
2.0×0.50	150 <sup>a</sup>	180 <sup>c</sup>	222 <sup>bcd</sup>	264 <sup>a</sup>	302 <sup>ab</sup>	336 <sup>ab</sup>	358 <sup>a</sup>	367 <sup>a</sup>	442 <sup>a</sup>	545 <sup>a</sup>
ระบบแถวคู่										
1.0×0.50	168 <sup>a</sup>	181 <sup>c</sup>	206 <sup>d</sup>	232 <sup>b</sup>	269 <sup>c</sup>	296 <sup>c</sup>	318 <sup>a</sup>	330 <sup>a</sup>	409 <sup>a</sup>	524 <sup>a</sup>
1.5×0.75	160 <sup>a</sup>	202 <sup>ab</sup>	239 <sup>ab</sup>	264 <sup>a</sup>	296 <sup>ab</sup>	318 <sup>b</sup>	335 <sup>a</sup>	352 <sup>a</sup>	434 <sup>a</sup>	537 <sup>a</sup>
2.0×0.75	167 <sup>a</sup>	188 <sup>bc</sup>	234 <sup>abc</sup>	259 <sup>a</sup>	306 <sup>ab</sup>	324 <sup>ab</sup>	344 <sup>a</sup>	359 <sup>a</sup>	434 <sup>a</sup>	539 <sup>a</sup>
F-test	ns	**	**	*	**	**	ns	ns	ns	ns
%CV	9.80	6.36	6.92	5.15	5.63	3.50	5.84	4.83	4.63	7.41
LSD 0.05	-	18.26	23.70	19.81	25.15	17.08	-	-	-	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 5 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกันในปีที่ 2

ระบบปลูก (เมตร)	ความสูงภายหลังการตัดปีที่ 1 (สัปดาห์)						
	4	6	8	10	12	14	42
	18 เม.ย. 51	2 พ.ค. 51	16 พ.ค. 51	30 พ.ค. 51	13 มิ.ย. 51	27 มิ.ย. 51	21 ม.ค. 52
ระบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50	76	136	204	263	321 <sup>ab</sup>	371 <sup>ab</sup>	698
	80	138	199	261	325 <sup>a</sup>	375 <sup>a</sup>	625
	90	141	207	267	330 <sup>a</sup>	380 <sup>a</sup>	696
ระบบแถวคู่ 1.0×0.50	78	139	196	250	308 <sup>b</sup>	358 <sup>b</sup>	625
	83	142	199	261	326 <sup>a</sup>	376 <sup>a</sup>	630
	81	137	200	257	319 <sup>ab</sup>	369 <sup>ab</sup>	628
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	ns
%CV	7.50	4.22	4.57	2.98	2.57	2.22	8.25
LSD 0.05	-	-	-	-	12.45	12.45	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

## 2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

เมื่อพิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อายุ 26 สัปดาห์ พบว่าการปลูกโดยใช้ระบบการปลูกแถวแบบเดี่ยว  $2.0 \times 0.50$  เมตร มีขนาดลำต้นใหญ่กว่าการปลูกโดยใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่  $1.5 \times 0.75$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติและการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นน้อยที่สุด ตลอดระยะเวลาการทดลอง ยกเว้น สัปดาห์ที่ 32 และ 40 ซึ่งไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อกระถินมีอายุครบ 1 ปี พบว่าการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว  $2.0 \times 0.50$  เมตร มีขนาดลำต้นใหญ่ที่สุดเท่ากับ 4.1 เซนติเมตร ไม่แตกต่างในทางสถิติกับระยะปลูกในระบบเดียวกัน แต่สูงกว่าระบบแถวคู่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร (ตารางที่ 6)

ในปีที่ 2 ภายหลังจากตัด กระถินทุกระยะปลูกฟื้นตัวได้ดีแต่การปลูกในระบบแถวคู่ โดยใช้ระยะระหว่างแถว  $1.0 \times 0.50$  เมตร มีขนาดลำต้นน้อยกว่าการใช้ระยะปลูกอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ ดังนั้น ตลอดระยะเวลาการทดลองในปีที่ 2 ยกเว้นที่อายุ 14 18 24 32 และ 36 สัปดาห์หลังการตัด เมื่อกระถินมีอายุครบ 1 ปี พบว่าขนาดลำต้นของกระถินที่ใช้ระบบการปลูกแบบแถวเดี่ยว  $2.0 \times 0.50$  เมตร มีขนาดลำต้นใหญ่ที่สุดคือ 3.6 เซนติเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกันในระบบปลูกเดียวกันที่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  และ  $1.5 \times 0.50$  เมตร โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.5 และ 3.4 เซนติเมตรตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกโดยใช้ระบบแถวคู่เฉพาะการปลูกโดยใช้ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ซึ่งมีขนาดลำต้นเพียง 2.9 เซนติเมตร (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 แสดงการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของกระถินที่ระบบการปลูกแตกต่างกัน ในปีที่ 1

ระบบปลูก (เมตร)	ขนาดลำต้นหลังเมล็ดงอก (สัปดาห์)									
	26	28	32	36	40	44	48	52	56	
	23 ส.ค. 50	6 ก.ย. 50	4 ต.ค. 50	1 พ.ย. 50	29 พ.ย. 50	26 ธ.ค. 50	17 ม.ค. 51	14 ก.พ. 51	12 มี.ค. 51	
ระบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50	2.1 <sup>ab</sup>	2.4 <sup>ab</sup>	2.7	2.9 <sup>b</sup>	3.4	3.5 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	3.9 <sup>ab</sup>	
	1.5×0.50	2.1 <sup>ab</sup>	2.5 <sup>a</sup>	2.7	3.0 <sup>b</sup>	3.3	3.5 <sup>ab</sup>	3.6 <sup>ab</sup>	3.7 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>ab</sup>
	2.0×0.50	2.2 <sup>a</sup>	2.5 <sup>a</sup>	3.1	3.3 <sup>a</sup>	3.5	3.7 <sup>a</sup>	3.8 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>
ระบบแถวคู่	1.0×0.50	1.5 <sup>c</sup>	2.0 <sup>c</sup>	2.5	2.8 <sup>b</sup>	3.0	3.1 <sup>c</sup>	3.2 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>	3.4 <sup>c</sup>
	1.5×0.75	1.9 <sup>b</sup>	2.3 <sup>ab</sup>	2.6	2.9 <sup>b</sup>	3.2	3.4 <sup>abc</sup>	3.5 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>abc</sup>
	2.0×0.75	2.1 <sup>ab</sup>	2.2 <sup>bc</sup>	2.6	3.0 <sup>b</sup>	3.1	3.3 <sup>bc</sup>	3.5 <sup>abc</sup>	3.6 <sup>bc</sup>	3.7 <sup>abc</sup>
F-test	**	**	ns	*	ns	*	*	*	*	
%CV	10.28	7.73	9.61	6.58	8.43	6.38	6.07	5.83	5.85	
LSD 0.05	0.30	0.27	-	0.29	-	0.33	0.32	0.32	0.33	

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ตารางที่ 7 แสดงการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของกระถินที่ระบบการปลูกแตกต่างกัน ในปีที่ 2

ระบบปลูก (เมตร)		ขนาดลำต้นภายหลังการตัดปีที่ 1 (สัปดาห์)											
		12	14	16	18	20	22	24	26	28	32	36	42
ระบบแถวเดี่ยว	1.0×0.50	2.1 <sup>a</sup>	2.3	2.4 <sup>a</sup>	2.6	2.7 <sup>abc</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	3.0	3.0 <sup>ab</sup>	3.2 <sup>a</sup>	3.4	3.4	3.5 <sup>a</sup>
	1.5×0.50	2.2 <sup>a</sup>	2.2	2.4 <sup>a</sup>	2.5	2.7 <sup>abc</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	2.8	3.0 <sup>ab</sup>	3.1 <sup>ab</sup>	3.2	3.2	3.4 <sup>ab</sup>
	2.0×0.50	2.1 <sup>a</sup>	2.3	2.5 <sup>a</sup>	2.7	2.9 <sup>a</sup>	3.0 <sup>a</sup>	3.0	3.3 <sup>a</sup>	3.3 <sup>a</sup>	3.4	3.5	3.6 <sup>a</sup>
ระบบแถวคู่	1.0×0.50	1.9 <sup>b</sup>	2.0	2.1 <sup>b</sup>	2.3	2.4 <sup>c</sup>	2.5 <sup>c</sup>	2.5	2.6 <sup>c</sup>	2.7 <sup>b</sup>	2.8	2.8	2.9 <sup>b</sup>
	1.5×0.75	2.1 <sup>a</sup>	2.2	2.4 <sup>a</sup>	2.5	2.7 <sup>abc</sup>	2.8 <sup>ab</sup>	2.8	3.0 <sup>ab</sup>	3.0 <sup>ab</sup>	3.1	3.3	3.3 <sup>ab</sup>
	2.0×0.75	2.0 <sup>ab</sup>	2.2	2.3 <sup>ab</sup>	2.4	2.5 <sup>bc</sup>	2.6 <sup>bc</sup>	2.8	2.8 <sup>bc</sup>	2.9 <sup>ab</sup>	3.1	3.1	3.2 <sup>ab</sup>
F-test		*	ns	*	ns	*	*	ns	*	*	ns	ns	*
%CV		4.43	6.24	5.77	7.96	7.40	7.13	8.74	8.64	8.51	9.38	9.66	8.84
LSD 0.05		0.14	-	0.21	-	0.29	0.29	-	0.38	0.39	-	-	0.44

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน ที่ระดับเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

### จำนวนหน่อหลังการตัด

ภายหลังการตัดในปีที่ 1 พบว่า ในระยะ 2 สัปดาห์แรกจำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่จากตอเดิมมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10-16 ต้นต่อตอ (ตาราง 8) โดยระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 เมตร มีจำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่จากตอเดิมมากที่สุด 16 ต้นต่อตอ จำนวนต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเป็นส่วนใหญ่ หลังการฟื้นตัว 4 สัปดาห์ และมีค่าลดลงเมื่อพืชมีอายุการฟื้นตัวมากขึ้น และไม่พบความแตกต่างในทางสถิติระหว่างระยะปลูกเป็นส่วนใหญ่ เหลือเพียง 1-2 ต้นต่อตอ เมื่ออายุครบรอบการเก็บเกี่ยว โดยกระถินที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวมีจำนวนลำต้นที่สามารถเก็บเกี่ยวได้สูงกว่าการใช้ระบบแถวคู่ ยกเว้นการปลูกแบบแถวคู่โดยใช้ระยะ 2.0×0.75 เมตร

ภายหลังการตัดในปีที่ 2 (ตารางที่ 8) มีจำนวนต้นที่แตกขึ้นมาใหม่จากตอเดิมแตกต่างกันทางสถิติในสัปดาห์ที่ 2-12 ยกเว้นสัปดาห์ที่ 4 ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใช้ระยะปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 เมตร มีจำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่มากที่สุดในทุกครั้งของการสุ่มวัด และสูงกว่าการปลูกระยะ 1.0×0.50 เมตร ในระบบแถวคู่ จำนวนต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่มีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 4-8 สัปดาห์ ภายหลังการตัด และมีจำนวนหน่อลดลงเมื่อกระถินมีอายุเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 การฟื้นตัวของกระถิน 1. การฟื้นตัวภายหลังการตัดปีที่ 1 2. การฟื้นตัวภายหลังการตัดปีที่ 2

ตารางที่ 8 จำนวนลำต้นใหม่ที่เกิดขึ้นมาจากตอเดิมภายหลังการตัดในปีที่ 1 และปีที่ 2 ที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน

ระบบปลูก (เมตร)	สัปดาห์หลังตัด (ต้นต่อตอ)						
	2	4	6	8	10	12	เก็บเกี่ยว
หลังการตัดปีที่ 1							
ระบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50	10	11 <sup>b</sup>	10 <sup>bc</sup>	9	11 <sup>a</sup>	7 <sup>ab</sup>	2 <sup>a</sup>
1.5×0.50	10	10 <sup>b</sup>	8 <sup>c</sup>	8	10 <sup>ab</sup>	7 <sup>ab</sup>	2 <sup>a</sup>
2.0×0.50	16	16 <sup>a</sup>	13 <sup>a</sup>	9	11 <sup>a</sup>	7 <sup>ab</sup>	2 <sup>a</sup>
ระบบแถวคู่ 1.0×0.50	15	12 <sup>b</sup>	10 <sup>bc</sup>	7	9 <sup>b</sup>	6 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>
1.5×0.75	10	12 <sup>b</sup>	10 <sup>bc</sup>	8	10 <sup>ab</sup>	7 <sup>ab</sup>	1 <sup>b</sup>
2.0×0.75	13	13 <sup>b</sup>	11 <sup>bc</sup>	9	10 <sup>ab</sup>	8 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
F-test	ns	**	**	ns	*	*	*
%CV	14.53	13.99	14.58	11.02	7.68	12.04	27.21
LSD 0.05	-	2.60	2.26	-	1.17	1.24	0.61
หลังการตัดปีที่ 2							
ระบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50	25 <sup>ab</sup>	22	23 <sup>b</sup>	23 <sup>ab</sup>	18 <sup>ab</sup>	14 <sup>ab</sup>	- <sup>1/</sup>
1.5×0.50	21 <sup>bcd</sup>	21	22 <sup>b</sup>	21 <sup>bc</sup>	17 <sup>bc</sup>	12 <sup>b</sup>	-
2.0×0.50	29 <sup>a</sup>	25	28 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	21 <sup>a</sup>	15 <sup>a</sup>	-
ระบบแถวคู่ 1.0×0.50	18 <sup>d</sup>	18	18 <sup>c</sup>	17 <sup>c</sup>	14 <sup>c</sup>	11 <sup>b</sup>	-
1.5×0.75	23 <sup>bc</sup>	22	24 <sup>b</sup>	22 <sup>ab</sup>	18 <sup>ab</sup>	13 <sup>ab</sup>	-
2.0×0.75	20 <sup>cd</sup>	22	22 <sup>b</sup>	22 <sup>ab</sup>	16 <sup>bc</sup>	12 <sup>b</sup>	-
F-test	**	ns	**	**	**	*	-
%CV	13.78	16.27	9.79	11.70	13.01	14.97	-
LSD 0.05	4.69	-	3.38	3.80	3.42	2.88	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของปีเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

<sup>1/</sup> ไม่มีการเก็บเกี่ยว

## ผลผลิต

### 1. ผลผลิตสด

#### 1. 1 ใบ

ในปีแรกพบว่าการใช้ระบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักใบสดมากที่สุดเท่ากับ 1,652 กิโลกรัมต่อไร่ โดยมีความแตกต่างทางสถิติกับระบบแถวเดี่ยวด้วยกันและแถวคู่ โดยดำเนินการทดลองเหล่านี้มีค่าผลผลิตใบสดอยู่ระหว่าง 491-960 กิโลกรัมต่อไร่ เช่นเดียวกับในปีที่ 2 การปลูกในระบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงให้ผลผลิตใบสดมากที่สุดเท่ากับ 2,118 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับระบบแถวคู่  $1.5 \times 0.75$  เมตร (1,804 กิโลกรัมต่อไร่) แต่ต่างจากระบบแถวเดี่ยว  $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร และแถวคู่  $1.0 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร ซึ่งให้ผลผลิตสดเท่ากับ 846 1,250 1,133 และ 1,381 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

#### 1.2 กิ่งก้าน

ในปีที่ 1 พบว่ากระดิ่งที่ปลูกด้วยระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตกิ่งก้านมากที่สุดใกล้เคียงกับการใช้ระบบปลูกแถวคู่  $1.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.75$  เมตร โดยมีผลผลิตเท่ากับ 1,086 960 และ 721 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับและมีความแตกต่างกันทางสถิติกับระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว  $1.5 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.50$  เมตร และแถวคู่  $2.0 \times 0.75$  เมตร (ตารางที่ 9) ในปีที่ 2 การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตในส่วนของกิ่งก้านมากที่สุดเท่ากับ 1,686 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างทางสถิติกับการใช้ระบบปลูกแถวเดี่ยว  $1.5 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.50$  เมตร เท่ากับ 934 และ 1,117 กิโลกรัมต่อไร่ และการใช้ระบบแถวคู่ระยะ  $1.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร โดยมีค่าเท่ากับ 1,090 1,067 และ 954 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 9)

#### 1.3 ลำต้นรวม

ในส่วนของเนื้อไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้ที่ได้จากลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.5 เซนติเมตร ตลอดระยะเวลาการทดลองในปีแรก พบว่า การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตลำต้นรวมเท่ากับ 6,842 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีความแตกต่างทางสถิติกับการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว และแถวคู่ในทุกะบบการปลูกโดยให้ผลผลิตสดอยู่ระหว่าง 3,489-4,789 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 9)

ในปีที่ 2 ผลผลิตส่วนใหญ่เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปีแรก การปลูกด้วยระบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงให้ผลผลิตลำต้นรวมมากที่สุดเท่ากับ 10,920 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับทุกระยะปลูกที่เหลือ ในทุกระบบการปลูกแต่ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติ (ตารางที่ 9)

#### 1.4 ชีวมวลรวม

ในปีแรกของการทดลองใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสด (ใบ+กิ่งก้าน+ลำต้น) สูงสุด 9,580 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ระบบแถวคู่ และระบบแถวเดี่ยวที่เหลือผลผลิตชีวมวลส่วนใหญ่เป็นส่วนลำต้น รองลงมาได้แก่ใบและกิ่งก้านขกเว้นในปีแรก (ตารางที่ 9) ในปีที่ 2 การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวที่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงให้ผลผลิตชีวมวลรวมสดสูงสุด (15,040 กิโลกรัมต่อไร่) รองลงมาคือการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ที่ระยะ  $1.5 \times 0.75$  เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสดเท่ากับ 12,088 กิโลกรัมต่อไร่ แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ผลผลิตน้ำหนักรสสด (กิโลกรัมต่อไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบ  
ในปีที่ 1 และปีที่ 2

ระบบปลูก (เมตร)	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น	ลำต้น	ลำต้น รวม	ชีวมวล รวม
			< 2.5 เซนติเมตร	> 2.5 เซนติเมตร		
ปีที่ 1						
ระบบแถวเดี่ยว						
1.0×0.50	1,652 <sup>a</sup>	1086 <sup>a</sup>	1,206 <sup>b</sup>	5,637 <sup>a</sup>	6,842 <sup>a</sup>	9,580 <sup>a</sup>
1.5×0.50	491 <sup>b</sup>	594 <sup>b</sup>	671 <sup>d</sup>	2,818 <sup>b</sup>	3,489 <sup>b</sup>	4,574 <sup>b</sup>
2.0×0.50	520 <sup>b</sup>	600 <sup>b</sup>	560 <sup>d</sup>	2,994 <sup>b</sup>	3,554 <sup>b</sup>	4,674 <sup>b</sup>
ระบบแถวคู่						
1.0×0.50	960 <sup>b</sup>	960 <sup>ab</sup>	1,402 <sup>a</sup>	3,387 <sup>b</sup>	4,789 <sup>b</sup>	6,709 <sup>b</sup>
1.5×0.75	721 <sup>b</sup>	721 <sup>ab</sup>	945 <sup>c</sup>	3,536 <sup>b</sup>	4,481 <sup>b</sup>	5,923 <sup>b</sup>
2.0×0.75	686 <sup>b</sup>	615 <sup>b</sup>	918 <sup>c</sup>	3,334 <sup>b</sup>	4,252 <sup>b</sup>	5,553 <sup>b</sup>
F-test	**	*	**	**	**	**
%CV	24.52	15.27	13.06	25.75	21.71	23.12
LSD 0.05	593.27	352.31	187.08	1,403.69	1,494.70	2,149.55
ปีที่ 2						
ระบบแถวเดี่ยว						
1.0×0.50	2,118 <sup>a</sup>	1,686 <sup>a</sup>	903 <sup>ab</sup>	10,017	10,920	14,724 <sup>a</sup>
1.5×0.50	846 <sup>d</sup>	934 <sup>b</sup>	521 <sup>bc</sup>	6,050	6,571	8,351 <sup>b</sup>
2.0×0.50	1,250 <sup>cd</sup>	1,117 <sup>b</sup>	481 <sup>b</sup>	8,343	8,824	11,191 <sup>ab</sup>
ระบบแถวคู่						
1.0×0.50	1,133 <sup>cd</sup>	1,090 <sup>b</sup>	1008 <sup>a</sup>	7,568	8,576	10,799 <sup>ab</sup>
1.5×0.75	1,804 <sup>ab</sup>	1,067 <sup>b</sup>	665 <sup>abc</sup>	8,278	8,943	11,814 <sup>ab</sup>
2.0×0.75	1,381 <sup>bc</sup>	954 <sup>b</sup>	657 <sup>abc</sup>	6,920	7,577	9,912 <sup>b</sup>
F-test	**	*	*	ns	ns	*
% CV	22.10	11.53	17.03	13.61	12.48	22.48
LSD 0.05	473.48	425.20	359.07	-	-	3,771.33

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของปีเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

## 2. ผลผลิตแห้ง

### 2.1 ใบ

ในปีที่ 1 พบว่ากระถินที่ใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมากที่สุดเท่ากับ 638 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.5 \times 0.50$   $2.0 \times 0.50$  เมตร และระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $1.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร โดยให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งเท่ากับ 190 256 355 294 และ 277 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ในปีที่ 2 พบว่ากระถินที่ใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งมากที่สุดเท่ากับ 829 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $1.5 \times 0.75$  เมตร เท่ากับ 732 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระยะปลูกที่เหลือให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งใบอยู่ระหว่าง 318-600 กิโลกรัมต่อไร่ และพบความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างระยะปลูกของทั้งสองระบบการปลูก (ตารางที่ 10) จะสังเกตเห็นว่าผลผลิตใบในปีที่ 2 มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่าของการปลูกปีแรก

### 2.2 กิ่งก้าน

ในปีแรกของการปลูกระบบการปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงให้ผลผลิตในส่วนของกิ่งก้านใกล้เคียงกับการปลูกโดยใช้ระบบแถวคู่ ( $1.0 \times 0.50$  เมตร) แต่สูงกว่าระยะการปลูกที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิต 492 และ 404 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 10) ในขณะที่ระยะปลูกอื่นๆ ให้ผลผลิตระหว่าง 229-320 กิโลกรัมต่อไร่

ในปีที่ 2 ผลผลิตในส่วนของกิ่งก้านมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าในปีแรก ระยะปลูก  $1.0 \times 0.50$  เมตร ที่ปลูกในรูปแบบแถวเดี่ยวยังคงให้ผลผลิตกิ่งก้านสูงกว่าระยะการปลูกอื่นๆ ทั้งในระบบแถวคู่และระบบแถวเดี่ยว โดยให้ผลผลิตกิ่งก้าน 764 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระยะการปลูกที่เหลือให้ผลผลิตระหว่าง 368-532 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 10)

### 2.3 ลำต้นรวม

ในปีที่ 1 พบว่า การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวที่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิต น้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นถึง 3,829 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างในทางสถิติกับการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวด้วยกัน ( $1.5 \times 0.50$   $2.0 \times 0.50$  เมตร) ซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเท่ากับ 1,981 และ 2,057 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และยังคงสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $1.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 2,575 2,550 และ 2,352 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 10) อย่างไรก็ตามระยะการปลูกทั้งหมด ยกเว้นระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ในระบบแถวเดี่ยวไม่มีความแตกต่างในทางสถิติในระหว่างแถวปลูก

ขณะที่ในปีที่ 2 ผลผลิตน้ำหนักแห้งในส่วนของลำต้นมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าของปีแรกของการปลูกสร้าง ทำให้ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติในระหว่างระบบการปลูก แม้ว่าระบบการปลูกแถวเดี่ยวที่ใช้ระยะปลูก  $1.0 \times 0.50$  เมตร จะให้ผลผลิตสูงสุด 6,128 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาได้แก่การปลูกในระบบแถวคู่ระยะ  $1.5 \times 0.75$  เมตร และระยะปลูก  $1.5 \times 0.50$  เมตร ในระบบแถวเดี่ยวให้ผลผลิตต่ำสุด 3,785 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 10) ระหว่างระบบปลูกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านผลผลิตลำต้นรวมแห้ง โดยการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวมีค่าระหว่าง 3,789-6,128 กิโลกรัมต่อไร่ และการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่มีค่าอยู่ระหว่าง 4,242-5,137 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตลำต้นทั้งหมดส่วนใหญ่มีขนาดมากกว่า 2.5 เซนติเมตร และเพิ่มมากขึ้นในปีที่ 2 ในขณะที่ลำต้นขนาดเล็กกว่า 2.5 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในปีแรกและปีที่ 2 (ตารางที่ 10)

