



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (พืชไร่)

ปริญญญา

พืชไร่

สาขา

พืชไร่นา

ภาควิชา

เรื่อง อิทธิพลของความถี่และความสูงในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน
เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

Effects of Frequency and Height of Cutting on Yields and Chemical Composition of
Leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Biomass Energy

นามผู้วิจัย นางสาวปัทมา นิตโรสง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์สาธิต หัตถ์ศรี, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์ประภา ศรีพิจิตร, Dr.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

อิทธิพลของความถี่และความสูงในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้
เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

Effects of Frequency and Height of Cutting on Yields and Chemical Composition of *Leucaena*
(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Biomass Energy

โดย

นางสาวปัทมา นิตโรตง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พืชไร่)

พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปีทมา นิตไธสง 2554: อิทธิพลของความถี่และความสูงในการตัดต่อผลผลิตและ
องค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ปริญญาวิทยาศาสตร
มหาบัณฑิต (พืชไร่) สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชไร่นา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ศาสตราจารย์สาธิต ทัดศรี, Ph.D. 114 หน้า

การศึกษาอิทธิพลของความถี่และความสูงในการตัดต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวลรวม
และองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล ประกอบด้วย 2 งานทดลอง
ดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอบางบาล จังหวัดนครราชสีมา
ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2550 ถึงเดือน มกราคม พ.ศ. 2553 งานทดลองที่ 1 วางแผนการ
ทดลองแบบมีระบบ (Systematic Design) จำนวน 4 ซ้ำ ในขณะที่งานทดลองที่ 2 วางแผนแบบ
สุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ เช่นเดียวกัน

จากงานทดลองที่ 1 พบว่า การยืดอายุการตัดออกไปทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูง
ขนาดลำต้น และผลผลิตชีวมวลรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของชีวมวลรวมมาจากผลผลิตลำต้นและ
กิ่งก้านเป็นสำคัญ การตัดน้อยครั้งทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบลดลงในขณะที่
ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม ADF NDF เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสในใบ มีค่าเพิ่มขึ้น แต่ไม่มี
ผลกระทบต่อปริมาณ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และลิกนิน ในด้านคุณภาพของไม้ ความหนาแน่นของ
เนื้อไม้จะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด แต่ค่าพลังงานความร้อนมีค่าใกล้เคียงกัน งานทดลองที่ 2 การเพิ่ม
ความสูงของการตัด (จาก 5-200 เซนติเมตร จากพื้นดิน) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูง
ขนาดลำต้น และ ผลผลิตชีวมวลรวม ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส
แคลเซียม ซัลเฟอร์ NDF ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส อย่างไรก็ตามกระถินที่ตัดสูง 200
เซนติเมตร มีปริมาณ โพแทสเซียม และ ADF สูงกว่าการตัดที่ระดับ 50 และ 100 เซนติเมตร ตรงกัน
ข้ามกับแมกนีเซียมซึ่งมีปริมาณต่ำกว่า ดังนั้น กระถินที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานควรตัดในระดับสูง
จากพื้นดิน 5 เซนติเมตร อย่างน้อยทุก 12 เดือน

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Pattama Nitthaisong 2011: Effects of Frequency and Height of Cutting on Yields and Chemical Composition of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Biomass Energy. Master of Science (Agronomy), Major Field: Agronomy, Department of Agronomy. Thesis Advisor: Professor Sayan Tudsri, Ph.D. 114 pages.

Two experiment were conducted to determine the effect of frequencies and height of cutting on growth and biomass yield and chemical composition of *Leucaena* at the National Corn and Sorghum Research Center, Pakchong district, Nakhonratchasima province between February 2007 to January 2010. The first experiment was arranged in Systematic Design with 4 replications; while the second one was arranged in RCBD with 4 replications.

In the first experiment, plant height, stem diameter and total biomass yield increased with the increasing of intervals between each cutting. The increase in total biomass yield was due to an increase in woody stem and branch components. Less frequencies of cutting reduced the concentration of phosphorus and potassium while increased the concentration of calcium, magnesium, ADF, NDF, hemicelluloses and celluloses in the leaves. There was no effect of cutting frequencies on nitrogen, sulfur and lignin concentration in the leaves. Wood density increased with the increasing of cutting intervals, whereas the heating value was similar among the cutting frequencies. In the second experiment, an increase in cutting height (from 5 to 200 cm. above ground levels) had no effect on plant height, stem diameter and total biomass yield. Nitrogen, phosphorus, calcium, sulfur, NDF, lignin, hemicelluloses and cellulose levels were also not effected by cutting height. However, *Leucaena* which was cut at 200 cm. height showed higher potassium and ADF than the one cut at 50 and 100 cm., but the reverse was true for the magnesium. It concluded that the optimum cutting height for growing *leucaena* as bioenergy was 5 cm. above ground level, with at least 12-month cutting interval.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สายัณห์ ทัดศรี อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก ที่มอบความรู้ อบรมสั่งสอน ทั้งในด้านวิชาการ คุณธรรม และจริยธรรม
รองศาสตราจารย์ ดร.ประภา ศรีพิจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม และ ดร.ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์-
สุวรรณ ผู้ทรงคุณวุฒิจากภายนอก ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำการค้นคว้า ตลอดจนการเขียน และ
ตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ รองศาสตราจารย์ ดร.รังสฤษฎ์ กาวิด๊ะ ที่กรุณาให้
คำปรึกษาในด้านสถิติ ตรวจแก้ไข จนทำให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ
อาจารย์ภาควิชาพืชไร่นาทุกท่านที่กรุณามอบความรู้ ประสิทธิภาพวิชา และอบรมจนประสบ
ความสำเร็จในการศึกษา

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และขอขอบคุณ คุณ
สุพล นพเก้า คุณยืนยง บุญพา พี่ น้อง ลุง ป้า ในโครงการกระถินฯ ทุกท่าน ที่กรุณาช่วยเหลือดูแลแปลง
ทดลอง และช่วยเก็บข้อมูลให้เป็นอย่างดี รวมถึง พี่ๆ ปรียญาโท-เอกในโครงการทุกคนที่ช่วยเหลือ
กันในทุกๆ เรื่องด้วยดีตลอดมา

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน)
ที่สนับสนุนทุนทรัพย์ในการวิจัยครั้งนี้

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่สาว และน้องชาย ที่คอยสนับสนุน
และให้กำลังใจมาโดยตลอดจนจบการศึกษา และขอบคุณเพื่อนๆ ที่เรียนร่วมรุ่นเดียวกันและรุ่นพี่ใน
ภาควิชาพืชไร่นาที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาในทุกๆ เรื่อง ตลอดจนช่วยกระตุ้นให้มี
ความมุ่งมั่นในการศึกษา

ความดีที่ได้จากงานวิจัยนี้ขออุทิศให้กับบิดา มารดา และครูบาอาจารย์ทุกท่าน

ปีพ.ศ. ๒๕๕๘

พฤษภาคม ๒๕๕๔

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	19
อุปกรณ์	19
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	30
ผล	30
วิจารณ์	75
สรุปและข้อเสนอแนะ	90
สรุป	90
ข้อเสนอแนะ	91
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	92
ภาคผนวก	108
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	114

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในช่วงระยะการทดลองระหว่างปี 2550-2553 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมาที่สถานวิจัยสุวรรณวาจกกสิกิจ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	31
2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตน้ำหนักรากสด (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินที่ตัด ในความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันหมด	42
3 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตน้ำหนักรากแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินที่ ตัดในความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันหมด (30 เม.ย. 53)	47
4 องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของใบกระถินของกระถินที่ตัดในความถี่ที่ แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันหมด	51
5 ความหนาแน่น ค่าพลังงานความร้อน และผลผลิตค่าพลังงานความร้อนในส่วนลำ ต้นของกระถินที่ตัดในความถี่แตกต่างกันของรอบการตัดที่ 1	53
6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับองค์ประกอบ ผลผลิต	56
7 ผลผลิตน้ำหนักรากสดและแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินก่อนการในแต่ละ องค์ประกอบ	58
8 จำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด 1 ปี ของกระถินที่ความสูง ในการตัดแตกต่างกัน (หน่อ/ต้น)	60
9 การฟื้นตัวด้านความสูงและขนาดลำต้นของกระถินภายหลังการตัด ที่ความสูงใน การตัดแตกต่างกัน (เซนติเมตร)	61
10 ผลผลิตน้ำหนักรากสดของกระถินในแต่ละองค์ประกอบภายหลังกระถินฟื้น ตัว 1 ปี (กิโลกรัม/ไร่)	64
11 ผลผลิตน้ำหนักรากสดของกระถินในแต่ละองค์ประกอบภายหลังกระถินฟื้นตัว 1 ปี (กิโลกรัม/ไร่)	66
12 องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของใบกระถินหลังจากกระถินได้รับ อิทธิพลจากการตัดที่ระดับความสูงแตกต่างกัน (เซนติเมตร)	70

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
13	ความหนาแน่นของเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อนของไม้ ในส่วนลำต้นของกระถิน ภายหลังจากการกระถินได้รับอิทธิพลจากการตัดที่ระดับความสูงแตกต่างกัน	71
14	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับองค์ประกอบผลผลิต	74
15	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (บาท/ไร่) จากการตัดกระถินในอายุแตกต่างกัน โดยตัดทุก 9 เดือน (รวม 4 ครั้ง) ตัดทุก 12 เดือน (รวม 3 ครั้ง) และ 18 เดือน (รวม 2 ครั้ง)	87
16	ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (บาท/ไร่) จากการตัดกระถินในระดับความสูงที่แตกต่างกัน โดยตัดต่ำ (5 เซนติเมตร) และการตัดในระดับสูง (200 เซนติเมตร)	89
ตารางผนวกที่		
1	การเจริญเติบโตด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน ภายหลังจากการตัดใน ความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันทั้งหมด (30 ม.ค. 53)	109
2	การเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน ภายหลังจากการตัดในความถี่ที่แตกต่างกัน เมื่อตัดพร้อมกันทั้งหมด (30 เม.ย. 53)	110
3	จำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน (หน่อ/ต้น) ภายหลัง จากการตัดในความถี่ที่แตกต่างกัน เมื่อตัดพร้อมกันทั้งหมด (30 เม.ย. 53)	111
4	การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักสดของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน ในแต่ละครั้งของการตัด	112
5	การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักแห้งของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่าง กันในแต่ละครั้งของการตัด	113

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	หนึ่งรอบการตัดฟันของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน	21
2	การกระจายการเจริญเติบโตด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน	33
3	การกระจายการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน	35
4	การกระจายตัวของจำนวนหน่อ (หน่อ/ต้น) ที่แตกออกมาภายหลังการตัดของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน	37
5	การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักสด (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันในแต่ละครั้งของการตัด ก. ตัดกระถินทุก 9 เดือน ข. ตัดกระถินทุก 12 เดือน ค. ตัดกระถินทุก 18 เดือน	41
6	การกระจายผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันในแต่ละครั้งของการตัด ก. ตัดกระถินทุก 9 เดือน ข. ตัดกระถินทุก 12 เดือน ค. ตัดกระถินทุก 18 เดือน	46
7	การฟื้นตัวของกระถินหลังการตัดในแต่ละความสูงของการตัด 1. ตัดกระถินที่ระดับ 5 เซนติเมตร 2. ตัดกระถินที่ระดับ 25 เซนติเมตร 3. ตัดกระถินที่ระดับ 50 เซนติเมตร 4. ตัดกระถินที่ระดับ 100 เซนติเมตร 5. ตัดกระถินที่ระดับ 200 เซนติเมตร	77

อิทธิพลของความถี่และความสูงในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของ กระถินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

Effects of Frequency and Height of Cutting on Yields and Chemical Composition of (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) for Biomass Energy

คำนำ

การผลิตกระแสไฟฟ้าของประเทศไทยส่วนหนึ่งมาจากปิโตรเลียมซึ่งต้องนำเข้าจากต่างประเทศและราคามีความผันผวนมากในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา (สำนักนโยบายและพลังงานแห่งชาติ, 2544; สำนักนโยบายปิโตรเลียมและปิโตรเคมี, 2554) ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น อีกทั้งเป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไป ไม่สามารถสร้างทดแทนได้ ทำให้มีความจำเป็นต้องหาแหล่งพลังงานทดแทนอย่างอื่นเพื่อลดการนำเข้าเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ นอกจากนั้นผลของการใช้พลังงานจากปิโตรเลียมทำให้มีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซเรือนกระจกอื่นๆ เข้าสู่บรรยากาศ ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้นจากยุคก่อนอุตสาหกรรมที่มีค่า 280 พีพีเอ็มไปเป็นมากกว่า 380 พีพีเอ็มในปัจจุบัน (Tan, 2008) การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์มีผลทำให้บรรยากาศของโลกร้อนขึ้น และมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ยังผลให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์ได้รับผลกระทบตามไปด้วย (Moor *et al.*, 2008) การหาพลังงานจากแหล่งอื่น ๆ ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม มีต้นทุนการผลิตต่ำ เพื่อทดแทนพลังงานจากปิโตรเลียมจึงเป็นสิ่งจำเป็น ปัจจุบันมีการพัฒนาการผลิตกระแสไฟฟ้าจากไม้โตเร็วโดยการเผาโดยตรงหรือผลิตเป็นแก๊สสังเคราะห์ (syngas) จนประสบความสำเร็จแต่ยังขาดวัตถุดิบที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า (นิวัฒน์, 2551)

กระถิน (*Leucaena leucocephala*) เป็นไม้ยืนต้นโตเร็วชนิดหนึ่งที่นักวิชาการให้ความสนใจในประเทศไทยได้แก่ เนื่องจากกระถินเป็นพืชวงศ์ถั่วที่มีการเจริญเติบโตและฟื้นตัวได้เร็วภายหลังการตัด (National Academy of Science, 1977; Sampet *et al.*, 1994) นอกจากนั้นยังสามารถตรึงไนโตรเจนได้ ดังนั้นการปลูกกระถินจึงช่วยปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ให้สูงขึ้น โดยเฉพาะไนโตรเจนในดิน ซึ่งดินส่วนใหญ่จะมีอยู่ในปริมาณต่ำ (Gutteridge, and Shelton, 1993) และช่วยลดค่าใช้จ่ายได้โดยผ่านการลดการใช้ปุ๋ยในโตรเจนและลดมลภาวะของสารเคมีที่จะไหลไปในดิน กระถินสามารถเจริญเติบโตได้ดีในหลายพื้นที่ของประเทศไทย (สายัณห์, ม.ป.ป.) สามารถตัดใช้

งานได้ในระยะสั้น และบางชนิดให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร และให้ค่าพลังงานความร้อนสูง ส่วนของใบและกิ่งอ่อนยังสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้ (สายัณห์ และคณะ, 2551)

การวิจัยทางด้านชีวมวลของกระถินแตกต่างกันตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ในด้านการใช้ประโยชน์เป็นไม้ใช้สอยรวมทั้งการผลิตเป็นพลังงานชีวมวลมักจะใช้ความถี่ของการตัดที่ยาวนาน 1 ปีขึ้นไปมากกว่าการตัดเพื่อนำไปเพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ซึ่งนิยมตัดหรือเก็บเกี่ยวส่วนใบทุกๆ 30-90 วัน (ชิต และคณะ, 2547; Costa and Paulino, 1995) Tewari *et al.* (2004) รายงานว่า ผลผลิตชีวมวลรวมของกระถินเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุการตัดที่มากขึ้น กล่าวคือ กระถินที่ตัดที่อายุ 36 เดือนให้ผลผลิตมากกว่าการตัดที่อายุ 30 24 20 18 16 14 และ 12 เดือน ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Ella *et al.* (1991) ที่ได้ทดลองตัดกระถินทุก 13 15 17 19 และ 21 เดือน พบว่า การยืดอายุการตัดออกไปทำให้ผลผลิตส่วนเนื้อไม้ (woody stem) เพิ่มขึ้นตามอายุการตัด ส่วนในด้านความสูงของการตัดมีผู้ศึกษาไว้หลายท่าน แต่การตัดเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานต้องการส่วนของเนื้อไม้เป็นสำคัญ จึงน่าจะตัดในระดับต่ำเนื่องจากต้องการผลผลิตทุกส่วนของกระถินให้มากที่สุด เพราะการตัดในระดับที่สูงย่อมเป็นการสูญเสียส่วนของลำต้นซึ่งเป็นส่วนของตอ Pathak *et al.* (1982) แนะนำว่าการตัดกระถินที่ความสูง 10 เซนติเมตรหรือสูงกว่าเล็กน้อยให้ผลผลิตส่วนเนื้อไม้ดีที่สุด อย่างไรก็ตามพบว่า ความถี่ของการตัดและระดับความสูงของการตัดยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการฟื้นตัวของกระถินภายหลังการตัดอีกด้วย จากงานทดลองของ Karim *et al.* (1991) ซึ่งมีการตัดทุกๆ 1 และ 3 เดือน พบว่า การตัดที่ความสูง 75-100 เซนติเมตรให้ผลผลิตน้ำหนักรวมสูงสุด และมีการฟื้นตัวดี ในประเทศไทยงานวิจัยในด้านความถี่และความสูงของการตัดกระถินส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเพื่อนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ซึ่งนิยมตัดที่อายุ 1-4 เดือน ระดับความสูง 25-50 เซนติเมตร (ชิต และคณะ, 2547; สายัณห์ และคณะ, 2545; Sampet *et al.*, 1994) แต่การวิจัยเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลยังมีน้อยมาก

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ข้อมูลความถี่และระดับความสูงของการตัดกระถินที่เหมาะสมต่อการนำเนื้อไม้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวลอย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความถี่และความสูงของการตัดที่แตกต่างกันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการฟื้นตัวของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวล
2. เพื่อศึกษาความถี่และความสูงของการตัดที่แตกต่างกันต่อองค์ประกอบทางเคมีและค่าพลังงานของกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวล



การตรวจเอกสาร

1. กระบวนการพัฒนาพลังงานทดแทน

พลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญในการตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของมนุษย์ และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญทั้งในภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2545) โดยพลังงานที่สำคัญที่สุด ได้แก่ ปิโตรเลียมซึ่งประเทศไทยมีการนำเข้าจากต่างประเทศปีละหลายหมื่นล้านบาท และนับวันจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้ต้องเสียเงินตราต่างประเทศเป็นจำนวนมาก ประกอบกับปัจจุบันปิโตรเลียมมีราคาต่อหน่วยเพิ่มขึ้นมา ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามภาวะน้ำมันของตลาดโลกส่งผลให้ประเทศไทยต้องประสบกับภาวะขาดดุลการค้า ซึ่งปัญหาดังกล่าวก็รุนแรงขึ้นทุกปีจากความผันผวนของราคาน้ำมันดิบในตลาดโลก อีกทั้งพลังงานจากน้ำมันเป็นพลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมและยานพาหนะ ตลอดจนการผลิตกระแสไฟฟ้า (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2553) พลังงานจากน้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นพลังงานที่ใช้แล้วหมดไปไม่สามารถสร้างทดแทนได้ อาจก่อให้เกิดความไม่มั่นคงในการใช้เมื่อมองในระยะไกล นอกจากนี้ การเผาไหม้ของพลังงานที่ได้จาก fossil เหล่านี้ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนอันเนื่องมาจากก๊าซเรือนกระจก (Anon, 2007) เมื่อเกิดวิกฤติการณ์ราคาน้ำมันสูงขึ้น เนื่องด้วยเหตุปัจจัยต่างๆดังกล่าว ดังนั้นการเลือกใช้พลังงานหมุนเวียน ที่ได้แก่ แสงอาทิตย์ น้ำ ลม ไม้ พิน แกลบ กาก (ขาน) อ้อย ชีวมวล ซึ่งเป็นพลังงานที่ใช้ไม่หมด มีแหล่งพลังงานอยู่ภายในประเทศ และมีผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมน้อย จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ต้องเร่ง ให้ความสำคัญ ในการพัฒนาศักยภาพ และสร้างความเชื่อมั่น กับการใช้พลังงาน จากแหล่งภายในประเทศ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศ โดยกระทรวงพลังงานได้จัดตั้งยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนขึ้น โดยวางเป้าหมายไว้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2554 ให้มีการใช้พลังงานทดแทนเพิ่มขึ้นจาก 0.5 เปอร์เซ็นต์ เป็น 8 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2549) และมีแนวโน้มการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี อย่างไรก็ตามแหล่งที่มาของพลังงานของโลกในปัจจุบัน ส่วนใหญ่มาจากเชื้อเพลิงฟอสซิล คิดเป็น 80 เปอร์เซ็นต์ โดยประมาณ ในขณะที่อีก 14 เปอร์เซ็นต์มาจากชีวมวล ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดในขณะนี้ (Patrikka, 2004)

พลังงานชีวมวล คือ พลังงานที่ได้จากสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ รวมไปถึงซากของเสียอินทรีย์ต่างๆ เช่น เศษไม้ ใบไม้ รวมถึง การนำมูลสัตว์ ของเสียจากโรงงานแปรรูปทางเกษตร และขยะมาเผาไหม้โดยตรงและนำความร้อนที่ได้ไปใช้ หรือนำมาผลิตก๊าซชีวภาพ โดยขบวนการ

เปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยอาศัยจุลินทรีย์ ชีวมวลจัดเป็นพลังงานทดแทนหรือพลังงานหมุนเวียน เพราะสามารถผลิตขึ้นมาใหม่ได้ ซึ่งแตกต่างกันกับน้ำมันปิโตรเลียมที่ใช้แล้วหมดไป ประเทศไทย เป็นประเทศเกษตรกรรมจึงมีผลผลิตทางการเกษตรเป็นจำนวนมาก เช่น ข้าว อ้อย ยางพารา ปาล์ม น้ำมัน มันสำปะหลัง เป็นต้น การแปรรูปผลผลิตเหล่านี้จะมีวัสดุเหลือใช้ออกมาจำนวนหนึ่ง ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นพลังงาน ชีวมวลแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันออกไป บางชนิดไม่เหมาะที่จะนำมาเผาไหม้โดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า เช่น กากมันสำปะหลัง และลำเห็ด เพราะมีความชื้นสูงถึง 80-90 เปอร์เซ็นต์ บางชนิดต้องนำมาย่อย ก่อนนำไปเผาไหม้ เช่น เศษไม้ยางพารา เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2545)

จากยุทธศาสตร์การพัฒนาพลังงานทดแทนที่กระทรวงพลังงานกำหนดไว้ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้สนับสนุนงานวิจัยเกี่ยวกับการผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวล โดยเน้นไปที่การใช้ไม้โตเร็วเป็นเชื้อเพลิง โดยไม้ที่นำมาป้อนเข้าเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงชีวมวลต้องเป็นไม้ที่โตเร็ว ให้ผลผลิตสูง และต้นทุนต่ำคุ้มค่าต่อการลงทุน(สายัณห์ และคณะ, 2550) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการทางด้านเชื้อเพลิงชีวมวล โดยมีการส่งเสริมการปลูกในลักษณะต่างๆ เช่น การปลูกลักษณะสวนป่าไม้ชนิดเดียว สวนป่าผสม วนเกษตร ปลูกบนหัวไร่คันนา ปลูกเป็นแนวกันลม หรือขอบแปลง และปลูกหน้าบ้านหลังครัว เพื่อให้เกษตรกรใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าพลังงานชีวมวลในระดับชุมชน (นิคม และคณะ, 2550) ซึ่ง ชีวมวลเป็นพลังงานหมุนเวียนที่เมื่อใช้แล้วสามารถปลูกขึ้นมาทดแทนใหม่ได้ โดยเฉพาะการปลูกไม้โตเร็วจะใช้ระยะเวลาประมาณ 5 ปี และในการเติบโตของต้นไม้ต้องอาศัยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศ การเผาไหม้ชีวมวลจึงปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในปริมาณสุทธิที่น้อย ดังนั้น จึงควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงให้มากขึ้น รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีการใช้ชีวมวลเป็นเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและให้เป็นไปอย่างแพร่หลาย พลังงานชีวมวลที่ได้จากไม้ยืนต้น ซึ่งถือเป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของโลกนั้น ในประเทศไทยมีแหล่งปลูกไม้ยืนต้นอยู่มาก และมีศักยภาพในการผลิตสูง แต่ไม้ยืนต้นที่นิยมปลูกในปัจจุบัน เช่น ต้นยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินณรงค์ ซึ่งเป็นที่ต้องการมากในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และโรงงานแปรรูปไม้ จึงไม่เพียงพอต่อการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2550) เพราะมีเพียงเศษไม้ และปลายไม้เท่านั้นที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ นอกจากนั้นไม้ ยูคาลิปตัสยังมีปัญหาในด้านทำให้สภาพแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เพราะต้องใช้ธาตุอาหารไปสร้างมวลชีวภาพค่อนข้างมากทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงอย่างรวดเร็ว ในระยะยาวจึงอาจมีปัญหาได้ ในขณะที่กระถินเทพา และกระถินณรงค์แม้ว่าจะเป็นพืชในวงศ์ถั่วที่สามารถตรึงไนโตรเจนโดยอาศัยแบคทีเรียบริเวณราก แต่การฟื้นตัวภายหลังการตัด

ค่อนข้างช้า และหากนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวลสามารถทำได้เช่นกัน แต่ไม่มีความแน่นอนในด้านปริมาณ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่ได้มักขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตทางการเกษตร ซึ่งในแต่ละปีมักมีปริมาณที่ไม่แน่นอน (วีรัชย์ และคณะ, 2550) นอกจากนี้ กระถินเทพา ยังเป็นพืชที่ต้องการน้ำในการเจริญเติบโต จึงเหมาะกับพื้นที่ที่มีฝนตกชุก (จึงชัยและคณะ 2550) จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นทำให้มีความจำเป็นในการหาไม้ยืนต้น โตเร็วชนิดอื่นที่เหมาะสมกว่าในการใช้เป็นเชื้อเพลิง กระถินยักษ์จึงเป็นไม้ยืนต้นโตเร็วที่น่าสนใจ และมีความเหมาะสมมากกว่าไม้ยืนต้นชนิดอื่นๆ โดยจากงานทดลองของ ณัฐ และคณะ (2551) พบว่า ไม้โตเร็วที่เหมาะสมกับการใช้เป็นเชื้อเพลิงของระบบแก๊สซิฟิเคชัน คือ กระถินยักษ์ ซึ่งให้ค่าความร้อนที่ได้รับการยืนยันอยู่ในช่วง 15.91-20.10 MJ/kg ให้ผลผลิตถึง 15.84-17.92 ตันต่อไร่ (อายุ 3 ปี) นอกจากนี้ไม้กระถินยักษ์สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ง่าย มีลักษณะการปลูก และการดูแลรักษาไม่ยุ่งยาก และที่สำคัญใบและยอดของกระถินยังสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (สายัณห์ และคณะ, 2551) ในขณะที่ใบยูคาลิปตัสไม่สามารถใช้เลี้ยงสัตว์ได้ ซึ่งเป็นคุณสมบัติเด่นของไม้ชนิดนี้เหนือกว่าไม้ชนิดอื่นๆ

2. ลักษณะทางการเกษตรของกระถินที่ใช้ทดลอง

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กระถินมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Leucaena leucocephala* Lam. และมีชื่อสามัญแตกต่างกันออกไปตามท้องถิ่น กระถินเป็นพืชพื้นเมืองดั้งเดิมของอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิก (Humphreys, 1980) ต่อมาจึงได้กระจายไปทั่วในเขตร้อนและกึ่งร้อน (Brewbaker *et al.* 1985) ในระยะแรกถูกใช้เป็นพืชร่มเงาแก่พืชอื่น เช่น ชา กาแฟ โกโก้ เป็นต้น แต่ต่อมาได้กลายมาเป็นพืชอาหารสัตว์ที่สำคัญในเขตร้อน โดยเฉพาะออสเตรเลีย และฮาวาย กระถินได้รับความนิยมใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ เพราะเป็นพืชที่ทนทานต่อการตัด ให้ผลผลิตสูง ทนแล้ง และสามารถขึ้นได้ในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (เฉลิมพล, 2530) ในประเทศไทยมีการนำเอากระถินเข้ามาปลูกก่อนสมัยกรุงศรีอยุธยา (ชาญชัย, 2511)

กระถินมีลักษณะการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นแบบตั้งตรง (erect) มีทั้งที่เป็นพุ่มและไม้ยืนต้น มีความสูงประมาณ 7-18 เมตร ลำต้นเรียบ สีน้ำตาลแดง กระพี้สีเหลืองอ่อน เปลือกไม้บาง (วีระ, 2523) ใบมีลักษณะเป็นใบประกอบแบบขนนก (bipinnate) ยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ในหนึ่งใบประกอบด้วยใบย่อยประมาณ 4-9 แต่ละคู่มีความยาวประมาณ 10 เซนติเมตรในแต่ละคู่ใบ

ย่อยประกอบด้วยใบย่อยๆ ประมาณ 11-17 คู่ เรียงตรงข้าม มักพบตอมน้ำหวาน (orbicular gland) บริเวณใบย่อยคู่สุดท้าย ใบย่อยมีลักษณะคล้ายใบหอกและมีใบตลอดปี (Pound and Cairo, 1983) ดอกมีลักษณะรวมแบบกลุ่ม (head) และมีก้านดอกยาว สีของดอกมีสีนวลหรือสีเหลืองปนขาว เมื่อแก่จะเป็นสีน้ำตาล (อุดม, 2522) ฝักเกิดเป็นกลุ่ม มีลักษณะบาง แบน และตรง บริเวณปลายฝักแหลม เมื่อฝักเริ่มแก่จะมีสีเขียวเข้มและกลายเป็นสีแดงหรือน้ำตาลเมื่อแก่เต็มที่ ฝักมีความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ยาว 12-20 เซนติเมตร แต่ละช่อดอกมีฝักประมาณ 15-20 ฝัก ในฝักแก่มีจำนวนเมล็ดต่อฝักประมาณ 15-30 เมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาลแก่ รูปร่างคล้ายไข่ แบนรี กว้าง 3-4 มิลลิเมตร หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร เปลือกหุ้มเมล็ดมีลักษณะคล้ายขี้ผึ้งไม่เปื่อยน้ำ (เจษฎา, 2527) ส่วนระบบรากมีระบบรากแก้วที่สามารถยังลึกลงดินได้ จึงทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี สายพันธ์ และคณะ (2550) รายงานว่ากระถินมีระบบรากยังลึกลงไปดิน ทำให้ทนแล้งได้ดีมากและช่วยลดปัญหาดินเค็ม โดยการดูดซับความชื้นและน้ำฝนไม่ให้ลงไปในชั้นใต้ดินจนทำให้น้ำใต้ดินสูงขึ้น และนำเอาสารละลายเกลือขึ้นมาบนดินด้วย ส่งผลให้ความเค็มของดินมีค่าลดน้อยลง ส่วนรากแขนงมีน้อย และมีขนาดเล็กอยู่ใกล้กับผิวดิน สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้จากปมที่มีไรโซเบียมอาศัยอยู่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5-2.5 มิลลิเมตร (เจษฎา, 2527)

2.2 พันธุ์กระถินที่ใช้ศึกษา

กระถินพันธุ์ทาร์มบ้า (*Leucaena leucocephala* cv. Tarramba) ได้รับการปรับปรุงพันธุ์จากมหาวิทยาลัยฮาวาย และแนะนำให้พันธุ์การค้าเมื่อปี ค.ศ. 1994 นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประมาณปี พ.ศ. 2550 กระถินพันธุ์ดังกล่าวแม้ไม่ต้านทานต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟ แต่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้เมื่อมีการเข้าทำลาย (สายพันธ์, ม.ป.ป.) และจากการทดลองของ Samplet *et al.* (1994) เปรียบเทียบกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า และ KX1 ในประเทศไทย พบว่าพันธุ์ทาร์มบ้ามีความงอก และมีการเจริญเติบโตทางความสูงดีกว่าพันธุ์ KX1 ในขณะที่การติดเมล็ดต่ำจึงไม่เป็นปัญหาในการเป็นวัชพืช แต่มีปัญหาในการนำไปขยายพันธุ์ (Dalzell *et al.*, 2006) อัยฎาภรณ์ (2552) ได้เปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์เพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวล พบว่า กระถินพันธุ์ทาร์มบ้าให้การเจริญเติบโตในด้านความสูง ขนาดลำต้น และ ผลผลิตชีวมวลรวมมากกว่าพันธุ์เปรู และ คันทิงแฮม เช่นเดียวกับ Wandera and Njarui (1998) รายงานว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้ามีระดับการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่อไฟน้อยกว่าทั้งในพันธุ์เปรู และคันทิงแฮม อีกทั้งยังสามารถให้ผลผลิตใบ และลำต้น (71.5 และ 15.3 กรัม/ต้น) มากกว่าทั้งในพันธุ์เปรู (41.1 และ 13.1 กรัม/ต้น) และคันทิงแฮม (38.9 และ 5.2 กรัม/ต้น) สอดคล้องกับ Dalzell *et al.* (2006) รายงานว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าให้ผลผลิตใบได้มากกว่าทั้งพันธุ์

