



## ปัญหาพิเศษ

การประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และคุณภาพการหมักด้วย  
สารเสริมจุลินทรีย์ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์

**Evaluation of Growth, Biomass Yield, and Silage Quality of Six Leucaena  
Varieties/Lines Using a Microbial Inoculant**

นายสุรนาท นาคี

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

**DEPARTMENT OF AGRONOMY**

**FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY**



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)

ปริญญา

..... วิทยาศาสตร์เกษตร .....

..... ฟิสิกส์ .....

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และคุณภาพการหมักด้วยสารเสริมจุลินทรีย์  
ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์

Evaluation of Growth, Biomass Yield, and Silage Quality of Six Leucaena Varieties/Lines  
Using a Microbial Inoculant

นามผู้วิจัย นายสุรนาท นาคี

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก .....  
(..... ผศ.ดร.ทรงยศ โชติชุตินา, ปร.ด. ....)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วม .....  
(..... ผศ.ดร.นพ ดันมขยกุล, ปร.ด. ....)

หัวหน้าภาควิชา .....  
(..... ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีชาดิ พรหมโชติ, Ph.D. ....)

วันที่ 31 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2569

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

การประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และคุณภาพการหมักด้วยสารเสริมจุลินทรีย์ของ  
กระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์  
Evaluation of Growth, Biomass Yield, and Silage Quality of Six Leucaena Varieties/Lines Using  
a Microbial Inoculant

โดย

นายสุรนาท นาคี

เสนอ

ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

DEPARTMENT OF AGRONOMY

FACULTY OF AGRICULTURE KASETSART UNIVERSITY

## บทคัดย่อ

สุรนาท นาคี พ.ศ.2569: การประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และคุณภาพการหมักด้วยสารเสริมจุลินทรีย์ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชไร่ฯ อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงยศ โชติชูติมา, ประ.ด. 54 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตชีวมวลและคุณค่าทางโภชนาของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ รวมทั้งประเมินประสิทธิภาพของสารเสริมจุลินทรีย์ต่อคุณภาพพืชหมัก การทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ (1) การทดสอบกระถินในสภาพแปลง ณ จังหวัดนครปฐม ระหว่างปี พ.ศ. 2567–2568 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 6 ทรีทเมนต์ (KU56, KU15, K636, Cunningham, Peru และ Tarramba) เพื่อประเมินผลผลิตน้ำหนัสดและผลผลิตน้ำหนักแห้ง และ (2) การศึกษาคุณภาพพืชหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบแฟกทอเรียล  $3 \times 6$  ในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยปัจจัย A คือ สารเสริมจุลินทรีย์ 3 รูปแบบ ได้แก่ ไม่ใช้จุลินทรีย์ (control), Silage Pro<sup>®</sup> และ Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> และปัจจัย B คือ กระถินทั้ง 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ NDF, ADF, ADL และเถ้า (ash) พร้อมทั้งประเมินคะแนนสมบัติทางกายภาพของการหมักตามเกณฑ์มาตรฐานผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมของกระถินทุกพันธุ์/สายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม Cunningham และ Peru มีแนวโน้มให้ผลผลิตชีวมวลสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ก่อนการหมัก พบว่า Tarramba มีค่า NDF และ ADF ในใบต่ำที่สุด ซึ่งแสดงถึงศักยภาพการย่อยได้ดีกว่า ภายหลังการหมัก สายพันธุ์ K636 ให้คะแนนคุณสมบัติทางกายภาพของการหมักสูงสุด (16.88 คะแนน) ขณะที่การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> ให้คะแนนคุณสมบัติทางกายภาพของการหมักสูงสุด (15.60 คะแนน) โดยสรุป Cunningham และ Peru มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตชีวมวลเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก ขณะที่การผลิตพืชหมักคุณภาพสูงควรเลือกใช้สายพันธุ์ K636 หรือ Tarramba ร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์ Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมัก

คำสำคัญ: กระถิน, คุณค่าทางโภชนา, สารเสริมจุลินทรีย์, พืชหมัก, อาหารหยาบ



ลายมือชื่อนิสิต



ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลัก

31/03/2568

## ABSTRACT

Suranat Nadi. 2026: Evaluation of Growth, Biomass Yield, and Silage Quality of Six Leucaena Varieties/Lines Using a Microbial Inoculant. Bachelor's special problem in Agricultural Science, Department of Agronomy. Special problem advisor: Assistant Professor Songyos Chotchutima, Ph.D. 54 pages.

This study aimed to evaluate the biomass yield potential and nutritive value of six Leucaena varieties/lines, as well as to assess the efficacy of microbial inoculants on silage quality. The experiment consisted of two parts. (1) A field evaluation was conducted in Nakhon Pathom Province, Thailand, during 2024–2025 using a randomized complete block design (RCBD) with four replications and six treatments (KU56, KU15, K636, Cunningham, Peru, and Tarramba). Fresh yield and dry matter (DM) yield were determined. (2) Silage quality was investigated using a  $3 \times 6$  factorial arrangement in a completely randomized design (CRD). Factor A consisted of three microbial inoculant treatments: no inoculant (control), Silage Pro®, and Silage Extra Plus Max®, while Factor B comprised the six Leucaena varieties/lines. Chemical composition, including NDF, ADF, ADL, and ash, was analyzed, and fermentation quality was evaluated using a standardized scoring system.