### 2.4 ชีวมวลรวม

เนื่องจากมีความแตกต่างในด้านผลผลิตขององค์ประกอบส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้น พบว่าการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวที่ระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมแห้งสูงสุดคือ 4,958 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับระบบปลูกแบบแถวเดี่ยว ( $1.5 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.50$  เมตร) และระบบปลูกแบบแถวคู่ ( $1.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร) โดยระยะปลูกเหล่านี้ให้ผลผลิตชีวมวลรวมแห้งเท่ากับ 2,399 2,598 3,334 3,164 และ 2,904 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 10) อย่างไรก็ตามในปีที่ 2 ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงให้ผลผลิตชีวมวลรวมแห้งสูงสุดเท่ากับ 7,721 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $1.5 \times 0.75$  เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมแห้งเท่ากับ 6,353 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ระยะปลูกที่เหลืออยู่ทั้ง 2 ระบบให้ผลผลิตระหว่าง 4,475-6,282 กิโลกรัมต่อไร่ และพบความแตกต่างกันทางสถิติในระหว่างระยะปลูกด้วยกัน (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบ  
ในปีที่ 1 และปีที่ 2

ระบบปลูก (เมตร)	ใบ	กิ่งก้าน	ลำต้น	ลำต้น	ลำต้น รวม	ชีวมวล รวม
			< 2.5 เซนติเมตร	> 2.5 เซนติเมตร		
ปีที่ 1						
ระบบแถวเดี่ยว						
1.0×0.50	638 <sup>a</sup>	492 <sup>a</sup>	623 <sup>b</sup>	3206 <sup>a</sup>	3829 <sup>a</sup>	4958 <sup>a</sup>
1.5×0.50	190 <sup>b</sup>	229 <sup>c</sup>	351 <sup>d</sup>	1631 <sup>b</sup>	1981 <sup>b</sup>	2399 <sup>b</sup>
2.0×0.50	256 <sup>b</sup>	286 <sup>bc</sup>	286 <sup>d</sup>	1771 <sup>b</sup>	2057 <sup>b</sup>	2598 <sup>b</sup>
ระบบแถวคู่						
1.0×0.50	355 <sup>b</sup>	404 <sup>ab</sup>	732 <sup>a</sup>	1844 <sup>b</sup>	2575 <sup>b</sup>	3334 <sup>b</sup>
1.5×0.75	294 <sup>b</sup>	320 <sup>bc</sup>	498 <sup>c</sup>	2052 <sup>b</sup>	2550 <sup>b</sup>	3164 <sup>b</sup>
2.0×0.75	277 <sup>b</sup>	274 <sup>bc</sup>	470 <sup>c</sup>	1883 <sup>b</sup>	2352 <sup>b</sup>	2904 <sup>b</sup>
F-test	*	*	**	*	**	**
%CV	26.47	13.94	12.19	26.40	21.11	23.42
LSD 0.05	239.41	146.51	90.62	821.45	813.745	1138.76
ปีที่ 2						
ระบบแถวเดี่ยว						
1.0×0.50	829 <sup>a</sup>	764 <sup>a</sup>	468	5660	6128	7721 <sup>a</sup>
1.5×0.50	318 <sup>c</sup>	368 <sup>b</sup>	269	3520	3789	4475 <sup>b</sup>
2.0×0.50	600 <sup>abc</sup>	532 <sup>b</sup>	245	4905	5150	6282 <sup>ab</sup>
ระบบแถวคู่						
1.0×0.50	454 <sup>bc</sup>	469 <sup>b</sup>	564	4151	4715	5638 <sup>ab</sup>
1.5×0.75	732 <sup>ab</sup>	484 <sup>b</sup>	346	4791	5137	6445 <sup>ab</sup>
2.0×0.75	551 <sup>abc</sup>	428 <sup>b</sup>	340	3902	4242	5222 <sup>ab</sup>
F-test	*	*	ns	ns	ns	*
% CV	16.15	14.39	20.31	13.63	12.55	22.79
LSD 0.05	280.54	229.78	-	-	-	2,042.60

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของปีเดียวกันมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

## องค์ประกอบทางเคมี

### 1. ไนโตรเจน

กระถินที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 1.0×0.50 เมตร มีปริมาณไนโตรเจนในใบสูงที่สุดเท่ากับ 3.36 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 เมตร และการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร โดยมีค่าเท่ากับ 3.00 2.63 2.76 2.56 และ 2.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

### 2. ฟอสฟอรัส

การใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร ไม่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.14 0.10 0.10 0.11 0.09 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

### 3. โพแทสเซียม

ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร ไม่ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 1.14 1.03 1.15 1.18 1.13 และ 1.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

### 4. แคลเซียม

กระถินที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยวด้วยระยะปลูก 1.0×0.50 เมตร มีปริมาณแคลเซียมในใบสูงสุด 2.63 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การปลูกระบบแถวคู่โดยใช้ระยะ 1.0×0.50 เมตร มีปริมาณแคลเซียมในใบต่ำที่สุด 1.79 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ระยะปลูกที่เหลือมีปริมาณแคลเซียมในใบอยู่ระหว่าง 2.05-2.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 5. แมกนีเซียม

การใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร ไม่ทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมในส่วนใบแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.37-0.44 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 6. ซัลเฟอร์

การใช้ระบบปลูกแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นระบบแถวเดี่ยวและแถวคู่ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณซัลเฟอร์ในส่วนใบ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.25-0.32 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 7. ADF

การใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร พบว่ามีปริมาณ ADF ในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 21.32-24.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 8. NDF

การใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร พบว่ามีปริมาณ NDF ในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 27.51-34.75 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 9. ADL

การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร และระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร มีปริมาณ ADL ในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.12-11.11 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 10. เสมิเซลลูโลส

ปริมาณเสมิเซลลูโลส ในใบมากที่สุดเท่ากับ 11.44 เปอร์เซ็นต์ ในแปลงที่ใช้ระยะปลูก 2.0×0.50 เมตร โดยการปลูกเป็นแถวเดี่ยว ในขณะที่การใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ 2.0×0.75 เมตร มีปริมาณเสมิเซลลูโลสต่ำสุดเท่ากับ 8.39 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับการปลูกในระยะอื่นๆ ซึ่งมีค่าปริมาณเสมิเซลลูโลสในส่วนใบอยู่ระหว่าง 8.85-11.19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

## 11. เซลลูโลส

การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 2.0×0.50 1.5×0.50 และ 1.0×0.50 เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ 2.0×0.75 1.5×0.75 และ 1.0×0.50 เมตร มีปริมาณเซลลูโลสในใบไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 11.34-13.44 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลของระบบการปลูกที่แตกต่างกันต่อปริมาณธาตุอาหารในใบกระถิน

ธาตุอาหาร	ระบบแถวเดี่ยว			ระบบแถวคู่			F-test	%CV
	1.0×0.50	1.5×0.50	2.0×0.50	1.0×0.50	1.5×0.75	2.0×0.75		
N	2.73	2.56	2.76	3.36	2.63	3.00	ns	12.67
P	0.10	0.10	0.14	0.13	0.09	0.11	ns	27.33
K	1.15	1.03	1.14	1.14	1.13	1.18	ns	20.63
Ca	2.63	2.22	2.03	1.79	2.39	2.05	ns	24.50
Mg	0.40	0.41	0.38	0.44	0.41	0.37	ns	17.58
S	0.31	0.32	0.29	0.29	0.29	0.30	ns	16.36
ADF	21.55	22.67	23.31	21.32	24.55	23.55	ns	5.90
NDF	31.70	32.20	34.75	32.92	33.40	27.51	ns	12.02
ADL	10.21	10.46	10.53	10.12	11.11	10.46	ns	7.15
Hemicellulose	10.15	9.53	11.44	11.60	8.85	8.39	ns	15.98
Cellulose	11.34	12.21	12.78	11.19	13.44	13.09	ns	12.54

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในบรรทัดเดียวกันในแต่ละระบบปลูกมีความ

แตกต่างกันที่ระดับเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

### ผลผลิต N P K Ca Mg และ S ในกระถินที่ใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน

จากปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากใบเมื่อนำมาคิดเป็นผลผลิตต่อไร่แล้วพบว่าปริมาณธาตุอาหาร N P K Ca Mg และ S ในแต่ละระบบปลูกไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่จะสังเกตเห็นว่า ในระบบการปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 1.0×0.50 เมตร มีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณธาตุ N P K Ca Mg และ S มากกว่าการใช้ระบบปลูกอื่น โดยมีค่าเท่ากับ 15.73 0.56 6.54 14.66 2.16 และ 1.74 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ผลผลิต N P K Ca Mg และ S ในกระถิน

ระบบปลูก (เมตร)	ปริมาณธาตุอาหาร (กิโลกรัมต่อไร่)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
ระบบแถวเดี่ยว						
1.0×0.50	15.73	0.56	6.54	14.66	2.16	1.74
1.5×0.50	6.04	0.20	2.20	6.05	1.03	0.81
2.0×0.50	7.77	0.38	3.26	5.68	0.97	0.84
ระบบแถวคู่						
1.0×0.50	9.72	0.30	2.81	5.31	1.23	0.73
1.5×0.75	7.54	0.26	3.26	7.15	1.17	0.85
2.0×0.75	8.40	0.30	3.06	6.49	1.11	0.74
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	28.95	24.79	24.23	33.29	29.35	27.86

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ  
ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของปีเดียวกันมีความแตกต่างกัน  
ที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

### ปริมาณการร่วงหล่นของใบกระถิน

จากการเก็บปริมาณการร่วงหล่นของใบกระถินในแต่ละเดือน พบว่าในช่วงเดือนสิงหาคม ถึงเดือนตุลาคม ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในปริมาณใบที่ร่วงหล่นลงมาในทุกระบบการปลูก โดยมีค่าระหว่าง 22-36 144-170 และ 183-205 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ(ตารางที่ 13) แต่ในเดือน พฤศจิกายน ที่ระบบการปลูกแถวคู่ 1.5×0.75 เมตร มีปริมาณใบร่วงมากที่สุด คือ 175 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ แถวเดี่ยว 1.0×0.5 1.5×0.5 แถวคู่ 1×0.5 และ 2×0.75 เมตร มีปริมาณระหว่าง 170-149 กิโลกรัมต่อไร่ และระบบแถวเดี่ยว 2×0.5 เมตร มีปริมาณใบร่วงน้อยที่สุด คือ 135 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 13)



ภาพที่ 4 การตั้งตาข่ายในแปลงย่อย 1. การปลูกแบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50 เมตร (ตำรับที่ 1) 2. การปลูกแบบ แถวคู่ 1.0×0.50 เมตร (ตำรับที่ 4)

ตารางที่ 13 ปริมาณใบกระถินที่ร่วงหล่นลงมาในเดือนพฤษภาคม 2552-เดือนธันวาคม 2552

ระบบปลูก (เมตร)	วันที่เก็บข้อมูล (กิโลกรัมต่อไร่)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	พ.ค.52	มิ.ย.52	ก.ค.52	ส.ค.52	ก.ย.52	ต.ค.52	พ.ย.52	ธ.ค.52
ระบบแถวเดี่ยว								
1.0×0.50	65 <sup>ab</sup>	55	38 <sup>ab</sup>	33	144	205	170 <sup>ab</sup>	88
1.5×0.50	51 <sup>abc</sup>	65	39 <sup>ab</sup>	36	147	188	163 <sup>ab</sup>	92
2.0×0.50	46 <sup>bc</sup>	81	22 <sup>ab</sup>	31	150	183	135 <sup>c</sup>	80
ระบบแถวคู่								
1.0×0.50	48 <sup>bc</sup>	81	41 <sup>ab</sup>	33	154	195	158 <sup>abc</sup>	87
1.5×0.75	70 <sup>a</sup>	84	46 <sup>a</sup>	35	170	205	175 <sup>a</sup>	101
2.0×0.75	36 <sup>c</sup>	101	17 <sup>b</sup>	22	159	185	149 <sup>bc</sup>	86
F-test	*	ns	**	ns	ns	ns	*	ns
%CV	24.61	32.29	30.97	25.32	15.29	7.39	9.49	13.89
Lsd	19.55	-	24.16	-	-	-	22.65	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ

เชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

### ศักยภาพในการใช้น้ำเพื่อต่อผลผลิตกระถิน

เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างผลผลิตน้ำหนักแห้งชีวมวลรวม ในปีแรกของการปลูกสร้างแปลง พบว่าการปลูกด้วยระบบแถวเดี่ยวระยะ 1.0×0.50 เมตร มีศักยภาพมากที่สุด (3.9 กิโลกรัมต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร) ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติกับระยะปลูกอื่น โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.9-2.6 กิโลกรัมต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร โดยการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ 1.5×0.50 เมตร มีศักยภาพการใช้น้ำต่ำสุดเท่ากับ 1.9 กิโลกรัมต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร (ตารางที่ 14) ในปีที่ 2 การปลูกด้วยระบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50 เมตร ยังคงมีศักยภาพการใช้น้ำมากที่สุดเท่ากับ 5.6 กิโลกรัมต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับระยะอื่นที่เหลือในระบบเดียวกันและระบบแถวคู่