เปรู และคันทิ่งแฮม เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้เร็ว ลักษณะลำต้นตั้งตรง แตกกิ่งก้านน้อย จึงต้องการการตัดแต่งมากกว่าพันธุ์เปรู และคันทิ่งแฮม และยังทนต่อการเข้าทำลายจากเพลี้ยไก่ฟ้าได้ดีกว่าอีก 2 พันธุ์จึงทำให้ผลผลิตใบที่ได้มีปริมาณมากกว่า

2.3 การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม

กระถินเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ หน้าดินลึก ดินมีการระบายน้ำดี มีค่า pH ที่เป็นกลางจนถึงด่างเล็กน้อย ในสภาพดินลักษณะนี้รากกระถินจะหยั่งลึกลงไปในดินได้มากกว่า 2 เมตร และดูดใช้แร่ธาตุอาหารที่อยู่ลึกลงไปในดิน อย่างไรก็ตามกระถินเป็นไม้โตเร็วที่สามารถขึ้นได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายพื้นที่ แม้พื้นที่ที่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื่องจากกระถินมีระบบรากแก้วที่หยั่งลึก จึงสามารถทนต่อสภาพพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งได้ และรากฝอยของกระถินมีเชื้อราไมคอร์ไรซาที่อาศัยร่วมอยู่ เชื้อราดังกล่าวช่วยให้กระถินสามารถรับธาตุฟอสฟอรัส และธาตุอาหารอื่นๆ ได้ ดังนั้นจึงสามารถปลูกกระถินในดินที่มีธาตุอาหารน้อย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ (อุดม, 2522) ในบริเวณที่เป็นกรดเล็กน้อย ($\text{pH} > 5.2$) กระถินก็สามารถขึ้นได้ (Shelton and Brewbaker, 1994) แต่ผลผลิตที่ได้รับไม่ดีเท่าดินที่มี pH สูง ($\text{pH} 8.5$) กระถินปรับตัวได้ในดินเหนียว และต้องการดินที่มีฟอสฟอรัส และแคลเซียมสูงเพื่อการเจริญเติบโตที่ดี สมบูรณ์ (สายัณห์, 2547)

กระถินส่วนใหญ่สามารถขึ้นได้ดีในบริเวณเขตชื้น และร้อนชื้น มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 600-2,500 มิลลิเมตร/ปี และอยู่สูงจากระดับน้ำทะเล 0-600 เมตร (วีระ, 2523; NAS, 1977 และ Pound and Cairo, 1983) สำหรับการผลิตกระถินเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์มีความต้องการปริมาณน้ำฝนประมาณ 100-125 มิลลิเมตร/เดือน (Hegde, 1982) จากรายงานของ Kinch and Ripperton (1962) พบว่าการได้รับน้ำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเพิ่มขึ้นของผลผลิตกระถินโดยเมื่อกระถินได้รับปริมาณน้ำฝน 1,100 มิลลิเมตร สามารถให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งกระถินถึง 8 ตัน/ไร่/ปี แต่ผลผลิตของกระถินจะต่ำในช่วงฤดูแล้ง และจะสูงขึ้นเมื่อได้รับปริมาณน้ำฝน 800-1500 มิลลิเมตร ภายได้ปัจจัยแวดล้อมเท่าเทียมกัน (Brewbaker *et al.*, 1985) กระถินสามารถทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ยาวนาน 5-7 เดือน (Hegde, 1982) และสามารถแสดงลักษณะทนแล้งได้ดีกว่าถั่วยืนต้นชนิดอื่น (Swasdiphanich, 1992) อาจเป็นเพราะกระถินมีรากลึกลงไปในดินถึง 5 เมตรจึงสามารถนำน้ำใต้ดินมาใช้ประโยชน์ได้ (Brewbaker *et al.*, 1972) อย่างไรก็ตามกระถินไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่กระถินยังอยู่ในระยะต้นกล้า แต่ถ้ากระถินตั้งตัวได้แล้วอาจทน

ต่อน้ำท่วมขังได้ระยะหนึ่ง ดังนั้นบริเวณที่มีน้ำท่วมขังเป็นระยะเวลานานจึงไม่เหมาะที่จะปลูกกระถิน (สายัณห์, 2547)

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกระถินอยู่ที่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิกลางวัน) อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำกว่านี้ส่งผลทำให้การเจริญเติบโตลดลง (Brewbaker *et al.*, 1985) เพราะฉะนั้นอุณหภูมิที่จะมีปัญหาต่อการเจริญเติบโตในเขตร้อนจะอยู่ในบริเวณที่สูงๆ 500-1,000 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล ดังนั้นจะเห็นว่าพื้นที่ที่เหมาะสมที่จะปลูกกระถินในประเทศไทยมีความเป็นไปได้ในเกือบทุกพื้นที่ยกเว้นในบริเวณที่สูงๆ (สายัณห์ และคณะ, 2550)

ปัญหาโรคและแมลง ได้แก่ โรคที่พบในกระถินส่วนใหญ่มักเกิดจากเชื้อรา เช่น โรคกล้าเน่า และโรคเน่าคอดิน ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้สารเคมีหรือสารกำจัดเชื้อรา เช่น เบนเลท หรือ บราสซิโคล นิดฟน ในช่วงฤดูฝน เพื่อลดความเสียหายจากเชื้อรา (สำนักส่งเสริมการปลูกป่า, 2550) ส่วนแมลงศัตรูพืช ได้แก่ เพลี้ยไก่อไฟกระถิน (*Heterophylla cubana* Crawford) สามารถเข้าทำลายกระถินได้ทั้งในระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย ซึ่งจะทำลายยอดอ่อนของกระถินจนไม่สามารถเติบโตได้ โดยการดูดน้ำเลี้ยงจากยอดอ่อน ใบอ่อน และฝัก ทำให้ยอด และใบเหี่ยวเฉา นอกจากนั้นยังปล่อยสารเหนียว (honeydew) ไว้ตามยอดจนเกิดราดำ ทำให้กระถินชะงักการเจริญเติบโต ในประเทศไทยเพลี้ยไก่อไฟมีกระบาดรุนแรงในช่วงระหว่างเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ (ฉายแสง และคณะ, 2548) ส่วนช่วงอื่นๆมีการระบาดบ้างแต่ไม่รุนแรง โดยเฉพาะช่วงฤดูฝนกระถินจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและเพลี้ยไก่อไฟจะมีปริมาณลดลง ทำให้เพลี้ยไก่อไฟมีกระบาดในช่วงฤดูแล้งมากกว่าช่วงฤดูฝน Intari *et al.* (1992) รายงานว่าเพลี้ยไก่อไฟจะระบาดรุนแรงในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน โดยในฤดูแล้งจะทำให้ผลผลิตเสียหายมากถึง 56 เปอร์เซ็นต์ และ 41 เปอร์เซ็นต์ในฤดูฝน การควบคุมสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้พันธุ์ต้านทาน ควบคุมโดยชีววิธี และ การใช้สารเคมี สารเคมีกำจัดแมลง เช่น อัลฟาไซเบอร์มีทริล มีชื่อทางการค้าว่า คาราเต้ ใช้ปริมาณ 10 ซีซี ผสมน้ำ 20 ลิตร นิดฟน หรือใช้เซฟวินชนิดผง 40-50 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร (สายัณห์, ม.ป.ป.) แต่ กัลยา และคณะ (2542) กล่าวว่า การควบคุมเพลี้ยไก่อไฟกระถินด้วยชีววิธีที่ได้ผลดี และมีประสิทธิภาพคือการควบคุมโดยใช้แมลงศัตรูตามธรรมชาติของเพลี้ยนั้นคือด้วงเต่า ซึ่งสามารถควบคุมปริมาณเพลี้ยไก่อไฟได้ดี อีกทั้งการตัดกระถินแบบสลัดเถา ยังช่วยลดปัญหาเรื่องการเข้าทำลายของเพลี้ยไก่อไฟได้เช่นกัน อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีกระถินพันธุ์ต้านทานเพลี้ยไก่อไฟ แต่พันธุ์ที่ฟื้นตัวเร็ว หลังการระบาดพบในสายพันธุ์ 34/82 และพันธุ์ที่ต้านทานพอสมควร ได้แก่ พันธุ์ทาร์มบ้า (สายัณห์, ม.ป.ป.)

3. อิทธิพลของควมถี่ของการตัดต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของ กระจดิน

กระจดินเป็นพืชที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายอย่างทั้งการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ เป็นไม้ใช้สอย และพลังงานทดแทน โดยการนำไปใช้ประโยชน์แต่ละประเภทมีความต้องการใช้ในแต่ละส่วนแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อช่วงระยะเวลาในการตัดกระจดินเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้วย เช่น การนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จะเน้นการใช้ประโยชน์ในส่วนใบมากกว่าลำต้นจึงมักจะตัดถี่ แต่การนำไปใช้เป็นไม้ใช้สอยและนำไปใช้เป็นไม้ทดแทนพลังงานจะใช้ประโยชน์จากส่วนเนื้อไม้ทำให้ต้องยืดอายุการตัดออกไปให้ยาวนานมากขึ้น สำหรับความถี่ในการตัดจะมีผลกระทบต่อกระจดินหลายอย่างได้แก่

3.1 การเจริญเติบโตของกระจดิน

ความถี่ห่างของการตัดมีผลกระทบอย่างยิ่งต่อผลผลิตชีวมวลและการฟื้นตัวของ กระจดิน การตัดกระจดินบ่อยครั้งอาจทำให้การอยู่รอดของกระจดินลดลงได้ ในขณะที่เดียวกันการตัดห่างเกินไปอาจทำให้ผลผลิตที่ได้อาจลดลง ชิต และคณะ (2547) ได้ศึกษาความถี่ในการตัดกระจดินเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ พบว่า การตัดกระจดินทุกๆ 2 3 และ 4 เดือน จะมีผลกระทบต่อความสูงของกระจดิน โดยในปีที่ 1 การตัดกระจดินทุกๆ 3 และ 4 เดือน มีความสูงใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าการตัดกระจดินทุกๆ 2 เดือน ส่วนในปีที่ 2 ได้ยืดระยะเวลาการตัดกระจดินออกไปทุกๆ 2 3 และ 4 เดือน มีผลทำให้ความสูงของกระจดินสูงเพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเฉลี่ย 2 ปี ความสูงของกระจดินจะเพิ่มจาก 173.9 เซนติเมตร เป็น 242.4 และ 265.5 เซนติเมตร เมื่อตัดกระจดินที่อายุ 2 3 และ 4 เดือนตามลำดับ ในขณะที่ ฉายแสง และคณะ (2548) รายงานว่า การเจริญเติบโตของกระจดิน 17 สายพันธุ์ ตัดครั้งแรกที่อายุ 6 เดือนและครั้งต่อไปทุกๆ 4 เดือน ในระยะเวลา 34 เดือน ตัดสูงจากพื้นดิน 75 เซนติเมตร กระจดินเกือบทุกสายพันธุ์เจริญเติบโตได้ดีในช่วงกลางฤดูฝน ถึงต้นฤดูหนาว (กรกฎาคม-พฤศจิกายน) มีความสูงเฉลี่ย 370 เซนติเมตร ส่วนขนาดลำต้น (ส่วนคอ) เมื่อกระจดินมีอายุมากขึ้นขนาดลำต้นจะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยทุกสายพันธุ์ตั้งแต่ 1-34 เดือน มีขนาดลำต้นจาก 0.84-4.81 เซนติเมตร การเจริญเติบโตในด้านของการฟื้นตัวหลังการตัด Ella *et al.* (1991) ได้ศึกษาอิทธิพลอายุของการตัดในรอบการตัดฟื้นแรกต่อผลผลิตของพืชตระกูลถั่วเขตร้อน โดยใช้ความถี่ของการตัด 5 ระดับคือ 13 15 17 19 และ 21 เดือน พบว่า กระจดินที่ใช้ความถี่ของการตัดที่ 19 และ 21 เดือนมีการฟื้นตัวภายหลังการตัดได้ดีกว่าอีก 3 ระดับ

ในด้านขนาดที่เหมาะสมต่อการใช้กับเครื่องผลิตกระแสไฟฟ้าแบบ Gasifier ซึ่งต้องใช้
 กระจกที่มีขนาด 2.54 เซนติเมตรขึ้นไป กระจกที่ปลูกในระยะปีแรกต้องใช้เวลาอย่างน้อย 8 เดือน
 สำหรับดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ และสำหรับดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ต้องใช้เวลา 12-18 เดือน
 (สายัณห์, ม.ป.ป.)

3.2 ผลผลิตของกระจก

3.2.1. ผลผลิตส่วนของใบ

หากปลูกกระจกเพื่อนำกระจกไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์ จะพิจารณาในด้านของ
 ผลผลิตส่วนของใบ และมักจะมีการอายุการตัดที่ ดังที่กล่าวข้างต้น โดย Costa and Paulino (1995) กล่าว
 ว่า ผลผลิตส่วนของใบนั้นมีความสัมพันธ์กับความถี่ของการตัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทดลองที่
 ความถี่ของการตัด 3 ระดับคือ 42 54 70 และ 84 วัน ความสูงของการตัด 3 ระดับคือ 30 50 และ 80
 เซนติเมตรพบว่า การตัดกระจกทุกๆ 84 วันให้ผลผลิตใบมากที่สุด 37.05 ตัน/เฮกเตอร์ ที่ความสูง 50
 เซนติเมตรในขณะที่การตัดที่ความสูง 30 เซนติเมตรที่ตัดทุกๆ 42 วันให้ผลผลิตใบเพียง 17.22 ตัน/
 เฮกเตอร์ สอดคล้องกับ Ella *et al.* (1991) ที่ใช้ความถี่ของการตัดกระจก 5 ระดับ คือ 13 15 17 19
 และ 21 เดือน พบว่า การตัดที่ 21 เดือนจะให้ผลผลิตส่วนของใบสูงที่สุด คือ 2.11 กิโลกรัม/ตัน ในขณะที่
 การตัดที่ 13 15 17 และ 19 ให้ผลผลิตเพียง 0.35 0.40 0.71 และ 1.35 ตามลำดับ

3.2.2 ผลผลิตส่วนของลำต้น

การใช้ประโยชน์ส่วนของเนื้อไม้ ความถี่ในการตัดมักจะยาวนานมากกว่าการตัด
 เพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ความถี่ของการตัดมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของลำต้นของกระจกอย่างมี
 นัยสำคัญทางสถิติ (Karim *et al.*, 1991) Latt *et al.* (2000) แนะนำว่า หากใช้ความถี่ในการตัดสั้นจะ
 ทำให้ผลผลิตแห้งชีวมวลรวมลดลง Ella *et al.* (1991) รายงานว่า ในการเก็บเกี่ยวครั้งแรก กล่าวคือ
 รอบการตัดฟันแรก ผลผลิตส่วนของไม้จะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด โดยการตัดที่ 21 เดือนให้ผลผลิต
 สูงที่สุด คือ 6.79 กิโลกรัม/ตัน รองลงมาคือ 19 17 15 และ 13 เดือน ให้ผลผลิต 3.50 1.53 0.60
 และ 0.47 ตามลำดับ

3.3 องค์ประกอบทางเคมี

3.3.1 การนำไปใช้เลี้ยงสัตว์

กระถินโดยส่วนใหญ่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากใบมีคุณค่าทางอาหารสูง มีความน่ากิน ความถี่ในการตัดในแต่ละครั้งจึงเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากอายุในการตัดถี่-ห่างมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน ดังที่ ชิต และคณะ (2547) กล่าวว่า การตัดกระถินที่อายุแตกต่างกัน จะทำให้ปริมาณโปรตีนแตกต่างกัน โดยการตัดกระถินทุกๆ 2 เดือน ให้โปรตีนมีแนวโน้มสูงสุดเท่ากับ 27.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการตัดกระถินทุกๆ 3 และ 4 เดือนมีโปรตีนเท่ากับ 2.3.73 และ 21.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงมิโมซินยังพบว่า การตัดกระถินที่อายุน้อยๆ จะมีระดับมิโมซินสูงกว่าการตัดกระถินที่อายุมากๆ ส่วน ADF NDF แคลเซียม และ ฟอสฟอรัส ที่อายุการตัดแตกต่างกันมีค่าอยู่ระหว่าง 22.83-25.74 35.54-38.29 0.80-0.099 และ 0.18-0.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Costa and Paulino (1995) ที่กล่าวว่า ปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ของสัตว์ หากใช้ความถี่ในการตัดที่สั้นกว่าจะทำให้ปริมาณโปรตีน และการย่อยได้ของสัตว์เพิ่มขึ้น แต่ต่างจากงานทดลองของ Karim *et al.* (1991) ที่ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของความถี่ในการตัดต่อปริมาณไนโตรเจนในใบของกระถิน พบว่า การตัดทุกๆ 1 เดือนจะให้ปริมาณไนโตรเจนในใบ เพียง 0.92 กรัม/ต้น ซึ่งน้อยกว่าการตัดทุก 3 เดือน ที่ให้ปริมาณไนโตรเจนถึง 2.21 กรัม/ต้น

3.3.2 การนำไปใช้เป็นพลังงาน

ในด้านของการตัดกระถินเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงนั้น จะเน้นในด้านการใช้ประโยชน์ส่วนของเนื้อไม้ ความถี่ในการตัดมักจะยาวนานมากกว่าการตัดเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ เพื่อให้ได้ผลผลิตส่วนของเนื้อไม้ที่มาก และขนาดลำต้นที่มีขนาดเหมาะสมพอที่นำไปผลิตเป็นพลังงาน ซึ่งขนาดของไม้ที่เหมาะสมต้องมีขนาดของไม้ตั้งแต่ 2.54 เมตรขึ้นไป (สายัณห์ และคณะ, 2550) นอกจากนั้นเนื้อไม้ของกระถินยังมีค่าความร้อนสูง อัยฎาภรณ์ (2552) ได้เปรียบเทียบค่าพลังงานความร้อนและความหนาแน่นของเนื้อไม้ในกระถิน 5 สายพันธุ์ โดยใช้ความถี่ของการตัดที่อายุ 1 ปี พบว่า มีค่าพลังงานความร้อนอยู่ที่ 4,580-4,650 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม มีค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ เฉลี่ยเพียง 0.50-0.60 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยความหนาแน่นเนื้อไม้ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าพลังงานความร้อนในไม้กระถิน และหากใช้ความถี่ในการตัดที่อายุ 1.5 ปีจะมีค่าพลังงาน

4,770 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม และมีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ 0.71 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถือว่าเป็นไม้เนื้อแข็งขนาดกลาง (Kovitvadhi and Yantasath, 1982)

อย่างไรก็ตามความถี่ที่เหมาะสมในการตัด ควรพิจารณาถึงการฟื้นตัวภายหลังการตัด การเจริญเติบโตของหน่อใหม่ การอยู่รอดของกระถินภายหลังการตัด ซึ่งความสูงในการไถตอที่เหมาะสมก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ควรพิจารณาควบคู่กัน เนื่องจากมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งต่อการฟื้นตัวและรอบการตัดฟันในครั้งต่อไป

4. อิทธิพลของความสูงของการตัดต่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน

การพิจารณาความสูงของการตัดที่เหมาะสมมีความจำเป็น เนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับการฟื้นตัวของกระถินภายหลังการตัด ซึ่งความสูงในการตัดจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ใบที่เหลืออยู่ จำนวนจุดเจริญ ปริมาณอาหารสำรองที่เคลื่อนย้ายจากลำต้นและรากไปสู่จุดเจริญ และความชื้นที่มีอยู่ในดิน (คู่มือการปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงาน, ม.ป.ป.) นอกจากนั้นความสูงในการตัดจะแปรผันตามชนิดของไม้ และสภาพพื้นที่ที่ไม้ขึ้นอยู่ ซึ่งจะส่งผลต่อความสูง และความแข็งแรงของหน่อที่จะเจริญเติบโตภายหลังการตัด

4.1 การเจริญเติบโตของกระถิน

ความสูงในการตัดมีผลสำคัญยิ่งต่อการฟื้นตัวภายหลังการตัด จำนวนหน่อต่อต้น และผลผลิตทั้งในส่วนของใบ และเนื้อไม้ Dutt and Jamwal (1987) รายงานว่า การตัดกระถินที่ระดับความสูง 50 75 และ 100 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และความสูงของหน่อมากกว่าการตัดที่ระดับเดียวกับพื้นดิน และการตัดที่ความสูง 25 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ยังพบว่า การตัดที่ความสูงเหนือพื้นดินทุกระดับคือ 25 50 75 และ 100 เซนติเมตร มีจำนวนการแตกหน่อต่อตอสูงกว่าการตัดที่ระดับเดียวกับพื้นดิน

Pathak and Patil (1982) ได้ทดลองในประเทศอินเดีย โดยเปรียบเทียบผลผลิตของหน่อที่ได้จากการตัดต่างช่วงฤดู และระดับความสูงของการตัดที่ต่างกัน โดยการตัดในเดือนมกราคมและ มีนาคม ที่ระดับความสูง 15 และ 30 เซนติเมตร พบว่ากระถินที่ตัดในเดือนมีนาคม ให้ผลผลิตหน่อมากกว่าการตัดในเดือนมกราคม ที่ทุกระดับความสูงของการตัด ซึ่งการตัดที่ระดับความสูง 15

เซนติเมตรเหนือพื้นดิน ผลผลิตของหน่อกระถินไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจนกับการตัดที่ความสูง 30 เซนติเมตร เช่นเดียวกับการตัดที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตร หรือสูงกว่าเล็กน้อย ที่มีผลผลิตหน่อที่ดีเช่นกัน ส่วนทางด้านสายพันธุ์ พบว่าสายพันธุ์ Peru ให้จำนวนหน่อน้อยกว่าสายพันธุ์ EI Salvador ส่วน Hegde (1982) พบว่ากระถินสายพันธุ์ฮาวาย การตัดที่ระดับความสูงเหนือพื้นดิน จะทำให้มีจำนวนหน่อใหม่งอกจากลำต้นหลักเป็นส่วนใหญ่ แต่หน่อที่ได้จะมีจำนวนน้อยมากและขาดความแข็งแรง นอกจากนี้ Pathak and Patil (1982) ยังได้ให้ข้อสังเกตเกี่ยวกับการแตกหน่อของกระถินที่ปลูกทดลองที่ศูนย์ IGPRI ดังนี้

1. การตัดแบบหมดทั้งแปลงในคราวเดียว ให้ผลผลิตหน่อหลังการตัดดีกว่าการตัดแบบสลับหรือเหลือไม้ไว้ในแปลง เนื่องจากทรงพุ่มของต้นที่ไม่ถูกตัดไป บดบังการเจริญเติบโตของหน่อใหม่ของต้นที่ถูกตัด
2. วิธีการตัดไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตของหน่อ
3. การตัดแต่งกิ่งที่อายุ 6 และ 9 เดือน จะช่วยเพิ่มผลผลิตหน่อและการเจริญเติบโตได้ดีขึ้น

ซึ่งในข้อ 3 สอดคล้องกับ Hegde (1982) ที่รายงานว่าในกระถินสายพันธุ์ฮาวาย หากมีการตัดแต่งกิ่ง จะช่วยหน่อใหม่ที่จะงอกออกมามีความแข็งแรงเจริญเติบโตได้ดี และยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของลำต้นหลัก

4.2 ผลผลิตของกระถิน

4.2.1 ผลผลิตส่วนของใบ

ในการพิจารณาความสูงในการตัดนั้นจะแตกต่างกันตามการใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนใหญ่นำไปใช้เพื่อเลี้ยงสัตว์จะนิยมตัดในระดับสูงเพราะใช้ส่วนของใบ Muir (1998) ได้ศึกษาในเรื่องความสูงของการตัดที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตใบของกระถิน พบว่าการตัดที่ระดับสูงจะทำให้ได้ผลผลิตใบเพิ่มมากขึ้น โดยการตัดที่ความสูง 1 เมตรให้ผลผลิตใบมากที่สุด 8.71 ตัน/เฮกแตร์ รองลงมาเป็นการตัดที่ความสูง 0.7 และ 0.3 เมตร ให้ผลผลิตใบ 7.62 และ 5.47 ตัน/เฮกแตร์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Pathak and Patil (1982) ที่กล่าวว่า การตัดที่ความสูง 100 เซนติเมตร ผลผลิตใบที่ได้จะมากกว่าการตัดที่ 30 และ 60 เซนติเมตรอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม กระถินแต่ละพันธุ์อาจมีความเหมาะสมกับความสูง ความถี่ และฤดูกาลในการตัดที่ต่างกัน Karachi and

Shirima (1997) ที่ศึกษาอิทธิพลของความสูงของการตัดที่มีต่อผลผลิตใบกระถิน 10 พันธุ์ พบว่า ความสูงของการตัดที่เหมาะสมอยู่ที่ 50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับที่กระถินให้ผลผลิตใบมากมากที่สุด และมากกว่าการตัดที่ความสูง 25 และ 75 เซนติเมตร

4.2.2 ผลผลิตส่วนของลำต้น

ในด้านการใช้ประโยชน์ส่วนของเนื้อไม้รวมทั้งการนำไปผลิตเป็นพลังงาน ชีวมวลนั้นมักจะตัดชิดดินหรือสูงกว่าดินไม่มากนัก เนื่องจากมีความต้องการผลผลิตทุกส่วนของกระถินให้มากที่สุด เพราะการตัดในระดับที่สูงย่อมเป็นการสูญเสียส่วนของลำต้นจากส่วนของตอ นิดา และคณะ (2551) ได้เปรียบเทียบผลผลิตของกระถินจำนวน 54 สายพันธุ์ โดยตัดกระถินที่ระดับ 5 เซนติเมตร ตัดเมื่ออายุ 1 ปี พบว่า กระถินทั้งหมดที่นำมาทดสอบให้ผลผลิตน้ำหนัสดกทั้งต้นระหว่าง 0.7-8.7 ตัน/ไร่ หรือคิดเป็นผลผลิตน้ำหนักรากเท่ากับ 0.4-4.4 ตัน/ไร่ ในขณะที่ Pathak *et al.* (1982) แนะนำว่าการตัดกระถินที่ความสูง 10 เซนติเมตรหรือสูงกว่าเล็กน้อยให้ผลผลิตส่วนของผลผลิตส่วนของเนื้อไม้ดีที่สุด ซึ่งแตกต่างจาก Karim *et al.* (1991) ที่กล่าวว่า การตัดกระถินที่ความสูง 75 และ 100 เซนติเมตร ตัดทุกๆ 3 เดือน ให้ผลผลิตของเนื้อไม้สูงกว่าการตัดที่ความสูง 25 และ 50 เซนติเมตร อีกทั้งความสูงของการตัดมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.3 องค์ประกอบทางเคมี

4.3.1 นำไปใช้เลี้ยงสัตว์

สำหรับการปลูกกระถิน โดยส่วนใหญ่เป็นการใช้ใบกระถินเพื่อเป็นอาหารสัตว์ ซึ่งการพิจารณาความสูงในการตัดน่าจะพิจารณาควบคู่ไปกับองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน เนื่องจากความสูงในการตัดในแต่ละระดับมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน Karim *et al.* (1991) กล่าวว่าปริมาณไนโตรเจนในใบจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความสูง และความถี่ในการตัด โดยความสูงในการตัดที่ระดับ 75 และ 100 เซนติเมตร มีปริมาณไนโตรเจน 2.03 เปอร์เซ็นต์ และ 1.90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ ระดับความสูงในการตัด 25 และ 50 เซนติเมตร ซึ่งมีปริมาณไนโตรเจนเพียง 1.08 เปอร์เซ็นต์ และ 1.25 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามงานทดลองของ สายัณห์ และ ชื่นจิต (2545) กล่าวว่า ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนรวม และ โฟแทสเซียมทั้งในส่วนของลำต้น และใบกระถิน

4.3.2 นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง

จากข้อมูลด้านอิทธิพลความสูงของการตัดกับผลผลิตของต้น ซึ่งจะต้องนำส่วนของเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ ดังนั้นในแง่ของความสูงในการตัดที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง จะต้องพิจารณาไปถึงการใช้ประโยชน์ส่วนของเนื้อไม้ ค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อน เป็นต้น จากรายงานของ นิดา และคณะ (2551) พบว่า ความหนาแน่นของไม้กระถิน 54 สายพันธุ์ที่ตัดในระดับ 5 เซนติเมตร อายุการตัด 1 ปี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.40-0.87 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต ในขณะที่ ทรงยศ และคณะ (2551) รายงานว่า ความหนาแน่นของเนื้อไม้ที่ใช้ความสูงของการตัดที่ระดับ 50 เซนติเมตร 6 ระยะปลูกที่แตกต่างกัน มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.43-0.46 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างไรก็ตาม Anomin (1981) รายงานว่า ไม้กระถินมีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้อยู่ระหว่าง 0.81-0.84 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ที่ความชื้น 15 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่ได้ระบุรายละเอียดการปลูก และอายุของไม้กระถิน ซึ่งความหนาแน่นของเนื้อไม้อาจขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก ภูมิอากาศ และสภาพการปลูกด้วย (Ketterings *et al.*, 2001)

ในประเทศไทยงานวิจัยความสูงของการตัดกระถินส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นเพื่อนำไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ Sampet *et al.* (1994) ได้ศึกษาความสูงในการตัดกระถินเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ ที่จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าที่ระดับความสูงในการตัดกระถิน 50 และ 25 มีผลต่อผลผลิตใบเพียงเล็กน้อย ดังนั้นจึงเห็นได้ว่างานวิจัยความสูงในการตัดเพื่อใช้เป็นพลังงานชีวมวลยังมีน้อยมาก แต่สำหรับการทดลองนี้ความสูงในการตัดควรจะเหมาะสมในการใช้ส่วนของไม้ไปผลิตเป็นพลังงานชีวมวล รวมทั้งมีการฟื้นตัวได้ดีด้วย

5. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการฟื้นตัวของกระถิน

5.1 ตำแหน่งและจำนวนจุดเจริญ

ภายหลังการตัดกระถิน การฟื้นตัวของกระถินจะเกิดจากแตกหน่อขึ้นมาใหม่จากจุดเจริญ โดยตำแหน่งและจำนวนของจุดเจริญนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะการเจริญเติบโตของพืช อายุ การจัดการที่ผ่านมา และลักษณะของตอที่มีจุดเจริญอยู่ (สายัณห์, 2547) หน่อที่เกิดขึ้นจะเจริญเติบโตจากจุดที่อยู่ส่วนบนของตอ และด้านข้างซึ่งจะเกิดทั่วทั้งตอ ส่งผลให้การฟื้นตัวของกระถินจะขึ้นอยู่กับขนาดและความสูงที่เหลืออยู่ภายหลังการตัด โดยพื้นที่ของจุดเจริญของลำต้นกระถินที่มีอายุนานจะมีตอขนาดใหญ่ (Ella *et al.*, 1991) และกระถินที่ไว้ตอสูงจะมีพื้นที่ของจุดเจริญมากกว่าการตัดใน

ระดับต่ำหรือชนิดดินซึ่งหน่อกระถินที่แตกขึ้นมาใหม่ในช่วงแรก ซึ่งหน่อกระถินที่แตกขึ้นมาใหม่ในช่วงแรกจะมีความสามารถในการเจริญเติบโตเท่าๆ กัน แต่หน่อที่จะเจริญเติบโตเป็นลำต้น จะเป็นหน่อที่สามารถแก่งแย่งอาหารที่สะสมภายในต้นต่อได้ดี (เจษฎา, 2527)