The results indicated that total DM yield did not differ significantly among the six varieties/lines. However, Cunningham and Peru tended to produce higher biomass yields than the other genotypes. Prior to ensiling, Tarramba exhibited the lowest leaf NDF and ADF concentrations, indicating superior digestibility potential. After ensiling, K636 achieved the highest fermentation score (16.88), whereas the application of Silage Extra Plus Max® resulted in the highest overall fermentation score (15.60).

In conclusion, Cunningham and Peru show strong potential for biomass production as primary roughage sources. For high-quality silage production, the use of K636 or Tarramba in combination with Silage Extra Plus Max® is recommended to enhance fermentation efficiency.

Keywords: Leucaena, nutritive value, microbial Inoculant, silage, roughage.



Student's signature



Special Problem Advisor's signature

31/03/2026

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ทรงยศ โชติชูติมาอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษหลักและผู้ช่วยศาสตราจารย์นพ ตันมุขกุลอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษร่วมที่ทำให้ คำ ปรี ก ข า  
แนะนำการค้นคว้าตลอดการเขียนและช่วยแก้ปัญหาอย่างเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยจากโครงการ Improving smallholder goat fattening systems based on tropical grass and forage tree legume diets in the countries of R12 route (Thailand, Lao PDR, and Vietnam) ภายใต้กองทุนพิเศษแม่โขงล้านช้างและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสนและวิทยาเขตบางเขน ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์การวิจัยรวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และคนงานทุกท่านที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆที่ช่วยให้คำปรึกษาและแนะนำในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณพี่ๆ ผู้ช่วยนักวิจัย พี่ๆ ปรินญาโท ที่แนะนำช่วยเหลือจนทำให้ปัญหาพิเศษเสร็จสมบูรณ์และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนทุกอย่างในการเรียน

สุรนาท นาคี

กุมภาพันธ์ 2569

## สารบัญ

| เนื้อหา                                                                                                                     | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| คำนำ.....                                                                                                                   | 1    |
| วัตถุประสงค์.....                                                                                                           | 3    |
| 1. ที่มาและการนำเข้ากระถินในประเทศไทย .....                                                                                 | 4    |
| 2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์.....                                                                                                 | 4    |
| 3. สายพันธุ์ของกระถิน .....                                                                                                 | 6    |
| 5. คุณค่าทางโภชนาของกระถิน.....                                                                                             | 8    |
| 6. การใช้กระถินเป็นพืชอาหารสัตว์ .....                                                                                      | 9    |
| 7. การผลิตพืชหมัก (Silage) .....                                                                                            | 9    |
| 8. การใช้จุลินทรีย์ในการหมัก .....                                                                                          | 11   |
| 9 การประเมินคุณภาพการหมัก .....                                                                                             | 13   |
| อุปกรณ์และวิธีการ .....                                                                                                     | 15   |
| อุปกรณ์.....                                                                                                                | 15   |
| วิธีการ.....                                                                                                                | 16   |
| สถานที่และระยะเวลาการทำวิจัย.....                                                                                           | 27   |
| ผลและวิจารณ์.....                                                                                                           | 28   |
| การทดลองที่ 1 การประเมินศักยภาพการเจริญเติบโตผลผลิตชีวมวลและคุณค่าทางโภชนา<br>ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์.....             | 28   |
| การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาของกระถิน 6 พันธุ์/สาย<br>พันธุ์ ที่หมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์ ..... | 41   |

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| สรุป.....                        | 45 |
| เอกสารอ้างอิง .....              | 46 |
| ภาคผนวก .....                    | 48 |
| ประวัติการศึกษาและการทำงาน ..... | 54 |