ตารางที่ 14 ประสิทธิภาพในการใช้น้ำเพื่อสร้างเป็นผลผลิตชีวมวลรวม (กิโลกรัมน้ำหนักแห้งต่อไร่ต่อน้ำ 1 มิลลิเมตร)

ระบบปลูก (เมตร)	ปีที่ 1	ปีที่ 2
ระบบแถวเดี่ยว 1.0×0.50	3.9 <sup>a</sup>	5.6
1.5×0.50	1.9 <sup>b</sup>	3.3
2.0×0.50	2.0 <sup>b</sup>	4.6
ระบบแถวคู่ 1.0×0.50	2.6 <sup>b</sup>	4.1
1.5×0.75	2.5 <sup>b</sup>	4.6
2.0×0.75	2.3 <sup>b</sup>	3.8
F-test	**	ns
%CV	23.43	22.81
LSD 0.50	0.89	-

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกัน ที่ระดับความ

เชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

### ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้

การใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $2.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.50$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $2.0 \times 0.75$   $1.5 \times 0.75$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร พบว่าค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 0.53 0.48 0.53 0.46 0.49 และ 0.51 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 15) และเป็นไปในทางเดียวกันกับในปีที่ 2 ไม้กระถินที่ได้จากระบบปลูกแตกต่างกันมีค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.60-0.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 15)

### ค่าพลังงานความร้อน

กระถินที่ใช้ระบบปลูกแตกต่างกัน ได้แก่ การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $2.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.50$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ระบบปลูกแบบแถวคู่ระยะ  $2.0 \times 0.75$   $1.5 \times 0.75$  และ  $1.0 \times 0.50$  เมตร พบว่ามีค่าพลังงานความร้อนของไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4,620-4,680 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 15)

### ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่

เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพในการให้ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ในปีแรก พบว่าการใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่สูงสุดเท่ากับ 17,854 กิโลแคลอรีต่อไร่ แตกต่างกันในทางสถิติกับการใช้ระบบแถวเดี่ยวด้วยกัน ( $1.5 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.50$  เมตร) และระบบแถวคู่ ( $1.0 \times 0.50$   $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร) โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 9,172-11,906 กิโลแคลอรีต่อไร่ (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density) และค่าพลังงานความร้อนของเนื้อไม้ (heat value)

ระบบปลูก (เมตร)	ความหนาแน่น (wood density) (กรัม/ลูกบาศก์ เซนติเมตร)		ค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรีต่อกรัม) (เฉพาะปีที่ 1)	ค่าพลังงานความร้อน ต่อพื้นที่ (กิโลแคลอรีต่อไร่) (เฉพาะปีที่ 1)
	ปีที่ 1	ปีที่ 2		
	ระบบแถวเดี่ยว			
1.0×0.50	0.53	0.60	4.66 <sup>a</sup>	17,854 <sup>a</sup>
1.5×0.50	0.48	0.64	4.63 <sup>a</sup>	9,172 <sup>b</sup>
2.0×0.50	0.53	0.65	4.67 <sup>a</sup>	9,607 <sup>b</sup>
ระบบแถวคู่				
1.0×0.50	0.51	0.65	4.62 <sup>a</sup>	11,906 <sup>b</sup>
1.5×0.75	0.49	0.60	4.63 <sup>a</sup>	11,806 <sup>b</sup>
2.0×0.75	0.46	0.61	4.68 <sup>a</sup>	11,001 <sup>b</sup>
F-test	ns	ns	*	**
%CV	6.68	9.75	26.35	21.07
LSD 0.50	-	-	3812.56	3,776.06

หมายเหตุ ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับเชื่อมั่น

เท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

## ค่าความสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตกระถินในปีที่ 1 และปีที่ 2

1. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับจำนวนต้น ความสูง และองค์ประกอบผลผลิต (ลำต้น ใบ กิ่งก้าน)

### 1.1 จำนวนต้น (ต้นต่อไร่)

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนต้นกับผลผลิตชีวมวลในปีที่ 1 มีค่าเท่ากับ 0.428 มีค่าเป็นบวก มีความสัมพันธ์กันไปในทางเดียวกัน หากมีจำนวนต้นมากทำให้มีผลผลิตชีวมวลรวมมากเช่นกัน (ตารางที่ 16) ส่วนในปีที่ 2 ระยะปลูกกับผลผลิตชีวมวล มีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าปีที่ 1 และมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.222 (ตารางที่ 16)

### 1.2 ความสูง

ในปีที่ 1 พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับความสูง มีค่าเท่ากับ 0.613 มีค่าเป็นบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 ผลผลิตชีวมวลรวมกับความสูงมีความสัมพันธ์กันสูง และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 16) ปีที่ 2 ผลผลิตชีวมวลรวมกับความสูง มีค่าเท่ากับ 0.348 มีค่าเป็นบวกเช่นเดียวกัน แต่จะมีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าปีที่ 1 (ตารางที่ 16)

### 1.3 ลำต้น

จากตารางที่ 15 พบว่าในปีที่ 1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้น มีค่าเท่ากับ 0.996 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์กันสูงมาก และมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนในปีที่ 2 ก็เช่นเดียวกัน มีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.972 ซึ่งเป็นค่าบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 กล่าวคือมีผลผลิตลำต้นรวมมากทำให้ผลผลิตชีวมวลรวมมากเช่นกัน (ตารางที่ 16)

### 1.4 ใบ

ในปีที่ 1 พบว่าผลผลิตชีวมวลรวมมีความสัมพันธ์กันสูงมากกับผลผลิตใบ เนื่องจากมีค่าเท่ากับ 0.956 (ตารางที่ 16) ซึ่งมีค่าเป็นบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ไป

ในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับปีที่ 2 ผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตใบมีความสัมพันธ์กันสูง และมีความสัมพันธ์ใบในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ 0.621 (ตารางที่ 16)

## 1.5 กิ่งก้าน

ในปีที่ 1 พบว่าผลผลิตชีวมวลรวมมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตกิ่งก้าน มีค่าเท่ากับ 0.802 ซึ่งมีค่าเป็นบวก (ตารางที่ 16) เช่นเดียวกับปีที่ 2 ซึ่งพบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตกิ่ง มีค่าเท่ากับ 0.748 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 กล่าวคือ ผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตกิ่งมีความสัมพันธ์กันสูง และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 16)

2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับจำนวนต้น ความสูง ผลผลิตชีวมวลรวม ผลผลิตลำต้นและความหนาแน่นเนื้อไม้

### 2.1 จำนวนต้น (ต้นต่อไร่)

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนต้นกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในปีที่ 1 พบว่ามีค่าเท่ากับ -0.580 ซึ่งเป็นค่าลบและมีค่าเข้าใกล้ -1 คือระยะปลูกกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความสัมพันธ์กันสูง และมีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้าม (ตารางที่ 16) เช่นเดียวกับปีที่ 2 พบว่ามีค่าเท่ากับ -0.500 มีความสัมพันธ์กันในทางตรงกันข้าม (ตารางที่ 16)

### 2.2 ความสูง

ในปีที่ 1 ค่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับความสูง มีค่าเท่ากับ 0.523 ซึ่งเป็นค่าบวก มีความสัมพันธ์กับความสูงน้อย และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 16) ส่วนในปีที่ 2 เช่นเดียวกันกับปีที่ 1 พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกับความสูงมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันมากกว่าปีที่ 1 โดยมีค่าเท่ากับ 0.525 (ตารางที่ 16)

### 2.3 ชีวมวลรวม

ในปีที่ 1 พบว่าผลที่ได้จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีค่าเท่ากับ 0.196 ซึ่งเป็นค่าบวก กล่าวคือผลผลิตชีวมวลรวมกับเส้นผ่าน

ศูนย์กลางลำต้นมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก (ตารางที่ 16) ในปีที่ 2 ผลผลิตชีวมวลรวมกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความสัมพันธ์กันไปในทางเดียวกัน เนื่องจากมีค่าเท่ากับ 0.204 (ตารางที่ 16)

#### 2.4 ลำต้น

จากตารางที่ 13 พบว่าค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตลำต้นกับเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มีค่าเท่ากับ 0.188 ซึ่งเป็นค่าบวก และมีความสัมพันธ์กันน้อยมาก และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน ในปี 2 ผลผลิตลำต้นกับขนาดลำต้นมีความสัมพันธ์ 0.102 และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน เนื่องจากมีค่าความสัมพันธ์มีค่าบวก (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวม กับการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของกระถิน

	ชีวมวลรวม (กิโลกรัมต่อไร่)		เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)	
	ปีที่ 1	ปีที่ 2	ปีที่ 1	ปีที่ 2
จำนวนต้น (ต้นต่อไร่)	0.428*	0.222	-0.580**	-0.500*
ความสูง (เซนติเมตร)	0.613**	0.348	0.523**	0.525**
ชีวมวลรวม (กิโลกรัมต่อไร่)	-	-	0.196	0.204
ลำต้น (กิโลกรัมต่อไร่)	0.996**	0.972**	0.188	0.102
ใบ (กิโลกรัมต่อไร่)	0.956**	0.621**	-	-
กิ่งก้าน (กิโลกรัมต่อไร่)	0.802**	0.748**	-	-

หมายเหตุ \* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

\*\* มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 17 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวล ( $Y_t$ ) กับลำต้น ( $X_t$ ) และชีวมวล ( $Y_t$ ) กับจำนวนต้นต่อไร่ ( $X_t$ ) ในปีที่ 1 และปีที่ 2

	สมการ	$R^2$
ชีวมวล ( $Y_{b1}$ ) กับลำต้น ( $X_{s1}$ ) ปีที่ 1	$Y_1 = -266.1 + 1.365X$	0.996**
ชีวมวล ( $Y_{b2}$ ) กับลำต้น ( $X_{s2}$ ) ปีที่ 2	$Y_2 = -796.7 + 1.405X$	0.972**
ชีวมวล ( $Y_{b12}$ ) กับลำต้น ( $X_{s12}$ ) รวมทั้งสองปี	$Y_{12} = -796.7 + 1.405X$	1.000**
ชีวมวล ( $Y_{b1}$ ) กับจำนวนต้นต่อไร่ ( $X_{d1}$ ) ปีที่ 1	$Y_1 = 1792.6 + 0.525X$	0.428*
ชีวมวล ( $Y_{b2}$ ) กับจำนวนต้นต่อไร่ ( $X_{d2}$ ) ปีที่ 2	$Y_2 = 9048.7 + 0.829X$	0.222

## วิจารณ์

### การเจริญเติบโตของกระถิน

ทรงยศ (2553) รายงานว่า กระถินที่ปลูกแถวเดี่ยว โดยมีระยะระหว่างแถวและระหว่างต้น 1.00 และ 0.25 เมตร ตามลำดับ มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงน้อยกว่ากระถินที่ปลูกโดยใช้ระยะระหว่างแถวและระหว่างต้นกว้างขึ้น ตั้งแต่  $1.0 \times 0.50$  เมตร ขึ้นไป และในระหว่างระยะปลูกเหล่านี้  $1 \times 1$   $1 \times 1.5$   $2 \times 0.5$  และ  $2 \times 1$  เมตร มีความสูงไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ที่ปลูกในระบบแถวเดี่ยวและมีระยะปลูกเท่ากัน และแม้แต่ในระบบแถวคู่ทุกระยะปลูก (ตารางที่ 4) ก็ยังไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง ผลการทดลองนี้ยังคงให้ผลคล้ายคลึงกันในการเก็บเกี่ยวในปีที่ 2 ทั้งนี้อาจเนื่องจากการปลูกในระยะระหว่างแถวกว้างขึ้นกระถินมีการแข่งขันในด้านความสูงน้อยลง เมื่อเทียบกับการใช้ระยะปลูกแคบ ตรงข้ามกับขนาดของลำต้น (ตารางที่ 6) ที่พบว่ากระถินที่ปลูกแบบแถวเดี่ยวในทุกระบบปลูกมีขนาดลำต้นใหญ่กว่ากระถินที่ปลูกในระบบแถวคู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแปลงที่ระยะระหว่างแถวของแถวคู่แคบที่สุด (0.50 เมตร) ซึ่งการเจริญเติบโตในด้านขนาดของลำต้นได้เร็วจะเป็นผลดีกับเกษตรกรที่สามารถเก็บเกี่ยวกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานได้เร็วขึ้น