5.2 พื้นที่ใบที่เหลือภายหลังการตัด

อัตราการเจริญเติบโตหลังการตัดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ใบ และจำนวนใบที่เหลืออยู่ โดยการฟื้นตัวภายหลังการตัดของกระถิน หากตัดชนิดดินมากเกินไปอาจทำให้เหลือพื้นที่ใบน้อยหรืออาจจะไม่เหลือพื้นที่ใบ แต่หากไว้ต่อกระถินในระดับสูงขึ้นไปจะทำให้กระถินคงเหลือพื้นที่ใบมากกว่า ซึ่งพื้นที่ใบที่เหลืออยู่เป็นปัจจัยสำคัญต่อการฟื้นตัวหลังการตัด (ฉายแสง และคณะ, 2548; Tudsri *et al.*, 2002) สายัณห์ และคณะ (2551) พบว่า การตัดกระถินในระดับสูงมีแนวโน้มในการฟื้นตัวดีกว่าการตัดในระดับต่ำ เช่นเดียวกับ Dutt and Jamwal (1987) รายงานว่า การไว้ต่อกระถินในระดับสูง 50 เซนติเมตรขึ้นไป ทำให้กระถินมีการแตกหน่อต่อต่อสูงกว่าการตัดที่ระดับเดียวกับพื้นดิน อย่างไรก็ตามภายหลังการตัด กระถินอาจเหลือพื้นที่ใบหรือไม่มีพื้นที่ใบหลงเหลืออยู่เมื่อเทียบกับหญ้าหรือถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นที่มีพื้นที่ใบหลงเหลือภายหลังการตัด ดังนั้น การฟื้นตัวภายหลังการตัดของกระถินอาจมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการฟื้นตัวร่วมด้วย

5.3 ปริมาณอาหารสำรอง

อาหารสำรองจะถูกใช้เป็น Substrate สำหรับการหายใจ การสร้างเซลล์ใหม่ๆ และการเจริญเติบโตของรากในระยะแรกๆ หลังการตัด ทั้งนี้เนื่องจากการสังเคราะห์แสงยังไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช อาหารสำรองที่ใช้เพื่อการนี้ ได้แก่ พวกลาร์โบไฮเดรต โปรตีน และสารประกอบชนิดอื่นที่สามารถขับเคลื่อนย้ายได้ แต่ส่วนใหญ่จะเป็นพวกแรก คือ ลาร์โบไฮเดรตมากกว่าอย่างอื่น (May, 1960; Yamada, 1975; Harris, 1978) โดยการสะสมอาหารสำรองจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืช สภาพดินฟ้าอากาศ และการดีฟอลิเอชัน (สายัณห์, 2547) ในด้านการฟื้นตัวภายหลังการตัดของกระถินกับการใช้อาหารสำรอง สายัณห์ (ม.ป.ป.) รายงานว่า การฟื้นตัวภายหลังการตัดกระถินขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารสำรองที่เคลื่อนย้ายจากลำต้นและรากไปยังจุดเจริญ ซึ่งโดยทั่วไปส่วนลำต้นและรากจะสะสมอาหารสำรองมากกว่าในใบและดอก ส่วนรากฝอยที่มีขนาดเล็กไม่มีการสะสมน้ำตาลและแป้ง (Tudsri, 1986) เช่นเดียวกันกับ Luostarinen and Kauppi (2005) ที่กล่าวว่า ภายหลังการตัดพืชจะได้รับอาหารสำรอง (คาร์โบไฮเดรต) จากส่วนของลำต้นและรากเท่านั้น ทำให้ความถี่ในการตัดมีผลต่ออาหารสำรอง กล่าวคือ การตัดบ่อยครั้งจะทำให้เปอร์เซ็นต์อาหารสำรอง

ลดลง (สายัณห์, 2547) โดย Latt (2000) ได้รายงานว่าการตัดกระถินบ่อยครั้งนอกจากผลผลิตจะลดลงแล้วอาหารสำรองที่สะสมจะลดลงด้วย แต่หากยึดอายุการตัดออกไปพืชจะมีระยะเวลายาวนานในการสะสมอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต เนื่องจากเมื่อพืชมีอายุมากขึ้นจะมีขนาดลำต้นใหญ่ ทำให้เก็บสะสมอาหารได้มากขึ้น (Ella *et al.*, 1991) ในด้านความสูงของการตัดอาหารสำรองจากการไว้ต่อมีผลต่อการฟื้นตัวของพืช โดย Erdmann (1993) ได้ศึกษาถึงการฟื้นตัวของแคฝรั่งภายหลังการตัดด้วยความสูงที่แตกต่างกัน พบว่า ในช่วงระยะแรกหลังการตัดพืชจะใช้อาหารสำรองจำพวกแป้งที่สะสมไว้ในลำต้น ทำให้การตัดในระดับสูงมีพื้นที่ของดอในการเก็บสะสมอาหารสำรองที่มากกว่าการตัดในระดับต่ำ และ สายัณห์ (2550) ได้รายงานว่าการตัดกระถินในระดับสูงมีแนวโน้มในการฟื้นตัวดีกว่าการตัดในระดับต่ำ อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปพืชต้องการใช้อาหารสำรองในระยะ 2-7 วันแรกของการฟื้นตัว (สายัณห์, 2547) หากพืชมีจำนวนใบที่เหลือหลังการตัด หรือ ได้รับปริมาณน้ำฝนที่เพียงพอ อาหารสำรองอาจมีบทบาทในการฟื้นตัวภายหลังการตัดน้อยก็เป็นได้

5.3 ความชื้นที่มีอยู่ในดิน

ภายหลังการตัดทำให้การทำหน้าที่ของรากชะงักชั่วคราว เนื่องจากรากบางส่วนตายหรือไม่ยืดขยาย หากดินมีความชื้นที่เพียงพอพืชก็จะสามารถดูดน้ำขึ้นมาใช้ในการฟื้นตัวได้ แต่ถ้าหากดินมีความชื้นไม่เพียงพออาจส่งผลต่อการฟื้นตัว เนื่องจากการขาดน้ำทำให้จุดเจริญไม่สามารถเจริญเติบโตขึ้นมาได้ ทำให้พืชเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ได้ช้าหรือตายในที่สุด ซึ่ง Denton and Nickell (1985) พบว่า ปริมาณน้ำฝนส่งผลกระทบต่ออัตราการเจริญเติบโตของกระถินยักษ์ตลอดช่วงเวลา 4 ปี

ดังนั้น จำนวนจุดเจริญ พื้นที่ใบที่เหลือภายหลังการตัด ปริมาณอาหารสำรอง และความชื้นที่มีอยู่ในดิน มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด แม้ว่าความสำคัญของแต่ละปัจจัยดังกล่าวจะมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับชนิดพืช สภาพแวดล้อมและการจัดการ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. พันธุ์

1.1 เมล็ดกระถินพันธุ์ทาร์มบ้า

2. อุปกรณ์ภาคสนาม

2.1 เชื้อไรโซเบียมที่จำเพาะกับกระถิน

2.2 ไม้ปักแปลง

2.3 ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 และสูตร 0-0-60

2.4 อุปกรณ์เจาะดิน

2.5 สายวัด

2.6 ไม้เมตร

2.7 เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์

2.8 ถังตักน้ำ

2.9 เลื่อย

2.10 มีด

2.11 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบหยาบและแบบละเอียด

3. อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 ตู้อบ (hot air oven)

3.2 เครื่องบดตัวอย่างพืช Willey mill รุ่น standard model No. 3

3.3 เครื่องชั่งละเอียด

3.4 กระบอกตวง

3.5 ถ้วยยูเรก้า

3.6 เครื่อง visible spectrophotometer

3.7 เครื่อง atomic absorption flame spectrophotometer

วิธีการ

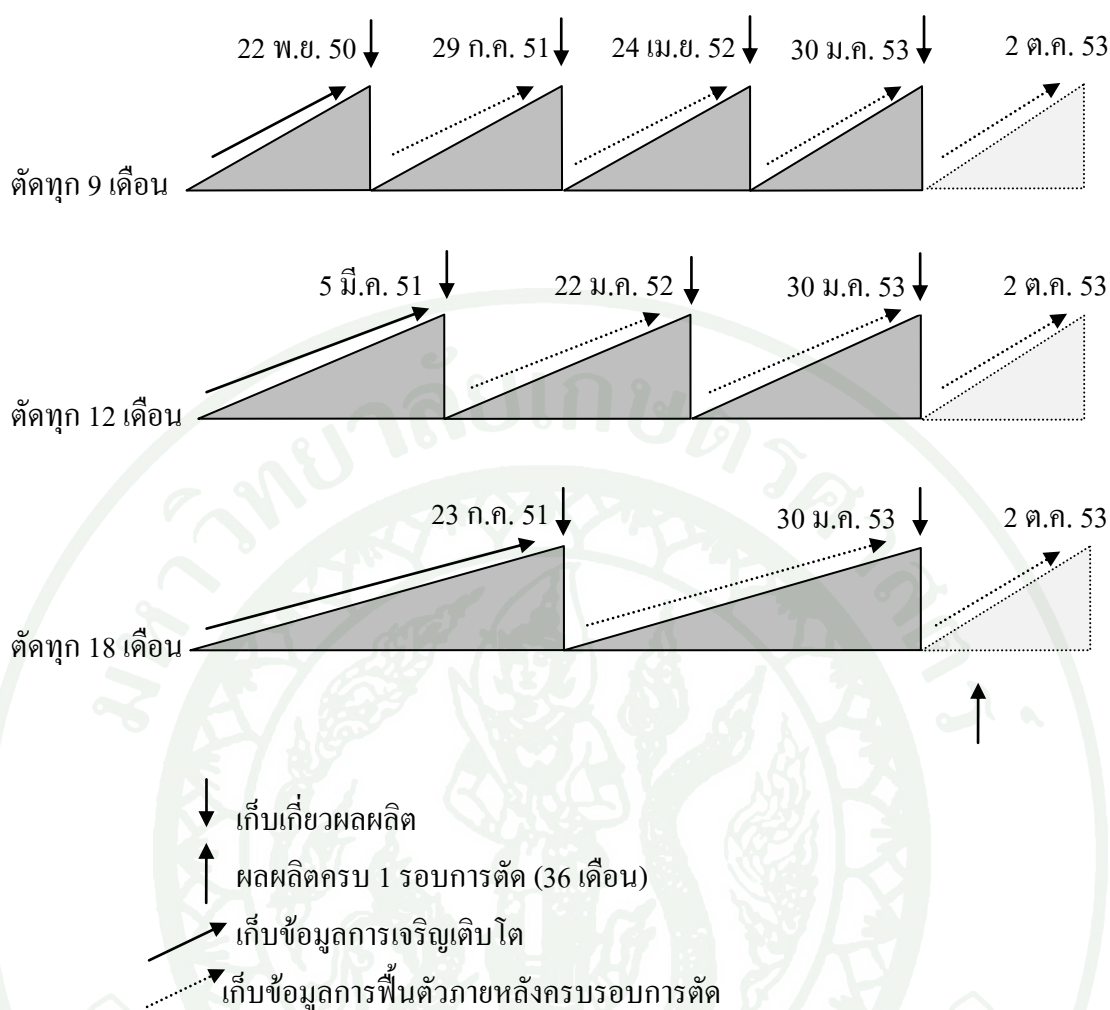
การทดลองที่ 1 อิทธิพลของความถี่ในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของ กระถินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

1. สถานที่ทดลอง

ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา อยู่ห่างจาก
กรุงเทพไปทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 160 กิโลเมตร อยู่ในแนวเส้นรุ้งที่ 14.5 องศาเหนือ เส้น
แวงที่ 101 องศาตะวันออก และสูงจากระดับน้ำทะเล 350 เมตร ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินชุดปากช่อง
ที่มีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียว มีค่าความเป็นกรด-
ด่าง (pH) 7.1-7.4 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ระดับลึก 0-15 เซนติเมตร ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุ
2-2.43 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ 8-18 และ โพแทสเซียม 70-98 พีพีเอ็ม แปลง
ทดลองที่ใช้เดิมเคยมีการปลูกหญ้ากีนีสีม่วงมาก่อนจนถึงปี 2549 จึงมีการเตรียมพื้นที่ใหม่เพื่อปลูก
กระถินในงานทดลองครั้งนี้

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบมีระบบ (Systematic Design) จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดของแปลงย่อย
5 x 4 เมตร ระยะระหว่างแปลงย่อยเท่ากับ 1 เมตร มีจำนวนทั้งหมด 12 แปลงย่อย สิ่งทดลอง
ประกอบด้วย 1. ตัดกระถินทุกๆ 9 เดือน (4 ครั้ง) 2. ตัดกระถินทุกๆ 12 เดือน (3 ครั้ง) 3. ตัดกระถิน
ทุกๆ 18 เดือน (2 ครั้ง) (รูปที่ 1)



ภาพที่ 1 หนึ่งรอบการตัดของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน

3. การปลูกและการดูแลรักษา

3.1 การเตรียมดิน

ภายหลังการตัดหญ้าที่ขึ้นปกคลุมดินออก เมื่อวันที่ 20 มกราคม 2550 ใช้รถแทรกเตอร์ไถตะและไถแปรเพื่อตากดินให้แห้งประมาณสองสัปดาห์ หลังจากนั้นพรวนดินด้วยไถพรวน 7 เพื่อย่อยดินให้มีขนาดเล็ก เหมาะต่อการปลูกพืชเมื่อวันที่ 3 กุมภาพันธ์ 2550 กำจัดวัชพืชที่หลงเหลือด้วยแรงงานคน

3.2 การปลูก

ภายหลังการเตรียมดินเรียบร้อยแล้ว ปลูกกระถินเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2550 โดยใช้เมล็ดที่ผ่านการทำความสะอาดตัวของเมล็ด และมีการคลุกเชื้อไรโซเบียมเรียบร้อยแล้ว ใช้ระยะปลูก 1x0.5 เมตร โดยใช้เครื่องปลูกแบบกระทุ้ง (jab) หยอดเมล็ดกระถินโดยตรงลงไปในดินหลุมละ 2-3 เมล็ด ภายหลังจากเมล็ดงอกเป็นต้นกล้า 4 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือเพียง 1 ต้น เมื่อวันที่ 7 มีนาคม 2550

3.3 การใส่ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช

ใส่ปุ๋ยรองพื้นก่อนปลูกสูตร 0-46-0 อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ และสูตร 0-0-60 อัตรา 40 กิโลกรัม/ไร่ มีการใส่อีก 2 ครั้งในวันที่ 31 พฤษภาคม 2550 และ 27 สิงหาคม 2551 โดยใช้สูตรอัตราเท่าเดิม และกำจัดวัชพืชภายหลังการปลูกเพียงครั้งเดียวโดยการดายหญ้าด้วยจอบ เมื่ออายุ 4 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก

3.4 การให้น้ำ

ในระยะเวลาที่กระถินยังเป็นต้นกล้ามีการให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้งๆ ละ 3 ชั่วโมง โดยพืชจะได้รับน้ำคิดเป็นปริมาตร 25 มิลลิเมตร/ครั้ง เป็นระยะเวลา 2 เดือนด้วยระบบพ่นฝอย (sprinkler) และหลังจากที่กระถินสามารถตั้งตัวได้ดีแล้วจึงปล่อยให้เจริญเติบโตตามธรรมชาติ

4. การเก็บข้อมูล

4.1 ความสูง

ภายหลังจากเมล็ดงอกได้ 8 สัปดาห์ (10 เม.ย.50) วัดความสูงจากพื้นดินถึงปลายยอดของต้นกระถิน โดยสุ่มวัดจำนวน 6 ต้น/ แปลงย่อย เก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องเมื่อกระถินมีอายุ 12 16 20 24 และ 28 สัปดาห์ และเก็บข้อมูลอีกครั้งเมื่อกระถินมีอายุครบ 9 12 และ 18 เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่มีการตัดเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิต หลังจากนั้นมีการวัดความสูงที่อายุ 12 16 20 24 และ 28 สัปดาห์

หลังการตัด และอีกครั้งเมื่อพืชมีอายุ 9 12 และ 18 เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่มีการเก็บเกี่ยวในแต่ละครั้งของ
 ดำรับการทดลอง ดังนั้นกระถินในแต่ละดำรับการทดลองจึงมีการตัด 4 3 และ 2 ครั้งตามลำดับ โดย
 วัดความสูงจากบริเวณรอยตัด 50 เซนติเมตร

4.2 ขนาดลำต้น

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ตำแหน่งความสูง 130 เซนติเมตรของต้นกระถิน
 โดยใช้เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์ สุ่มวัดจำนวน 6 ต้น/แปลงย่อย เก็บข้อมูลครั้งแรกเมื่อ 28 สัปดาห์
 หลังเมล็ดงอก และวัดครั้งต่อไปที่อายุ 32 สัปดาห์และวันเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อกระถินครบกำหนด
 อายุในแต่ละดำรับการทดลอง เมื่อกระถินมีการฟื้นตัวขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัดในปีที่ 1 เก็บข้อมูล
 ขนาดลำต้นอีกครั้งที่ตำแหน่ง 130 เซนติเมตรจากพื้นดิน และวัดทุกๆ 4 สัปดาห์ภายหลังการตัดของ
 แต่ละดำรับการทดลองคือ 9 12 และ 18 เดือน ตามลำดับ

4.3 จำนวนหน่อภายหลังการตัด

ภายหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละดำรับการทดลอง กระถินมีการฟื้นตัว
 ขึ้นมาอีกครั้งภายหลังการตัด เก็บข้อมูลโดยการนับจำนวนหน่อต่อต้นของกระถินที่เจริญเติบโต
 ขึ้นมาจากตอกระถิน โดยนับเฉพาะหน่อใหม่ที่เจริญมาจากตาที่อยู่บนลำต้นหลัก (main stem) ซึ่งใน
 การนับจะนับใบที่คลี่ออกมาชัดเจนถึงจะนับเป็น 1 หน่อ สุ่มวัดจำนวน 6 ต้น/แปลงย่อย เริ่มนับครั้ง
 แรกเมื่อกระถินฟื้นตัวหลังการตัดได้ 4 สัปดาห์ และครั้งต่อไปที่อายุ 8 12 16 20 24 28 สัปดาห์ และ
 ครั้งสุดท้าย ณ วันเก็บเกี่ยวผลผลิตในแต่ละดำรับการทดลองหลังการตัดทุกครั้ง

4.4 ผลผลิต

เมื่อกระถินอายุครบอายุการตัดในแต่ละดำรับการทดลอง (ภาพที่ 1) เก็บเกี่ยว
 ผลผลิต โดยดำรับการทดลองที่ 1 (ตัดกระถินทุก 9 เดือน) มีการตัดรวมทั้งหมด 4 ครั้ง (22 พ.ย. 50,
 29 ก.ค. 51 24 เม.ย. 52 และ 30 ม.ค. 53) ดำรับการทดลองที่ 2 (ตัดกระถินทุก 12 เดือน) มีการตัด
 รวมทั้งหมด 3 ครั้ง (5 มี.ค. 51 22 ม.ค. 52 และ 30 ม.ค. 53) และ ดำรับการทดลองที่ 3 (ตัดกระถิน
 ทุก 18 เดือน) มีการตัดรวมทั้งหมด 2 ครั้ง (23 ก.ค. 51 และ 30 ม.ค. 53) โดยใช้เลื่อยตัดและเก็บเกี่ยว
 ข้อมูลผลผลิตเฉพาะ 3 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย ยกเว้นส่วนหัวแถวและปลายแถวซึ่งเป็นแนว
 เขตด้านนอก (border row) เก็บเกี่ยวที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร ในการเก็บเกี่ยวแต่ละ

ครึ่งแยกองค์ประกอบผลผลิตเป็นส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้นโดย ส่วนใบ รวมส่วนลำต้นที่มีสีเขียว ในขณะที่ส่วนกิ่งก้านเป็นการลิดกิ่งทั้งหมดออกจากลำต้น แยกลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร และขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร เก็บข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งโดยนำส่วนของพืชที่แยกไว้เฉพาะส่วนใบและกิ่งก้านไปอบด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ในขณะที่ส่วนลำต้นตากแดดเพื่อลดความชื้นก่อนนำเข้าตู้อบ นำส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้นที่แห้งแล้วไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช Willey mill รุ่น standard model No. 3 เพื่อนำมาหาค่าองค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางด้านพืชอาหารสัตว์ต่อไป

4.5 องค์ประกอบทางเคมี

4.5.1 ไนโตรเจน (N) วิเคราะห์โดยวิธีเจดดาห์ (Kjedahl method) หลักการ คือ การทำให้สารประกอบไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพ กลายเป็นสารประกอบที่เป็นไอ คือ แอมโมเนีย จากนั้นใช้เทคนิคของการไทเทรตวิเคราะห์หาปริมาณของแอมโมเนีย ตามวิธีการของ ทศนีย์ และคณะ (2537)

4.5.2 ฟอสฟอรัส (P) วิเคราะห์โดยการย่อยด้วยกรดไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3 - HClO_4) และทำให้เกิดสีด้วยวิธี yellow molybdovanadophosphoric acid method เพื่อนำไปวัดด้วยเครื่อง visible spectrophotometer ตามวิธีการของ จำเป็น (2545)

4.5.3 โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) วิเคราะห์โดยการย่อยด้วยกรดผสมไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3 - HClO_4) นำไปวัดด้วยเครื่อง Atomic absorption flame spectrophotometer ตามวิธีการของ ทศนีย์ และคณะ (2537)

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

4.5.5 ADF NDF ADL เฮมิเซลลูโลส และ เซลลูโลส ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970) โดยไปส่งไปวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการของศูนย์วิจัยอาหารสัตว์นครราชสีมา กรมปศุสัตว์ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา

4.5.6 ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density)

นำส่วนลำต้น (ไม้) มาหาค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ (wood density) จำนวน 5 ท่อนต่อ 1 แปลงย่อย ยาว 15 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบ (hot air oven) จากนั้นนำไปหาปริมาตร โดยใช้หลักการแทนที่น้ำ ด้วยถ้วยยูเรกา แล้วจึงนำค่าปริมาตรที่ได้ไปคำนวณหาความหนาแน่นโดยใช้สูตร ตามวิธีการของ Pottinger and Hughes (1994)

$$D = m / V$$

โดย D คือ ค่าความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

m คือ มวล หรือน้ำหนักของไม้ที่ต้องการหาความหนาแน่น (กรัม)

v คือ ปริมาตรของไม้ที่ได้จากการแทนที่ด้วยน้ำ (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

4.5.7 ค่าพลังงานความร้อน

นำกระถินที่ได้จากการตัดพร้อมกันครั้งสุดท้าย (30 ม.ค. 53) จำนวน 5 ท่อน ยาว 35 เซนติเมตร ต่อ 1 แปลงย่อยในแต่ละตำรับการทดลอง มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Willey mill รุ่น standard model No. 3 ส่งไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter (A.O.A.C, 1980)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และตรวจสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 อิทธิพลของความสูงในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน เพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

1. สถานที่ทดลอง

พื้นที่ในงานทดลองที่ 2 อยู่ในบริเวณเดียวกับงานทดลองที่ 1 ลักษณะดินและคุณสมบัติของดินมีความใกล้เคียงกัน คือมีความอุดมสมบูรณ์ของดินในระดับปานกลาง ลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 7.1-7.4

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design หรือ RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ขนาดของแปลงย่อย 5 x 4 เมตร ระยะระหว่างแปลงย่อย 1 เมตร มีจำนวนทั้งหมด 20 แปลงย่อย สิ่งทดลองประกอบด้วย ตัดกระถินสูงจากพื้นดิน 5 25 50 100 และ 200 เซนติเมตร

3. การปลูกและการดูแลรักษา

3.1 การเตรียมดิน

เตรียมดินด้วยการไถตะ ไถแปร และพรวนดินด้วยไถผาน 7 เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1

3.2 การปลูก

ปลูกกระถินเมื่อวันที่ 7 กุมภาพันธ์ 2550 ใช้เมล็ดที่ผ่านการพักตัวและคลุกเชื้อไรโซเบียม ปลูกด้วยเมล็ดโดยตรง ด้วยเครื่องปลูกแบบกระทุ้ง (jab) 2-3 เมล็ด/หลุม ภายหลังจากเมล็ดงอกเป็นต้นกล้า 4 สัปดาห์ ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1

3.3 การใส่ปุ๋ยและการกำจัดวัชพืช

ใส่ปุ๋ยในสูตร และ อัตรา ที่เท่ากับงานทดลองที่ 1 และในวันเวลาเดียวกัน

3.4 การให้น้ำ

ให้น้ำกระถินในขณะที่เป็นต้นกล้า สัปดาห์ละ 1 ครั้งครั้งละ 3 ชั่วโมง เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1

4. การเก็บข้อมูล

4.1 ความสูง

ภายหลังจากเมล็ดงอกได้ 8 สัปดาห์ วัดความสูงจากพื้นดินถึงปลายยอดของต้นกระถิน โดยสุ่มวัดจำนวน 6 ต้น/ แปลงย่อย เมื่อกระถินมีอายุ 12 16 20 24 28 36 และ ครั้งสุดท้าย 40 สัปดาห์หลังเมล็ดงอกซึ่งเป็นช่วงที่เริ่มมีการตัดด้วยระยะความสูงแตกต่างกัน หลังจากนั้นมีการวัดความสูงภายหลังการตัดครั้งแรก ที่อายุ 8 สัปดาห์ และบันทึกข้อมูลครั้งต่อไปที่อายุ 12 16 20 24 28 และ 51 สัปดาห์หลังการตัดโดยวัดความสูงของต้นหรือหน่อ ที่งอกจากตำแหน่งรอยตัดในแต่ละคำรับการทดลอง (5 25 50 100 และ 200 เซนติเมตร) จนถึงปลายยอด

4.2 ขนาดลำต้น

ภายหลังจากเมล็ดงอก วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่อยู่สูงจากพื้นดิน 130 เซนติเมตร โดยใช้เครื่องมือเวอร์เนียคาลิเปอร์ สุ่มวัดจำนวน 6 ต้น/ แปลงย่อย เก็บข้อมูลที่อายุ 24 28 32 และ 36 สัปดาห์หลังเมล็ดงอก ภายหลังการตัด (ที่อายุ 36 สัปดาห์) เก็บข้อมูลขนาดลำต้น ภายหลังการฟื้นตัวได้ 51 สัปดาห์ซึ่งเป็นการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยวัดที่ระดับ 30 เซนติเมตรจากรอยตัดขึ้นไป

4.3 จำนวนหน่อภายหลังการตัด (หน่อ/ต้น)

ภายหลังการตัด กระถินมีการเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ นับจำนวนหน่อที่เจริญเติบโต ขึ้นมาจากตอกระถินที่อยู่บนต้นหลัก (main stem) สุ่มวัดจำนวน 6 ต้น/ แปลงย่อย เริ่มนับครั้งแรกที่อายุ 4 สัปดาห์ และครั้งต่อมาที่อายุ 8 12 16 20 24 และนับครั้งสุดท้ายเมื่อกระถินอายุ 51 สัปดาห์

4.4 การเก็บข้อมูลผลผลิต

ตัดกระถินครั้งแรกเมื่อวันที่ 23 พ.ย. 2550 ด้วยความสูงแตกต่างกันตามที่กำหนดในดำรับการทดลอง และครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 13 พ.ย. 2551 เพื่อศึกษาผลกระทบจากการตัดในระดับความสูงแตกต่างกันโดยใช้เลื่อยตัดตัดเฉพาะ 3 แถวกลางของแต่ละแปลงย่อย ยกเว้นส่วนหัวแถวและปลายแถวซึ่งเป็นแนวเขตด้านนอก (border row) ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 5 25 50 100 และ 200 เซนติเมตร ในการเก็บเกี่ยวแต่ละครั้งแยกองค์ประกอบผลผลิตเป็นส่วนใบ กิ่งก้าน และลำต้น โดยส่วนใบ รวมส่วนลำต้นที่มีสีเขียวเข้าไปด้วย และแยกลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร และขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร ชั่งน้ำหนักสด และสุ่มส่วนใบ และกิ่งก้าน 500-1,000 กรัม ไปอบไว้ในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ในขณะที่ส่วนลำต้นนำไปตากแดด 3-4 สัปดาห์ก่อนนำไปอบในตู้อบอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 72-96 ชั่วโมงเพื่อหาน้ำหนักแห้งและนำไปบดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพีช Willey mill รุ่น standard model No. 3 เพื่อหาค่าองค์ประกอบทางเคมีต่อไป

4.5 องค์ประกอบทางเคมี

นำผลผลิตที่ได้จากการตัดครั้งที่ 2 ซึ่งได้รับอิทธิพลจากความสูงในการตัดแตกต่างกัน ไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี วิธีการเช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1

4.6 ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (wood density)

ใช้ไม้ที่ได้จากการตัดภายหลังกระถินพื้นตัว 1 ปี (กระถินได้รับอิทธิพลจากความสูงของการตัดที่แตกต่างกัน) โดยใช้ไม้ส่วนที่วัดจากรอยตัดในแต่ละระดับความสูงขึ้นไป 30 - 45 เซนติเมตร จำนวน 5 ท่อนต่อ 1 แปลงย่อยยาว 15 เซนติเมตร จากนั้นนำไปอบให้แห้งด้วยตู้อบ (hot air oven) นำไปหาปริมาตร โดยใช้หลักการแทนที่น้ำ ด้วยถ้วยยูเรกา แล้วจึงนำค่าปริมาตร ที่ได้ไปคำนวณหาความหนาแน่นโดยใช้สูตร ตามวิธีการของ Pottinger and Hughes (1994)

4.7 ค่าพลังงานความร้อนของกระถิน

นำกระถินที่ได้จากเก็บเกี่ยวกระถินในปีที่ 2 ซึ่งเป็นปีที่ได้รับอิทธิพลจากความสูงของการตัด จำนวน 5 ท่อน ที่ตัดจากตำแหน่งเดิมสูงขึ้นไป 45-80 เซนติเมตรในแต่ละตำรับการ มาบดให้ละเอียดด้วยเครื่อง Willey mill รุ่น standard model No. 3 ส่งไปวิเคราะห์หาค่าพลังงานความร้อน ด้วยเครื่อง Bomb Calorimeter (A.O.A.C, 1980)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติ เพื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และตรวจสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์

ผล

การทดลองที่ 1 อิทธิพลของความถี่ในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อผลิตเป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

1. สภาพภูมิอากาศ

ในช่วงที่มีการปลูกกระถินในเดือนกุมภาพันธ์ 2550 มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 94 มิลลิเมตร (ตารางที่ 1) และต่อเนื่องไปจนถึงเดือนตุลาคม 2550 หลังจากนั้นฝนตกน้อยมากในเดือนพฤศจิกายน และไม่มีฝนตกเลยในช่วงที่อากาศเย็นในเดือนธันวาคมจนกระทั่งถึงเดือนมกราคม 2551 ฝนเริ่มตกอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ 2551 และต่อเนื่องไปอีก 3 เดือน หลังจากนั้นฝนตกปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปีที่ปลูกสร้างและค่าเฉลี่ย 10 ปี ในช่วงเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2551 อย่างไรก็ตามปริมาณน้ำฝนเพิ่มมากขึ้นในเดือนสิงหาคม กันยายนและตุลาคม และไม่มีฝนตกเมื่อเริ่มเข้าสู่เดือนธันวาคม ฝนเริ่มตกอีกครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในเดือนมีนาคม และเมษายน 2552 ฝนเริ่มทิ้งช่วงในเดือนพฤษภาคม และมิถุนายน โดยมีปริมาณน้ำฝนลดลงเหลือเพียง 94 และ 85 มิลลิเมตร ตามลำดับ(ตารางที่ 1) ซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ยย้อนหลัง 10 ปี ซึ่งมีค่า 187 และ 98 มิลลิเมตร ตามลำดับ ฝนเริ่มตกมากขึ้นในเดือนกรกฎาคม และเพิ่มสูงสุดถึง 263 มิลลิเมตร ในเดือนกันยายน 2552 หลังจากนั้นปริมาณน้ำฝนเริ่มลดลงตามลำดับตั้งแต่เดือนตุลาคม จาก 108 มิลลิเมตร เหลือเพียง 12 มิลลิเมตร ในเดือนธันวาคม 2552 และอยู่ในระดับต่ำในช่วง 3 เดือนแรกของปี 2553 ดังนั้นในปีที่ 2 ของการเจริญเติบโตมีปริมาณน้ำฝนมากกว่าในปีที่ 1 และ ปีที่ 3 และสูงกว่าค่าเฉลี่ย 10 ปี (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) ในช่วงระยะการทดลองระหว่างปี 2550-2553
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 10 ปีที่ผ่านมาที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ
อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

เดือน	ปี 2550	ปี 2551	ปี 2552	ปี 2553	ค่าเฉลี่ย 10 ปี**
มกราคม	0	0	0	45	13
กุมภาพันธ์	94	18	48	3	34
มีนาคม	56	80	155	7	77
เมษายน	88	177	165	132	136
พฤษภาคม	163	248	94	102	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	289	1,199