## สารบัญตาราง

| ตารางที่                                                                                                                       | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 1 คุณสมบัติดินในแปลงทดลอง .....                                                                                       | 30   |
| ตารางที่ 2 การเจริญเติบโตด้านความสูง (เมตร) ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4 .....                   | 31   |
| ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตด้านการแตกกิ่งของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4.....                         | 33   |
| ตารางที่ 4 การเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4..... | 34   |
| ตารางที่ 5 ผลผลิตน้ำหนักรากและน้ำหนักแห้งของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4 .....                      | 36   |
| ตารางที่ 6 ความชื้น วัตถุแห้ง และสัดส่วนใบต่อดิน ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4 .....              | 38   |
| ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยว 3 และ 4.....                                       | 40   |
| ตารางที่ 8 คะแนนคุณภาพการหมัก .....                                                                                            | 42   |
| ตารางที่ 9 คุณค่าทางโภชนาการของกระถินหมัก.....                                                                                 | 45   |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่                                                                                                                                  | หน้า |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปภาพ 1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของปี 2567-2568 ในพื้นที่แปลงทดลอง .....                                                              | 29   |
| ภาพผนวกที่ 1 (A) สายพันธุ์ K636 (B) สายพันธุ์ KU56 (C) สายพันธุ์ KU15 (D) พันธุ์ CUNNINGHAM<br>(E) พันธุ์ PERU (F) พันธุ์ TARRAMBA..... | 48   |
| ภาพผนวกที่ 2 การวัดความสูง การวัดขนาดลำต้น และการเกิดจำนวนต้นหลังการตัดใหม่ .....                                                       | 49   |
| ภาพผนวกที่ 3 การเก็บเกี่ยวผลผลิต ลำต้น กิ่ง ใบ .....                                                                                    | 49   |
| ภาพผนวกที่ 4 สุ่มใบ+กิ่งสีเขียวส่วนที่กินได้มาบด .....                                                                                  | 50   |
| ภาพผนวกที่ 5 ขั้นตอนการหมักและใส่สารเสริมจุลินทรีย์ รอ 21 วันหลังหมัก .....                                                             | 50   |
| ภาพผนวกที่ 6 บันทึกลักษณะ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และ PH.....                                                                              | 51   |
| ภาพผนวกที่ 7 การอบตัวอย่าง.....                                                                                                         | 51   |
| ภาพผนวกที่ 8 การวิเคราะห์เถ้า.....                                                                                                      | 52   |
| ภาพผนวกที่ 9 วิเคราะห์ NDF ADF ADL.....                                                                                                 | 52   |
| ภาพผนวกที่ 10 วิเคราะห์ไนโตรเจน .....                                                                                                   | 53   |

# การประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และคุณภาพการหมักด้วยสารเสริมจุลินทรีย์ของ กระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์

## Evaluation of Growth, Biomass Yield, and Silage Quality of Six *Leucaena* Varieties/Lines Using a Microbial Inoculant

### คำนำ

การผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนมักมีข้อจำกัดสำคัญจากความไม่สม่ำเสมอของปริมาณและคุณภาพอาหารหยาบ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งซึ่งมักเกิดภาวะขาดแคลนอาหารสัตว์คุณภาพดี กระถิน (*Leucaena leucocephala*) จึงเป็นทางเลือกสำหรับใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ทดแทนได้ เนื่องจากกระถินเป็นตระกูลถั่วที่เป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพสูงสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมีปริมาณโปรตีนหยาบประมาณ 20–25% ของน้ำหนักแห้ง หน่งได้ดี มีความสามารถในการแตกกอและทนต่อการตัดซ้ำ อีกทั้งให้ผลผลิตมวลชีวภาพสูงเมื่อมีการจัดการที่เหมาะสม (สายนั, 2541) ด้วยคุณลักษณะดังกล่าว กระถินจึงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นพืชอาหารสัตว์หลักในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อน

การถนอมอาหารสัตว์โดยการทำพืชหมัก (silage) เป็นกลยุทธ์สำคัญในการสำรองอาหารช่วงขาดแคลน อย่างไรก็ตาม พืชตระกูลถั่วรวมถึงกระถินมีข้อจำกัดทางด้านสรีรวิทยาและเคมี กล่าวคือ มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water-soluble carbohydrates; WSC) ค่อนข้างต่ำ และมีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง (buffering capacity) สูง ส่งผลให้การหมักตามธรรมชาติเกิดขึ้นได้ยากและมีความเสี่ยงต่อการเน่าเสีย (McDonald et al., 1991) ดังนั้น การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ (microbial inoculants) เพื่อเร่งการสร้างกรดแลกติก ลดค่า pH อย่างรวดเร็ว และยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ จึงเป็นแนวทางสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพพืชหมักจากพืชตระกูลถั่ว

นอกจากนี้ ความแตกต่างของพันธุ์กระถินเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อทั้งปริมาณและคุณภาพของอาหารหยาบ เนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมมีผลต่อการเจริญเติบโต การสะสมชีวมวล และความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อม (Shelton and Brewbaker, 1994) อีกทั้งยังส่งผลต่อองค์ประกอบทางโภชนา เช่น โปรตีน เส้นใย และสารต้านโภชนา ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Jones, 1994) รวมถึงมีผลต่อกระบวนการหมักจากความแตกต่างขององค์ประกอบทางเคมี เช่น ปริมาณ WSC และความสามารถในการบัฟเฟอร์ (Gutteridge and Shelton, 1998) ดังนั้น การคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและคุณภาพพืชหมัก

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลผลิตชีวมวลของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ สำหรับเป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์เพื่อผลิตพืชอาหารสัตว์ และประเมินประสิทธิภาพของการใช้สารเสริมจุลินทรีย์ในการปรับปรุงคุณภาพการหมักและโภชนะของกระถิน

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวลและคุณค่าทางโภชนาการของกระถินสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์
2. เพื่อประเมินผลของการใช้สารเสริมจุลินทรีย์ที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและโภชนาการของกระถินหมัก

## การตรวจเอกสาร

### 1. ที่มาและการนำเข้ากระถินในประเทศไทย

กระถิน (*Leucaena Leucocephala*) มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ อเมริกากลาง และหมู่เกาะต่างๆ ในมหาสมุทรแปซิฟิกและต่อมา กรมปศุสัตว์นำเข้าพันธุ์เปรูจากประเทศออสเตรเลีย เป็นพืชตระกูลถั่วที่นิยมนำมาใช้เป็นแหล่งอาหาร ประเภทโปรตีนในกระถินมีโปรตีนหยาบเป็นองค์ประกอบ (พิสุทธิและคณะ, 2541) เป็นไม้ยืนต้นเมืองร้อนที่สามารถนำไปประโยชน์ได้สารพัดอย่างและที่เป็นประโยชน์มากคือ ใช้เป็นอาหารสัตว์โดยเฉพาะถั่วเลี้ยงซึ่งขาดแคลนอาหารจากแหล่งอื่นๆ เพราะกระถินให้ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารสัตว์สูง สัตว์ชอบกินมีความทนทานต่อการตัดหรือแทะเล็มและเหยียบย่ำของสัตว์ นอกจากนี้ยังมีความทนทานต่อความแห้งแล้งได้ดี (เฉลิมพล, 2540: Kinsh and Rippertor, 1962)

กรมปศุสัตว์ (ม.ป.ป) ได้รายงานว่ กระถินพันธุ์พื้นเมืองต้นเล็กได้แพร่จากประเทศอินเดียหรือเขมรเข้ามาในประเทศไทยก่อนสมัยกรุงศรีอยุธยาและได้แพร่กระจายอย่างรวดเร็วทั่วทุกภาค ต่อมาในปีพ.ศ. 2505 มีการนำกระถินพันธุ์ยักษ์จากต่างประเทศเข้ามาปลูกโดยนำเข้ากระถินพันธุ์เปรูจากประเทศออสเตรเลียในปีพ.ศ. 2510 กระถินพันธุ์ไอเวอรี่ โคส (Ivory Coast) พันธุ์ไต้หวัน (Taiwan) พันธุ์นิวกินนี 70, 71, 72 (New Guinea) พันธุ์เอลซัลวาดอร์ (El Salvador) และพันธุ์โคลัมเบีย (Columbia) กระถินพันธุ์คันทันนิ่งแฮม (Cunningham) ได้นำเข้าจากประเทศ ออสเตรเลียโดยกรมปศุสัตว์ ในปีพ.ศ. 2519 ในปีพ.ศ. 2520-2523 กระถินสายพันธุ์ K-line โดยกรมป่าไม้ซึ่งได้พัฒนาสายพันธุ์ในประเทศออสเตรเลียกระถินสายพันธุ์ K636 และ K-line อีกหลายสายพันธุ์จากประเทศฟิลิปปินส์ในปีพ.ศ. 2535-2539 โดยกรมปศุสัตว์ และในปีพ.ศ. 2550 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์นำเข้ากระถินพันธุ์ทาร์รัมบา (Tarramba) จากประเทศออสเตรเลียเข้ามาปลูกทั้งนี้กระถินที่นำเข้ามาหลังจากปีพ.ศ. 2505 มีลักษณะลำต้นสูงใหญ่จึงเรียกชื่อว่ากระถินยักษ์

### 2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

#### 2.1. ราก

กระถินมีระบบรากเป็นรากแก้วและแตกเป็นรากแขนง และรากฝอย แทงออกขนานผิวดินรากสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ด้วยไรโซเบียม (rhizobium) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.0-2.5 มิลลิเมตร รากฝอยจะมีเชื้อราไมคอร์ไรซา (mycorrhiza) ทำหน้าที่ช่วยให้กระถินดูดธาตุฟอสฟอรัสและธาตุอาหารอื่นๆ ในดินได้มากขึ้น (กรมปศุสัตว์, ม.ป.ป)

#### 2.2. ลำต้น

กระถินเป็นพืชยืนต้นตระกูลถั่วที่มีอายุหลายปีลำต้นตรง (erect) (Pound and Cario, 1983) สูงตั้งแต่ 3 เมตรขึ้นไป สำหรับพันธุ์พื้นเมืองมีการแตกกิ่งตั้งแต่เหนือลำต้นไม่ถึงเมตร และจำนวนกิ่งมากจนมีลักษณะทรงพุ่มทรงต้นส่วน กระถินยักษ์การแตกกิ่งมากเฉพาะบริเวณส่วนยอด และจำนวนกิ่งน้อยทำให้เห็นเป็นทรงพุ่มเฉพาะส่วนยอด ของลำต้นลักษณะเปลือกของกระถินจะบางติดลำต้นผิวเปลือกมีลักษณะสากมือเล็กน้อยมักพบรอยแผลของการสลัดกิ่งเป็นปุ่มตามระยะความสูงของต้นเนื้อไม้สีเหลืองอ่อนเกือบขาว ส่วนมีน้ำตาลแดง ซึ่งจะพบได้ใน กระถินที่มีอายุมากแล้ว (กรมปศุสัตว์,ม.ป.ป)

### 2.3. ใบ

กระถินมีใบเป็นใบประกอบแบบขนนก (bipinnate) ยาวประมาณ 15-20 เซนติเมตร ประกอบด้วยก้านของกลุ่มใบย่อยจำนวน 5 ก้านแตกออกตรงข้ามกันยาวประมาณ 10-15 เซนติเมตร แต่ละก้านประกอบด้วยใบย่อยลักษณะเรียวยาว มีปลายมนคล้ายใบหอก แตกออกตรงข้ามกันจำนวน 12-13 คู่แตกใบตลอดทั้งปีส่วนใบแก่จะแห้งและร่วงหล่นโดยเฉพาะหน้าแล้งจะมีจำนวนใบน้อยกว่าทุกฤดู (กรมปศุสัตว์,ม.ป.ป)