วีรชัย (2551) กล่าวว่าขนาดของลำต้นกระถินที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการผลิตแก๊สสังเคราะห์ (syngas) ในกระบวนการ gasification มีขนาดตั้งแต่ 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป ดังนั้นการปลูกกระถินแบบแถวเดี่ยวเกษตรกรสามารถเก็บเกี่ยวได้ภายใน 6-7 เดือนหลังปลูก ในขณะที่การปลูกแบบแถวคู่อาจต้องใช้เวลา 9-8 เดือนหลังจากปลูกในปีแรก ข้อดีของการปลูกในระบบแถวคู่ยังเห็นได้ชัดเจนในปีที่ 2 (ตารางที่ 7) โดยเกษตรกรที่ปลูกในระบบแถวคู่ยังคงสามารถเก็บเกี่ยวกระถินได้ช้ากว่าการปลูกในระบบแถวเดี่ยวยกเว้นการปลูกแถวคู่ระยะ  $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร ผลดีของการปลูกระยะแถวกว้างในด้านการเพิ่มขนาดของลำต้น มีผู้รายงานไว้หลายท่านเช่น สราวุธ (2529) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกระถินที่ใช้ระยะปลูกกว้างจะเพิ่มขึ้นมากกว่าระยะปลูกแคบ ซึ่งระยะปลูก  $2 \times 2$  เมตร ให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเฉลี่ยสูงสุดทุกช่วงอายุ คือ 0.99 2.82 3.86 และ 4.88 เซนติเมตร ที่อายุ 1-4 ปี รองลงไปคือระยะปลูกแคบ  $1 \times 1$  และ  $1 \times 0.5$  เมตร แต่อย่างไรก็ตามพบว่าทุกระยะปลูกให้ขนาดลำต้นที่เหมาะสมแก่การนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เมื่ออายุครบ 1 ปี สอดคล้องกับ Van Den Beldt (1982) พบว่าเมื่อจำนวนต้นต่อพื้นที่น้อยกว่า 1,600 ต้นต่อไร่ ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจะเพิ่มมากขึ้น และการใช้จำนวนต้นมากกว่า 3,200 ต้นต่อไร่ การเจริญเติบโตทางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นจะลดลง แสดงว่าถ้าระยะปลูกยิ่งกว้างมาก การเจริญเติบโตทางขนาดลำต้นเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ

จากผลการทดลองนี้จึงอาจสรุปได้ว่าการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานควรปลูกในระบบแถวเดี่ยวมากกว่าแถวคู่โดยใช้ระยะปลูก  $1.0 \times 0.50$  เมตรขึ้นไป ซึ่งตรงกันข้ามกับการปลูกเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ที่แนะนำให้ปลูกเป็นแถวคู่หรือปลูกเป็นแถวเดี่ยวมีระยะระหว่างแถวแคบ ดังงานทดลองของ Guevarra (1978) พบว่าการปลูกแถวเดี่ยวโดยใช้ระยะปลูก  $0.15 \times 0.50$  เมตร (21,280 ต้นต่อไร่) ให้ผลผลิตในส่วนของใบมากกว่าการใช้ระยะปลูก  $0.45 \times 0.50$  เมตร (7,200 ต้นต่อไร่) เช่นเดียวกับ Cabbina (1998) พบว่าการใช้จำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่สูง (12,800 ต้นต่อไร่) ให้ผลผลิตใบมากกว่าการใช้จำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่ต่ำ (3,200 ต้นต่อไร่) เพื่อให้ผลผลิตส่วนใบมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มจำนวนต้นต่อหน่วยพื้นที่ อย่างไรก็ตามในกรณีที่ต้องปลูกแถวคู่ระยะภายในคู่แถวควรมีระยะกว้างกว่า 0.50 เมตร โดยใช้ระยะ 0.75 เมตร เพื่อลดการแข่งขันให้ลดน้อยลง และเพิ่มการเจริญเติบโตในด้านขนาดลำต้นให้สูงขึ้นตลอดจนการเจริญเติบโตในด้านความสูง (สายัณห์, 2550)

### ผลผลิตชีวมวล

จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกมีผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของกระถินอย่างมีนัยสำคัญ กระถินที่ปลูกในระบบแถวเดี่ยวทุกระยะปลูกให้ผลผลิตชีวมวลรวมลดลงทั้งในรูปน้ำหนักสดและแห้งเมื่อเพิ่มระยะระหว่างแถวปลูกให้กว้างขึ้น สอดคล้องกับงานทดลองของทรงยศ (2553) ที่ปลูกโดยใช้ระบบปลูกและระยะปลูกลักษณะเดียวกับงานทดลองนี้ ทั้งนี้เนื่องจากการปลูกในระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร มีจำนวนต้นมากกว่าระยะปลูก  $1.5 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.50$  เมตร อย่างไรก็ตามการเพิ่มจำนวนต้นให้มากขึ้นโดยเปลี่ยนเป็นระบบแถวคู่ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ประการใดเมื่อเทียบกับภายในระยะปลูกเดียวกันและยังให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกในระบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร ทั้งนี้ น่าจะเกิดจากการแข่งขันมากเกินไปเนื่องจากมีระยะห่างภายในคู่แถวเพียง 0.50 เมตร ในขณะที่การขยายระยะปลูกในระยะแถวคู่เป็น 0.75 เมตร ก็ยังไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกในระยะแถวเดี่ยวโดยใช้ระยะระหว่างแถวเท่ากัน คือ 1.5 และ 2.0 เมตร

ในด้านองค์ประกอบผลผลิตลำต้นเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในการนำไปใช้เป็นพลังงาน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่ากระถินที่ปลูกในระบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังคงให้ผลผลิตเนื้อไม้สูงกว่าระบบปลูกอื่นๆ ทั้งระบบที่ปลูกแถวเดี่ยวด้วยกันและระบบแถวคู่โดยให้ผลผลิตน้ำหนักสด 6.8 ต้นต่อไร่ ในปีที่ 1 และเพิ่มเป็น 10.9 ต้นในปีที่ 2 หรือคิดเป็นน้ำหนักแห้งเท่ากับ 3.8 และ 6.1 ต้นต่อไร่ วีรชัย และคณะ (2550) รายงานว่า ในการผลิตไฟฟ้า 1 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ต้องใช้ไม้กระถินแห้ง 1.4-1.8 กิโลกรัม จากข้อมูลในตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า การปลูกกระถินระบบแถวเดี่ยวระยะ

ปลูก  $1.0 \times 0.50$  เมตร สามารถผลิตไฟฟ้าได้มากกว่าระบบการปลูกอื่นๆ ทั้งในระยะแถวเดี่ยวด้วยกัน และระบบแถวคู่โดยที่พลังงานความร้อนและความหนาแน่นของเนื้อไม้ใกล้เคียงกัน ส่วนลำต้นเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุด (70 เปอร์เซ็นต์) ในทุกระยะปลูกเมื่อเปรียบเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ และมีค่าความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับชีวมวลรวมทั้งหมด (ตารางที่ 16)

ใบเป็นองค์ประกอบที่มีสัดส่วนรองลงมา มีความสำคัญในแง่ของการเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกแบบเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ยังมีปริมาณใบสูงกว่าระบบการปลูกเดี่ยวที่ใช้ระยะปลูก  $1.5 \times 0.50$  และ  $2.0 \times 0.50$  เมตร และยิ่งสูงกว่าการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ที่ใช้ระยะปลูกแคบที่สุด ( $1.0 \times 0.50$  เมตร) ทั้งในปีที่ 1 และ 2 (ตารางที่ 10) และระยะปลูก  $1.5 \times 0.75$  และ  $2.0 \times 0.75$  เมตร ตรงกันข้ามกับงานวิจัยของ Torres *et al.*, (2000) ซึ่งรายงานว่าการปลูกกระถินในรูปแบบแถวคู่ให้ผลผลิตใบสูงกว่าการปลูกแบบแถวเดี่ยว ซึ่งความแตกต่างของผลการทดลองอาจเนื่องมาจากงานทดลองนี้เน้นการผลิตใบไปเลี้ยงสัตว์ จึงมีการใช้ความถี่ของการตัดสั้นเพียง 60 วันต่อครั้ง ในขณะที่การปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานเน้นส่วนลำต้นจึงมีอายุการตัดถึง 1 ปี ทำให้มีการแข่งขันกันมากขึ้นในการปลูกโดยระบบแถวคู่ ในด้านคุณภาพของใบในแง่ของการเป็นอาหารสัตว์พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันทั้งปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ เท่ากัน ผลดีของการเลี้ยงโคนมและโคเนื้อร่วมกับการใช้กระถินมีผู้รายงานไว้หลายท่าน (Tudsri *et al.*, 2001; Dalzell and Shelton, 2006) นอกจากนี้กระถินยังสามารถนำไปใช้เป็นปุ๋ยพืชสดได้อีกด้วยเนื่องจากมีปริมาณไนโตรเจนในส่วนใบสูง จารุณี (2554) รายงานว่า การใส่ใบกระถินลงไปแปลงของข้าวโพดในอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพดแตกต่างจากการใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งนี้เนื่องจากใบกระถินมีขนาดเล็กย่อยสลายได้ง่าย จากงานวิจัยของ Penday *et al.* 2001 พบว่าใบกระถินสามารถย่อยสลายให้พืชที่ปลูกร่วมไปใช้ประโยชน์ได้ภายใน 30 วัน ในขณะที่ส่วนกิ่งก้านใช้เวลาถึง 210 วัน ดังนั้นจึงน่าจะเป็นผลดีกับเกษตรกรที่ไม่ต้องการใช้ใบกระถินไปเลี้ยงสัตว์ แต่นำไปใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี (ยูเรีย) ซึ่งมีราคาแพงในปัจจุบัน นอกจากนี้ถ้าเกษตรกรไม่ประสงค์จะใช้เลี้ยงสัตว์หรือเป็นปุ๋ยเกษตรกรยังสามารถนำไปจำหน่ายกับโรงงานอาหารสัตว์ได้อีกด้วย

จากการวัดปริมาณใบที่ร่วงหล่น พบว่ามีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกันในแต่ละระยะปลูก โดยมีค่าระหว่าง 728-886 กิโลกรัมต่อไร่ ใบกระถินเหล่านี้ไม่ได้วิเคราะห์หาค่าไนโตรเจนแต่จากงานวิจัยของ กานต์ระวี (2554) พบว่ามีไนโตรเจนอยู่ประมาณ 1.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเท่ากับว่าในแต่ละปีจะมีไนโตรเจนสะสมลงไปในดินจากส่วนใบประมาณ 12-15 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งเทียบเท่ากับปุ๋ยยูเรีย 26-33 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นจึงเห็นได้ว่ากระถินที่ปลูกแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร มีปริมาณไนโตรเจนหมุนเวียนไม่แตกต่างจากการปลูกด้วยระบบแถวคู่

ค่าใช้จ่ายในการปลูกกระถินแต่ละครั้งก็มีความสำคัญต่อการเลือกระบบการปลูก เช่นเดียวกันการปลูกในระบบแถวเดี่ยว เกษตรกรสามารถประหยัดเมล็ดพันธุ์และแรงงานในการปลูกเนื่องจากมีจำนวนต้นน้อยกว่าการใช้ระบบปลูกแบบแถวคู่ ดังนั้นการปลูกเป็นแถวเดี่ยวจึงน่าจะเป็นระบบปลูกที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้ระยะปลูก 1.0×0.50 เมตร อย่างไรก็ตามในระยะยาว ทรงยศ (2554) รายงานว่า การปลูกในระบบแถวเดี่ยว โดยใช้ระยะปลูกกว้างขึ้นเป็น 2.0×0.50 เมตรให้ผลผลิตชีวมวลรวมเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด ในระยะปีที่ 3 และให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันกับการใช้ระยะปลูกแบบแถวแคบ (1.0×0.50 เมตร) ในปีที่ 4 ของการทดลอง

ในส่วนของก้านใบแม้ว่าจะมีปริมาณน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับองค์ประกอบอื่นๆ แต่การนำมาบดร่วมกับส่วนใบน่าจะสามารถนำมาใช้ได้ทั้งอาหารสัตว์และปุ๋ยพืชสด และเมื่อรวมกับส่วนใบจะ ทำให้เกษตรกรได้ผลผลิตในส่วนนี้ไปใช้ประโยชน์ประมาณ 1,362 กิโลกรัมต่อไร่ และผลผลิตที่ได้ยังคงมีคุณภาพดีในแง่ของการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ และเป็นปุ๋ยพืชสดให้กับพืชอื่นต่อไป

#### องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางอาหารสัตว์

##### 1. ไนโตรเจน

ไนโตรเจนพบในใบมากกว่าในลำต้นของพืชปริมาณไนโตรเจนในใบสูงถึง 3.5-5.0 เปอร์เซ็นต์ เทียบเท่ากับปริมาณ โปรตีน 21-31 เปอร์เซ็นต์ (Dalzell *et al.*, 2006) จากการที่มีปริมาณโปรตีนสูงนั้นทำให้สามารถใช้ใบและส่วนต้นอ่อนเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (สายพันธ์ และคณะ, 2551) Milford and Minson (1966) รายงานว่า การกินของสัตว์จะลดลงถ้าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารหยาบมีค่าน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองนี้พบว่าปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 2.56-3.36 เปอร์เซ็นต์ คิดเป็นโปรตีนได้เท่ากับ 16-21 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองเมื่อเทียบเป็นปริมาณโปรตีนได้เท่ากับ 16-21 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้อง Norton *et al.* (1995) รายงานว่าความต้องการโปรตีนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีค่าน้อย 8-15 เปอร์เซ็นต์

## 2. ฟอสฟอรัส

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความสำคัญต่อการให้ผลผลิตน้ำนมในโคนม และความต้องการธาตุฟอสฟอรัสในโคเนื้อ และโคที่ให้น้ำนมอยู่นั้นในช่วง 0.23-0.31 และ 0.32-0.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Powell and Satter, 2009) ขณะที่ในงานทดลองครั้งนี้พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่ได้มีปริมาณต่ำมาก (0.09-0.14 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งไม่เพียงพอต่อความต้องการของโคเนื้อและโคนม และในงานทดลองนี้มีอายุการตัดยาวนานถึง 1 ปีทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบมีค่าลดลง Tudsri *et al.*, (2002) กล่าวว่า การตัดกระถินที่อายุถึง 1 ปี ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในใบจะมีค่าลดลงเมื่อพืชอายุมากขึ้น

## 3. โพแทสเซียม

จากการทดลองพบว่าปริมาณโพแทสเซียมในระบบปลูกแบบแถวคู่และแถวเดี่ยวมีค่าอยู่ระหว่าง 1.03-1.18 เปอร์เซ็นต์ เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งความต้องการปริมาณของโพแทสเซียมในสัตว์เคี้ยวเอื้องอยู่ที่ 0.6-0.7 เปอร์เซ็นต์ (Armstrong, 1998)

## 4. แคลเซียม

สัตว์ต้องการแคลเซียมระหว่าง 0.20-0.25 และ 0.43-0.53 เปอร์เซ็นต์ สำหรับโคเนื้อและโคนมตามลำดับ (NRC, 1984) จากการทดลองพบว่าปริมาณแคลเซียมมีค่าอยู่ระหว่าง 1.79-2.63 เปอร์เซ็นต์ เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ และเกษตรกรยังสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ โดยไม่จำเป็นต้องเสริมแคลเซียม หากในโคนมที่ให้น้ำนมสูง ถ้าโคขาดแคลเซียมจะต้องดึงมาจากกระดูก ถ้าไม่ทันจะทำให้เกิดไขนม (milk fever) โคที่ขาดแคลเซียมจะเกิดโรคที่เรียกว่า Hypocalcaemia (สายัณห์, 2547)

## 5. แมกนีเซียม

ปริมาณแมกนีเซียมที่ได้จากงานทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 0.37-0.44 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเพียงพอต่อความต้องการของโคที่มีความต้องการธาตุแมกนีเซียมเพียง 0.19 เปอร์เซ็นต์ ในโคนมที่ให้น้ำนม 6-14 กิโลกรัมต่อวัน และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ในโคเนื้อที่มีน้ำหนักตัว 300-500 กิโลกรัม (Dalzell *et al.*, 1998) ถ้าสัตว์ขาดจะเกิดโรค Hypomagnesaemia (สายัณห์, 2547) หากขาดแมกนีเซียมอย่างเฉียบพลันอาจทำให้สัตว์ตายได้ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.)

## 6. ซัลเฟอร์

จากการทดลอง พบว่ากระดิ่งที่ใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวและระบบปลูกแบบแถวคู่ มีปริมาณซัลเฟอร์ในใบใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 0.28-0.32 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการทดลองของอัญญาภรณ์ (2552) พบว่ากระดิ่งที่ปลูก มีปริมาณซัลเฟอร์ใกล้เคียงกันเท่ากับ 0.32-0.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งระดับซัลเฟอร์ดังกล่าว เพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ ซึ่งต้องการซัลเฟอร์ในปริมาณ 0.15-0.20 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2547; Dalzell *et. al.*, 1998)

## 7. Neutral detergent fiber (NDF)

NDF เป็นค่าที่วิเคราะห์รวมเอาส่วนประกอบของผนังเซลล์ คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และ ลิกนิน ที่สามารถใช้ประเมินการกินได้ของสัตว์ ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเพราะในกระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสได้ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.; Kerley, 2004) จากการทดลองมีปริมาณ NDF ใกล้เคียงกันในทุกตำรับการทดลองโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 27.51-34.75 เปอร์เซ็นต์ Arora *et. al.* (1986) พบว่ากระดิ่งแต่ละสายพันธุ์ที่ทดสอบ จากการตัดที่อายุ 75 วัน มีปริมาณ NDF อยู่ระหว่าง 21.1-29.3 เปอร์เซ็นต์ดังนั้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจึงทำให้มีปริมาณ NDF เพิ่มขึ้นตามมาด้วย ซึ่งปริมาณ NDF จะมีปริมาณมากหรือน้อยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิด และพันธุ์ของกระดิ่ง (ศศิธร และคณะ, 2546; ชิต และคณะ, 2547; ฉายแสง, 2548)

## 8. Acid detergent fiber (ADF)

เป็นตัวชี้วัดการย่อยได้เพื่อประมาณค่าพลังงานที่สัตว์จะได้รับ วัตถุประสงค์ของ เซลลูโลส และลิกนินในพืช ความต้องการเชื้อใยเพื่อทำให้กระเพาะหมักทำงานเป็น โดยในโคนม ควรจะได้รับ ADF ไม่ต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์ เพราะถ้าต่ำกว่านี้อาจมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลงได้ (กานดา และคณะ, 2547) จากการทดลองพบว่าปริมาณ ADF ในใบมีค่าอยู่ระหว่าง 21.32-24.55 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การทดลองของชินจิต (2540) พบว่าการปลูกกระดิ่ง โดยใช้ระยะระหว่างแถวแถบ 1 และ 2 เมตร มีปริมาณ ADF ในใบกระดิ่งต่ำกว่าการปลูกโดยใช้ระยะแถวกว้าง 4 เมตร นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้นค่าทั้ง 2 ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับงานทดลองของชิต และคณะ (2547) กล่าวว่าปริมาณ ADF ในกระดิ่งที่ตัดในระยะเวลาแตกต่างกันคือ 2, 3 และ 4 เดือนมีค่าแตกต่างกัน โดยที่อายุ 2 เดือนมีค่าน้อยกว่าอายุ 3 และ 4 เดือน (22.83 25.03 และ 25.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

## 9. Acid detergent lignin (ADL)

ADL (ลิกนิน) เป็นส่วนของผนังเซลล์ ทั้งสัตว์กระเพาะเดี่ยว และกระเพาะรวมไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นหากมีลิกนินอยู่ที่ผนังเซลล์พืชมากจะเป็นการจำกัดการย่อยได้ของเส้นใยชนิดอื่น (ลักษณะ และคณะ, 2541; พิมพาพร และคณะ, 2543) หากพืชชนิดใดมีปริมาณลิกนิน มากการย่อยได้ก็จะลดลงตามเปอร์เซ็นต์ลิกนินที่เพิ่มขึ้น (Stokes and Prostko, n.d.) จากการทดลองพบว่าการใช้ระบบปลูกต่างกัน ไม่ทำให้ปริมาณ ADL แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 10.12-11.11 จากงานทดลองของ อัญญาภรณ์ (2552) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณลิกนินที่มีอยู่ในใบกระถินทั้ง 5 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้ามีเปอร์เซ็นต์ลิกนินในใบต่ำที่สุด (10.90 เปอร์เซ็นต์) จึงอาจกล่าวได้ว่าพันธุ์ทาร์มบ้าเมื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จะสามารถย่อยได้ดีกว่าพันธุ์อื่นๆอีก 4 พันธุ์ (พิจารณาเฉพาะลิกนินอย่างเดียว) สำหรับในด้านการใช้เป็นพลังงาน ในขณะที่พืชมีการสะสมลิกนินมาก ทำให้อัตราการเผาไหม้เกิดขึ้นได้ช้าลง (Gani and Naruse, 2007)

## 10. เฮมิเซลลูโลส

ปริมาณเฮมิเซลลูโลสจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช โดยปกติมักพบในพืชตระกูลหญ้ามากกว่าถั่ว (กานดา และคณะ, 2547; วิทยา และคณะ, 2547) จากผลการทดลองพบว่า กระถินที่ใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวและแถวคู่มิมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.39-11.60 เปอร์เซ็นต์ ทรงยศ (2553) พบว่าใบกระถินอายุ 1 ปี มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสใกล้เคียงกันทุกระยะปลูก โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.63-12.30 เปอร์เซ็นต์

## 11. เซลลูโลส

เป็นส่วนหนึ่งของผนังเซลล์ที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะช่วยในการย่อย อีกทั้ง cellulose ยังสามารถจับตัวกับลิกนินได้จึงทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลสลดลง เซลลูโลสจะเพิ่มขึ้นตามอายุพืช โดยเฉพาะในส่วนลำต้นของหญ้าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นปริมาณ cellulose จะเพิ่มขึ้นมากกว่าในถั่ว (ศรัณยา และคณะ, 2535) จากการทดลองพบว่าแต่ละระบบปลูกปริมาณเซลลูโลสใบกระถินมีค่าอยู่ระหว่าง 11.34-13.44 เปอร์เซ็นต์ ในด้านของพลังงานเซลลูโลสจะมีความสำคัญมากเนื่องจากพืชที่มีเซลลูโลสในปริมาณที่สูงทำให้อัตราการเผาไหม้เกิดขึ้นได้เร็วกว่าชีวมวลที่มีเซลลูโลสน้อยกว่า (Gani and Naruse, 2007)

## การใช้เป็นเชื้อเพลิง

### 1. ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density)

จากการทดสอบด้านความหนาแน่นของเนื้อไม้ในปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า การใช้ระบบ แถวเดี่ยวและแถวคู่มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 0.46-0.53 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และ 0.60-0.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร Ryan (1994) รายงานว่าระยะปลูกแคบจะทำให้ความหนาแน่นของเนื้อไม้ต่ำกว่าระยะปลูกกว้าง ซึ่งพืชสามารถเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วกว่า แต่จากการทดลองทั้ง 2 ปี ไม่พบความแตกต่างในเรื่องของระยะที่ใช้ปลูกกระถิน แต่เมื่อกระถินมีอายุมากขึ้นทำให้ค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้เพิ่มขึ้น ดังเช่นงานทดลองของ Pottinger and Hughes (1994) ที่พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าที่ทดสอบมีอายุ 2 ปี มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้เท่ากับ 0.59 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความหนาแน่นเนื้อไม้จะมากหรือน้อยขึ้นกับ ชนิดของพืชและฤดูที่ปลูกพืชนั้น เนื้อไม้ที่เกิดขึ้นในฤดูฝนจะมีความหนาแน่นต่ำและค่อนข้างที่มีรูพรุนมากเห็นเป็นสีอ่อน เรียกเนื้อไม้ต้นฤดู (early wood หรือ spring wood) ไม้ที่เจริญเติบโตในช่วงฤดูนี้จะโตอย่างรวดเร็วจึงทำให้เป็นสาเหตุที่เนื้อไม้ไม่หนาแน่นและมีสีที่อ่อนกว่าไม้ที่โตในฤดูปลายฝน ฤดูหนาว ฤดูแล้ง ขณะที่เนื้อไม้ที่เกิดขึ้นในปลายฤดูฝนต่อฤดูแล้งจะมีความแน่นสูงเห็นเป็นสีเข้ม เรียกเนื้อไม้ปลายฤดู (late wood หรือ summer wood) ไม้ที่โตในช่วงฤดูนี้จะมีการเติบโตที่ช้าทำให้เนื้อไม้ความหนาแน่นสูงและมีสีเข้ม (Baan natura, 2007)