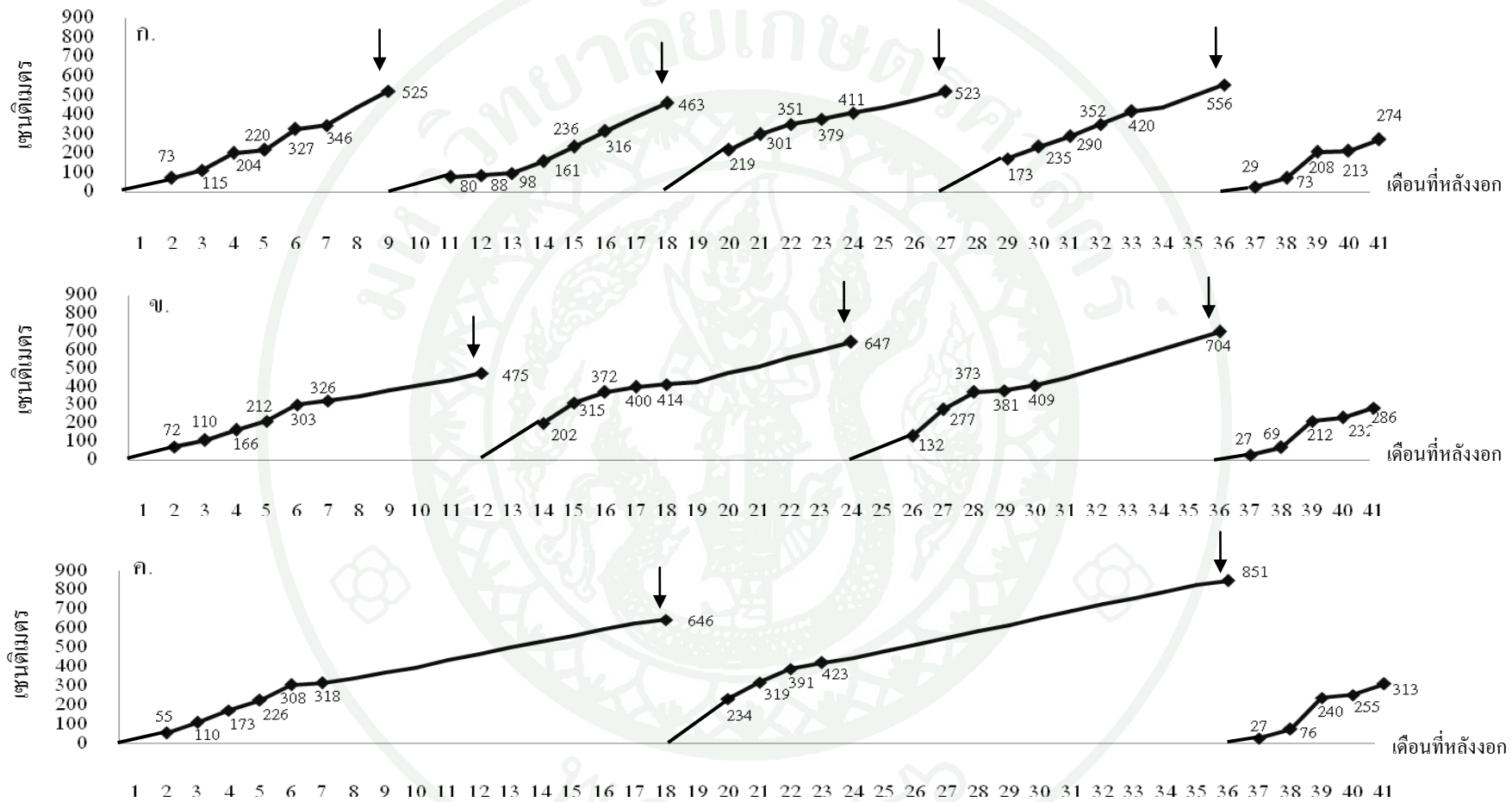
** ข้อมูลน้ำฝน 10 ปีย้อนหลังตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2552

2. การเจริญเติบโตและการฟื้นตัว

2.1 ความสูง

ในช่วงการตัดครั้งแรกของแต่ละดำรับการทดลอง พบว่า แปลงกระถินที่ตัดที่อายุ 9 เดือน (23 พ.ย. 53) มีความสูงใกล้เคียงกับแปลงกระถินที่ตัดเมื่ออายุ 12 เดือน (5 มี.ค. 51) แต่ต่ำกว่าแปลงกระถินที่ตัดเมื่ออายุ 18 เดือน (23 ก.ค. 51) โดยมีค่าเท่ากับ 525 475 และ 645 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 2) การฟื้นตัวภายหลังการตัดครั้งแรก พบว่า กระถินที่ตัดที่อายุ 9 เดือนมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงช้ากว่าการตัดที่อายุ 12 และ 18 เดือน อย่างไรก็ตามกระถินที่ตัดทุกๆ 9 เดือนมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วหลังได้รับน้ำฝนและมีความสูงใกล้เคียงกันทุกครั้งเมื่อถึงระยะเวลาในการตัดติดต่อกันอีก 3 ครั้ง โดยมีค่าเท่ากับ 463 523 และ 556 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ตรงกันข้ามกับกระถินที่ตัดทุกๆ 12 เดือน พบว่า มีการฟื้นตัวในด้านความสูงอย่างรวดเร็วและมีความสูงมากกว่าการตัดครั้งแรกในเดือนมีนาคม 2551 โดยมีความสูง 647 และ 704 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) เช่นเดียวกับแปลงที่ตัดเมื่ออายุ 18 เดือน มีการเจริญเติบโตด้านความสูงอย่างรวดเร็วเนื่องจากในช่วงดังกล่าวอยู่ในระยะฤดูฝน ทำให้มีความสูงถึง 851 เซนติเมตร เมื่ออายุ 36 เดือนหลังการปลูก ซึ่งเป็นระยะที่กระถินทุกดำรับการทดลองมีระยะการเก็บเกี่ยวพร้อมกัน โดยกระถินที่ตัดทุกๆ 9 12 และ 18 เดือน มีการตัดรวม 4 3 และ 2 ครั้ง ใน 1 รอบของการตัด (36 เดือน) ความสูงของกระถินในระยะเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายของการทดลอง กระถินที่ตัดทุกๆ 18 เดือน มีความสูงมากที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติกับกระถินที่ตัดทุกๆ 12 และ 9 เดือน ซึ่งในระหว่างดำรับการทดลองทั้งสองที่กล่าวมานี้มีค่าแตกต่างกันในทางสถิติเช่นเดียวกัน (ภาพที่ 2)

ภายหลังการตัดพร้อมกันในวันที่ 30 มกราคม 2553 กระถินทุกดำรับการทดลองมีการฟื้นตัวอีกครั้ง ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน พบว่าความถี่ของการตัดไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูงตลอดระยะเวลาการสุ่มวัด 26 สัปดาห์หลังการตัดครบ 1 รอบ (36 เดือน) โดยมีความสูงอยู่ระหว่าง 274-313 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง (ตารางภาคผนวกที่ 1)



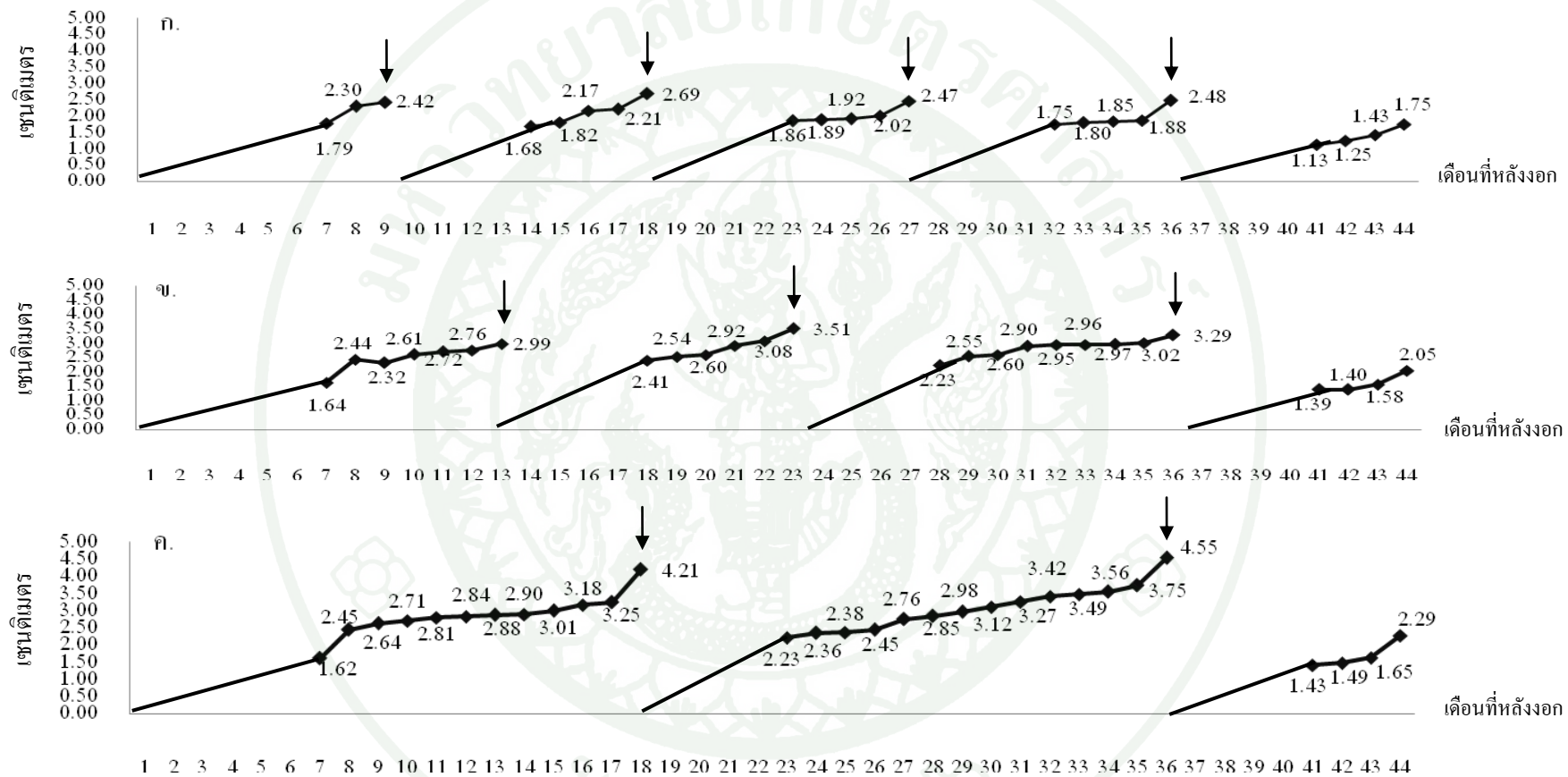
ภาพที่ 2 การกระจายของการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน ก. ตัดทุก 9 เดือน ข. ตัดทุก 12 เดือน ค. ตัดทุก 18 เดือน

หมายเหตุ ↓ = เก็บเกี่ยวผลผลิต

2.2 ขนาดลำต้น

ในการเก็บเกี่ยวกระถินครั้งแรกของแต่ละตำรับการทดลองกระถินมีขนาดลำต้นที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยการตัดทุก 9 เดือน (22 พ.ย. 50) กระถินมีขนาดลำต้นเพียง 2.42 เซนติเมตร ส่วนการตัดทุก 12 เดือน (5 มี.ค. 51) กระถินมีขนาดลำต้น 2.99 เซนติเมตรแต่เมื่อยืดอายุการตัดออกไปเป็น 18 เดือน (23 ก.ค. 51) กระถินมีขนาดลำต้นเพิ่มขึ้นเป็น 4.21 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) ภายหลังจากนั้นกระถินฟื้นตัวขึ้นมาใหม่ การตัดทุก 9 เดือนมีการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นค่อนข้างช้า เพียง 1.68 เซนติเมตรของการวัดครั้งแรก (20 สัปดาห์ หรือ 5 เดือน) ทั้งนี้สืบเนื่องจากการตัดในช่วงฤดูแล้ง ทำให้เมื่อมีการตัดในครั้งที่ 2 (29 ก.ค. 51) กระถินจึงมีขนาดลำต้นเพียง 2.69 เซนติเมตร (ภาพที่ 3) ในขณะที่การตัดทุก 12 เดือนมีการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นรวดเร็ว เนื่องจากตัดกระถินได้รับปริมาณน้ำฝน โดยมีขนาดลำต้น 2.41 เซนติเมตรในการวัดครั้งแรก (20 สัปดาห์หรือ 5 เดือน) ส่งผลให้เมื่อตัดในครั้งที่ 2 (22 ม.ค. 52) กระถินมีขนาดลำต้นมากถึง 3.51 เซนติเมตร (ภาพที่ 2) ในขณะที่การตัดทุก 18 เดือน มีการเจริญเติบโตในช่วงแรกภายหลังการตัดค่อนข้างรวดเร็ว โดยมีขนาดลำต้นในช่วงแรก 2.23 เซนติเมตรรวมทั้งมีระยะเวลายาวนานในการฟื้นตัวจึงทำให้มีขนาดลำต้นใหญ่ถึง 4.57 เซนติเมตรเมื่อตัดในครั้งที่ 2 (30 ม.ค. 53) (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามภายหลังการฟื้นตัวเมื่อตัดในครั้งที่ 2 และ 3 ของการตัดทุก 9 เดือนกระถินยังคงมีการฟื้นตัวด้านขนาดลำต้นช้า โดยมีขนาดเพียง 1.86 และ 1.75 เซนติเมตร ตามลำดับหลังการตัด 5 เดือน (ภาพที่ 3) ส่งผลทำให้ขนาดลำต้นเมื่อตัดในครั้งที่ 3 (24 เม.ย. 52) และ 4 (30 ม.ค. 53) กระถินมีขนาดลำต้นเพียง 2.47 และ 2.68 เซนติเมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 3) การตัดกระถินครั้งที่ 2 ของการตัดทุก 12 เดือน กระถินยังคงฟื้นตัวได้ดี และมีขนาดลำต้น 3.29 เซนติเมตรในวันเก็บเกี่ยวในครั้งที่ 3 (30 ม.ค. 53) (ภาพที่ 3)

เมื่อกระถินครบรอบการตัดครั้งที่ 1 (36 เดือน) กระถินในทุกความถี่ของการตัดมีขนาดลำต้นไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ที่อายุ 20 และ 28 สัปดาห์หลังการตัด (ตารางภาคผนวกที่ 2) แต่ในสัปดาห์ที่ 24 และ 32 สัปดาห์ การยืดอายุการตัดออกไปมีขนาดลำต้นใหญ่กว่าการตัดบ่อยครั้ง โดยในสัปดาห์ที่ 24 การตัดทุก 18 และ 12 เดือน มีขนาดลำต้น 1.49 และ 1.40 เซนติเมตร ตามลำดับ แตกต่างทางสถิติกับการตัดทุก 9 เดือน ที่มีขนาดลำต้นเพียง 1.24 เซนติเมตร และเมื่อกระถินมีอายุ 32 สัปดาห์ การตัดทุก 18 เดือนมีขนาดลำต้นใหญ่ที่สุด 2.29 เซนติเมตร รองลงมาคือการตัดทุก 12 และ 9 เดือน ที่มีขนาดลำต้น 2.05 และ 1.75 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตามลำดับ) (ตารางภาคผนวกที่ 2)



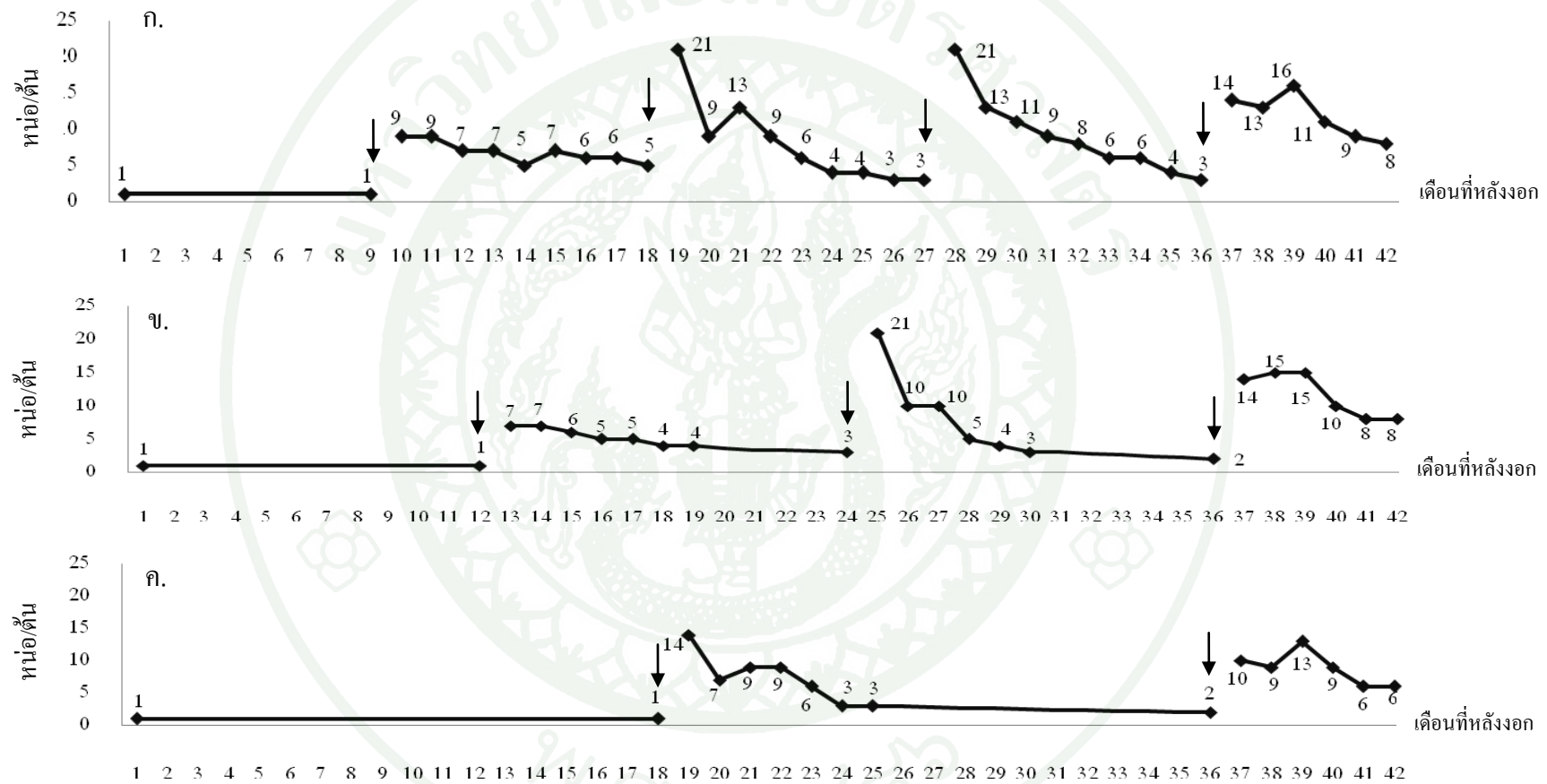
ภาพที่ 3 การกระจายของการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน ก. ตัดทุก 9 เดือน ข. ตัดทุก 12 เดือน ค. ตัดทุก 18 เดือน

หมายเหตุ ↓ = เก็บเกี่ยวผลผลิต

2.3 จำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่

การเจริญเติบโตของหน่อภายหลังการตัด พบว่า กระจินที่ตัดทุก 9 เดือน ตัดครั้งแรก ในช่วงฤดูแล้งทำให้มีหน่อเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ในเดือนแรกเพียง 9 หน่อ/ต้น หลังจากนั้นมีการเจริญเติบโตแข่งขันกันระหว่างหน่อใหม่แต่ไม่รุนแรงมากนัก ทำให้ในการตัดครั้งที่ 2 (29 ก.ค. 51) ยังคงเหลือถึง 5 หน่อ/ต้น ภายหลังการตัดในครั้งที่ 2 และ 3 เป็นช่วงที่กระจินได้รับน้ำฝนในปริมาณมากส่งผลให้กระจินมีจำนวนหน่อเท่ากันในเดือนแรกมากถึง 21 หน่อ/ต้น (ภาพที่ 4) ตรงกันข้ามกับการตัดกระจินทุกๆ 12 เดือน ภายหลังการตัดครั้งแรก (5 มี.ค. 51) กระจินมีจำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ในเดือนแรกเพียง 7 หน่อ/ต้น แม้ว่าจะตัดในฤดูฝนก็ตาม เมื่อภายหลังการตัดในครั้งที่ 2 กระจินที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่อย่างรวดเร็วและมีจำนวนหน่อ/ต้นมากกว่าการตัดครั้งแรก โดยมีจำนวน 21 หน่อ/ต้น และลดลงเหลือ 2 หน่อ/ต้น เมื่อครบรอบการตัดที่ 1 (36 เดือน) (ภาพที่ 4) และการตัดที่อายุ 18 เดือน กระจินมีหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ในเดือนแรก 14 หน่อ/ต้น ซึ่งเป็นช่วงที่กระจินได้รับน้ำฝน หลังจากนั้นจำนวนหน่อลดลงอย่างรวดเร็วเหลือเพียง 2 หน่อ/ต้น เมื่อครบรอบการตัดหนึ่งรอบ (36 เดือน) (ภาพที่ 4)

เมื่อครบรอบการตัดหนึ่งรอบ (36 เดือน) กระจินมีการฟื้นตัวขึ้นมาใหม่ในช่วงเวลาเดียวกัน สุ่มนับจำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ โดยสุ่มนับครั้งแรกที่อายุ 4 สัปดาห์จนถึง 26 สัปดาห์ พบว่า โดยส่วนใหญ่การตัดบ่อยครั้งคือ การตัดทุก 9 และ 12 เดือน ทำให้กระจินมีการแตกหน่อใหม่น้อยกว่ากระจินที่ยืดอายุการตัดออกไปเป็น 18 เดือน แม้ว่าในบางช่วงของการนับจำนวนหน่อที่แตกออกมาใหม่จะมีจำนวนไม่แตกต่างทางสถิติก็ตาม และในการสุ่มวัดครั้งสุดท้ายเมื่อกระจินมีอายุ 26 สัปดาห์หลังการตัด กระจินที่ตัดทุกๆ 9 และ 12 เดือน มีจำนวนหน่อ/ต้นเท่ากัน คือ 8 ต้น/ตอ สูงกว่ากระจินที่ตัดทุกๆ 18 เดือน อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยมีจำนวน 6 หน่อ/ต้น (ตารางภาคผนวกที่ 3)



ภาพที่ 4 การกระจายของหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ของกระถางที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน ก. ตัดทุก 9 เดือน ข. ตัดทุก 12 เดือน ค. ตัดทุก 18 เดือน

หมายเหตุ ↓ = วันเก็บเกี่ยวผลผลิต

3. ผลผลิตกระถิน

3.1 ผลผลิตน้ำหนักรสด

3.1.1 ใบ

ภายหลังการตัดครบ 1 รอบ (36 เดือน) (ตารางที่ 2) พบว่า กระถินที่ตัดทุก 9 เดือน (4 ครั้ง) ให้ผลผลิตใบสดมากที่สุด 4,875 กิโลกรัม/ไร่ ไม่แตกต่างในทางสถิติกับกระถินที่ตัดทุก 18 เดือน (2 ครั้ง) คือ 3,499 กิโลกรัม/ไร่ แต่แตกต่างจากการตัดทุก 12 เดือน (3 ครั้ง) ซึ่งให้ผลผลิตใบสดน้อยที่สุด 2,514 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 2)

ในด้านการกระจายของผลผลิตในการตัดแต่ละดำรับการทดลอง พบว่า กระถินที่ตัดทุก 9 เดือน การตัดในครั้งที่ 3 ให้ผลผลิตใบมากที่สุด และครั้งที่ 4 ให้ผลผลิตใบสดน้อยที่สุด โดยให้ผลผลิตเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ ของการตัดครั้งที่ 3 (ตารางภาคผนวกที่ 4) กระถินที่เก็บเกี่ยวทุก 12 เดือนพบการตัดครั้งที่ 2 และ 3 ให้ผลผลิตใบใกล้เคียงกันแต่สูงกว่าการตัดครั้งแรก (ภาพที่ 5) สำหรับกระถินที่ตัดทุก 18 เดือน พบว่าผลผลิตใบสดในระหว่างการตัดครั้งแรกมากกว่า 2 เท่าของการตัดครั้งที่ 2 (ตารางภาคผนวกที่ 4)

3.1.2 กิ่งก้าน

ผลผลิตกิ่งก้านสดรวมใน 1 รอบของการตัด (36 เดือน) ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยผลผลิตของส่วนกิ่งก้านอยู่ระหว่าง 2,180 – 2,532 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 2)

กระถินที่เก็บเกี่ยวทุก 9 เดือน การตัดครั้งที่ 1 และ 3 ให้ผลผลิตกิ่งสดใกล้เคียงกัน อยู่ระหว่าง 676 – 646 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนการตัดในครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 4 ให้ผลผลิตกิ่งก้านสดใกล้เคียงกันแต่น้อยกว่าการเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายน และ เมษายน (ภาพที่ 5) ในขณะที่กระถินที่ตัดทุก 12 เดือน พบว่า ผลผลิตกิ่งก้านสดในการตัดครั้งที่ 2 และ 3 ให้ผลผลิตมากกว่าการตัดครั้งที่ 1 (ภาพที่ 5) และกระถินที่ตัดทุก 18 เดือน พบว่า การตัดในครั้งที่ 2 ให้ผลผลิตมากกว่าการตัดครั้งแรก (ภาพที่ 5)

3.1.3 ลำต้น

ก. ลำต้นขนาดน้อยกว่า

2.54 เซนติเมตร

กระถินที่ตัดทุก 9 เดือนให้ผลผลิตลำต้นสดที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร มากที่สุดรองลงมาได้แก่ กระถินที่ตัดทุกๆ 12 และ 18 เดือน ตามลำดับ โดยให้ผลผลิต 5,223 2,502 และ 1,624 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และไม่พบความแตกต่างในทางสถิติระหว่าง 2 ดำรับการทดลองสุดท้าย (ตารางที่ 2)

ข. ลำต้นขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตลำต้นขนาดใหญ่ (มากกว่า 2.54 เซนติเมตร) พบว่า กระถินที่ตัด ทุก 18 และ 12 เดือนให้ผลผลิตลำต้นสดที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตรไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 20,072 และ 15,564 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 2) แต่ทั้งสองความถี่ในการ ตัดให้ผลผลิตมากกว่าการตัดกระถินทุก 9 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งให้ผลผลิตเพียง 7,901 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 2)

ค. ลำต้นรวมทั้งหมด

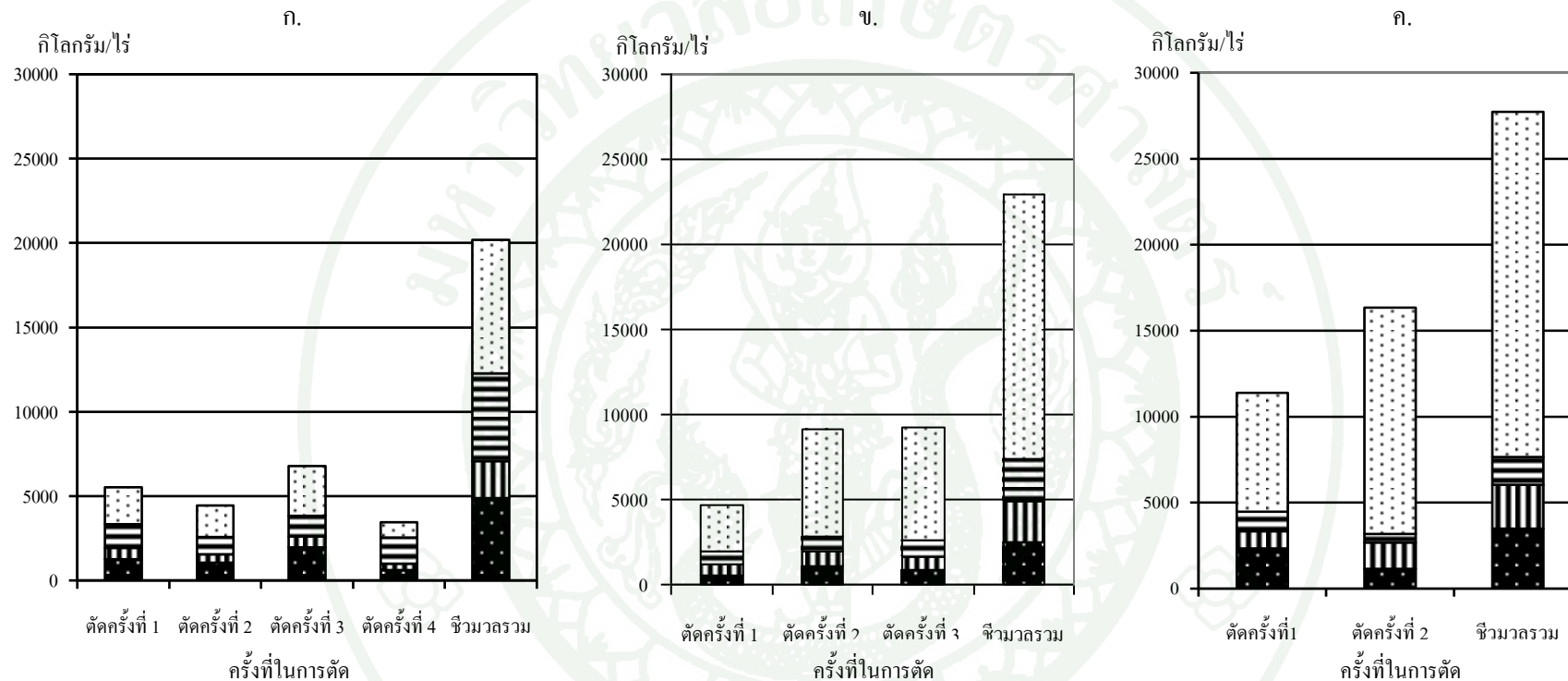
แม้ว่าแต่ละดำรับการทดลองจะมีความแตกต่างในด้านผลผลิตของแต่ละ ขนาดลำต้นแต่ไม่มีผลทำให้ผลผลิตรวมของลำต้นแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าการยืด อายุการตัดออกไปเป็น 12 และ 18 เดือนต่อครั้ง มีผลทำให้ผลผลิตลำต้นรวมมีค่าเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

ในด้านการกระจายตัวของผลผลิตลำต้นรวมสดในแต่ละครั้งของการเก็บเกี่ยว พบว่า การตัดทุก 9 เดือนมีการกระจายผลผลิตคล้ายคลึงกับการกระจายตัวของผลผลิตใบสด (ภาพที่ 5) กล่าวคือ การเก็บเกี่ยวในเดือนเมษายนให้ผลผลิตลำต้นรวมมากที่สุด และการเก็บเกี่ยวในเดือนกรกฎาคม ให้ผลผลิตน้อยที่สุด ส่วนการกระจายตัวของผลผลิตลำต้นสดของการตัดทุก 12 และ 18 เดือนมีลักษณะคล้ายคลึง คือ การเก็บเกี่ยวครั้งแรกของการตัดในแต่ละดำรับการทดลอง (5 มี.ค. 51 สำหรับทุกๆ 12 เดือน และ 23 ก.ค. 51 ทุกๆ 18 เดือน) ให้ผลผลิตน้อยกว่าการตัดในครั้งต่อไป และจะเพิ่มขึ้นในการตัดครั้งต่อไป (ภาพที่ 5)

3.1.4 ชีวมวลรวม (ใบ + กิ่งก้าน+ลำต้น)

ภายหลังการตัดกระถินครบ 1 รอบ (36 เดือน) ให้ผลผลิตน้ำหนักสดชีวมวลรวมสดไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการยืดอายุการตัดมีผลทำให้ผลผลิตสดเพิ่มขึ้นจาก 20,178 ไปเป็น 22,962 และ 27,727 (9 12 และ 18 เดือน ตามลำดับ) (ตารางที่ 2) โดยกระถินที่ตัดทุก 9 เดือน พบว่า ในการตัดครั้งที่ 1 2 3 และ 4 กระถินให้ผลผลิตชีวมวลรวมสดเท่ากับ 5,533 4,428 6,779 และ 3,439 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 5) ส่วนการตัดกระถินทุก 12 เดือน มีการกระจายผลผลิต ดังนี้ การตัดในครั้งที่ 1 2 และ 3 ให้ผลผลิต 2,932 9,104 และ 9,209 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 5) ในขณะที่กระถินที่ตัดทุก 18 เดือน ให้ผลผลิตรวมสดคือ 11,388 และ 16,339 กิโลกรัม/ไร่ ในครั้งที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 5)