### 2.4. ดอก

เป็นพืชผสมตัวเอง (Self-pollinated) ไม่มีหนาม (Shelton and Brewbaker, 1994) กระถินมีดอกเป็นดอกรวม มีก้านดอกยาว ดอกออกเป็นช่อประกอบด้วยเกสรตัวผู้และเกสร ตัวเมียที่มีลักษณะเป็นเส้นยาวประมาณ 1 เซนติเมตร เกสรของดอกมีสีขาวนวลในระยะแรก และเมื่อดอกแก่จะมีสีเหลืองโดยเกสรจะร่วงหลังการผสมเกสรได้ไม่เกี่ยวกับ (กรมปศุสัตว์,ม.ป.ป)

### 2.5. ฝักและเมล็ด

กระถินมีฝักที่มีลักษณะแบนบาง และตรง กว้างประมาณ 2-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร สำหรับกระถินพื้นเมืองเมื่อจะมีขนาดฝักเล็กและสั้นกว่ากระถินยักษ์เกือบเท่าตัวฝักจะเจริญจากช่อดอกที่มีฝักประมาณ 15-20 ฝัก/ช่อดอก ฝักอ่อนมีสีเขียวสด เมื่อแก่จะมีสีเขียวเข้มและ กลายเป็นสีแดงหรือน้ำตาลเมื่อแก่เต็มที่หลังจากนั้นฝักจะแตกออกเป็น 2 แผ่นตามความยาวของขอบฝัก1 ฝักจะมีเมล็ดประมาณ 8-15 เมล็ดเมล็ดอ่อนจะแบนเรียบ เมื่อแก่จะมีสีเขียวเข้มมีลักษณะนูนตรงกลาง กว้าง ประมาณ 3-4 มิลลิเมตร มีความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร (กรมปศุสัตว์,ม.ป.ป)

กระถินที่ปลูกเพื่อนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ แก่ กระถินยักษ์ เป็นพืชอาหารสัตว์เขตร้อนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเทียบเท่ากับถั่วในเขตนานที่สามารนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารประเภทโปรตีนให้แก่สัตว์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสัตว์ลดการใช้อาหารข้นสามารถลด ต้นทุนในการผลิต เป็นวัสดุที่หาได้ง่ายและให้เป็นแหล่งอาหารหยาบได้ (วารินาและเทียนทิพย์, 2018) สามารถคั่วให้สัตว์เคี้ยวเอื้องได้ทั้งในรูปตัดให้กินสด ปล่อยให้สัตว์แทะเล็มกินเอง ใช้ผสมกับพืชหมักหรือใช้ในรูปกระถินแห้งเป็นแหล่งโปรตีนอาหารข้นส่วนลำต้นไม้

สามารถให้เป็นอาหารสัตว์ได้การใช้มักใช้ในรูปของกระถินป่นเพื่อเป็นส่วนประกอบของสูตรอาหารโคนมโคเนื้อ (วีรพล และคณะ, 2556)

### 3. สายพันธุ์ของกระถิน

Brewbaker et al. (1972) สามารถจำแนกออกได้ 3 ประเภทคือ

- (1) Hawaiian type เป็นไม้พุ่มเตี้ยสูงประมาณ 5 เมตร สามารถออกดอกได้ตั้งแต่อายุ 4-6 เดือน ออกดอกตลอดปีเนื่องจากสามารถออกดอกและผลิตเมล็ดตลอดปีจึงสามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างดีและเป็นพืชที่สามารถรุกรานพืชอื่นได้ไม้กระถินยักษ์มีถิ่นกำเนิดทั่วไปตามชายฝั่งทะเลเม็กซิโกและได้แพร่พันธุ์ไปอย่างกว้างขวางในเขตร้อน เช่นฟิลิปปินส์อินโดนีเซียปาปัวนิวกินีมาเลเซียและประเทศต่างๆ ในเอเชียอาคเนย์ไม้กระถินชนิดนี้สามารถขึ้นได้ตามด้านลาดเอียงของภูเขาในแถบร้อน
- (2) Salvador type เป็นพุ่มไม้ต้นสูงประมาณ 20 เมตร มีใบมีฝักและเมล็ดขนาดใหญ่มีกิ่งน้อยย่นถิ่นกำเนิดอยู่ในป่าแผ่นดินใหญ่ของอเมริกากลาง ซึ่งเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Guatemala type สามารถให้ผลผลิตสูงเป็น 2 เท่าของ Hawaiian type ไม้ไม่สามารถผลิตภัณฑ์และใช้ทำฟืนในอุตสาหกรรมรู้จักกันในชื่อ Hawaiian giants
- (3) Peru type เป็นพุ่มไม้ต้นสูงประมาณ 15 เมตร คล้ายกับSalvador type แต่มีกิ่งก้านมาก โดยแตกกิ่งก้านตอนล่างของลำต้นมีปริมาณใบมาก ลำต้นเล็ก