### 2. ค่าพลังงานความร้อน (heat value)

พืชยืนต้นที่นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ดี คือ กระถิน เพราะเป็นพืชที่เจริญเติบโตเร็ว สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ทั้งในส่วนของต้น และกิ่งก้านตั้งแต่อายุ 1 ปี (บัวเรศ และ มยุรี, 2526) ประเทศฟิลิปปินส์มีการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงแทนการใช้น้ำมันเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้ามาเป็นระยะเวลานาน โดยคำนวณว่าการปลูกกระถิน 1 ไร่สามารถให้พลังงานได้เท่ากับน้ำมัน 636-763 ลิตรต่อปี (NAS, 1984) จากงานทดลองของอัยฎากรณ์ (2552) พบว่าไม้กระถินมีค่าพลังงานความร้อนอยู่ที่ 4,580-4,650 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองในครั้งนี้คือ จากการศึกษาค่าพลังงานความร้อนในปีที่ 1 พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 4,620-4,680 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

เมื่อพิจารณาถึงศักยภาพในการให้ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ของระบบการปลูกแล้ว จะสังเกตได้อย่างชัดเจนว่า การใช้ระบบปลูกแบบแถวเดี่ยวระยะ  $1.0 \times 0.50$  เมตร มีศักยภาพสูงสุดเมื่อคำนวณออกมาเป็นค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่เนื่องจากให้ผลผลิตเนื้อไม้ที่สูงกว่าการปลูกในระบบแถวเดี่ยวด้วยกันและระบบแถวคู่ ให้ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่สูงสุดเท่ากับ 17,854 กิโลแคลอรีต่อไร่ มีค่าใกล้เคียงกับงานทดลองศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน ของมะลิวัลย์ และคณะ (2553) แล้วพบว่า ศักยภาพในการให้ค่าพลังงานความร้อนต่อพื้นที่ของกระถินยักษ์เท่ากับ 15,297 กิโลแคลอรีต่อไร่ ทั้งนี้ ต้องพิจารณาถึงสภาพพื้นที่ที่ปลูก และความสามารถในการแตกหน่อของพันธุ์ไม้ชนิดนั้นๆด้วย



## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

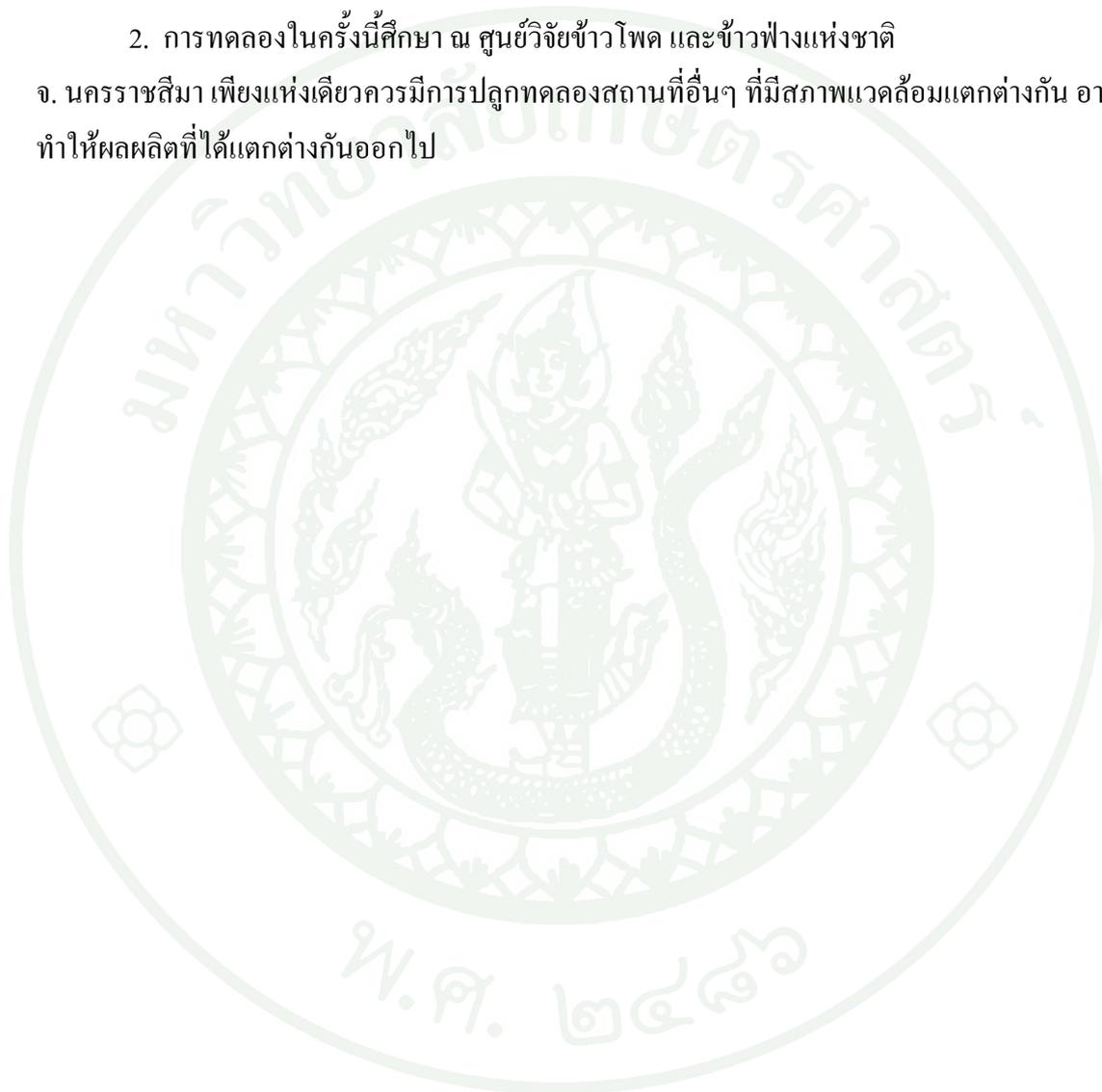
1. การปลูกกระถินด้วยระบบแถวเดี่ยว  $1.0 \times 0.50$  เมตร ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุดที่สุดในระบบแถวเดี่ยวด้วยกันและระบบแถวคู่ทั้งในปีที่ 1 และปีที่ 2
2. การใช้ระบบปลูกทั้งแถวเดี่ยวและแถวคู่ไม่มีผลต่อปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟอร์ ADF NDF ADL เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส

### ข้อเสนอแนะ

1. ผลผลิตที่ได้จากการทดลองมากจากการปลูกเพียงสองปี เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของผลผลิตในระยะยาวว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง ควรมีการศึกษาต่อไปในปีถัดไป

2. การทดลองในครั้งนี้ศึกษา ณ ศูนย์วิจัยข้าวโพด และข้าวฟ่างแห่งชาติ

จ. นครราชสีมา เพียงแห่งเดียวควรมีการปลูกทดลองสถานที่อื่นๆ ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน อาจทำให้ผลผลิตที่ได้แตกต่างกันออกไป



## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

\_\_\_\_\_. ม.ป.ป. การขาดแคลนแคลเซียมในโค. สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ. แหล่งที่มา: [http://www.dld.go.th/niah/TechnicArticle/tech\\_CalciumDef.htm](http://www.dld.go.th/niah/TechnicArticle/tech_CalciumDef.htm), 14 มีนาคม 2552.

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. 2551. การใช้ชีวมวลในประเทศไทยระหว่างปี 2547 – 2552. แหล่งที่มา: [http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com\\_content&view=article&id=140%3A-2546-2551-&catid=58&Itemid=68&lang=th](http://www.dede.go.th/dede/index.php?option=com_content&view=article&id=140%3A-2546-2551-&catid=58&Itemid=68&lang=th). 20 พฤษภาคม 2554.

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

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

กานดา นาคมณี, ศรีธยา วิทยานุภาพยืนยง, ศศิธร ถิ่นนคร และ อำนวย ปัญญาปฐุ. 2547. การเพิ่มคุณภาพแปลงหญ้ากินนีสีม่วงโดยใช้ถั่วอาหารสัตว์, น. 20-33. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กานต์รวี ศรีพวงผกาพันธุ์. 2554. การเปรียบเทียบผลผลิตของเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนของกระดิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จรรยาโรจน์ จันทศิริ และ เฉลิมพล แซมเพชร. 2546. ผลผลิตและโปรตีนของหญ้ารัฐในระหว่างแถบกระดินพันธุ์ Cunningham. วิทยาศาสตร์เกษตร. 34(4-6): 109-114.

จารุณี เชิดชัยสถาพร. 2554. ผลของการใช้ใบกระถินเป็นปุ๋ยพืชสดต่อผลผลิต

และคุณค่าทางอาหารของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ . สัมมนาในระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาพืชไร่นา  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. วันที่ 18-19 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2554 ณ ห้องประชุมสวนสน  
ประดิพัทธ์ อ. หัวหิน จ.ประจวบคีรีขันธ์. (เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์).

จำเป็น อ่อนทอง. 2545. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะ  
ทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

เจษฎา เหลืองแจ่ม. 2527. กระถินยักษ์. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_ และ ลัดดา บุญภักดี. 2527. ความต้านทานของสภาพความชื้นของพันธุ์ไม้บางชนิด, น. 58-  
64. ใน การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2527 เล่ม 2. การป่าไม้ เพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่า  
ไม้, กรุงเทพฯ.

ฉายแสง ไผ่แก้ว, ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมณี และ ศรัญญา วรจิรวาณิช. 2548. การทดสอบและ  
คัด เลือกพันธุ์กระถินเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์, น. 28-47. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหาร  
สัตว์ประจำปี 2548. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย มณีคุณย์, พรเพ็ญ ต่อสกุล และ นิตยา ศิริกิตยานนท์. 2517. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหาร  
สัตว์ของกระถิน 10 พันธุ์, น. 231-237. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการเกษตรศาสตร์  
และชีววิทยาแห่งชาติ ครั้งที่ 14 (สาขาสัตว์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชาญชัย มณีคุณย์. 2526. การปลูกกระถินเลี้ยงสัตว์. วารสารปศุสัตว์. 10: 57-65.

ชาญณรงค์ ดวงสะอาด, ประพันธ์ โอสถาพันธ์, ศรีฟ้า จือพิมาย และ กัลยา กรงจักร. 2540. รายงาน  
การวิจัยเรื่อง การควบคุมเพลี้ยไก่อีฟ่ากระถิน, *Heteropsylla cubana* Crawford. 8 น.

ชิต ยุทธวรวิทย์, สมศักดิ์ เกาทอง, ฉายแสง ไผ่แก้ว และจริยา บุญจรชชะ. 2547. การถี่ของการตัดที่  
มี ต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของกระถิน 4 สายพันธุ์, น. 158-171. ใน รายงาน  
ผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,  
กรุงเทพฯ.

ชินจิต แก้วกัญญา. 2540. การศึกษาระยะปลูกและความสูงในการตัดของกระถินที่ปลูกร่วมกับหญ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐ วรยศ. 2550. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว, น. 75-102. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย ออาจหาญ และ วิศพรพรรณ สุขมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_, ณัฐนิ วรยศ, ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, นคร ทิพย์าวงศ์, ณัฐวุฒิ คุชฎี, ชูรัตน์ ชารารัตน์ และ อติพงศ์ นันทพันธุ์. 2551. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชนโดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว, น. 127-146. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา และ จุฑามาศ วาสีกรัตน์, บรรณาธิการ. การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ: ด้วยงานวิจัย วช. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลาง และ ขนาดย่อยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ทรงยศ โชติชูติมา. 2553. อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตชีวมวลของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

\_\_\_\_\_. 2554. อิทธิพลของระยะปลูก ความถี่ของการตัด และความสูงของการตัดที่มีผลต่อผลผลิตตอประกอบผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. (เอกสารไม่ได้ตีพิมพ์).

ทัศนีย์ อัดตะนันท์, จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข และ สุรเดช จินตกานนท์. 2537. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

บูรณะศักดิ์ มาดหมาย. 24548. Biomass พลังงานชีวมวล: ทางเลือกใหม่ของการใช้พลังงาน.

**Industrial Technology Review 10 (139): 173-177.**

บัวเรศ ประไซโย และ มยุรี ดวงเพชร. 2526. การจัดการป่าไม้เพื่อผลิตเชื้อเพลิงประเภทไม้ใน  
ชนบท, น. 65-80. ใน การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2526 (สาขาวนศาสตร์ทั่วไป). กรมป่า  
ไม้, กรุงเทพฯ.

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

พันศักดิ์ ถ่องแท้มุ่งเจริญ และ อนุชาติประสิทธิ์. 2523. ข้อสังเกตบางประการเกี่ยวกับการปลูกไม้  
กระดินยักษ์, น. 121-124. ใน การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2523 เล่มที่ 2 (สาขาวนศาสตร์  
ทั่วไป). กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พิทยา เพชรมาก. 2530. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชนเรื่อง ผลกระทบทางนิเวศวิทยาของ  
การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาเลดูเลนซิสในประเทศไทย. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่า  
ภาคเอกชน, กรุงเทพฯ.