ในด้านองค์ประกอบผลผลิตของแต่ละดำรับการทดลอง พบว่า ส่วนใหญ่มาจากส่วนของลำต้น รองลงมาได้แก่ ส่วนใบและกิ่งก้าน (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักสดของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันในแต่ละครั้งของการตัด ก. ตัดกระถินทุก 9 เดือน ข. ตัดกระถินทุก 12 เดือน ค. ตัดกระถินทุก 18 เดือน

หมายเหตุ

	= ใบ		= ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร
	= กิ่งก้าน		= ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ตารางที่ 2 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตน้ำหนักสด (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินที่ตัดใน
ความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันหมด

ความถี่ของการตัด (เดือน)	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า 2.54 ซม.	ต้นมากกว่า 2.54 ซม.	รวมต้น	รวม
9	4,875 a ¹	2,180	5,223 a	7,901 b	13,124	20,178
12	2,514 b	2,381	2,502 b	15,564 a	18,066	22,962
18	3,499 ab	2,532	1,624 b	20,072 a	21,696	27,727
F-test	**	ns	**	*	ns	ns
CV (%)	12.46	9.51	8.77	16.78	12.69	11.86

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

3.2 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง

3.2.1 ใบ

เมื่อพิจารณาในแง่ของน้ำหนักใบแห้ง ภายหลังจากตัด 1 รอบ (36 เดือน) พบว่า กระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันได้แก่ ตัดทุก 9 12 และ 18 เดือน ให้ผลผลิตน้ำหนักใบแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยให้ผลผลิตใบแห้งเท่ากับ 1,684 1,124 และ 1,325 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

การกระจายของผลผลิตในทุกคำรับการทดลองผลผลิตใบแห้งเป็นไปในทิศทางเดียวกับผลผลิตใบสด คือ การตัดกระถินทุก 9 เดือนการตัดในครั้งที่ 3 ให้ผลผลิตใบแห้งมากที่สุดและการตัดในครั้งที่ 4 ให้ผลผลิตน้อยสุด ส่วนการตัดทุก 12 เดือนการตัดในครั้งที่ 2 ให้ผลผลิตมากที่สุด และการตัดกระถินทุก 18 เดือนการตัดในครั้งที่ 1 ให้ผลผลิตใบแห้งมากกว่าการตัดครั้งที่ 2 (ภาพที่ 6)

3.2.2 กิ่งก้าน

กระถินที่ตัดทุก 18 เดือนมีแนวโน้มให้ผลผลิตมากที่สุด คือ 1,531 กิโลกรัม/ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันกับการตัดทุก 9 และ 12 เดือน โดยให้ผลผลิต 1,102 – 1,342 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

การกระจายของผลผลิตกิ่งก้านแห้งมีลักษณะเดียวกันกับการกระจายของผลผลิตกิ่งก้านสด โดย การตัดทุก 9 เดือน การตัดในครั้งที่ 1 และ 3 ให้ผลผลิตกิ่งก้านสดใกล้เคียงกัน ส่วนการตัดในครั้งที่ 2 และ 4 ให้ผลผลิตกิ่งก้านสดใกล้เคียงกัน ส่วนการตัดทุก 12 เดือน การตัดในครั้งที่ 2 ให้ผลผลิตกิ่งก้านมากที่สุด ของการตัดทั้งสามครั้ง และการตัดทุก 18 เดือน พบว่าผลผลิตจากการตัดครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการตัดในครั้งที่ 1 (ภาพที่ 6)

3.2.3 ลำต้น

ก. ลำต้นขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

กระถินที่ตัดบ่อยครั้งคือ 9 เดือนให้ผลผลิตลำต้นแห้งที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร มากที่สุด (2395 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 2) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกระถินที่ตัดทุก 12 และ 18 เดือน โดยให้ผลผลิต เท่ากับ 1,126 และ 2,531 ตามลำดับ และมีค่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 3)

ข. ลำต้นขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ในด้านลำต้นที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร) กระถินที่ตัดทุก 18 และ 12 เดือนให้ผลผลิตลำต้นแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 9,606 และ 7,178 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ แต่สูงกว่าการตัดกระถินทุก 9 เดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งให้ผลผลิตแห้งเพียง 3,703 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 3)

ค. ลำต้นรวมทั้งหมด

ผลผลิตลำต้นรวมทั้งขนาดเล็กและใหญ่ พบว่า ความถี่ของการตัดไม่มีผลต่อผลผลิตส่วนของลำต้นรวม (เนื้อไม้) แม้ว่าการยืดอายุการตัดออกไปจะเพิ่มขนาดลำต้นให้เพิ่มขึ้นก็ตาม (ตารางที่ 3)

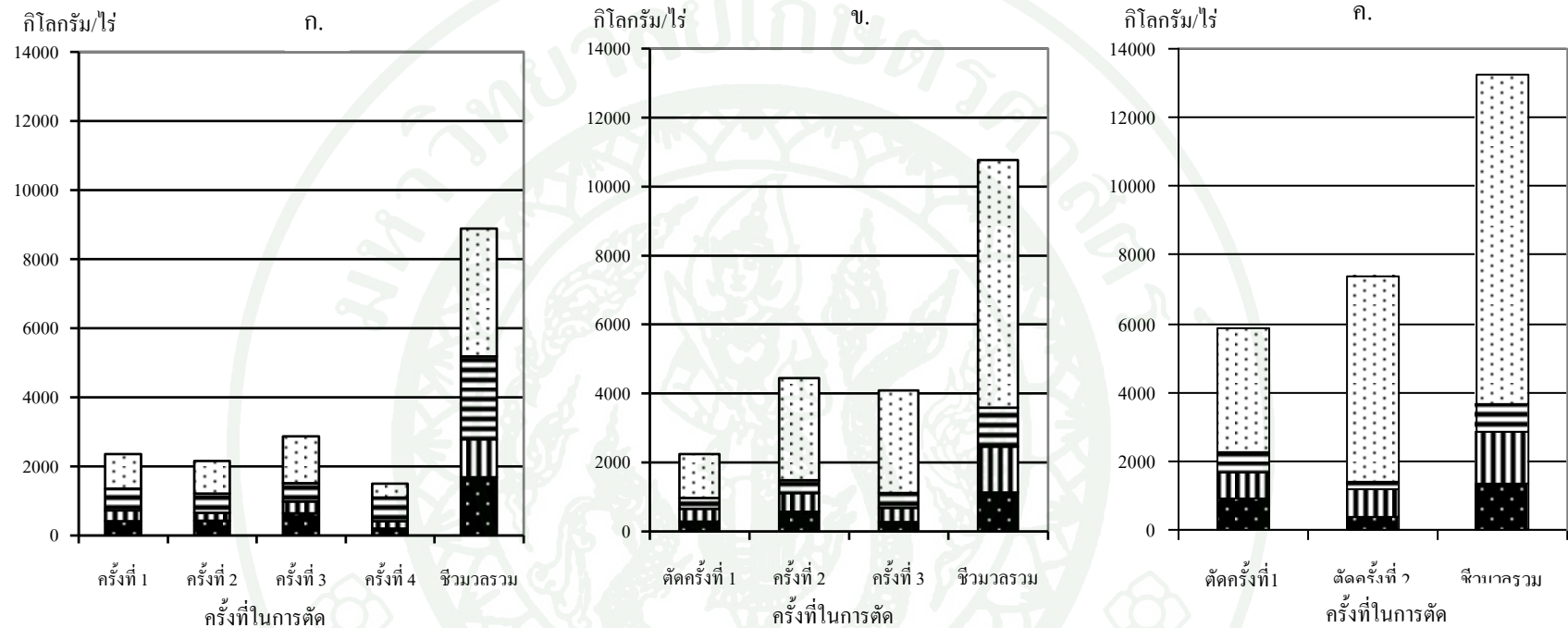
ในส่วนการกระจายของผลผลิตที่ได้รับจากการตัดแต่ละครั้ง พบว่า มีลักษณะคล้ายคลึงกับผลผลิตลำต้นสดที่ได้กล่าวไว้แล้ว

3.2.4 ชีวมวลรวม (ใบ+กิ่งก้าน+ลำต้น)

ความถี่ของการตัดไม่มีผลต่อผลผลิตชีวมวลรวม แม้ว่าการยืดอายุการตัดจะทำให้ผลผลิตชีวมวลรวมเพิ่มขึ้นก็ตาม โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8,883 - 13,268 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 3)

ในด้านการกระจายของผลผลิต พบว่า ผลผลิตรวมส่วนใหญ่มาจากการตัดครั้งที่ 1 2 และ 3 สำหรับตำรับการทดลองที่มีการตัดบ่อยครั้ง ในขณะที่ความถี่ของการตัดในระดับปานกลาง (ทุกๆ 12 เดือน) ส่วนใหญ่ได้จากการตัดครั้งที่ 2 และ 3 ในขณะที่การตัดกระถินไม้บ่อยครั้ง ผลผลิตรวมมาจากการตัดครั้งที่ 2 (ภาพที่ 6)





ภาพที่ 6 การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักแห้งของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันในแต่ละครั้งของการตัด ก. ตัดกระถินทุก 9 เดือน ข. ตัดกระถินทุก 12 เดือน ค. ตัดกระถินทุก 18 เดือน

หมายเหตุ

	= ไม้		= ลำต้นที่มีขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร
	= กิ่งก้าน		= ลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ตารางที่ 3 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตน้ำหนักแห้ง(กิโลกรัม/ไร่)ของกระถินที่ตัดใน
ความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันหมด (30 เม.ย. 53)

ความถี่ของ การตัด (เดือน)	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า 2.54 ซม.	ต้นมากกว่า 2.54 ซม.	รวมต้น	รวม
9	1,684	1,102	2,395 a ¹	3,703 b	6,098	8,883
12	1,124	1,342	1,126 b	7,178 a	8,304	10,770
18	1,325	1,531	805 b	9,606 a	10,411	13,268
F-test	ns	ns	**	*	ns	ns
CV (%)	40.33	18.10	13.00	29.10	24.30	23.34

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น
เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

4. องค์ประกอบทางเคมี

4.1 ไนโตรเจน

ปริมาณไนโตรเจนในใบ พบว่า กระจินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันเหล่านี้มีปริมาณไนโตรเจนไม่แตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3.92-4.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.2 ฟอสฟอรัส

ความถี่ในการตัดมีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในใบกระจิน โดยกระจินที่ตัดบ่อยครั้ง (ทุก 9 เดือน) มีปริมาณฟอสฟอรัสมากกว่าการยืดอายุการตัดออกไป คือ ตัดทุก 12 และ 18 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสเท่ากับ 0.16 0.11 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

4.3 โพแทสเซียม

ปริมาณโพแทสเซียมในใบกระจิน พบว่าการตัดกระจินทุก 9 เดือนมีปริมาณโพแทสเซียมสูงสุดคือ 1.14 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่แตกต่างจากการตัดกระจินทุก 18 เดือนซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียม 0.90 เปอร์เซ็นต์ แต่มากกว่าการตัดทุก 12 เดือนที่ปริมาณโพแทสเซียมเพียง 0.74 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.4 แคลเซียม

ปริมาณแคลเซียมในใบกระจินมีปริมาณตรงกันข้ามกับปริมาณโพแทสเซียม โดยกระจินที่ยืดอายุการตัดออกไปที่ 12 และ 18 เดือน มีปริมาณแคลเซียมไม่แตกต่างกัน คือ 2.91 และ 2.60 ตามลำดับ แต่มีปริมาณแคลเซียมมากกว่าการตัดบ่อยครั้งที่อายุ 9 เดือนซึ่งมีปริมาณแคลเซียมเพียง 1.80 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น (ตารางที่ 4)

4.5 แมกนีเซียม

กระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดที่ 18 เดือน พบว่า มีปริมาณเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมในใบมากที่สุดเท่ากับ 0.52 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าการตัดทุก 9 และ 12 เดือน โดยทั้งสองความถี่การตัด มีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากันคือ 0.39 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.6 ซัลเฟอร์

ในด้านของซัลเฟอร์ พบว่า การใช้ความถี่ในการตัดที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้ปริมาณซัลเฟอร์ในใบ แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.44-0.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.7 ADF

กระถินที่ตัดทุก 9 และ 18 เดือน มีปริมาณ ADF ไม่แตกต่างกัน คือมีค่าเท่ากับ 20.33 และ 21.31 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับกระถินที่ตัดทุกๆ 12 เดือน โดยมีปริมาณ ADF เพียง 16.59 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.8 NDF

ปริมาณ NDF ในส่วนใบของกระถินมีลักษณะคล้ายคลึงกับปริมาณ ADF กล่าวคือ กระถินที่ตัดทุก 9 และ 18 เดือน มีค่า ADF ไม่แตกต่างกัน คือมีค่าเท่ากับ 32.07 และ 32.48 เปอร์เซ็นต์ แต่แตกต่างทางสถิติกับกระถินที่ตัดทุกๆ 12 เดือน ซึ่งมีปริมาณ NDF เพียง 26.41 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.9 ลิกนิน

ลิกนินไม่ได้รับผลกระทบจากความถี่ของการตัด โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 8.55-9.65 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.10 เฮมิเซลลูโลส

กระถินที่ตัดทุก 9 และ 18 เดือนมีปริมาณเฮมิเซลลูโลสในส่วนใบไม้แตกต่างกัน ในขณะที่กระถินที่ตัดทุกๆ 12 เดือน มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำสุด 8.04 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

4.11 เซลลูโลส

ผลกระทบของความถี่ของการตัดมีลักษณะคล้ายคลึงกับปริมาณเฮมิเซลลูโลส กล่าวคือ กระถินที่ตัดทุกๆ 9 และ 18 เดือน มีปริมาณเซลลูโลสไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจากการตัดทุก 12 เดือน โดยมีปริมาณเซลลูโลส 11.74 11.17 และ 9.82 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีในส่วนต่างๆ ของใบกระถินที่ตัดในเวลาที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันหมด

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง)	ความถี่ของการตัด (เดือน)			F-test	CV (%)
	9	12	18		
N	4.03	3.99	3.92	ns	1.68
P	0.16 a ¹	0.11 b	0.12 b	*	9.50
K	1.14 a	0.74 b	0.90 ab	*	12.70
Ca	1.80 b	2.60 a	2.91 a	*	10.20
Mg	0.39 b	0.39 b	0.52 a	**	6.50
S	0.48	0.49	0.44	ns	9.60
ADF	20.33 a	16.59 b	21.31 a	**	4.80
NDF	32.07 a	26.41 b	32.48 a	**	3.66
ลิกนิน	9.28	8.55	9.65	ns	11.53
เฮมิเซลลูโลส	11.05 a	8.04 b	11.66 a	**	4.38
เซลลูโลส	11.74 a	9.82 b	11.17 a	*	4.15

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละแถวอนมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD
 ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
 ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.12 ความหนาแน่นของเนื้อไม้

ความหนาแน่นของเนื้อไม้มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของการตัด (ตารางที่ 5) โดย
กระถินที่ตัดทุกๆ 9 เดือนมีความหนาแน่นของเนื้อไม้ต่ำสุด 0.39 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร และ
เพิ่มขึ้นเป็น 0.42 และ 0.50 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร จากการตัดทุกๆ 12 และ 18 เดือน ตามลำดับ
(ตารางที่ 5)

4.13 ค่าพลังงานความร้อน (heat value)

สำหรับค่าพลังงานความร้อน พบว่า ความถี่ของการตัดไม้ไม่มีผลต่อค่าดังกล่าว โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4,681-4,723 แคลอรี/กรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 5) และเมื่อคิดผลผลิตค่าพลังงานใน
รูปกิโลแคลอรี/กิโลกรัม/ไร่ พบว่า กระถินที่ตัดทุก 18 เดือน (รวมการตัดทั้งหมด 2 ครั้ง) ให้ผลผลิต
ค่าพลังงานความร้อนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิตค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ
48,739 กิโลแคลอรี/ไร่ รองลงมาคือ กระถินที่ตัดทุก 12 เดือน (รวมการตัดทั้งหมด 3 ครั้ง) ให้
ผลผลิตค่าพลังงานความร้อนเท่ากับ 39,057 กิโลแคลอรี/ไร่ และกระถินที่ตัดทุก 9 เดือน (รวมการ
ตัดทั้งหมด 4 ครั้ง) ให้ผลผลิตค่าพลังงานความร้อนน้อยที่สุด คือ 28,801 กิโลแคลอรี/ไร่ ทั้งนี้
เนื่องจากความแตกต่างในด้านของผลผลิตไม้ที่ได้รับ (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ความหนาแน่น ค่าพลังงานความร้อน และผลผลิตค่าพลังงานความร้อนในส่วนลำต้น
ของกระถินที่ตัดในความถี่แตกต่างกันของรอบการตัดที่ 1

ความถี่ของการตัด (เดือน)	ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าพลังงาน ความร้อน (แคลอรี/กรัม)	ผลผลิตค่า พลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/ไร่)
9	0.39 b ¹	4,723	28,801 c
12	0.42 b	4,703	39,057 b
18	0.50 a	4,681	48,739 a
F-test	**	ns	**
CV (%)	7.32	0.10	0.77

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความ
เชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

5. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตกระถิน

5.1 ผลผลิตชีวมวลและองค์ประกอบผลผลิต

5.1.1 จำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลกับจำนวนต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ ภายหลังการตัดกับมีค่าเท่ากับ -0.850 มีค่าเป็นลบ (ตารางที่ 6) และเข้าใกล้ -1 ชีวมวลรวมกับจำนวนต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัดมีความสัมพันธ์กันสูง และมีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้าม กล่าวคือ เมื่อผลผลิตชีวมวลรวมมากขึ้นจำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัดจะลดลง

5.1.2 ขนาดลำต้น

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างชีวมวลรวมกับขนาดลำต้น มีค่าเท่ากับ 0.880 ซึ่งเป็นค่าบวก ซึ่งมีความสัมพันธ์กันสูง และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 6) จากความสัมพันธ์นี้แสดงให้เห็นว่าขนาดลำต้นที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ผลผลิตชีวมวลรวมเพิ่มขึ้น

5.1.3 ลำต้น

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้น มีค่าเท่ากับ 0.984 มีค่าเป็นบวก และเข้าใกล้ 1 กล่าวคือ ผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์กันสูงมาก และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 6)

5.2 ผลผลิตลำต้นและองค์ประกอบผลผลิต

5.2.1 จำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด

จากตารางที่ 6 พบว่า ผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้าม กับ จำนวนต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ -0.880 มีค่าเป็นลบ และเข้าใกล้ -1 กล่าวคือ เมื่อผลผลิตลำต้นมากขึ้นจำนวนลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัดจะลดลง (ตารางที่ 6)

5.2.2 ความสูง

ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตลำต้นกับความสูง มีค่าเท่ากับ 0.576 ซึ่งมีค่าเป็นบวกและเข้าใกล้ 1 กล่าวคือผลผลิตลำต้นกับความสูงมีความสัมพันธ์กัน และมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 6)

5.2.3 ขนาดลำต้น

ผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์กันสูงกับขนาดลำต้นและเป็นไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าเท่ากับ 0.881 แสดงให้เห็นว่า ขนาดลำต้นที่ใหญ่จะเพิ่มผลผลิตลำต้น (ตารางที่ 6)

5.2.4 ชีวมวลรวม

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตลำต้นกับชีวมวลรวม มีความสัมพันธ์กันสูงมาก เนื่องจากมีค่าเข้าใกล้ 1 คือ 0.984 และเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นผลผลิตลำต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลผลิตชีวมวลรวมเพิ่มมากขึ้นด้วย (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมและผลผลิตลำต้นกับองค์ประกอบผลผลิต

องค์ประกอบผลผลิต	ชีวมวลรวม	ผลผลิตลำต้น
จำนวนหน่อที่แตกขึ้นมาจากหลังการตัด (หน่อ/ตอ)	-0.850**	-0.880**
ความสูง (เซนติเมตร)	0.551	0.576*
ขนาดลำต้น (เซนติเมตร)	0.889**	0.881**
ใบ	0.534	0.394
กิ่งก้าน	0.526	0.487
ลำต้น	0.984**	-
ชีวมวลรวม	-	0.984**

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 2 อิทธิพลของความสูงในการตัดต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของกระถินเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงชีวมวล

1. สภาพภูมิอากาศ

สำหรับงานทดลองนี้ แปลงทดลองอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันกับการทดลองที่ 1 และเริ่มทดลองในช่วงระยะเวลาใกล้เคียงกันจึงทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ได้รับไม่แตกต่างกัน ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้ในงานทดลองที่ 1 (ตารางที่ 1)

2. ลักษณะของกระถินก่อนการตัด

ในระยะปลูกสร้าง 12 สัปดาห์แรกหลังเมล็ดงอก กระถินมีการเจริญเติบโตช้า แต่หลังจากนั้นกระถินเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งในด้านความสูงและขนาดของลำต้นจนกระทั่งถึงอายุการตัดประมาณ 10 เดือนหลังเมล็ดงอก กระถินมีความสูง 413-547 เซนติเมตร และมีขนาดลำต้นที่ระดับอก (130 เซนติเมตร) อยู่ระหว่าง 1.8-2.7 เซนติเมตร

ในส่วนของผลผลิตที่ได้รับจากการตัดในระดับความสูงแตกต่างกัน พบว่า กระถินที่ตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) ให้ผลผลิตชีวมวลรวมสูงสุดไม่แตกต่างจากการตัดในระดับสูง 25 เซนติเมตรแต่สูงกว่าการตัดในระดับความสูงระหว่าง 50-200 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติทั้งในสภาพน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 7) ความแตกต่างของชีวมวลรวมดังกล่าวมาจากส่วนของลำต้นเป็นสำคัญ กระถินที่ตัดสูงจากพื้นดินไม่เกิน 25 เซนติเมตร มีสัดส่วนของลำต้นสูงกว่ากระถินที่ตัดสูงจากพื้นดินระหว่าง 50-200 เซนติเมตร (ตารางที่ 7) ในขณะที่สัดส่วนของกิ่งก้านและใบทั้งในรูปน้ำหนักสดและแห้งมีปริมาณไม่แตกต่างกัน ผลผลิตชีวมวลรวมส่วนใหญ่เป็นส่วนลำต้น รองลงมาได้แก่ ส่วนใบ และกิ่งก้าน (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลผลิตน้ำหนักรากและแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินก่อนการตัดในแต่ละองค์ประกอบ

ความสูงของการตัด (เซนติเมตร)	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า 2.54 ซม.	ต้นมากกว่า 2.54 ซม.	รวมต้น	ชีวมวลรวม
น้ำหนักราก						
5	1,292	628	1,577 a ¹	1,535 a	3,111a	5,031 a
25	1,203	498	1,245 ab	1,399 ab	2,643a	4,344 ab
50	871	468	948 b	741 b	1,689b	3,028 b
100	1,073	415	972 b	640 bc	1,612b	3,100 b
200	1,244	510	770 b	759 b	1,529b	3,283 b
F-test	ns	ns	*	*	**	*
CV (%)	19.87	20.45	22.97	34.98	21.85	17.89
น้ำหนักรากแห้ง						
5	569	296	699 a	768 a	1,467 a	2,326 a
25	527	225	521 ab	633 ab	1,155 a	1,907 ab
50	403	213	391 b	361 b	752 b	1,369 b
100	509	178	415 b	290 b	705 b	1,392 b
200	563	237	320 b	360 b	680 b	1,480 b
F-test	ns	ns	*	*	**	*
CV (%)	18.01	17.45	26.57	29.58	22.01	16.36

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของแต่ละน้ำหนักรากและน้ำหนักรากแห้ง มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

3. การเจริญเติบโตภายหลังการตัด

3.1 ข้อสังเกตทั่วไป

เปลี้ยโก่งฟ้าระบาดรุนแรงในช่วงเดือน พฤศจิกายน-มกราคม ซึ่งเป็นช่วงการตัดกระถินในงานทดลองนี้ ทำให้การฟื้นตัวช้าในช่วงแรกของกระถินภายหลังการตัด ส่วนปลายยอดจะถูกทำลายเป็นส่วนใหญ่ จากการสังเกต พบว่า เปลี้ยโก่งฟ้ามักเข้าทำลายกระถินที่ตัดในระดับต่ำ (5 ซม.) มากกว่าการตัดในระดับสูง (200 ซม.) อย่างไรก็ตามเมื่อกระถินได้รับน้ำฝนการระบาดของเปลี้ยโก่งฟ้าจะลดลงและหายไปในที่สุด

3.2 จำนวนหน่อหรือกิ่งที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด

จากการสังเกต พบว่า บริเวณต่อกระถินเริ่มมีการเจริญเติบโตของหน่อหรือกิ่งใหม่แต่ยังไม่สามารถนับได้ภายในระยะเวลา 1 สัปดาห์หลังการตัด หลังจากนั้นจำนวนกิ่งใหม่มีจำนวนมากขึ้นและจากการสุ่มนับ 4 สัปดาห์แรกหลังการตัด พบว่าในทุกคำรับการทดลองมีจำนวนกิ่งใหม่ใกล้เคียงกัน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 11-12 กิ่ง/ตอ (ตารางที่ 8) หลังจากนั้นจำนวนกิ่งที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่มีจำนวนค่อนข้างคงที่ในช่วง 8-16 สัปดาห์หลังการตัดและไม่แตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อกระถินมีอายุการฟื้นตัวเพิ่มมากขึ้นจำนวนกิ่งหรือหน่อใหม่มีจำนวนลดลงและแตกต่างกันในทางสถิติระหว่างคำรับการทดลองโดยกระถินที่ตัดในระดับความสูง 5 เซนติเมตรมีจำนวนหน่อสูงสุด (11 กิ่ง/ตอ) (ตารางที่ 8) แตกต่างจากระดับการตัดที่สูงกว่านี้ ในขณะที่กระถินที่ตัดในระดับความสูงระหว่าง 100-200 เซนติเมตรมีจำนวนหน่อต่ำสุด 8 หน่อ/ตอ และเมื่อถึงอายุการเก็บเกี่ยว (1 ปีหลังการตัด) (ตารางที่ 8) กระถินที่ตัดชิดดินยังคงมีจำนวนหน่อหรือกิ่งสูงสุด 7 กิ่ง/ตอ และกระถินที่ตัดระหว่าง 50-200 เซนติเมตร มีจำนวนกิ่ง 4-5 กิ่งแต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 8)

3.3 ความสูง

ภายหลังการตัด พบว่ากระถินในทุกระดับความสูงของการตัดมีการฟื้นตัวในด้านความสูงใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่าง 59-72 เซนติเมตร ในระยะ 8 สัปดาห์แรกภายหลังการตัด หลังจากนั้นกระถินทุกคำรับการทดลองมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงเพิ่มขึ้นจนกระทั่งระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่อายุประมาณ 1 ปีหลังการตัด พบว่า กระถินที่ตัดในทุกระดับความสูงมีความสูง

ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 603-635 เซนติเมตร จากการวัดที่ระดับรอยตัดจนถึงปลายยอดสุด (ตารางที่ 9)

3.4 ขนาดลำต้น

ในช่วงการเก็บเกี่ยวภายหลังการตัด 1 ปี พบว่ากระถินที่ตัดในระดับความสูงแตกต่างกันมีขนาดลำต้นใกล้เคียงกันอยู่ระหว่าง 3.27-3.53 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 8 จำนวนหน่อ (หน่อ/ต้น) ที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ภายหลังการตัด 1 ปี ของกระถินที่ความสูงในการตัดแตกต่างกัน

ความสูงของ การตัด (เซนติเมตร)	สัปดาห์ หลังการตัด						วันเก็บเกี่ยว
	4	8	12	16	20	24	
	26 ธ.ค. 50	17 ม.ค. 51	14 ก.พ. 51	12 มี.ค. 51	10 เม.ย. 51	2 พ.ค. 51	
5	11	11	14	16	12	11 a	7
25	12	9	10	10	8	9 b	6
50	11	8	10	10	8	9 b	4
100	12	8	9	10	8	9 b	4
200	12	11	13	12	10	8 c	5
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
CV (%)	15.56	24.01	37.45	35.34	33.01	6.88	51.98

หมายเหตุ 'ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางที่ 9 การฟื้นตัวด้านความสูงและขนาดลำต้น (เซนติเมตร) ของกระถินภายหลังการตัดที่ความสูงในการตัดแตกต่างกัน

ความสูงของการตัด (เซนติเมตร)	สัปดาห์ หลังการตัด						วันเก็บเกี่ยว	
							ความสูง	ขนาดลำต้น
	8 17 ม.ค. 51	12 14 ก.พ. 51	16 12 มี.ค. 51	20 10 เม.ย. 51	24 7 พ.ค. 51	28 4 มิ.ย. 51	51 13 พ.ย. 51	51 13 พ.ย. 51
5	68	77	90	133	235	225	635	3.28
25	72	80	86	133	203	225	632	3.27
50	59	84	76	108	178	227	615	3.32
100	66	71	89	141	239	230	611	3.43
200	71	72	83	146	210	230	603	3.53
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	17.68	33.40	21.98	14.54	19.54	1.82	4.02	3.85

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

3.5 ผลผลิต

3.5.1 ผลผลิตน้ำหนัสด

3.5.1.1 ใบ

ผลผลิตใบสดภายหลังจากได้รับอิทธิพลจากความสูงของการตัดที่แตกต่างกัน พบว่า กระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดให้เหลือต่อ 200 เซนติเมตร ให้ผลผลิตใบสูงสุด 2,348 กิโลกรัม/ไร่ สูงกว่าแปลงอื่นๆที่เหลืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งให้ผลผลิตใบสดเท่ากับ 1,815 1,773 1,691 และ 1,544 กิโลกรัม/ไร่ ของการตัดที่ระดับ 5 25 50 และ 100 เซนติเมตร ตามลำดับ โดยไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 10)

3.5.1.2 กิ่งก้าน

ผลผลิตกิ่งก้านกระถินสด พบว่า กระถินที่ตัดในระดับ 200 เซนติเมตร (1,277 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ปริมาณกิ่งก้านมากกว่าการตัดในระดับ 25 และ 50 เซนติเมตร (923 และ 854 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการตัดที่ระดับ 5 และ 100 เซนติเมตร (1,110 และ 1,012 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 10)

3.5.1.3 ลำต้น

ก. ลำต้นขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

การตัดกระถินในระดับต่ำชิดดิน 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตลำต้นที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร) มากที่สุด คือ 1,931 กิโลกรัม/ไร่ และแตกต่างทางสถิติกับการตัดในระดับสูงขึ้นไปในระดับ 25 50 100 และ 200 ซึ่งให้ผลผลิตดังนี้ 1,012 1,239 976 และ 886 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

ข. ลำต้นขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ในทุกระดับการตัด ให้ผลผลิตน้ำหนักสดของลำต้นที่มีขนาด
มากกว่า 2.54 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 10)

ค. ลำต้นรวม

จากผลผลิตลำต้นที่มีขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร ทำให้ผลผลิต
ลำต้นรวมที่ได้ ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 10)

3.5.1.4 ชีวมวลรวม

ผลผลิตชีวมวลรวม พบว่า ความสูงของการตัดที่แตกต่างกันไม่มี
อิทธิพลต่อผลผลิตชีวมวลรวมสดในทางสถิติ โดยให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 9,847-10,705 กิโลกรัม/ไร่
(ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ผลผลิตน้ำหนัสด (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบภายหลังกระถิน
พื้นตัว 1 ปี

ความสูงของการตัด (เซนติเมตร)	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า 2.54 ซม.	ต้นมากกว่า 2.54 ซม.	รวมต้น	ชีวมวลรวม
5	1,815 b ¹	1,110 ab	1,931 a	4,991	6,922	9,847
25	1,773 b	923 b	1,012 b	5,446	4,658	9,155
50	1,691 b	854 b	1,239 b	3,824	5,063	7,607
100	1,544 b	1,012 ab	976 b	4,283	5,259	7,814
200	2,348 a	1,277 a	886 b	5,610	6,496	10,705
F-test	*	**	**	ns	ns	ns
CV (%)	18.15	13.51	22.71	22.13	15.62	21.12

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของแต่ละน้ำหนัสดและน้ำหนักรวม
มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

3.5.2 ผลผลิตน้ำหนักร้าง

3.5.2.1 ใบ

ความสูงของการตัดทุกระดับ ไม่มีผลต่อผลผลิตใบแห้งในทางสถิติ โดยมีค่าระหว่าง 539-884 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 11)

3.5.2.2 กิ่งก้าน

ปริมาณของกิ่งก้านแห้งจากการตัดสูง 200 เซนติเมตร มีปริมาณสูงกว่าแปลงที่ตัดสูง 25 และ 50 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกับการตัดที่ระดับ 5 และ 100 เซนติเมตร (ตารางที่ 11)