ปัจจุบันกระถินพันธุ์ที่ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้มีการปรับปรุงพันธุ์อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีคุณค่าทางโภชนาดี และมีปริมาณสารมิโมซินต่ำ โดยพันธุ์ที่ได้รับความนิยม ได้แก่ พันธุ์ลูกผสม Cunningham จากประเทศออสเตรเลีย ซึ่งเป็นการผสมระหว่างพันธุ์ Peru และ Salvador โดยสามารถให้ผลผลิตใบแห้งสูงกว่าพันธุ์ Peru เดิมประมาณ 50% และมีการเจริญเติบโตดีในสภาพเขตร้อน (Dalzell et al., 2006)

ในประเทศไทย ได้มีการศึกษาและคัดเลือกสายพันธุ์กระถินเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์อย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการนำสายพันธุ์จากต่างประเทศเข้ามาทดลองปลูกเปรียบเทียบในสภาพแวดล้อมเขตร้อนชื้น พบว่าสายพันธุ์ต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และความเหมาะสมต่อการใช้เป็นอาหารสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2550) โดยสายพันธุ์ที่ได้รับความสนใจ ได้แก่ สายพันธุ์ K636, KU56 และ KU15 ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่ผ่านการคัดเลือกให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อมของประเทศไทย มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตใบสูง และสามารถตัดใช้ประโยชน์ได้หลายครั้ง

นอกจากนี้ ยังมีสายพันธุ์นำเข้า เช่น Cunningham, Peru และ Tarramba ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงในด้านการให้ผลผลิตและความทนทานต่อสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะพันธุ์ Tarramba ซึ่งได้รับการพัฒนาให้มีลักษณะเด่นด้านการให้ผลผลิตชีวมวลสูง ทรงพุ่มโปร่ง เหมาะต่อการจัดการตัดใช้และมีความสามารถในการฟื้นตัวหลังการตัดได้ดี (Shelton and Dalzell, 2007) ขณะที่พันธุ์ Peru มีลักษณะเด่นด้านการให้ใบดกและคุณค่า



ทางโภชนาดี ส่วนพันธุ์ Cunningham เป็นที่ยอมรับในด้านความสม่ำเสมอของผลผลิตและการปรับตัวในหลายพื้นที่

#### 4. ผลผลิตชีวมวลของกระถิน

กระถิน สามารถให้ผลผลิตชีวมวลสูง มีการเจริญเติบโตเร็ว และสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีสภาพอากาศร้อนและแห้งแล้ง นอกจากนี้ กระถินยังสามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศผ่านปมรากร่วมกับแบคทีเรียไรโซเบียม ซึ่งช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้ดี (Gutteridge and Shelton, 1994)

ผลผลิตชีวมวลของกระถินอาจแตกต่างกันไปตามพันธุ์หรือสายพันธุ์ สภาพแวดล้อม การจัดการแปลงปลูก และอายุการตัด โดยทั่วไปกระถินสามารถให้ผลผลิตชีวมวลสดอยู่ในช่วงประมาณ 20–80 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือคิดเป็นผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 5–20 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ภายใต้การจัดการที่เหมาะสม (Shelton and Brewbaker, 1994) ความสามารถในการให้ผลผลิตชีวมวลสูงของกระถินทำให้พืชชนิดนี้ได้รับความสนใจในการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารสัตว์คุณภาพสูง โดยเฉพาะสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ

ในประเทศไทย กระถินถูกนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากสามารถปลูกได้ดีในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนและทนต่อสภาพดินที่ค่อนข้างแห้งแล้งได้ดี โดยรายงานของกรมปศุสัตว์ระบุว่า กระถินสามารถให้ผลผลิตชีวมวลและใบจำนวนมากภายใต้การจัดการที่เหมาะสม และสามารถนำมาใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ (กรมปศุสัตว์, 2560)

นอกจากนี้ ความแตกต่างของสายพันธุ์กระถินยังมีผลต่อปริมาณผลผลิตชีวมวลที่ได้ เนื่องจากพันธุ์หรือสายพันธุ์ต่าง ๆ อาจมีลักษณะการเจริญเติบโต ความสูงของต้น จำนวนกิ่งก้าน และความสามารถในการแตกกอที่แตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อปริมาณชีวมวลที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ การศึกษาผลผลิตชีวมวลของกระถินหลายสายพันธุ์จึงมีความสำคัญต่อการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นพืชอาหารสัตว์และการนำไปใช้ในการผลิตอาหารหมัก เช่น ไซเลจ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง

ดังนั้น การประเมินผลผลิตชีวมวลของกระถินแต่ละพันธุ์หรือสายพันธุ์จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาศักยภาพของพืชในการผลิตอาหารสัตว์ รวมทั้งใช้ประกอบการศึกษาคุณภาพการหมักไซเลจจากกระถินในแต่ละสายพันธุ์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการใช้พืชอาหารสัตว์ในอนาคต