พิมพ์พร พลเสน, รำไพโร ใจเที่ยง, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, โดโมยูกิ คาวาซึมา และ วัชรินทร์ บุญภักดี.  
2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาของพืชตระกูลถั่วยืนต้น 3 ชนิดโดยวิธีการต่างๆ กัน, น.  
167-183. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี2543. กรมปศุสัตว์ กระทรวง  
เกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิศาล บุญเยี่ยมศรี. 2553. การใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิง (Biomass as fuels). **Engineering Today** 8  
(88): 69-71.

มณฑล จำริญพุกฤษ์ และสมภัทร คลังทรัพย์. 2546. ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและผลผลิต  
ของสวนป่าไม้ตีนเป็ด. วารสารวนศาสตร์ 22: 92-99.

มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันต์, เกษม หฤทัยธนาสันต์, เอกพงษ์ ฐานะวัตติ, ศักดา พรหมเลิศ และ  
เอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. สักยภาพของกระดินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระดินเทพา และ  
กระดินเทพณรงค์ ในการปลูกเป็นส่วนป่าพลังงาน, น.579-586. ใน การประชุมทางวิชาการ  
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม. ม.ป.ป. พืชมพลังงาน. แหล่งที่มา:

[http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=AqtygQpBXbNw7vZJ](http://www.efe.or.th/home.php?ds=preview&back=content&mid=AqtygQpBXbNw7vZJ&doc=h0smDRYUT98WcL17)  
&doc=h0smDRYUT98WcL17. 7 เมษายน 2554.

วงศ กต วังศ์อภัย. 2547. ชีวมวลอีกทางเลือกหนึ่งของพลังงานไทย. **มติชนสุดสัปดาห์**  
24 (1238): 31.

วิทยา สุมาภรณ์, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, รำไพโร นามสีลี และพิมพ์พร พลเสน. 2547. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์: หญ้ากินนีสีม่วงและถั่วท่าพระสไตโล, น. 399-416. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

วีระ พุกเจริญ. 2523. กระถินยักษ์. กองอนุรักษ์ต้นน้ำ, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 16 น.

\_\_\_\_\_ และ สมาน รวบสูงเนิน. 2524. อิทธิพลของการใส่ปุ๋ย, การให้แสง และการให้น้ำในระดับต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ากระถิน. **บันทึกวิจัยเล่มที่ 1. สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำชี.** กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_ และ \_\_\_\_\_ 2525. การตอบสนองของกล้ากระถินยักษ์ที่ปลูกเชื้อด้วยไรโซเบียม บางชนิด. **กองอนุรักษ์ต้นน้ำ กรมป่าไม้,** กรุงเทพฯ. 21 น.

วีระชัย อัจหาญ, นิวัฒน์ คงกระพี้, กฤษกร รับสมบัติ, ปภัส ชนะโรค และ ทิพย์สุกินทร์ หินชูย.

2550. การศึกษาด้านแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. น. 103-163. ใน **สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีระชัย อัจหาญ และ วริศพรธณ สุกมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

วีรชัย ออาจหาญ, ชิงชัย วิริยะบัญชา และ สมิต บุญเสริมสุข. 2551. การศึกษาภาพการปลูกไม้โตเร็ว สำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชนสำหรับประเทศไทย, น. 147-159. ใน *สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา และ จุฑามาศ วาสิกรัตน์. การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ: ด้วยงานวิจัย วช.* สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลาง และขนาดย่อยแห่งประเทศไทย, 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 วิทยานุกาพย์ยืนยง, จิตราภรณ์ ชวัชพันธุ์ และอิสสระ กรีธาพล. 2535. การศึกษาคุณค่าอาหาร และอนุกรมวิธานของหญ้าพืชอาหารสัตว์บางชนิด, น. 154-203. ใน *รายงานผลงานวิจัย กอง อาหารสัตว์ประจำปี 2535.* กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมณี และ ฉายแสง ไม้แก้ว. 2546. การศึกษากระถินพันธุ์ต่างทานเพลิงไถ่ฟ้า (ก) ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา, น. 1-16. ใน *รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ ประจำปี 2546.* กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมคิด รื่นภาควุฒิ, ชาญชัย มณีคุณย์ และนิตยา ศิริกิตติยานนท์. 2522. อิทธิพลของระยะระหว่างต้นต่อผลผลิตของกระถิน 3 พันธุ์, น. 255-262. ใน *รายงานผลการวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2522.* กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

\_\_\_\_\_ และ เพ็ญศรี ศรีประสิทธิ์. 2523. การเพิ่มผลผลิตกระถิน 3 พันธุ์โดยคลุมเมล็ดด้วยเชื้อไรโซเบียม. ใน *รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2523.* ฝ่ายอำนวยการ. กองอาหารสัตว์, กรุงเทพฯ.

สมเจตน์ จันทวัฒน์ ศุภมาศ พานิชยศักดิ์พัฒนา จงรัชย์ จันทระเจริญสุข วิโรจน์ อีทพิทักษ์ และอัญชลี สุทธิประการ. 2526. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.* มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 673 หน้า.

สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน. 2529. การเจริญเติบโตมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและผลผลิตไม้พื้ของ  
กระถินยักษ์ที่ใช้ระยะปลูกต่างๆ ที่สระแกราช จังหวัดนครราชสีมา, น. 309-322. ใน  
เอกสารรายงานผลงานงานวิจัย 2527-2528. ฝ่ายงานวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้.

สวัสดิ์ บุญชี, พัทธา เทพา, ไพรวลัย วัฒนานุกิจ และ วาสูเทพ กาญจนกุล. 2538. ศึกษาอัตราการ  
สูญเสียดินในบริเวณปลูกแถวกระถินอัตราความหนาแน่นต่างๆ กันแทนคันดิน. รายงาน  
ผลงานวิจัยประจำปี 2535-2536. กรมพัฒนาที่ดิน กองแผนงาน กรุงเทพฯ. น. 77.

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

\_\_\_\_\_. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. ครั้งที่ 1. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. อ้างถึง  
NRC. 1984. **Nutrien Requirements of Beef Cattle**. NRC. National Academic of  
Science. Washington, D.C.

\_\_\_\_\_, ประภา ศรีพิจิตต์, กานดา นาคมณี, ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. 2550. กระถินยักษ์การใช้  
ประโยชน์ด้านพลังงานและอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย  
“โรงงานไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”, 19-20 กรกฎาคม  
2550 ณ. โรงแรมราชพฤกษ์ แกรนด์ โฮเทล, นครราชสีมา. น. 25.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_. ม.ป.ป. คู่มือการปลูกกระถินเพื่อ  
ใช้เป็นพลังงาน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2545. การส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวลจาก  
ประเทศไทย . วารสารนโยบายพลังงาน 55: 24-41.

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

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

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

อุดม บูรณกานนท์. 2522. ไม้กระถินยักษ์กับการปลูกสร้างสวนป่า. ใน การสัมมนาทางวนวัฒน  
วิทยาครั้งที่ 2 เรื่องไม้โตเร็ว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โอชา ประจวบเหมาะ, อรุณี วงษ์กอบรัชฎ์, มาลี ชวนะพงศ์. 2531. แมลงและสัตว์ศัตรูพืช.  
เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการ กองกัญและสัตววิทยา  
กรมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 6. กรมวิชาการเกษตร กองกัญและสัตววิทยา. กรุงเทพฯ.  
น. 417-441.

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

Arora, S.K., R.S. Paroda, U.N. Joshi, M.L. Saini and J.V. Singh. 1986. Forage Yield and Quality  
of some Leucaena Cultivars in the Semiarid Region of Hisar. **Forest Ecology and  
Management** 16: 355-366.

Baan nutura. 2007. **Annual Ring & Density of Wood**. แหล่งที่มา :  
<http://www.baannatura.com/th/mat/content/detail/112.html>, 20 มิถุนายน 2553.

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.

- 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 6<sup>th</sup> Meeting of the Regional Working Group on Grazing and Feed Resources for Southeast Asia**. Mayon International Hotel Legaspi City, Philippines.
- Cobbina, J. 1998. Forage productivity and quality of Leucaena as influenced by tree density and cutting interval in the Humid Tropics, pp. 253-256. In H.M. Shelton, R.C. 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.
- \_\_\_\_\_, 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.
- 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. 70 p.
- Duhoux, E. and Y. Dommergues. 1985. The Use of Nitrogen Fixing Trees in Forestry and Soil Restoration in the Tropics, pp. 384-400. In H. Ssali and S.O. Keya, eds. **Biological Nitrogen Fixation in Africa**. Nairobi Mircen, Kenya.
- Dutt, A.K. and U. Jamwal. 1987. Effect of coppicing at different heights on wood production in leucaena. **Leucaena Research Report 8**: 27-28.

- Evert, F. 1971. Spacing study-a review. **Information Report FMR-X-37**.  
Can. For. Serv.
- Gani, A. and I. Naruse. 2007. Effect of cellulose and lignin content on pyrolysis and combustion characteristics for several types of biomass. **Renewable Energy** 32: 649-661.
- 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. 1976. **Management of *Leucaena leucocephala* (Lam.) deWit for maximum yield and nitrogen contribution to intercropped corn**. Ph.D. thesis, University of Hawaii.
- Habte M. and A. Manjunath. 1987. Soil Solution Phosphorus Status and Mycorrhizal Dependency in *Leucaena leucocephala*. **Appl. Environ. Microbiol.** 53: 797-801.
- Hegde, N. 1982. *Leucaena* forage management in India, pp. 73-78. **In Proceedings of a workshop held in Singapore, 23-26 November 1982**. Ont., IDRC.
- Hill, G.D. 1971. *Leucaena leucocephala* for pasture in the tropics. **Herb. Abat.** 41: 111-119.
- 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.
- Kovitvadh, K. and Yantasath, K. 1982. Research on *Leucaena* and other nitrogen-fixing trees at the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR). *Leucaena* Research in the Asian-Pacific Region. **Proceedings of a workshop held in Singapore, 23-26 November 1982**. pp. 133-136.

- Lewandowski, I. and A. Kicherer. 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. **European Journal of Agronomy** 6: 163–177.
- Manidool, C. 1982. Leucaena leafmeal and forage in Thailand, pp. 65-68. *In Proceedings of a workshop held in Singapore, 23-26 November 1982*. Ont., IDRC.
- 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.
- National Academy of Science. 1977. **Leucaena Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C.
- Norton, B.W., B. Lowry and C. McSweeney. 1995. The nutritive value of *Leucaena* species, pp. 103-111. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggan and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of workshop held in Bogor**, Indonesia.
- Pendey C. B., D.K. Sharma and S.S. Bargali. 2006. Decomposition and nitrogen release from *Leucaena leucocephal* in central India. **Tropical Ecology** 47(1): 149-151.
- Pottinger, A.J. and C.E. Hughes. 1994. A review of wood quality in leucaena, pp. 98-102. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggan and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of 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](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.
- Savory, R. 1979. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit: varietal evaluation and agronomy. Ph.D. thesis, University of London.
- Shelton, H.M. 1994. Environmental Adaptation of Forage Tree Legume, pp. 118-127. *In* Ross C. Gutteridge and H. Max Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. UK. *Cited* Glover, Nancy. 1986. Herbicide screening for *Gliricidia sepium*. **Nitrogen Fixing Tree Research Reports** 4: 59-61.
- Shelton, H.M. 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.
- 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.
- Torres, A. R., Chacon, E., Arriojas, L., Armas, S. 2000. Effects of age and sowing pattern of *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit on dry matter production and sward structure. **Zootecnia Tropical** 18: 145-161.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_, Armas, S., Espinoza, F. 2005. Effect of sowing patterns on protein production in *Leucaena leucocephala*. **Zootecnia Tropical** 23: 27-38.

Tudsri, S., Prasanpanich, S., Sawadipanich, S., Jaripokorn, P. and Isswilanond, S. 2001. Effect of pasture production systems on milk production in the central plains of Thailand. *Tropical Grasslands* 35: 90-96.

Tudsri, S. and C. Keawkunya. 2002. Effect of row spacing and cutting intensity on the growth of *Leucaena* and three associated Grasses in Thailand. ***Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*** 15: 986-99.

Van den Beldt, R.J. 1982. Effect of spacing on growth of *Leucaena*, pp. 103-108. *In Proceedings of a workshop held in Singapore, 23-26 November 1982*. Ont., IDRC.

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.

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวเสาวภาคย์ สุขประเสริฐ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 7 เมษายน 2527
สถานที่เกิด	ฉะเชิงเทรา
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (พีชศาสตร์) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ตะวันออก
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-