3.5.2.3 ลำต้น

ก. ลำต้นขนาดน้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร

การตัดในระดับชิดดิน 5 เซนติเมตร ให้ผลผลิตน้ำหนักร้างส่วนของลำต้นขนาดเล็กมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยให้ผลผลิตเท่ากับ 845 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนการตัดในระดับ 25 50 100 และ 200 ให้ผลผลิตเท่ากับ 432 511 421 และ 384 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

ข. ลำต้นขนาดมากกว่า 2.54 เซนติเมตร

ผลผลิตน้ำหนักร้างในส่วนลำต้นที่มีขนาดใหญ่ไม่ได้รับอิทธิพลจากระดับความสูงของการตัดที่แตกต่างกัน (ตารางที่ 11)

ค. ลำต้นรวม

การตัดกระถินในระดับ 5 200 และ 25 เซนติเมตร ให้ผลผลิตลำต้นรวมแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยให้ผลผลิต 3,084 2,926 และ 2,721 กิโลกรัม/ไร่

ตามลำดับ แต่มากกว่าการตัดกระถินในระดับ 50 และ 100 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยให้ผลผลิตเท่ากับ 2,130 และ 2,199 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

3.5.2.4 ชีวมวลรวม

อิทธิพลจากความสูงของการตัดที่แตกต่างกันไม่ทำให้ผลผลิตชีวมวลรวมต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 3,119-4,352 กิโลกรัม/ไร่ (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัม/ไร่) ของกระถินในแต่ละองค์ประกอบภายหลังกระถินพื้นตัว 1 ปี

ความสูงของการตัด (เซนติเมตร)	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า 2.54 ซม.	ต้นมากกว่า 2.54 ซม.	รวมต้น	ชีวมวลรวม
5	726	502ab	845a	2,239	3,084a	4,312
25	539	387bc	432b	2,289	2,721ab	3,647
50	650	340c	511b	1,619	2,130b	3,119
100	642	418abc	412b	1,786	2,199b	3,258
200	884	543a	384b	2,541	2,926a	4,352
F-test	ns	*	**	ns	*	ns
CV (%)	26.69	19.75	23.21	22.08	18.14	16.03

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของแต่ละน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD
 ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
 ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

4. องค์ประกอบทางเคมี

4.1 ไนโตรเจน

ความสูงของการตัดในระดับต่างๆ คือ 5 25 50 100 และ 200 เซนติเมตร ไม่มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนในใบกระถิน โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 4.03-3.63 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.2 ฟอสฟอรัส

ความสูงในการตัดที่แตกต่างกัน ไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณฟอสฟอรัสในใบ โดยมีค่าอยู่ช่วง 0.17-0.19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.3 โพแทสเซียม

ความสูงของการตัดมีผลกระทบต่อปริมาณโพแทสเซียม โดยกระถินที่ตัดสูง 200 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุด คือ 1.03 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างทางสถิติกับการตัดที่ระดับ 5 50 และ 100 เซนติเมตร ซึ่งมีปริมาณโพแทสเซียมเท่ากับ 0.83 0.57 และ 0.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกับการตัดในระดับ 25 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

4.4 แคลเซียม

ปริมาณแคลเซียมในใบกระถิน พบว่า ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียมในใบ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.80-2.19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.5 แมกนีเซียม

ปริมาณแมกนีเซียมในใบกระถิน พบว่า การตัดที่ระดับ 50 เซนติเมตร มีปริมาณแมกนีเซียมมากที่สุด คือ 0.47 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากการตัดในระดับการตัดที่ 25 และ 100 เซนติเมตร แต่แตกต่างทางสถิติกับการตัดที่ระดับ 5 และ 200 เซนติเมตรที่มีปริมาณแมกนีเซียมเท่ากันคือ 0.40 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.6 ชัลเฟอร์

จากการวิเคราะห์ปริมาณชัลเฟอร์ในใบกระถิน พบว่า ความสูงในการตัดในระดับที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลต่อปริมาณชัลเฟอร์ในใบ ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.35-0.44 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.7 ADF

ความสูงของการตัดมีผลต่อปริมาณ ADF ในส่วนของใบ โดยกระถินที่ตัดสูง 200 เซนติเมตร มีปริมาณ ADF สูงกว่าการตัดในระดับ 25 และ 100 เซนติเมตรอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 24.54 21.34 และ 21.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับแต่ใกล้เคียงกับการตัดในระดับ 5 และ 50 เซนติเมตร (ตารางที่ 12)

4.8 NDF

ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณเชื้อใย NDF ในใบ แม้ว่าการตัดในระดับความสูง 100 เซนติเมตรมีปริมาณ NDF ก่อนข้างต่ำโดยมีค่าระหว่าง 29.16-34.02 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.9 ลิกนิน

จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณลิกนินในใบกระถินทุกระดับความสูงของการตัดมีปริมาณที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งพบอยู่ระหว่าง 10.60-10.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.10 เฮมิเซลลูโลส

ปริมาณเฮมิเซลลูโลสในใบกระถินที่วิเคราะห์ พบว่า การตัดกระถินในระดับความสูงแตกต่างกันไม่ทำให้ปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 7.68-12.68 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)

4.11 เซลลูโลส

ปริมาณเซลลูโลสที่วิเคราะห์ได้จากใบกระถิน พบว่า การตัดกระถินในความสูงที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณเซลลูโลส ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 10.73-13.38 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12)



ตารางที่ 12 องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) ในส่วนต่างๆ ของใบกระถินภายหลังจาก
กระถินได้รับอิทธิพลจากการตัดที่ระดับความสูงแตกต่างกัน

องค์ประกอบ ทางเคมี	ความสูงของการตัด (เซนติเมตร)					F-test	CV (%)
	5	25	50	100	200		
N	4.03	3.90	3.73	3.77	3.63	ns	4.24
P	0.19	0.18	0.18	0.17	0.17	ns	7.25
K	0.83 b ¹	0.89 ab	0.57 c	0.67 c	1.03 a	**	10.95
Ca	2.04	2.17	2.19	2.11	1.80	ns	11.27
Mg	0.40 b	0.43 ab	0.47 a	0.45 a	0.40 b	*	5.41
S	0.37	0.35	0.37	0.44	0.42	ns	13.02
ADF	22.58 ab	21.34 b	22.81 ab	21.47 b	24.54 a	*	4.57
NDF	32.43	34.02	33.12	29.16	33.57	ns	10.29
ลิกนิน	10.60	10.61	10.75	10.62	10.86	ns	4.78
เฮมิเซลลูโลส	9.85	12.68	10.31	7.68	9.03	ns	30.46
เซลลูโลส	11.98	10.73	12.06	10.85	13.38	ns	8.92

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์ของแต่ละน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

4.12 ความหนาแน่นของเนื้อไม้

ความสูงในการตัดไม้มีผลต่อความหนาแน่นเนื้อไม้ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50-0.59 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 13)

4.13 ค่าพลังงานความร้อน (heat value)

สำหรับค่าพลังงานความร้อน พบว่า ความสูงในการตัดที่ระดับ 5 25 50 100 และ 200 เซนติเมตรไม้มีผลต่อค่าพลังงานความร้อนในส่วนของเนื้อไม้ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 4,757-4,833 แคลอรี/กรัม และเมื่อคิดเป็นปริมาณความร้อนที่ผลิตในพื้นที่ 1 ไร่ พบว่า กระถินที่ตัดในระดับความสูง 5 และ 200 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่า 14,670 และ 13,957 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกับการตัดในระดับ 25 เซนติเมตร (13,152 กิโลแคลอรี/ไร่) แต่แตกต่างกับการตัดในระดับความสูง 100 และ 50 เซนติเมตรโดยมีค่าผลผลิตพลังงานความร้อนเท่ากับ 10,570 และ 10,265 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ความหนาแน่นของเนื้อไม้ ค่าพลังงานความร้อนของไม้ ในส่วนลำต้นของกระถิน ภายหลังจากการตัดกระถินได้รับอิทธิพลจากการตัดที่ระดับความสูงแตกต่างกัน

ความสูงการตัด (เซนติเมตร)	ความหนาแน่นของเนื้อไม้ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	ค่าพลังงานความร้อน (แคลอรี/กรัม)	ผลผลิตค่าพลังงานความร้อน (กิโลแคลอรี/ไร่)
5	0.59	4,757	14,670 a
25	0.55	4,833	13,152 ab
50	0.55	4,820	10,265 b
100	0.54	4,807	10,570 b
200	0.50	4,770	13,957 a
F-test	ns	ns	*
CV (%)	10.00	0.89	16.63

หมายเหตุ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

5. ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตกระถินภายหลังการฟื้นตัว 1 ปี

5.1 ผลผลิตชีวมวลรวมและองค์ประกอบผลผลิต

5.1.1 ความสูง

จากตารางที่ 14 พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมกับความสูงมีความสัมพันธ์กันไปในทางเดียวกัน มีค่าเป็นบวก เท่ากับ 0.606 ซึ่งมีค่าเป็นบวก

5.1.2 ขนาดลำต้น

ผลผลิตชีวมวลรวมและขนาดลำต้นมีความสัมพันธ์กันเล็กน้อย และไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่าเป็นบวกเท่ากับ 0.264 (ตารางที่ 14)

5.1.3 ใบ

ผลผลิตชีวมวลรวมมีความสัมพันธ์ค่อนข้างสูงกับผลผลิตใบ โดยมีค่าเท่ากับ 0.747 (ตารางที่ 14) ซึ่งมีค่าเป็นบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

5.1.4 กิ่งก้าน

ผลผลิตชีวมวลรวมมีความสัมพันธ์กันไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตกิ่งก้าน โดยมีค่าค่อนข้างสูงเท่ากับ 0.914 และมีค่าเป็นบวก แสดงให้เห็นว่า ผลผลิตชีวมวลรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลผลิตส่วนกิ่งก้านเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 14)

5.1.5 ลำต้น

จากตารางที่ 14 พบว่า ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตชีวมวลกับผลผลิตลำต้น มีค่าเข้าใกล้ 1 สูงถึง 0.951 แสดงให้เห็นว่าผลผลิตชีวมวลรวมกับผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์กันสูงมาก กล่าวคือ ผลผลิตชีวมวลรวมของกระถินจะเพิ่มขึ้นเมื่อผลผลิตลำต้นมากขึ้น

5.2 ผลผลิตลำต้นและองค์ประกอบผลผลิต

5.2.1 ความสูง

ค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตลำต้นกับความสูง มีค่าเท่ากับ 0.625 มีค่าเป็นบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 ผลผลิตชีวมวลรวมกับความสูงมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 14)

5.2.2 ขนาดลำต้น

จากตารางที่ 14 พบว่า ผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์กับขนาดลำต้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากมีค่าเพียง 0.116 และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน

5.2.3 ใบ

ผลผลิตของลำต้นมีความสัมพันธ์กับผลผลิตใบ เนื่องจากมีค่าเท่ากับ 0.510 (ตารางที่ 14) ซึ่งมีค่าเป็นบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน

5.2.4 กิ่งก้าน

ผลผลิตลำต้นมีความสัมพันธ์สูงและ มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลผลิตกิ่งก้าน มีค่าเท่ากับ 0.813 ซึ่งมีค่าเป็นบวก (ตารางที่ 14)

5.2.5 ชีวมวลรวม

ผลที่ได้จากการหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตลำต้นกับชีวมวลรวมมีค่าเท่ากับ 0.951 ซึ่งเป็นค่าบวก และมีค่าเข้าใกล้ 1 มาก กล่าวคือเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีกับผลผลิตชีวมวลรวมความสัมพันธ์มาก และมีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 14 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างผลผลิตชีวมวลรวมและผลผลิตลำต้นกับองค์ประกอบผลผลิต

องค์ประกอบผลผลิต	ชีวมวลรวม	ผลผลิตลำต้น
จำนวนหน่อ/ลำต้นที่แตกขึ้นมาใหม่ (ต้น/ตอ)	0.442	0.162
ความสูง (เซนติเมตร)	0.606**	0.625**
ขนาดลำต้น	0.264	0.116
ใบ	0.747**	0.510*
กิ่งก้าน	0.914**	0.813**
ลำต้น	0.951**	-
ชีวมวลรวม	-	0.951**

หมายเหตุ * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

วิจารณ์

1. การเจริญเติบโตในด้านความสูง ขนาดลำต้นและจำนวนหน่อใหม่

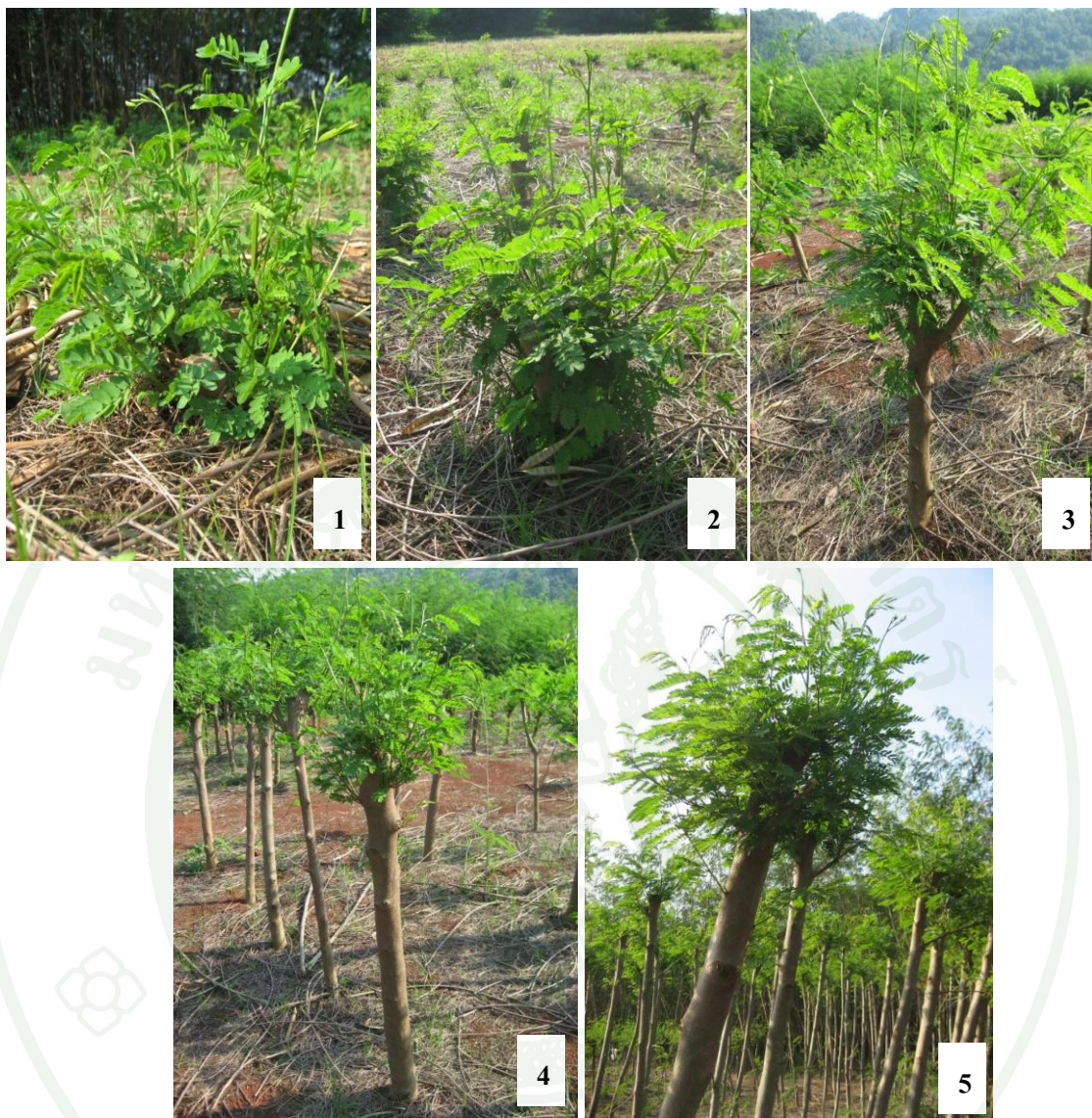
ในงานทดลองที่ 1 ภายหลังจากเมล็ดงอกในทุกคำรับการทดลองกระถินมีการเจริญเติบโตช้า เช่นเดียวกับการรายงานของ Ferraris (1979); NAS (1984) ที่กล่าวว่ากระถินเป็นพืชที่มีเจริญเติบโตช้าในระยะแรกของการปลูก (ประมาณ 3 เดือนแรก) จากนั้นเมื่อพิจารณาถึงการกระจายตัวของการเจริญเติบโตด้านความสูง พบว่า ภายหลังจากตัดในครั้งแรกของการตัดทุก 9 เดือน (22 พ.ย. 50) กระถินมีการเจริญเติบโตด้านความสูงช้าเนื่องจากตัดในเดือนพฤศจิกายนซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้งทำให้กระถินได้รับน้ำฝนในปริมาณที่น้อย (ภาพที่ 2) อีกทั้งในช่วงเดือนดังกล่าวนี้มีการแพร่ระบาดของเพลี้ยไก่อไฟา โดยจะเข้าทำลายส่วยปลายยอด Intari *et al.* (1992) พบว่าเพลี้ยไก่อไฟาจะระบาดรุนแรงในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และการทำลายของเพลี้ยไก่อไฟาจะมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงมากกว่าผลผลิตชีวมวลรวม (Darma *et al.*, 1992) ในขณะที่ภายหลังจากตัดในครั้งอื่นๆ ในทุกคำรับการทดลองมีการฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว เป็นผลมาจากช่วงเวลาในการตัดส่วนใหญ่อยู่ในช่วงฤดูฝนทำให้กระถินได้รับน้ำฝนเต็มที่ ทำให้ความสูงของกระถินหลังการตัดแต่ละครั้งแปรผันตามปริมาณน้ำฝนที่ได้รับ อย่างไรก็ตามเมื่อกระถินมีการฟื้นตัวขึ้นมาใหม่ในช่วงเวลาเดียวกัน ภายหลังจากตัดพร้อมกันหมด (30 ม.ค. 53) กระถินมีการเจริญเติบโตด้านความสูงไม่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าความถี่ของการตัดไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงของกระถิน หลังจากผ่านการตัดมาแล้ว 4 3 และ 2 ครั้งในแปลงที่ตัดทุกๆ 9 12 และ 18 เดือน ตามลำดับ

การเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้น ภายหลังจากเมล็ดงอก กระถินมีขนาดลำต้นใกล้เคียงกัน และภายหลังจากตัดในแต่ละครั้ง พบว่า การตัดกระถินบ่อยครั้งคือทุก 9 เดือน กระถินมีขนาดลำต้นเล็กและมีขนาดใกล้เคียงกันในทุกครั้งของการตัด แต่เมื่อยืดอายุการตัดออกไปที่อายุ 12 และ 18 เดือน กระถินมีการเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นที่ใหญ่กว่า เนื่องจากมีระยะเวลาในการเจริญเติบโตยาวนานมากกว่า การเพิ่มขนาดของลำต้นมีความสำคัญยิ่งต่อการนำไปใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน กระถินที่เพิ่มขนาดลำต้นได้เร็วจะช่วยให้เกษตรกรสามารถตัดได้เร็วขึ้น ซึ่งขนาดลำต้นที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในเครื่อง gasifier มีขนาดตั้งแต่ 2.5 เซนติเมตรขึ้นไป (วีรชัย และคณะ, 2551) จากภาพที่ 3 จะเห็นได้ว่ากระถินที่ตัดบ่อยครั้งทุก 9 เดือน ส่วนใหญ่มีขนาดลำต้นไม่เหมาะสม เมื่อ

เปรียบเทียบกับกระถินที่ตัดทุกๆ 12 และ 18 เดือน ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า กระถินที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานควรตัดอย่างน้อยทุกๆ 10 เดือนขึ้นไป เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและยังเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้น โดยผ่านการเพิ่มความสูง (ตารางที่ 14)

ในด้านจำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ ภายหลังการตัดในแต่ละครั้งของทุกการทดลอง การฟื้นตัวของต้นส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำฝน และฤดูกาล โดย Denton and Nickell (1985) พบว่าปริมาณน้ำฝนส่งผลต่อการขึ้นลงของอัตราการเจริญเติบโตของกระถินชั้ญตลอดช่วงเวลา 4 ปี อย่างไรก็ตามแม้ว่าการฟื้นตัวในช่วงแรกหลังการตัดจำนวนหน่อที่แตกออกมาใหม่ของกระถินจะมีจำนวนเล็กน้อยแตกต่างกัน แต่จำนวนหน่อที่ยังคงสามารถเจริญเติบโตเป็นลำต้นเพื่อใช้ในการผลิตพลังงานชีวมวลยังคงเหลืออยู่เพียง 2-3 หน่อ/ต้น ในทุกครั้งของการตัดในแต่ละการทดลอง ยกเว้นการตัดในครั้งที่ 2 ของการตัดทุก 9 เดือน ที่กระถินยังคงเหลือจำนวนหน่อมากถึง 5 หน่อ/ต้น แสดงให้เห็นว่าการตัดบ่อยครั้ง (9 เดือน) ถึงแม้จะมีจำนวนหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่เป็นจำนวนมาก แต่มีขนาดลำต้นเล็ก (ตารางที่ 3) เพราะพืชมีการแข่งขันระหว่างหน่อสูง พงษ์ศักดิ์ และคณะ (2538) รายงานว่าการแย่งแย่งปัจจัยการเจริญเติบโตที่รุนแรงมีผลทำให้ต้นพืชที่อ่อนแอถูกกำจัดออกไปโดยกระบวนการตามธรรมชาติ และส่งผลต่อขนาดลำต้นกระถินในที่สุด จึงทำให้การตัดการตัดบ่อยทุก 9 เดือน ได้ลำต้นขนาดเล็กซึ่งอาจไม่เหมาะสมนำไปใช้ผลิตเป็นพลังงานชีวมวลซึ่งต้องมีขนาด 2.5 ขึ้นไป (วีรชัย และคณะ, 2551) แต่การยืดอายุการตัดออกไปมากกว่า 12 เดือน แม้จะเหลือจำนวนหน่อเล็กน้อยในวันเก็บเกี่ยว แต่กระถินมีการเจริญเติบโตด้านความสูง และลำต้นมีขนาดใหญ่ ส่งผลให้ผลผลิตสูงตามไปด้วย

ในด้านความสูงของการตัด (งานทดลองที่ 2) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลกระทบต่อจำนวนหน่อที่แตกขึ้นมาใหม่ ขนาดลำต้น และความสูงของกระถิน โดยในระหว่างการเก็บเกี่ยว กระถินมีจำนวนหน่อที่ยังคงเหลืออยู่ระหว่าง 4-7 หน่อ/ต้น 3.27-3.53 เซนติเมตร และ 603-635 เซนติเมตร ตามลำดับ Latt *et al.* (2000) รายงานว่า ระยะแรกของการแตกหน่อของกระถิน อาหารสำรองที่ใช้สำหรับการแตกหน่อได้มาจากส่วนตอมมากกว่าส่วนราก Erdmann *et al.* (1993) รายงานว่าการตัดแค่ครึ่งในระดับ 0 25 และ 100 เซนติเมตร จากพื้นดิน การฟื้นตัวในช่วงระยะแรกหลังการตัดพืชจะใช้อาหารจำพวกแป้งที่สะสมในลำต้น ในถั่วพืชอาหารสัตว์ลูเซียน Ueno and Smith (1970) รายงานว่า อาหารสำรองเพียงหนึ่งในสามเท่านั้นที่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตหลังการตัด ดังนั้น การที่ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อการฟื้นตัวของกระถินในงานทดลองนี้อาจเนื่องมาจาก อาหารสำรองในลำต้นที่เหลืออยู่มีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการในการใช้เพื่อการแตกหน่อใหม่ เพราะกระถินที่ตัดมีอายุถึง 1 ปี และการตัดแต่ละครั้งก็ยาวนานพอที่จะสะสมอาหารได้



ภาพที่ 7 การฟื้นตัวของกระถินหลังการตัดในแต่ละความสูงของการตัด 1. ตัดกระถินที่ระดับ 5 เซนติเมตร 2. ตัดกระถินที่ระดับ 25 เซนติเมตร 3. ตัดกระถินที่ระดับ 50 เซนติเมตร 4. ตัดกระถินที่ระดับ 100 เซนติเมตร 5. ตัดกระถินที่ระดับ 200 เซนติเมตร

2. ผลผลิตชีวมวลของกระถิน

จากผลการทดลอง (ตารางที่ 2 และ 3) พบว่า ผลผลิตชีวมวลรวมที่ได้ส่วนใหญ่มาจากส่วนของเนื้อไม้ ในทุกความถี่ของการตัด การยืดความถี่ของการตัดออกไปจาก 9 เดือน ไปเป็น 18 เดือน มีแนวโน้มให้ผลผลิตชีวมวลรวมและองค์ประกอบผลผลิตเพิ่มขึ้น ยกเว้นส่วนใบทั้งในรูปน้ำหนักสดและแห้ง ทั้งนี้เนื่องจากผลผลิตส่วนใหญ่มาจากส่วนลำต้นและกิ่งก้าน สอดคล้องกับ Tewari *et al.* (2004) ที่กล่าวว่า ผลผลิตชีวมวลรวมจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตามอายุการตัดที่มากขึ้น กล่าวคือ การตัดที่อายุ 36 เดือนให้ผลผลิตมากกว่าการตัดที่อายุ 30 24 20 18 16 14 และ 12 เดือน ตามลำดับ เช่นเดียวกับ Ella *et al.*, (2000) รายงานว่า การยืดอายุการตัดออกไปจาก 13 เดือนไปเป็น 15 17 19 และ 21 เดือน ผลผลิตชีวมวลรวมจะเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

กระถินที่ตัดบ่อยครั้ง (ทุกๆ 9 เดือน) ให้ผลผลิตในส่วนที่เป็นไม้เพียง 72.7 และ 60.5 เปอร์เซ็นต์ ของกระถินที่ตัดทุกๆ 12 และ 18 เดือน ผลการทดลองจึงแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าการยืดอายุการตัดไปทำให้ได้ส่วนที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานสูงขึ้น Karim *et al.* (1991) และ Latt *et al.* (2000) พบว่าความถี่ของการตัดมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของลำต้นของกระถินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การตัดกระถินบ่อยครั้งทำให้ได้ผลผลิตส่วนที่เป็นลำต้นลดลงตรงกันข้ามกับส่วนใบซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น ดังนั้นเกษตรกรจึงน่าจะได้ประโยชน์มากกว่าจากการยืดอายุการตัดและยังประหยัดแรงงานจากการตัดได้อีกด้วย นอกจากนั้นส่วนลำต้นที่ได้ยังมีขนาดใหญ่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เป็นพลังงาน (ภาพที่ 3) อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติการตัดโดยใช้ความถี่มากกว่า 12 เดือน เกษตรกรต้องมีเงินทุนมากพอที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้ ดังนั้นการตัดกระถินทุกๆ ปีจึงน่าจะมีความเหมาะสมมากกว่า เพราะมีรายได้ประจำ ผลการทดลองนี้ยังชี้ให้เห็นว่ากระถินสามารถยืดหยุ่นในด้านอายุการตัดได้โดยไม่มีผลกระทบต่อรายได้ของเกษตรกร (ตารางที่ 15) โดยเฉพาะในกรณีเกษตรกรมีฐานะดี สามารถปลูกกระถินทิ้งไว้และเก็บเกี่ยวในภายหลัง ซึ่งจากงานวิจัยของ กานต์ระวี (2553) พบว่า การเก็บเกี่ยวกระถินอายุ 3 ปี ให้ผลผลิตชีวมวลรวมถึง 26 ตัน/ไร่ และคิดเป็นเนื้อไม้สดได้ถึง 23 ตัน/ไร่

การตัดกระถินบ่อยครั้ง (ทุกๆ 9 เดือน) ทำให้ได้ผลผลิตส่วนใบสูงกว่าการยืดอายุการตัดออกไป ทั้งในรูปน้ำหนักสด (4,875 กิโลกรัม/ไร่) และแห้ง (1,684 กิโลกรัม/ไร่) (ตารางที่ 2 และ 3) สอดคล้องกับ งานวิจัยของธีรารักษ์ดี และคณะ (2546) ที่รายงานว่าการตัดกระถินระยะสั้นๆ (ทุกๆ 60 วัน) มักให้ผลผลิตใบมากกว่าลำต้น เช่นเดียวกับ ชิต และคณะ (2547) และ ฉายแสง และคณะ (2548 ก) ที่พบว่า กระถินที่มีระยะการตัดสั้น 2-3 เดือนจะให้ผลผลิตใบแห้งอยู่ในช่วง 807-1,320

และ 1258-3,520 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และให้ผลผลิตลำต้นอยู่ในช่วง 507-1656 และ 2,320-7,000 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมในแต่ละครั้งของช่วงการตัดฟันซึ่ง Hegde (1982) รายงานว่าภายใต้สภาพแห้งแล้งจะทำให้กระถินลดขนาดและจำนวนของใบย่อย นอกจากนี้สมคิด และคณะ (2522) ยังพบว่าการปลูกกระถินเพื่อเก็บผลผลิตใบสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์นั้น ปริมาณ น้ำฝนจะมีผลอย่างมากต่อผลผลิตใบกระถิน อย่างไรก็ตามแม้ว่าผลผลิตใบจะลดลงบ้างในการยืดอายุการตัดออกไปเป็น 18 เดือน แต่ลดลงเพียง 21.3% ในขณะที่ใบเพิ่มส่วนที่เป็นเนื้อไม้ถึง 70% จึงทำให้เกษตรกรได้รับผลตอบแทนมากกว่า (ตารางที่ 15)

ในงานทดลองที่ 2 ผลผลิตชีวมวลรวมที่ได้ส่วนใหญ่มาจากผลผลิตส่วนของเนื้อไม้ เช่นเดียวกับงานทดลองที่ 1 และจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ากระถินที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานสามารถตัดในระดับชิดดิน (5 เซนติเมตร) ได้โดยไม่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตรวมทั้งส่วนที่นำไปใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิง ทั้งนี้เนื่องจากกระถินมีระยะเวลาฟื้นตัวภายหลังการตัดหนึ่งปีทำให้สามารถเจริญเติบโตได้ทันกับกระถินที่ตัดในระดับสูงกว่านี้ ตรงกันข้ามกับการปลูกเพื่อใช้ส่วนใบไปเป็นอาหารสัตว์ต้องตัดในระดับสูงกว่า 50 เซนติเมตร เพราะกระถินมีรอบการตัดสั้น 1-3 เดือน จำเป็นที่จะต้องมีการสำรองพอเพียงต่อการฟื้นตัว ซึ่ง Tudsri *et al.* (2002) พบว่า การตัดกระถินสูงจากพื้นดิน 25 เซนติเมตร มีการฟื้นตัวและให้ผลผลิตใบดีกว่าการตัดในระดับ 10 เซนติเมตร ในขณะที่ Sampet and Pattaro (1987) รายงานว่า การตัดกระถินในระดับ 50 เซนติเมตรให้ผลผลิตแห้งชีวมวลรวมสูงกว่าการตัดที่ระดับ 25 เซนติเมตร

การตัดในระดับ 5 เซนติเมตรในปีแรกทำให้ได้ผลผลิตส่วนของลำต้นรวมสูงสุดทั้งในสภาพของน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 8) แต่ในปีที่ 2 ภายหลังการตัดที่ระดับต่างๆ กระถินมีระยะเวลาการฟื้นตัว 1 ปี ทำให้กระถินมีโอกาสฟื้นตัวได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้ ความสูง-ต่ำ ของการตัดไม่มีผลกระทบต่อผลผลิตส่วนของลำต้นของกระถินไม่ว่าจะตัดชิดดิน (5 เซนติเมตร) หรือตัดสูงจากพื้นดิน 200 เซนติเมตร จากงานวิจัยนี้จึงอาจสรุปได้ว่าความสูงที่เหมาะสมในการตัดกระถินที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงาน ควรอยู่ในระดับความสูง 5 เซนติเมตร แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้มีระยะเวลา 2 ปี จึงควรมีการศึกษาในระยะยาวต่อไป