## 5. คุณค่าทางโภชนาของกระถิน

กระถิน มีคุณค่าทางโภชนาสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนดิบที่สูงกว่าพืชอาหารสัตว์หลายชนิด จึงถูกนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับโค กระบือ แพะ และแกะ ทั้งในรูปของการให้กินสด การทำหญ้าแห้ง และการหมักเป็นไซเลจ (Jones, 1994; Shelton & Brewbaker, 1994)

ใบและกิ่งอ่อนของกระถินมีปริมาณโปรตีนดิบ (Crude protein; CP) ค่อนข้างสูง โดยทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 20–30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ขึ้นอยู่กับอายุของพืช สภาพดิน และสภาพแวดล้อมในการปลูก (Leng, 1997) นอกจากนี้ยังมีเยื่อใยที่เหมาะสมต่อการย่อยในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยมีค่า Neutral Detergent Fiber (NDF) และ Acid Detergent Fiber (ADF) ในระดับปานกลาง ซึ่งช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ส่งผลให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากสารอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ (McDonald *et al.*, 2011)

กระถินยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสัตว์ รวมถึงกระบวนการสร้างน้ำนมและการสืบพันธุ์ (Norton, 1994) ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว กระถินจึงถูกนำมาใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่พืชอาหารสัตว์คุณภาพสูงมีปริมาณจำกัด อย่างไรก็ตาม กระถินมีสารต้านโภชนาที่สำคัญคือ ไมโมซิน (mimosine) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีน หากสัตว์ได้รับในปริมาณมากอาจส่งผลต่อการเจริญเติบโต ทำให้ขนร่วง และลดประสิทธิภาพการผลิตของสัตว์ได้ (Jones & Lowry, 1984) อย่างไรก็ตาม การจัดการที่เหมาะสม เช่น การผสมกับอาหารชนิดอื่น การปรับสัดส่วนในสูตรอาหาร หรือการแปรรูปด้วยกระบวนการหมัก เช่น การทำไซเลจ สามารถช่วยลดผลกระทบของสารดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของกระถินเป็นอาหารสัตว์ได้ (McDonald *et al.*, 2011) จากคุณสมบัติด้านโภชนาที่ดี กระถินจึงได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อน โดยเฉพาะในระบบการเลี้ยงสัตว์ที่ต้องการแหล่งโปรตีนจากพืชที่สามารถผลิตได้ในพื้นที่เกษตรกรรมทั่วไป (Shelton & Brewbaker, 1994)

## 6. การใช้กระถินเป็นพืชอาหารสัตว์

กระถิน จัดเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีบทบาทสำคัญในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อน เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตชีวมวลสูง มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้ง และมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนดิบในใบและกิ่งอ่อน ซึ่งทำให้กระถินถูกนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์อย่างแพร่หลายทั้งในรูปของการให้กินสด การปล่อยแพะเล็ม การทำหญ้าแห้ง และการหมักเป็นไซเลจ (Shelton and Brewbaker, 1994; Leng, 1997)

ในระบบการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง กระถินมักถูกใช้เป็นแหล่งอาหารเสริมโปรตีนสำหรับโค กระบือ แพะ และแกะ โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่พืชอาหารสัตว์ประเภทหญ้ามักมีคุณภาพต่ำ การเสริมกระถินในสูตรอาหารสามารถช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหาร ส่งผลให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนดีขึ้น และช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตของสัตว์ (Norton, 1994) นอกจากนี้ การปลูกกระถินร่วมกับหญ้าในระบบแปลงหญ้าผสมยังช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากกระถินสามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศผ่านปมราก ทำให้เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อระบบเกษตรแบบยั่งยืน (Gutteridge and Shelton, 1994) สำหรับประเทศไทย กระถินถูกนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์มาอย่างยาวนาน โดยเกษตรกรนิยมใช้ใบและกิ่งอ่อนเป็นอาหารเสริมโปรตีนให้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โคเนื้อ โคนม และแพะ โดยเฉพาะในระบบการเลี้ยงแบบเกษตรกรรายย่อยที่มีต้นทุนอาหารสัตว์จำกัด การใช้กระถินร่วมกับหญ้าพื้นเมืองหรือหญ้าปลูกสามารถช่วยปรับสมดุลของสารอาหารในอาหารสัตว์ และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์ได้ (กรมปศุสัตว์, 2560)

นอกจากนี้ มีรายงานว่า การใช้กระถินในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทยสามารถช่วยเพิ่มอัตราการเจริญเติบโตของโคเนื้อและแพะ ได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อใช้เป็นอาหารเสริมร่วมกับหญ้า เนื่องจากกระถินมีปริมาณโปรตีนสูงและมีการย่อยได้ดีในกระเพาะรูเมน (สุวรรณ และคณะ, 2555) อย่างไรก็ตาม การใช้กระถินเป็นอาหารสัตว์ควรมีการจัดการที่เหมาะสม เนื่องจากกระถินมีสารต้านโภชนาการคือ ไมโมซิน (mimosine) ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพสัตว์หากได้รับในปริมาณสูง ดังนั้นจึงมักมีการจำกัดสัดส่วนการใช้กระถินในสูตรอาหาร หรือใช้วิธีการแปรรูป เช่น การหมักเป็นไซเลจ เพื่อลดผลกระทบของสารดังกล่าว (Jones and Lowry, 1984; McDonald et al., 2011) จากคุณสมบัติด้านผลผลิตชีวมวลสูง คุณค่าทางโภชนาการที่ดี และความสามารถในการปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมในเขตร้อน กระถินจึงได้รับการยอมรับว่าเป็นพืชอาหารสัตว์ที่มีศักยภาพสูงสำหรับการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในประเทศไทย โดยเฉพาะในระบบการเลี้ยงสัตว์ที่ต้องการลดต้นทุนอาหารสัตว์และเพิ่มความยั่งยืนของการผลิต (กรมปศุสัตว์, 2560)