3. องค์ประกอบทางเคมี

3.1 องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อคุณค่าทางอาหารสัตว์

3.1.1 แร่ธาตุ

กระถินในทุกความถี่และความสูงของการตัดเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ โดยพบว่าส่วนใบมีปริมาณไนโตรเจนอยู่ในช่วง 3.92-4.03 และ 3.63-4.03 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อคิดเป็นโปรตีนจะมีค่าอยู่ระหว่าง 25.18-24.5 และ 22.68-25.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4 และตารางที่ 12) อย่างไรก็ตามการตัดกระถินบ่อยครั้ง (9 เดือน) มีแนวโน้มที่ให้ปริมาณไนโตรเจนสูง ซึ่งจากงานทดลองของชิตและคณะ (2547) พบว่า การตัดกระถินบ่อยครั้งคือทุกๆ 2 เดือน มีปริมาณโปรตีนมากกว่าการตัดทุกๆ 3 และ 4 เดือน สอดคล้องกับ Costa and Paulino (1995) ที่กล่าวว่า การใช้ความถี่ในการตัดที่ระยะสั้นกว่าจะทำให้ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ในด้านความสูงของการตัด สายพันธ์ และชนิด (2545) รายงานว่า ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีนรวม จากทั้งสองงานทดลองนี้มีปริมาณไนโตรเจนมากกว่าการทดลองของ Liu Guodao *et al.* (1994) โดยพบว่ามีปริมาณโปรตีนอยู่ระหว่าง 12.81-18.56 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโปรตีนที่ได้จากกระถินทั้งสองงานทดลองนี้ยังเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อการดำรงชีวิต (8-10 เปอร์เซ็นต์) เพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (12-25 เปอร์เซ็นต์) และเพียงพอสำหรับโคที่มีการให้น้ำนม (15 เปอร์เซ็นต์) (Norton *et al.*, 1995; Tudsri, 2004) Milford and Minson (1966) รายงานว่า การกินได้ของสัตว์จะลดลงถ้าเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารหยาบมีค่าน้อยกว่า 7 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณฟอสฟอรัสเป็นอีกธาตุหนึ่งที่มีความสำคัญต่อผลผลิตสัตว์ โดยเฉพาะโคนม จากมาตรฐาน NRC กำหนดไว้คือ ระดับฟอสฟอรัสในอาหารสัตว์ควรมีค่าระหว่าง 0.20-0.34 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งงานทดลองในประเทศไทยเกี่ยวกับการนำกระถินไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ส่วนใหญ่พบว่า ปริมาณฟอสฟอรัสที่วิเคราะห์ได้จากใบมีปริมาณต่ำ และในบางงานทดลองพบว่าฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำกว่าความต้องการของสัตว์ทั้งในโคเนื้อ และโคนม ที่ต้องการ (ชินจิต, 2540) เช่นเดียวกับงานทดลองครั้งนี้ จากงานทดลองที่ 1 พบว่า เมื่อยืดอายุการตัดออกไปจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสลดลง โดยการตัด 9 12 และ 18 เดือน มีปริมาณฟอสฟอรัส 0.16 0.11 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดย Tudsri *et al.* (2002) รายงานว่า ปริมาณฟอสฟอรัสมีอยู่มากในส่วนของเมล็ด และมีในใบอ่อนมากกว่าในใบแก่ ปริมาณฟอสฟอรัสในใบจะมีค่าลดลงเมื่อพืชอายุมากขึ้น สอดคล้องกับ Vanlauwe *et al.* (2001) พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสในใบกระถินจะลดลง

เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจาก 1-2 เดือนไปเป็น 10-11 เดือน ส่วนงานทดลองที่ 2 พบว่า ในทุกความสูงของการตัดมีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ระหว่าง 0.17-0.19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) อย่างไรก็ตามทั้งสองการทดลองนี้ก็ยังมียปริมาณฟอสฟอรัสที่ไม่เพียงพอทั้งโคนเนื้อและโคนม

ด้านการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมจากงานทดลองที่ 1 มีลักษณะคล้ายคลึงกับการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส กล่าวคือ การยืดอายุการตัดออกไปจะทำให้ปริมาณโพแทสเซียมลดลง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 1.14 0.74 และ 0.90 เปอร์เซ็นต์ ในการตัดทุก 9 12 และ 18 เดือน ตามลำดับ (ตารางที่ 4) โดยทั่วไปหญ้าอ่อนจะมีโพแทสเซียมมากกว่าหญ้าแก่ พิไลวรรณ และคณะ (2532) พบว่า หญ้ารุ่นที่มีอายุน้อย คือ 30 วัน ให้ปริมาณโพแทสเซียมมากกว่าหญ้าที่มีอายุมาก คือ 45 และ 60 วัน ตามลำดับ ส่วนงานทดลองที่ 2 พบว่า การตัดกระถินในระดับสูง 200 เซนติเมตร มีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าการตัดในระดับต่ำกว่า (ตารางที่ 12) แต่สาขันธ์ และชื่นจิต (2545) กล่าวว่า ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมทั้งในส่วนของลำต้น และใบกระถิน อย่างไรก็ตามแม้ว่าทั้งสองการทดลองนี้มีปริมาณโพแทสเซียมในปริมาณที่ต่ำ แต่เพียงพอต่อการนำไปใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งต้องการโพแทสเซียม 0.6-0.7 เปอร์เซ็นต์ (Armstrong, 1998)

ธาตุแคลเซียมที่มีอยู่ในพืชนั้นส่วนใหญ่จะมีอยู่ที่ใบมากกว่าลำต้น เมล็ดชัยพิช เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง จะมีแคลเซียมน้อยมาก และในพืชตระกูลหญ้าจะมีแคลเซียมน้อยกว่าพืชตระกูลถั่ว เช่น จากการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุในพืชอาหารสัตว์ พิไลวรรณ และคณะ (2532) ได้เปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมของหญ้าและถั่วอาหารสัตว์ พบว่า หญ้ารุ่น อายุ 45 วัน มีแคลเซียม 0.56 เปอร์เซ็นต์ แต่ต้นถั่วลิสงมีแคลเซียมสูงถึง 1.80 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับสาขันธ์ และคณะ (2546) ที่ได้วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของใบกระถินเปรียบเทียบกับใบหญ้าเขตร้อน (หญ้ารุ่น หญ้าเนเปียร์ และหญ้าเนเปียร์แคระ) พบว่า ใบกระถินมีปริมาณแคลเซียมสูงกว่าหญ้าเกือบ 2 เท่า โดยมีค่าระหว่าง 0.66-1.57 เปอร์เซ็นต์ แต่ในหญ้ามียาค่าระหว่าง 0.32-0.73 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นความถี่ในการตัดยังมีผลต่อปริมาณแคลเซียมในกระถินเช่นกัน โดยจากงานทดลองที่ 1 การยืดอายุการตัดออกไปทำให้ปริมาณแคลเซียมเพิ่มมากขึ้น โดยการตัดทุก 18 12 และ 9 เดือน มีปริมาณแคลเซียม 2.91 2.60 และ 1.80 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เช่นเดียวกับชิต และคณะ (2547) ที่พบว่า การยืดอายุการตัดออกไปจะทำให้ปริมาณแคลเซียมเพิ่มมากขึ้น โดยการตัดที่อายุ 4 เดือน จะมีปริมาณแคลเซียม (0.99 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าการตัดที่อายุ 2 เดือน (0.80 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่กระถินที่ปลูกในประเทศไนจีเรีย Adeneye (1979) พบว่าใบกระถินแถมมีปริมาณแคลเซียมเท่ากับ 2.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนงานทดลองที่ 2 ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณแคลเซียม ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.80-2.19 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) อย่างไรก็ตามปริมาณแคลเซียมที่วิเคราะห์ได้จากทั้ง 2 งานทดลองนี้ มี

ปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์ที่ต้องการแคลเซียม 0.19-0.40 เปอร์เซ็นต์ (Dalzell *et al.*, 1998)

พืชตระกูลถั่วจะมีปริมาณแมกนีเซียมมากกว่าพืชตระกูลหญ้าเช่นเดียวกับแคลเซียม แต่จากการสำรวจปริมาณแมกนีเซียมของหญ้าในประเทศไทย พบว่า มีปริมาณพอเพียงต่อความต้องการของสัตว์คือ มีค่าระหว่าง 0.19-0.30 เปอร์เซ็นต์ ฉายแสง และคณะ (2548 ข) รายงานว่าในถั่วอัลฟาฟ่าทั้ง 24 สายพันธุ์ที่ทดลองโดยการตัดทุกๆ 40 วันพบแมกนีเซียมตั้งแต่ 0.28-0.42 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การทดลองที่ 1 การตัดทุก 18 เดือนมีปริมาณแคลเซียมมากกว่าการตัดทุก 12 และ 9 เดือน โดยมีค่า 0.52 0.39 และ 0.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ซึ่งปริมาณแมกนีเซียมที่ได้จากถั่วทั้ง 2 ชนิด (อัลฟาฟ่า และกระถิน) มีมากกว่าในหญ้าอะตราดัมที่ตัดอายุ 60 วัน และหญ้ากินนีสีม่วงที่ตัดทุกๆ 45 วัน โดยได้รับธาตุอาหารหลัก และรองอย่างครบถ้วน (0.31 และ 0.13 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) (พิสุทธิ และคณะ, 2545; สมศักดิ์ และคณะ, 2546) ขณะที่ Adeneye (1979) พบว่าใบกระถินแก่จะมีปริมาณแมกนีเซียมสูงถึง 0.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่างจากสาขัณฑ์และคณะ (2546) รายงานว่าการยืดอกการตัดของกระถินออกไป จะทำให้ปริมาณแมกนีเซียมลดลง ในด้านความสูงของการตัด พบว่า การตัดที่ระดับ 50 -100 เซนติเมตร (0.47-0.45 เปอร์เซ็นต์) มีปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่าการตัดระดับอื่น (ตารางที่ 12) ในขณะที่ อัยฎาภรณ์ (2552) ทดลองตัดกระถินที่ระดับ 50 เซนติเมตรจากพื้นดิน ใช้กระถินพันธุ์ทาร์มบ้า พบแมกนีเซียมในใบ 0.32 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นการนำใบกระถินไปใช้เลี้ยงสัตว์ พบว่าใบกระถินที่ได้จากทุกความถี่และความสูงของการตัดสามารถนำไปใช้เลี้ยงโคได้เป็นอย่างดี เนื่องจากระดับแมกนีเซียมที่ได้จากทั้งสองการทดลองมีปริมาณที่มากพอ ซึ่งในโคนมมีความต้องการธาตุแมกนีเซียมเพียง 0.19 เปอร์เซ็นต์ในโคนมที่ให้น้ำนม 6-14 กิโลกรัม/วัน และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ในโคนมที่มีน้ำหนักตัว 300-500 กิโลกรัม (Dalzell *et al.*, 1998)

ซัลเฟอร์ที่ได้จากการทดลองที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.44-0.48 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) ในขณะที่การทดลองที่ 2 มีปริมาณซัลเฟอร์อยู่ระหว่าง 0.37-0.44 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการทดลองของ Dalzell *et al.* (1998) พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าที่ทดลองมีปริมาณซัลเฟอร์สูงถึง 0.52 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณซัลเฟอร์ที่ได้จากทั้งสองการทดลองนี้ มีปริมาณมากกว่าในถั่วอาหารสัตว์ที่กองอาหารสัตว์ได้รายงานไว้ และมากกว่าในถั่วอัลฟาฟ่าที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ในต่างประเทศ (0.26 เปอร์เซ็นต์) NRC ซึ่งระดับซัลเฟอร์ที่ใช้ความถี่และความสูงในการตัดแตกต่างกันเพียงพอต่อความต้องการของสัตว์โดยเฉพาะ โคที่ต้องการซัลเฟอร์ในปริมาณ 0.15-

0.20 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2547; Dalzell *et. al.*, 1998) และมีปริมาณมากพอต่อความต้องการของโคที่เพิ่งออกลูก และเพื่อการผลิตน้ำนม (0.29 เปอร์เซ็นต์)

3.1.2 ADF NDF และ ลิกนิน

Acid Detergent Fiber (ADF) เป็นค่าที่วัดเฉพาะส่วนของเซลลูโลส และลิกนิน ในพืช ปริมาณ ADF จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณส่วนที่ย่อยยาก และส่วนที่ย่อยไม่ได้ของพืชว่ามากน้อยเพียงใด ทั้ง NDF และ ADF เป็นส่วนของเยื่อใยที่มีพืชผลิตขึ้นมา ดังนั้นเมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้นค่าทั้ง 2 ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากการทดลองความถี่ของการตัดกระถินของ ชิต และคณะ (2547) พบว่า เมื่อเพิ่มระยะเวลาการตัดกระถินจาก 2 3 และ 4 เดือน ปริมาณ ADF จะเพิ่มขึ้นเท่ากับ 22.8, 25.0 และ 25.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน Arora *et al.* (1986) พบว่า กระถินแต่ละสายพันธุ์ที่ทดสอบจากการตัดที่อายุ 75 วัน มีปริมาณ ADF อยู่ระหว่าง 18.8- 22.3 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Vanlauwe *et al.* (2001) ที่รายงานว่ามีปริมาณ ADF เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่ออายุเพิ่มขึ้นจาก 1-2 เดือนเป็น 10-11 เดือน โดยที่อายุ 10-11 เดือน ใบกระถินมีปริมาณ ADF ประมาณ 34 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Balogun and Otchere (1995) ใช้กระถินพันธุ์ Cunningham ที่ตัดเมื่ออายุ 18-24 เดือนในการทดสอบการกินของแกะ พบว่ามีปริมาณ ADF ประมาณ 25.66 เปอร์เซ็นต์ ที่เป็นเช่นนี้เพราะว่า ADF เป็นส่วนของเยื่อใยที่มีพืชผลิตขึ้นมา เมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้นปริมาณ ADF ก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เช่นเดียวกับในงานทดลองที่ 1 กระถินที่ตัดทุก 18 เดือนมีปริมาณ ADF เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการตัดทุก 9 เดือน (ตารางที่ 4) ในด้านความสูงของการตัดมีปริมาณ ADF อยู่ระหว่าง 21.34-24.54 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) ในขณะที่ นิดา (2553) ได้ทดลองตัดกระถินระดับซิดดิน 5 เซนติเมตร ของกระถิน 54 พันธุ์/สายพันธุ์ พบว่า กระถินพันธุ์ทาร์มบ้ามีปริมาณ ADF 19.48 เปอร์เซ็นต์ ส่วน อัญญาภรณ์ (2552) ได้ตัดกระถินสูงจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร พบว่ากระถินพันธุ์ทาร์มบ้าให้ปริมาณ ADF 25.70 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามปริมาณ ADF ที่ได้จากทั้งสองงานทดลองนี้ก็ยังคงเพียงพอต่อการนำไปเลี้ยงสัตว์ กานดา และคณะ (2547) รายงานว่าโคนมควรจะได้รับปริมาณ ADF ไม่ต่ำกว่า 19 เปอร์เซ็นต์ เพราะหากต่ำกว่านี้อาจมีผลทำให้ไขมันในน้ำนมลดลง

Neutral detergent fiber (NDF) เป็นค่าที่วิเคราะห์รวมเอาส่วนประกอบของผนังเซลล์ คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และ ลิกนิน ที่สามารถใช้ประเมินการกินได้ของสัตว์ ซึ่งปกติสัตว์กระเพาะเคี้ยวจะไม่สามารถย่อยส่วนประกอบของผนังเซลล์เหล่านี้ได้ หรือย่อยได้เป็นบางส่วน แต่จะมีประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเพราะในกระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสได้ (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป.; Kerley, 2004) โดยทั่วไป เมื่อ

พืชอายุมากขึ้นจึงทำให้มีปริมาณ NDF เพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดลองที่ 1 การยืดอายุการตัดของพืชออกไปทำให้มีปริมาณ NDF มากขึ้น (ตารางที่ 4) ซึ่งปริมาณ NDF หรือแม้กระทั่งธาตุอาหารอื่นๆจะมีปริมาณมากหรือน้อย แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดพืช อายุพืช ส่วนต่างๆ ของพืช ตลอดจนฤดูกาลที่เก็บเกี่ยว (Smith, 1991) นอกจากนี้ยังพบว่า พืชตระกูลถั่วมักจะมีปริมาณ NDF น้อยกว่าหญ้า (Dalzell *et al.*, 1998) เช่นในการรายงานของ Smith (1991) พบว่าหญ้างินนิสีมีปริมาณ NDF เท่ากับ 76.0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่กระถินมีปริมาณ NDF เพียง 42.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความสูงของการตัดกระถินในระดับต่างๆ มีปริมาณ NDF อยู่ในช่วง 29.16-34.02 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) NDF ที่ต่ำสุดถึงสูงสุดที่จำเป็นต่อความต้องการในการคงเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำมัน และค่าความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมักของสัตว์อยู่ที่ 25-27 ถึง 46 เปอร์เซ็นต์ (Seglar and Mahanna, n.d.; Kerley, 2004) ดังนั้นกระถินที่ใช้ในการศึกษาทั้งสองการทดลองนี้จึงมีความเหมาะสม และสามารถนำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้

Acid Detergent Lignin (ADL) หรือ ลิกนิน เป็นส่วนที่อยู่ในส่วนของผนังเซลล์ซึ่งสัตว์ทั้งกระเพาะเดี่ยว และกระเพาะรวมไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นหากมีลิกนินอยู่ที่ผนังเซลล์พืชมากจะเป็นการจำกัดการย่อยได้ของเส้นใยชนิดอื่น (ลักษณะ และคณะ, 2541; พิมพ์พร และคณะ, 2543) และหากพืชชนิดใดมีเปอร์เซ็นต์ลิกนินมาก การย่อยได้ก็จะลดลงตามเปอร์เซ็นต์ลิกนินที่เพิ่มขึ้น (Stokes and Prostko, n.d.) Vanlauwe *et al.* (2001) รายงานว่าเมื่อกระถินมีอายุเพิ่มขึ้นจาก 1-2 เดือนเป็น 10-11 เดือน ทำให้ปริมาณลิกนินเพิ่มขึ้นมากถึง 3 เท่า จากงานทดลองที่ 1 ความถี่ของการตัดที่ 18 เดือนปริมาณลิกนินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการตัดทุก 9 เดือน แต่ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 4) ในด้านความสูงของการตัดปริมาณลิกนินไม่แตกต่างกันในทุกระดับการตัด (ตารางที่ 12) อย่างไรก็ตามนอกจากอายุพืชที่ทำให้ปริมาณลิกนินที่สะสมมีเพิ่มขึ้นยังมีปัจจัยอื่นๆอีก ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นในดิน แสง และความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Kenneth and Jung, 2001)

ในงานทดลองที่ 1 พบว่าการยืดอายุการตัดออกไปจะทำให้มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4) เช่นเดียวกับทดลองอื่นที่พบว่า ปริมาณเฮมิเซลลูโลสจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืชเช่นเดียวกับเชื้อใยที่พบในพืชทั่วไป และโดยปกติมักพบในพืชตระกูลหญ้ามากกว่าถั่ว (กานดา และคณะ, 2547; วิทยา และคณะ, 2547) ฉายแสง และคณะ (2547) รายงานว่ากระถินในแต่ละสายพันธุ์มีเฮมิเซลลูโลสแตกต่างกันตั้งแต่ 3.62-13.68 เปอร์เซ็นต์ จากการตัดทั้งหมด 8 ครั้งทุกๆ 4 เดือน ในขณะที่หญ้างาในสกุล *Brachiaria*, *Panicum*, *Paspalum* และ *Setaria* มีปริมาณถึง 23.91-34.24 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัดทุกๆ 60 วัน (ศรัณยา และคณะ, 2535) ส่วนในงานทดลองที่ 2 ความสูงในการตัดไม่มีผลกระทบต่อปริมาณเฮมิเซลลูโลสในใบ โดยมีค่าระหว่าง 7.68-12.68 เปอร์เซ็นต์

(ตารางที่ 12) และมีปริมาณมากกว่างานวิจัยของ Garcia *et. al.* (1996) ที่รายงานว่ากระถินที่ใช้เลี้ยงสัตว์มีปริมาณเฮมิเซลลูโลสต่ำประมาณ 2.01-7.4 เปอร์เซ็นต์

เซลลูโลสเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างในส่วนผนังเซลล์ของพืชที่สัตว์ไม่สามารถย่อยได้ ต้องอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะช่วยในการย่อย อีกทั้ง เซลลูโลส ยังสามารถจับตัวกับลิกนินได้จึงทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลสลดลง (ศรัณยา และคณะ, 2535; Belyea and Ricketts, 1993) เซลลูโลสจะเพิ่มขึ้นตามอายุพืช โดยเฉพาะในส่วนลำต้นของหญ้าเมื่ออายุเพิ่มขึ้นปริมาณ เซลลูโลส จะเพิ่มขึ้นมากกว่าในถั่ว (Boxton and Brasche, 1991) จากการทดลองที่ 1 พบว่า การตัดทุก 18 เดือนมีปริมาณเซลลูโลสใกล้เคียงกับการตัดทุก 9 (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากในงานทดลองนี้วิเคราะห์เฉพาะส่วนใบและก้านที่มีสีเขียวจึงทำให้ปริมาณเซลลูโลสเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ในขณะที่ความสูงของการตัดไม่มีผลต่อปริมาณเซลลูโลส โดยมีค่าระหว่าง 10.73-13.38 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 12) และเมื่อเทียบกับงานทดลองอื่นกระถินในงานทดลองนี้มีค่าใกล้เคียงกับการวิจัยของ พิมพาพร และคณะ (2538) ที่รายงานว่า กระถินมีปริมาณเซลลูโลส 10.64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับ ทองกลาง ถั่วมะแฮะ ไมยราบ และแคฝรั่ง ที่มีปริมาณเซลลูโลสมากถึง 20.08, 16.10, 14.97 และ 13.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

3.2 องค์ประกอบทางเคมีที่มีผลต่อการนำไปใช้เป็นพลังงาน

3.2.1 ค่าพลังงานความร้อน

ค่าพลังงานความร้อน ในกรณีใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานนั้น

Lewandowski และ Kicherer (1997) รายงานว่า ชีวมวลควรให้ค่าความร้อนมากกว่า 3.35 กิโลแคลอรี/กรัม หรือ 14,000 กิโลจูล/กิโลกรัม จากผลการศึกษาเรื่องความถี่ของการตัด พบว่า ทุกความถี่ของการตัดมีค่าความร้อนสูงกว่าค่ามาตรฐาน โดยมีค่าระหว่าง 4.6-4.7 กิโลแคลอรี/กรัม (ตารางที่ 5) เช่นเดียวกับความสูงของการตัด ให้ค่าพลังงานความร้อนใกล้เคียงกัน โดยมีค่าระหว่าง 4.8-4.8 กิโลแคลอรี (ตารางที่ 13) ซึ่งค่าพลังงานความร้อนที่ได้จากทั้งสองงานทดลองนี้ มีค่าใกล้เคียงกันกับไม้กระถินอายุ 1.5 ปี ที่ปลูกที่เชียงใหม่ ซึ่งมีค่าความร้อนเท่ากับ 4.77 กิโลแคลอรี/กรัม (Kovitvadh and Yantasath, 1982) ส่วน Hartoyo (1982) ศึกษากระถินสายพันธุ์ K28 เป็นแหล่งเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า พบว่า ให้พลังงานความร้อนได้ 4.4 กิโลแคลอรี/กรัม

3.2.2 ค่าความหนาแน่นเนื้อไม้

ความแน่นของเนื้อไม้เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของไม้ เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและเกี่ยวข้องโดยตรงกับลักษณะคุณภาพอื่นๆของไม้ เช่น การอัดตัวของไม้ กำลังด้านการดึง (Tensile strength) และค่าพลังงานความร้อน (Pottinger *et al.*, 1998) จากงานทดลองที่ 1 การตัดบ่อยครั้งทุก 9 และ 12 เดือนมีค่าความหนาแน่นเนื้อไม้ต่ำกว่าการยี่ดอายุการตัดออกไปที่ 18 เดือน (ตารางที่ 5) สอดคล้องกับ Kovitvadhi and Yantasath (1982) และ Ryan (1994) ที่รายงานว่าพืชที่มีอายุน้อยจะมีความหนาแน่นของเนื้อไม้ต่ำ Laxamana (1981) รายงานเช่นเดียวกันว่ากระถินสายพันธุ์ K28 มีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้ที่อายุ 2 4 และ 6 ปี เท่ากับ 0.518 0.569 และ 0.634 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ในด้านความสูงของการตัด ในงานทดลองที่ 2 ให้ค่าความหนาแน่นไม้แตกต่างกัน โดยมีค่าระหว่าง 0.50 -0.59 (ตารางที่ 13) ใกล้เคียงกันกับ Van Den Beldt and Brewbaker รายงานว่า กระถินที่ทดสอบมีค่าความหนาแน่นของเนื้อไม้อยู่ระหว่าง 0.45-0.55 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นของเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับแหล่งที่ปลูก ภูมิอากาศ และสภาพการปลูกด้วย (Ketterings *et al.*, 2001)

4. ผลตอบแทนจากการปลูกกระถิน

4.1 ผลตอบแทนระหว่างการตัดถี่กับการตัดห่าง

จากข้อมูลในงานทดลองที่ 1 ได้นำมาวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ โดยใช้ความถี่ในการตัดที่แตกต่างกันโดยตัดทุก 9 เดือน (รวม 4 ครั้ง) ทุก 12 เดือน (รวม 3 ครั้ง) และ ทุก 18 เดือน (รวม 2 ครั้ง) โดยใช้ไม้หน้ากสดของไม้ (wood stem) เป็นตัวชี้วัด โดยผลตอบแทนในส่วน ของไม้มีรายได้ 10,496 14,448 และ 17,352 บาทต่อไร่ และถ้ารวมผลพลอยได้จากส่วนใบ ทำให้เกษตรกรมีรายได้รวมถึง 30,096 24,448 และ 31,352 บาท/ไร่ เมื่อพิจารณาในด้านผลกำไรการตัดบ่อยครั้งจะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยวมากกว่าการยี่ดอายุการตัดออกไป แม้ว่าการยี่ดอายุการตัดออกไปจะใช้แรงงานในการเก็บเกี่ยวมากกว่าก็ตาม แต่มีจำนวนการเก็บเกี่ยวเพียง 2 ครั้ง เมื่อเทียบกับกระถินที่ตัดทุกๆ 9 เดือน ซึ่งต้องตัดถึง 4 ครั้งด้วยกันใน 36 เดือน โดยการตัดทุก 9 12 และ 18 เดือน มีค่าใช้จ่ายในการเก็บเกี่ยว 4,800 (ใช้แรงงาน 8 คน/ครั้ง) 4,500 (10 คน/ครั้ง) และ 3,600 บาท/ไร่ (12 คน/ครั้ง) ตามลำดับ ทำให้มีผลกำไร 21,566 16,218 และ 24,022 ตามลำดับ (ตารางที่ 15) อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในด้านการนำไปใช้เป็นพลังงาน รายได้มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ มาจากการขายส่วนไม้มากกว่าส่วนใบที่เป็นผลพลอยได้ ยกเว้นการตัดทุก 9 เดือน ที่รายได้ส่วนใหญ่

มาจากส่วนของใบ ซึ่งให้เห็นว่าการการตัดทุกๆ 9 เดือน เป็นอายุการตัดที่เหมาะสมในการนำใบไปใช้เป็นพืชอาหารสัตว์มากกว่าการนำลำต้นไปผลิตเป็นพลังงาน

ตารางที่ 15 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการตัดกระถินในอายุแตกต่างกัน โดยตัดทุก 9 เดือน (รวม 4 ครั้ง) 12 เดือน (รวม 3 ครั้ง) และ 18 เดือน (รวม 2 ครั้ง) (บาท/ไร่)

รายการ	ความถี่ของการตัด		
	9 เดือน	12 เดือน	18 เดือน
ต้นทุน			
1. การเตรียมดิน	850	850	850
2. เมล็ดพันธุ์	480	480	480
3. ปุ๋ยเคมี	800	800	800
4. ปลุก (หยอดเมล็ดโดยตรง)	400	400	400
5. กำจัดวัชพืช (2 ครั้ง)(4 คน/ไร่/ครั้ง)	1,200	1,200	1,200
6. เก็บเกี่ยว	4,800	4,500	3,600
รวมต้นทุน	8,530	8,230	7,330
รายได้			
1. ผลผลิตไม้สด (ตัน/ไร่)	13.12	18.06	21.69
2. ผลผลิตใบแห้ง (ตัน/ไร่)	4.9	2.5	3.5
3. รายได้จากไม้ต้นละ 800 บาท	10,496	14,448	17,352
4. รายได้จากใบต้นละ 4,000 บาท	19,600	10,000	14,000
รวม	30,096	24,448	31,352
กำไร (บาท/ไร่)	21,566	16,218	24,022

หมายเหตุ การเก็บเกี่ยวในแต่ละครั้ง กระถินที่ตัดทุก 9 เดือนใช้แรงงานคน 8 คน ตัดทุก 12 เดือนใช้แรงงานคน 10 คน และ ตัดทุก 18 เดือนใช้แรงงานคน 12 คน

4.2 ผลตอบแทนระหว่างการตัดระดับต่ำกับการตัดระดับสูง

จากข้อมูลในงานทดลองที่ 2 ได้นำมาวิเคราะห์ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจ โดยใช้ระดับความสูงในการตัดที่แตกต่างกัน ตัดระดับต่ำ (5 เซนติเมตร) กับตัดระดับสูง (200 เซนติเมตร) โดยใช้น้ำหนักสดของไม้ (wood stem) เป็นตัวชี้วัด ในระยะปีที่ 1 ถ้าพิจารณาจากรายได้เฉพาะไม้ แต่เพียงอย่างเดียว การตัดในระดับต่ำจะขาดทุนน้อยกว่าการตัดในระดับสูง โดยคิดใบเป็นผลตอบแทนด้วย โดยยังไม่หักค่าขนส่งไม้ และในปีที่ 2 ต้นทุนการผลิตลดลงมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ผลผลิตในปีที่ 2 ในส่วนที่จะนำไปใช้เป็นพลังงานเพิ่มขึ้น เป็น 6.9 และ 6.5 ตัน/ไร่ ดังนั้นผลตอบแทนในปีที่ 2 เฉพาะการจำหน่ายไม้ได้ผลตอบแทน 5,520 และ 5,200 บาท/ไร่ (ตารางที่ 16) และถ้าพิจารณารวมทั้งใบ จะได้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นเป็น 6,440 บาท และ 6,720 บาท สำหรับการใช้ความสูงในการตัดต่ำ (5 เซนติเมตร) และความสูงในการตัดสูง (200 เซนติเมตร) ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีระยะเวลาเพียง 2 ปี ข้อมูลที่ได้จึงเป็นข้อมูลที่อยู่ในระยะเบื้องต้น ควรศึกษาต่อในระยะยาว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนยิ่งขึ้น ทั้งในด้านผลผลิตมวลชีวภาพ การฟื้นตัว การให้พลังงาน และแนวทางการจัดการ เพื่อประกอบในการตัดสินใจในการผลิตกระถินเพื่อใช้เป็นพืชพลังงานทดแทน

ตารางที่ 16 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการตัดกระถินในระดับความสูงที่แตกต่างกัน ตัดต่ำ (5 เซนติเมตร)และ การตัดในระดับสูง (200 เซนติเมตร) (บาท/ไร่)

รายการ	ปีที่ 1		ปีที่ 2	
	ตัดต่ำ	ตัดสูง	ตัดต่ำ	ตัดสูง
<u>ต้นทุน</u>				
1. การเตรียมดิน	850	850	-	-
2. เมล็ดพันธุ์	480	480	-	-
3. ปุ๋ย	800	800	800	800
4. ปลูกร (หยอดเมล็ดโดยตรง)	400	400	-	-
5. กำจัดวัชพืช	1,200	1,200	-	-
6. เก็บเกี่ยว	1,200	1,200	1,200	1,200
รวมต้นทุน	4,930	4,930	2,000	2,000
<u>รายได้</u>				
7. ผลผลิตไม้สด (ตัน/ไร่)	3.1	1.5	6.9	6.5
8. ผลผลิตใบแห้ง (ตัน/ไร่)	0.57	0.56	0.73	0.88
9. รายได้จากไม้ต้นละ 800 บาท	2,480	1,200	5,520	5,200
10. รายได้จากใบ ต้นละ 4,00 บาท	2,280	2,240	2,920	3,520
รวม	4,760	3,440	8,440	8,720
กำไร (บาท/ไร่)	-170	-1,490	6,440	6,720

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การตัดกระถินทุก 18 เดือนให้ความสูงของลำต้น และ ขนาดลำต้น มากที่สุด เมื่อครบ 1 รอบการตัด ส่วนกระถินที่ตัดทุก 9 เดือนให้จำนวนการแตกหน่อภายหลังการตัดมากที่สุด ในด้าน ผลผลิต ทุกความถี่ของการตัดให้ผลผลิตชีวมวลรวมสดและแห้งไม่แตกต่างกัน และการตัดทุก 9 เดือนในผลผลิตใบสดมากที่สุด ส่วนความสูงของการตัดในระดับที่แตกต่างกัน กระถินมีการ เจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดลำต้น และจำนวนหน่อที่แตกออกมาใหม่ภายหลังการตัดใกล้เคียง กัน โดยปีเริ่มแรกกระถินที่ตัดในระดับชิดดินให้ผลผลิตชีวมวลรวมสดมากที่สุด แต่เมื่อกระถิน ได้รับอิทธิพลจากความสูงของการตัดแตกต่างกันกระถินให้ผลผลิตชีวมวลรวมทั้งน้ำหนักสดและ แห้งใกล้เคียงกัน ดังนั้นกระถินที่ปลูกเพื่อใช้เป็นพลังงานควรตัดอย่างน้อยทุก 12 เดือน โดยการตัด ชิดดิน

2. การใช้ความถี่ของการตัดที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อ ไนโตรเจน ซัลเฟอร์ และลิกนิน ส่วน การตัดทุก 9 เดือนมีปริมาณ ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงที่สุด ส่วนการตัดทุก 18 เดือนมีปริมาณ แคลเซียม แมกนีเซียม ADF NDF เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส สูงสุด ในด้านคุณภาพเนื้อไม้ การตัด ทุก 18 เดือนให้ค่าความหนาแน่นเนื้อไม้สูงสุด แต่ความถี่ของการตัดไม่มีผลกระทบต่อค่าพลังงาน ความร้อนของไม้กระถิน ส่วนความสูงของการตัดในระดับแตกต่างกันไม่มีผลต่อ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม ซัลเฟอร์ NDF ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ความหนาแน่น เนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อน ส่วนการตัดในระดับ 50 เซนติเมตรมีปริมาณแมกนีเซียมสูงสุด และการตัดที่ระดับ 200 เซนติเมตร มีปริมาณ ADF สูงสุด

ข้อเสนอแนะ

1. ผลผลิตชีวมวลที่ได้เป็นเพียง 1 รอบการตัดเท่านั้นสำหรับความถี่ของการตัด และการปลูกเพียง 2 ปีสำหรับความสูงของการตัด ดังนั้นจึงน่าจะมีการศึกษาในรอบการตัดและปีต่อไป เพื่อศึกษาผลของความถี่และความสูงของการตัดที่มีต่อผลผลิต และการฟื้นตัวภายหลังการตัดในระยะยาว
2. การทดลองในครั้งนี้ศึกษาที่ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ จ.นครราชสีมา เพียงแห่งเดียว ซึ่งดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ดังนั้นจึงควรมีการปลูกทดลองสถานที่อื่นๆ ที่มีสภาพแวดล้อมแตกต่างกันออกไป ซึ่งอาจให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

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

กระทรวงพลังงาน. 2549. **รายงานประจำปี 2549 กระทรวงพลังงาน**. กระทรวงพลังงาน. แหล่งที่มา: <http://www.energy.go.th/Index.aspx?MenuID=143>, 9 สิงหาคม 2551.

กานดา นาคมนิ, ศรีธยา วิทยานุกาพเย็นง, ศศิธร ถิ่นนคร และ อำนาจ ปัญญาปฐ. 2547. การเพิ่มคุณภาพแปลงหญ้ากินนีสีม่วงโดยใช้ถั่วอาหารสัตว์, น. 20-33. ใน **รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2547**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กานต์วี ศรีพวงผกาพันธุ์, สายัณห์ ทัดศรี, ประภา ศรีพิจิตร และ เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2553. การเปรียบเทียบผลผลิตของเนื้อไม้ และค่าพลังงานความร้อนของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ อายุ 3 ปี เพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน. น. 149-152. ใน **การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 4**. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

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

จำเป็น อ่อนทอง. 2545. **คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

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

ฉายแสง ไฟแก้ว, ศศิธร ถิ่นนคร, กานดา นาคมณี และ ศรัณยา วรจิรวาณิช. 2548 ก. การทดสอบ และคัดเลือกพันธุ์กระถินเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์, น. 28-47. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2548. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____ และ ศศิพร คุณาพงษ์กิติ. 2548 ข. ผลผลิต ส่วนประกอบทางเคมีและ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของถั่วอัลฟัลฟา 24 สายพันธุ์ปลูกในพื้นที่อำเภอปากช่อง จังหวัด นครราชสีมา, น. 60-76. ใน รายงานผลงานวิจัยกองอาหารสัตว์ประจำปี 2548. กรมปศุ สัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

ชาญชัย มณีคุณ. 2511. บันทึกประวัติการนำพันธุ์พืชอาหารสัตว์เข้าประเทศไทย. สัตวแพทยสาร. 19(1) : 32-59.

ชิงชัย วิริยะบัญชา, สมิต บุญเสริมสุข, วีรชัย อาจหาญ, สาวิตรี คำหอม, ณัฐพงษ์ ประภากร, ทิพย์ สุภินท์ หินซุย และ จิราวัฒน์ วงษ์มาศจันทร์. 2550. การศึกษาต้นแบบโรงไฟฟ้าชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชน-การศึกษาการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าในชุมชน-. น. 164-216. ใน สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วริศพรณ สุภมิตร เกษมณี, บรรณาธิการ. **การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาด เล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

จิต ยุทธวรวิทย์ สมศักดิ์ เกาทอง ฉายแสง ไฟแก้ว และ จริยา บุญจรัสชะ. 2547. การถี่ของการตัดที่ มี ต่อผลผลิตและส่วนประกอบทางเคมีของกระถิน 4 สายพันธุ์, น. 158-171. ใน รายงาน ผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชื่นจิต แก้วกัญญา. 2540. การศึกษาระยะปลูกและความสูงในการตัดของกระถินที่ปลูกร่วมกับ หญ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐ วรยศ, ณัฐนิ วรยศ, ทะนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์, นคร ทิพย์วงศ์, ณัฐวุฒิ คุชฎี, ชูรัตน์ ชารารัตน์ และ อติพงศ์ นันทพันธุ์. 2551. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตไฟฟ้าระดับชุมชน โดยใช้พลังงานจากไม้โตเร็ว, น. 127-146. ใน *สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา และ จุฑามาศ วาสีกรัตน์, บรรณาธิการ. การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ: ด้วย งานวิจัย วช.* สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ร่วมกับ ธนาคารพัฒนาวิสาหกิจ ขนาดกลาง และขนาดย่อยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ทรงยศ โชติชุตติมา, สายัณห์ ทัดศรี, ประภา ศรีพิจิตร, กานดา นาคมณี และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. 2551. อิทธิพลของระยะปลูกที่มีต่อผลผลิตและความหนาแน่นของเนื้อไม้กระถิน, น. 89-92. ใน *การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 2.* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

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

ธำรงค์ดี พลบำรุง, ฉายแสง ไผ่แก้ว, จริยา บุญจรัสชะ และ สมศักดิ์ เกาทอง. 2546. การศึกษา กระถินพันธุ์ด้านทานเพลี้ยไก่อไฟ(ข) ในพื้นที่จังหวัดเพชรบุรี, น. 215-227. ใน *รายงาน ผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี2546.* กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

นิคม แหลมสัก, วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์, จงรัก วัชรินทร์รัตน์, สкар ทีจันทิก, วีระภาส คุณรัตนศิริ, มะลิวัลย์ ชนะสมบัติ และ เกษม หฤทัยธนาสันติ. 2550. การใช้ประโยชน์ไม้โตเร็วเพื่อเป็น พลังงานทดแทนในกสนผลิตกระแสไฟฟ้าและแก๊สหุงต้ม. น. 33-74. ใน *สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรัชย์ อาจหาญ และ วริศพรรณ สุขมิตรเกษมณี, บรรณาธิการ. การสัมมนา เผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร”.* สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

นิตา นุ่มมีศรี, สายัณห์ ทัดศรี, ประภา ศรีพิจิตร, กานดา นาคมณี และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. 2551. การเปรียบเทียบความหนาแน่นของเนื้อไม้และผลผลิตกระถิน 65 สายพันธุ์, น. 81-84. ใน *การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยพืชเขตร้อนและกึ่งร้อน ครั้งที่ 2.* มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

นิตา นุ่มมีศรี. 2553. การเปรียบเทียบความหนาแน่นเนื้อไม้และผลผลิตของกระถิน 65 สายพันธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ คงกระพัน, กฤษกร รับสมบัติ และ วีระชัย อาจหาญ. 2551. การทดสอบประสิทธิภาพโรงไฟฟ้า ชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน, น. 160-173. ใน การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติด้วยงานวิจัย วช. วันที่ 30 เมษายน 2551 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ สหนาฟู, ปรีชา ธรรมานนท์, บัณฑิต ประไพโย และ คณิต ม่วงนิล. 2538. ผลของระยะปลูกและความหนักเบาของการลิดกิ่ง ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส กามาลดูเลนซิส. วารสารวนศาสตร์ 14: 118-130.

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

พิมพ์พร พลเสน, ราไพร ใจเที่ยง, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, โตโมยูกิ คาวาชิมา และ วัชรินทร์ บุญภักดี. 2543. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาของพืชตระกูลถั่วยืนต้น 3 ชนิดโดยวิธีการต่างๆ กัน, น. 167-183. ใน รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี2543. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พิไลวรรณ พลพืช วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ และ นาดยา สินธุรัตน์. 2532. วิวิธีวิเคราะห์หาแร่ธาตุในอาหารสัตว์และชีวม ฝ้ายวิเคราะห์อาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ 48 น.

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

วีรชัย อาจหาญ, นิวัฒน์ คงกระพี, กฤษกร รับสมบัติ, ปกัส ชนะโรค และ ทิพย์สุกินทร์ หินชูข.

2550. การศึกษาด้านแบบโรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชน. น. 103-163. ใน
สุนันทา สมพงษ์, สุภาพร จินดา, วีรชัย อาจหาญ และ วริศพรรณ ศุภมิตรเกษมณี,
บรรณาธิการ. การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย “โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวล ขนาดเล็กสำหรับ
ชุมชนแบบครบวงจร”. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

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

วิทยา สุมามัลย์, ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา, ราไพพร นามสีลี และ พิมพาพร พลเสน. 2547. การศึกษาคุณค่า
ทางโภชนาของพืชอาหารสัตว์: หญ้ากินนีสีม่วงและถั่วท่าพระสไตโล, น. 399-416. ใน
รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2547. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ

วีระ พุกจรรณ. 2523. กระถินยักษ์. กองอนุรักษ์ดินน้ำ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ศรัณยา วิทยานุกาพเย็นขง, จิตราภรณ์ ธวัชพันธุ์ และ อิศสระ กริชาพล. 2535. การศึกษาคุณค่า
อาหารและอนุกรมวิธานของหญ้าพืชอาหารสัตว์บางชนิด, น. 154-203. ใน รายงาน
ผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2535. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ.

สาธิต หัตถศรี, ประภา ศรีพิจิตร, กานดา นาคมนิ และ ณรงค์ฤทธิ์ วงศ์สุวรรณ. ม.ป.ป. คู่มือการ
ปลูกกระถินเพื่อใช้เป็นพลังงาน . มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. และ ชื่นจิต แก้วกัญญา. 2545. ผลของระยะระหว่างแถวและความสูงของการตัดกระถิน
ต่อผลผลิตและองค์ประกอบทางเคมีของหญ้า 3 ชนิด ที่ปลูกร่วมกับกระถิน. วารสาร
สงขลานครินทร์ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 24 (3): 371-380.

สายันท์ ทัดศรี, เอกสิทธิ์ ทรัพย์เจริญวงศ์, สุนันทา จันทกุล, สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์ และ สุวิทย์ พานิชย์. 2546. ผลของความถี่ของการตัดต่อผลผลิต และองค์ประกอบทางเคมีของกระถิน และหญ้าอาหารสัตว์สามชนิดเมื่อปลูกร่วมกัน. ว.วิทยาศาสตร์เกษตร. 34: 43-50.

_____. 2547. **พืชอาหารสัตว์เขตร้อน**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

_____, _____, _____ และ _____. 2551. การศึกษามวลชีวภาพของกระถินเพื่อใช้เป็นแหล่งทดแทนพลังงานอย่างยั่งยืน, น. 113-126. ใน **การสัมมนาเรื่อง ร่วมแก้วิกฤติพลังงานชาติ ด้วยงานวิจัย วช**, วันที่ 30 เมษายน 2551 ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น, กรุงเทพมหานคร.

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

สมบุญ เดชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมศักดิ์ เกาทอง, วลัยกานต์ เจียมเจตจรูญ และ วีระศักดิ์ จิโนแสง. 2546. การศึกษาธาตุอาหารพืชที่มีต่อผลผลิต และความเข้มข้นของธาตุอาหารของหญ้านิสีม่วงในชุดดินหุบกะพง, น. 56-82. ใน **รายงานผลงานวิจัยกอง อาหารสัตว์ประจำปี 2546**. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2544. ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงของไทย. วารสารนโยบายพลังงาน 52: 58-74.

สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. 2545. การส่งเสริมการใช้พลังงานชีวมวลจากประเทศไทย. วารสารนโยบายพลังงาน 55: 24-41.

_____. 2553. สถานการณ์พลังงานปี 2553 และ แนวโน้มปี 2554. วารสารนโยบายพลังงาน. กระทรวงพลังงาน แหล่งที่มา: <http://www.eppo.go.th/vrs/VRS90.pdf>. 4 สิงหาคม 2553.

สำนักนโยบายปิโตรเลียมและปิโตรเคมี. 2554. รายละเอียดการเปลี่ยนแปลงราคาน้ำมัน. แหล่งที่มา: http://www.eppo.go.th/retail_prices.html. 2 เมษายน 2554

สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน. 2527. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน เรื่อง การปลูกไม้โตเร็วโดยระบบวนเกษตรเพื่อการพัฒนาชนบท. กรมป่าไม้, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

อัมภกรณ กาญจนคูหา. 2552. การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของกระถิน 5 พันธุ์/สายพันธุ์ในระยะเวลาปีแรกของการปลูก เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่ยั่งยืน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อุดม บูรณกานนท์. 2522. ไม้กระถินยักษ์กับการปลูกสร้างสวนป่า. ใน การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 2 เรื่องไม้โตเร็ว. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adeneye, J.A. 1979. A note on the nutrient and mineral composition of *Leucaena leucocephala* in Western Nigeria. **Animal Feed Science and Technology** 4(3): 221-225.

- Anonim. 1981. **Forestry Compendium**, CAB International, Available Source:
<http://www.worldagroforestry.org/Sea/Products/AFDbases/wd/asps/DisplayDetail.asp?SpecID=1954>, August 9, 2008.
- Anon. 2007. Biofuels. **TGS News&Views**. 23: 1-4.
- A.O.A.C. 1980. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 13^{Ed} Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D. C.
- 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.
- Balogun, R.O and E.O. Otchere. 1995. Effect of level of *Leucaena leucocephala* in the diet on feed intake, growth and feed efficiency of Yankasa rams. **Trop. Grass**. 29: 150-154.
- Belyea, R.L. and R.E. Ricketts. 1993. **Forages for Cattle: New Methods of Determining Energy Content and Evaluating Heat Damage**. University of Missouri Extension. Available Source: <http://extension.missouri.edu/xplor/agguides/dairy/g03150.htm>, December 6, 2009.
- Boltz, D.F. 1958. **The Colorimetric Determination of Nonmetals**. Interscience Publishers, Inc., New York, p. 231-259.
- Buxton, D.R. and J.R. Russell. 1988. Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. **Crop Sci**. 28:553–558.
- Brewbaker, J.L., N. Hegde, E.M. Hutton, R.J. Jones, J.B. Lowry, F. Moog and R. vanden Beldt. 1985. *Leucaena*-forage production and use. **NFTA, Hawaii**. 39.

- Brewbaker, J.L., Pluckett, D. and Gonzalez, V. 1972. Varietal variation and yield trails of *Leucaena leucocephala*(Kao haole) in Hawaii. **Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 166**: 26.
- 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.
- Dalzell, S.A., J.L. Stewart, A. Tolera and D.M. McNeill. 1998. Chemical composition of *Leucaena* and implications for forage quality, pp. 227-246. *In* Shelton, H.M., R.C. Gutteridge, B.F. Mullen and R.A. Bray, eds. **ACIAR Proceedings No. 86.** Watson Ferguson & Co., 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.
- Darma, J., Achmanto, Y.P. and Purwanto, K.M.T. 1992. Impact studies of *Leucaena* psyllid *Heteropsylla cubana* on fuelwood production of *Leucaena leucocephala*. *Leucaea Psyllid Biocontrol (AEC/ASIA/CIBC) In Final Report: Impact Studies*, Biological Control. Bogor, Indonesia.
- Denton, F.H. and T. Nickell. 1985. Rainfall and growth of giant leucaena. **Leucaena Research Reports 6**: 84-853.
- Dutt, A.K. and U. Jamwal. 1987. Effect of coppicing at different heights on wood production in leucaena. **Leucaena Research Report 8**: 27-28.
- Ella, A., G.J. Blair and W.W. Stur. 1991. Effect of age of forage tree legumes at the first cutting on Subsequent production. Indonesia. **Trop. Grass.** 25: 275-280

- Erdmann, T.K., P.K.R. Nair and B.T. Kang. 1993. Effects of cutting frequency and cutting height on reserve carbohydrates in *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. **For. Ecol. Manage.** 57: 45–60.
- Ferraris, R. 1979. Productivity of *Leucaena leucocephala* in the wet tropics of north Queensland. **Trop. Grass.** 13: 20-27.
- Garcia, G. W., T. U. Ferguson, F. A. Neckles and K. A. E. Archibald. 1996. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. **Animal Feed Science and Technology** 60: 29-41.
- 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.
- Gutteridge, R.C. and H.M. Shelton. 1993. Introduction, pp.1-11. In R.C. Gutteridge and H.M. Shelton, eds. **Forage tree legumes in tropical agriculture**. Department of Agriculture the University of Queensland.
- Harris, W. 1978. Defoliation as a determinant of the growth, persistence and composition of pasture. In **Plant Relation in Pastures**. Ed J.R. Wilson. CSIRO, Melbourne. Australia.
- Hartoyo. 1982. **Study pengembangan lamtoro gung (*Leucaena leucocephala* (Lamk.) de Wit) sebagai sumber energi Balai Penelitian Hasil Hutan Bogor**. Seminar Nasional Lamtoro I. (BPPT), Jakarta.
- Hegde, N. 1982. *Leucaena* forage management in India.), pp. 73-78. In **Leucaena Research in the Asian-Pacific Region. Proceedings of a workshop held in Singaspore**, 23-26 November 1982.

- Humphreys, L.R. 1980. **A Guide to Better Pasture for the Tropic and Sub-tropics**. Wright Stephenson and Co. (Australia). Pty. Ltd, Brisbane.
- Intari, S.E., Hardi, T. and Mulyana, A.D. 1992. Impact studies of *Leucaena* psyllid *Heteropsylla cubana* on fuelwood production of *Leucaena leucocephala*. Leucaea Psyllid Biocontrol (AEC/ASIA/CIBC) **In Final Report: Impact Studies**, Biological Control. Bogor, Indonesia.
- Karachi, M. and D.S. Shirima. 1997. Agronomic evaluation of eleven *Leucaena* lines at Tumbi, Tabora, Western Tanzania. **Agroforestry Systems** 2(35): 155-163.
- Karim, A.B., E.R. Rhodes and P.S. Savill. 1991. Effect of cutting height and cutting interval on dry matter yield of *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit. **Agroforestry Systems** (16): 129-137.
- Kenneth, J.M. and H. J. G. Jung. 2001. Lignin and fiber digestion. **J. Range Manage.** 54(4): 420-430.
- Kerley, M.S. 2004. **Matching forage quality with production**. Illini PastureNet Papers. Available Source: <http://www.livestocktrail.uiuc.edu/pasturenet/paperDisplay.cfm?ContentID=6620>, March 19, 2009.
- Kettering, Q.M., R. Coe, M.V. Noordwijk, Y. Ambagauand and C.A. Palm. 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. **Forest ecology and management** 146: 199-209.
- Kinch, D.M. and J.C. Ripperton. 1962. Koa haole, production and processing. **Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin**, 129.

- Kovitvadhi, K. and K. Yantasath. 1982. Research on *Leucaena* and other nitrogen-fixing trees at the Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), pp. 133-136. *In* **Leucaena Research in the Asian-Pacific Region. Proceedings of a workshop held in Singapore, 23-26 November 1982.**
- Latt, C.R., P.K.R. Nair and B. T. Kang. 2000. Interactions among cutting frequency, reserve carbohydrates, and post-cutting biomass production in *Gliricidia sepium* and *Leucaena leucocephala*. **Agroforestry Systems** 50: 27–46.
- Laxamana, N.B. 1981. **Calorific value and specific gravity of giant ipil-ipil (PCARR-IBRD project 5.1).** College, Laguna, Philippines, FPRDI (Forest Products Research and Development Institute) (unpublished manuscript).
- Lewandowski, I. and A. Kicherer. 1997. Combustion quality of biomass: practical relevance and experiments to modify the biomass quality of *Miscanthus x giganteus*. **European J. of Agron** 6: 163–177.
- Liu Guodao, Jiang Houming, Xin Yinen and He Huaxian. 1994. Development of *leucaena* in China, pp. 177-181. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggins and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of workshop held in Bogor, Indonesia.**
- Luostarinen, K and A. Kauppi. 2005. Effects of coppicing on the root and stump carbohydrate dynamics in birches. **New Forests** 29: 289-303.
- 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.
- May, L.H. 1960. The utilization of carbohydrate reserves in pasture after defoliation. **Herb. Abstr.** 30: 239-245.

- Moore, K. J., S. L. False and E. A. Heaton. 2008. Biorenewable energy: new opportunities for grassland agriculture, pp. 1023-1030. *In* Multifunctional Grasslands in a Changing World Volume II. XXI International Grassland Congress.
- Muir, J. P. 1998. Effect of cutting height and frequency on *Leucaena leucocephala* forage and wood production. **African Journal of Range and Forage Science**. 1&2(15): 7-10.
- National Academy of Science. 1977. **LEUCAENA Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C
- _____. 1984. **Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics**. Washington, D.C.
- National Research Council. 2001. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Norton, B.W., B. Lowry and C. McSweeney. 1995. The nutritive value of *Leucaena* species, pp. 103-111. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggin and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of workshop held in Bogor**, Indonesia.
- Pathak, P.S. and B.D. Patil. 1982. Leucaena research at the Indian Grassland and Fodder Research Institute (IGFRI), pp. 83-88. *In* **Proceedings of a Workshop Held in Singapore Nov 23-26 1982**. Ont., IDRC.
- Pottinger, A.J. and C.E. Hughes. 1994. A review of wood quality in leucaena, pp. 98-102. *In* Shelton, H.M., C.M. Piggin and J.L. Brewbaker, eds. **Proceeding of workshop held in Bogor**, Indonesia.
- Parikka, M. 2004. Global biomass fuel resources. **Biomass and Bioenerg** 27: 613-620.

- Pound, B. and L.M. Cairo. 1983. **Leucaena: Its Cultivation and Uses**. Overseas Development Administration, London.
- Ryan, P.A. 1994. The use of tree legumes for fuelwood production, pp. 111-119. *In* Ross C. Gutteridge and H. Max Shelton, eds. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. UK.
- Sampet, C. and Pattaro, A. 1987. *Sesbania grandiflora*, *Gliricidia maculate* and *Leucaena leucocephala* as fodder crop. **Thai: J. Agric. Sci.** 20: 330.
- Sampet, C., R.J.V.D. Beldt and V. Pattaro. 1994. *Leucaena* in Thailand. *Leucaena* opportunities and Limitations. *In* **Proceedings of a workshop held in Bogor 24-29 January 1994**. Indonesia.
- Seglar, B. and B. Mahanna. n.d. **Measuring the Effectiveness of NDF and its Application in Dairy Rations**. Dairy Herd Managenent. Available Source: http://www.dairyherd.com/Webcontent/NDF_DairyRations.pdf, March 19, 2009.
- 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. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. UK.
- Smith, O.B. 1991. Fodder trees and shrubs in range and farming systems in tropical humid Africa, pp. 43-59. *In* Speedy, A and P.L. Pugliese, eds. **Legume trees and other fodder trees as protein sources for livestock**. Proceedings of the FAO Expert Consultation held at the Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI) in Kuala Lumpur, Malaysia.

- 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.
- Swaasdiphanich, S. 1992. **Environmental influences on forage yield of Shrub Legume**. Ph.D. thesis, Department of Agriculture, University of Queensland.
- Tan, P. 2008. **Trends in Atmospheric Carbon Dioxide-Global**. NOAA/ESRL Global Monitoring Division. Available Source: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/>, April 8, 2009.
- Tewari, S. K., R.S. Katiyar, B. Ram and P.N. Misra. 2004. Effect of age and season of harvesting on the growth, coppicing characteristics and biomass productivity of *Leucaena leucocephala* and *Vitex negundo*. **Biomass and Bioenergy** 26 (3): 229–234.
- Tudsri, S. 1986. **A study of the effects of defoliation and water stress on growth and development of *Stylosanthes hamata* (L.) Taieb CV. Verano**. Ph.D. thesis. Massey University, New Zealand.
- Tudsri, S, Y. Ishii, H. Numaguchi and S. Prasanpanich. 2002. The effect of cutting interval on the growth of *Leucaena leucocephala* and three associated grasses in Thailand. **Trop. Grass**. 36: 90–96.
- 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.
- Tudsri, S. 2004. **Tropical Forage**. Kasetsart Univ., Bangkok. (in Thai) Cited Walton, P.D. 1984. **Production and Management of Cultivated Forages**. Reston Publishing Company, Inc. Virginia.

- Ueno, M. and Smith, D. 1970. Growth and carbohydrate changes in the root wood and bark of different sized alfalfa plants during regrowth after cutting. **Crop Sci.** 10: 396
- Van Den Beldt, R.J. 1982. Effect of spacing on growth of leucaena, pp. 103-108. *In* **Leucaena Research in the Asian-Pacific Region: Proceedings of a Workshop Held**, Singapore.
- Vanlauwe1, B., K. Aihou, S. Aman, B. K. Tossah, J. Diels1, N. Sanginga1 and R. Merckx. 2001. Leaf quality of selected hedgerow species at two canopy ages in the derived savanna zone of West Africa. **Agroforestry Systems** 53: 21–30.
- 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.
- Yamada, T. 1975. **Growth physiology of pasture plants and fodder crops**. FFTC. ASPAC. Ext No. 46



ตารางผนวกที่ 1 การเจริญเติบโตด้านความสูง (เซนติเมตร) ของกระถิน ภายหลังจากการตัดในความถี่ที่แตกต่างกันเมื่อตัดพร้อมกันทั้งหมด (30 ม.ค. 53)

ความถี่ ของการตัด (เดือน)	สัปดาห์ที่หลังตัด									
	วันเก็บเกี่ยว	8	10	12	14	16	18	20	22	26
	30 ม.ค. 53	26 มี.ค. 53	6 เม.ย. 53	21 เม.ย. 53	5 พ.ค. 53	25 พ.ค. 53	9 มิ.ย. 53	22 มิ.ย. 53	6 ก.ค. 53	3 ส.ค. 53
9	556 c ¹	29	39	73	101	208	209	213	234	274
12	704 b	27	35	69	104	212	220	232	249	286
18	851 a	27	35	76	106	240	241	255	271	313
F-TEST	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.50	49.46	52.10	49.58	30.90	16.68	16.76	18.06	14.56	10.22
LSD 0.50	66.97	23.36	32.91	62.24	55.58	63.55	64.85	72.97	63.39	51.53

หมายเหตุ ¹ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 2 การเจริญเติบโตด้านขนาดลำต้นที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของ
กระถิน ภายหลังจากการตัดในความถี่ที่แตกต่างกัน เมื่อตัดพร้อมกันทั้งหมด
(30 เม.ย. 53)

ความถี่ ของการตัด (เดือน)	สัปดาห์ที่หลังตัด (เซนติเมตร)				
	วันเก็บเกี่ยว	20	24	28	32
	30 ม.ค. 53	22 มิ.ย. 53	20 ก.ค. 53	20 ส.ค. 53	18 ก.ย. 53
9	2.68 c	1.13	1.24 b	1.43	1.75 c
12	3.44 b	1.39	1.40 a	1.58	2.05 b
18	4.57 a	1.43	1.49 a	1.65	2.29 a
F-TEST	**	ns	**	ns	**
%CV	7.45	11.21	5.32	9.69	6.10
LSD 0.50	0.45	0.25	0.12	0.26	0.21

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น
เท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์โดยใช้วิธี Fisher's LSD
ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนหน่อที่เจริญเติบโตขึ้นมาใหม่จากตอเดิมของกระถิน (หน่อ/ต้น) ภายหลังจากการตัดในความถี่ที่แตกต่างกัน เมื่อตัดพร้อมกัน
ทั้งหมด (30 เม.ย. 53)

ช่วงความถี่ ของการตัด (เดือน)	สัปดาห์ที่หลังตัด											
	วันเก็บเกี่ยว	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	26
	30 ม.ค.53	1 มี.ค.53	14 มี.ค.53	26 มี.ค.53	6 เม.ย.53	21 เม.ย.53	5 พ.ค. 53	25 พ.ค.53	9 มิ.ย.53	22 มิ.ย.53	6 ก.ค.53	3 ส.ค. 53
9	3 a	14	11 a	13 ab	15 b	16	11	11	9 a	9	9 a	8 a
12	2 b	14	12 a	15 a	19 a	15	10	10	9 a	8	8 b	8 a
18	2 b	10	7 b	9 b	11 c	13	10	9	7 b	6	6 c	6 b
F-TEST	*	ns	**	*	**	ns	ns	ns	*	ns	**	*
CV (%)	23.14	22.3	15.27	18.99	11.07	26.08	15.06	12.89	9.3	18.88	4.93	10.31
LSD 0.50	0.87	4.9	2.6	3.9	2.8	6.6	2.7	2.1	1.3	2.4	0.69	1.3

หมายเหตุ ¹ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นเท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Fisher's LSD
 ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
 * หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
 ** หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

ตารางผนวกที่ 4 การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักรากสดของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกัน
ในแต่ละครั้งของการตัด

ครั้งที่ในการตัด	ผลผลิตน้ำหนักสด (กิโลกรัมต่อไร่)					ชีวมวล รวม
	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า	ต้นมากกว่า	รวมต้น	
			2.54 ซม.	2.54 ซม.		
ตัดทุก 9 เดือน						
1 (22 พ.ย. 50)	1,253	676	1,409	2,196	3,604	5,533
2 (29 ก.ค. 51)	1,051	486	1,024	1,867	2,891	4,428
3 (24 เม.ย. 52)	1,960	641	1,227	2,951	4,177	6,779
4 (30 ม.ค. 53)	610	377	1,564	888	2,451	3,439
ตัดทุก 12 เดือน						
1 (5 มี.ค. 51)	573	644	724	2,706	3,431	4,648
2 (22 ม.ค. 52)	1,062	933	809	6,270	7,109	9,104
3 (30 ม.ค. 53)	878	804	969	6,558	7,527	9,209
ตัดทุก 18 เดือน						
1 (23 ก.ค. 51)	2,341	1,004	1,133	6,910	8,043	11,388
2 (30 ม.ค. 53)	1,158	1,528	491	13,162	13,653	16,339

ตารางผนวกที่ 5 การกระจายตัวผลผลิตน้ำหนักแห้งของกระถินที่ใช้ความถี่ในการตัดแตกต่างกันในแต่ละครั้งของการตัด

ครั้งที่ในการตัด	ผลผลิตน้ำหนักแห้ง (กิโลกรัมต่อไร่)					ชีวมวล รวม
	ใบ	กิ่งก้าน	ต้นน้อยกว่า	ต้นมากกว่า	รวมต้น	
			2.54 ซม.	2.54 ซม.		
ตัดทุก 9 เดือน						
1 (22 พ.ย. 50)	413	320	618	1,004	1,622	2,356
2 (29 ก.ค. 51)	422	229	563	944	1,507	2,157
3 (24 เม.ย. 52)	647	334	535	1,349	1,884	2,866
4 (30 ม.ค. 53)	202	219	680	405	1,084	1,505
ตัดทุก 12 เดือน						
1 (5 มี.ค. 51)	284	369	324	1,267	1,591	2,244
2 (22 ม.ค. 52)	566	556	373	2,948	3,320	4,442
3 (30 ม.ค. 53)	273	418	429	2,964	3,393	4,084
ตัดทุก 18 เดือน						
1 (23 ก.ค. 51)	937	737	591	3,610	4,200	5,874
2 (30 ม.ค. 53)	388	795	214	5,996	6,211	7,394

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปัทมา นิตโรสง
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2529
สถานที่เกิด	ขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-