## 7. การผลิตพืชหมัก (Silage)

พืชหมัก (silage crops) หมายถึง พืชอาหารสัตว์ที่สามารถนำมาถนอมด้วยกระบวนการหมักภายใต้สภาวะที่ไม่มีออกซิเจน (anaerobic fermentation) เพื่อรักษาค่าทางโภชนาการและยืดอายุการเก็บรักษาอาหารสัตว์

โดยทั่วไปพืชที่เหมาะสมสำหรับการทำพืชหมักควรมีปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter; DM) และคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (water-soluble carbohydrates; WSC) ในระดับที่เหมาะสม เพื่อให้จุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียสร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria; LAB) สามารถเจริญเติบโตและผลิตกรดอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ค่า pH ของวัสดุหมักลดลงอย่างรวดเร็วและช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ (McDonald *et al.*, 2011; Kung *et al.*, 2018)

พืชอาหารสัตว์ที่นิยมใช้ในการผลิตพืชหมักได้แก่ พืชตระกูลหญ้า เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง และหญ้าเนเปียร์ เนื่องจากมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูงและสามารถให้ผลผลิตชีวมวลจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม พืชตระกูลถั่วบางชนิดก็สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการหมักได้เช่นกัน โดยเฉพาะเมื่อมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนในอาหารสัตว์ เนื่องจากพืชตระกูลถั่วโดยทั่วไปมีปริมาณโปรตีนหยาบสูงกว่าพืชตระกูลหญ้า (Norton, 1994)

กระถิน (*Leucaena leucocephala*) เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีศักยภาพในการใช้เป็นพืชหมักสำหรับการผลิตพืชหมัก เนื่องจากสามารถให้ผลผลิตชีวมวลสูง เจริญเติบโตได้ดีในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน และมีคุณค่าทางโภชนาสูง โดยเฉพาะปริมาณโปรตีนดิบในใบและกิ่งอ่อน ซึ่งโดยทั่วไปอยู่ในช่วงประมาณ 20–30 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ทำให้กระถินสามารถใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Leng, 1997; Norton, 1994)

การนำกระถินมาใช้ในการหมักอาจมีข้อจำกัดบางประการ เนื่องจากพืชตระกูลถั่วมักมีค่าความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของค่า pH (buffering capacity) สูง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำกว่าพืชตระกูลหญ้า ซึ่งอาจทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นได้ช้าหรือไม่สมบูรณ์ ส่งผลให้ค่า pH ของไซเลจลดลงได้ช้ากว่าที่ควร และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อการเกิดการเน่าเสียของวัสดุหมัก (McDonald *et al.*, 2011) ดังนั้น ในการผลิตพืชหมักจากพืชตระกูลถั่ว เช่น กระถิน จึงมักมีการใช้วิธีการปรับปรุงกระบวนการหมัก เช่น การผสมกับพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น การเติมแหล่งคาร์โบไฮเดรต เช่น กากน้ำตาล หรือการใช้จุลินทรีย์ช่วยหมัก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการหมักและปรับปรุงคุณภาพของพืชหมัก

นอกจากนี้ การหมักจากกระถินยังมีบทบาทในการปรับปรุงความเหมาะสมของการใช้กระถินเป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากกระถินมีสารต้านโภชนาบางชนิด เช่น ไมโมซีน (mimosine) ซึ่งอาจส่งผลต่อสุขภาพของสัตว์ หากได้รับในปริมาณสูง กระบวนการหมักสามารถช่วยลดระดับของสารดังกล่าวบางส่วน และเพิ่มความปลอดภัยในการใช้กระถินเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Jones, 1994) ดังนั้น การศึกษาการหมักกระถินจึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ชนิดนี้ในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง

## 8. การใช้จุลินทรีย์ในการหมัก

การหมักเป็นกระบวนการถนอมอาหารสัตว์ที่อาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (anaerobic conditions) โดยจุลินทรีย์จะทำหน้าที่เปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในพืชอาหารสัตว์ให้เป็นกรดอินทรีย์ โดยเฉพาะกรดแลคติก ซึ่งส่งผลให้ค่า pH ของวัสดุหมักลดลงอย่างรวดเร็ว และช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น แบคทีเรียในกลุ่มคลอสทริเดีย ยีสต์ และเชื้อรา (McDonald *et al.*, 2011) อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติบนพืชอาหารสัตว์อาจมีจำนวนไม่เพียงพอ หรือมีชนิดของจุลินทรีย์ที่ไม่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก ส่งผลให้การหมักเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นจึงมีการนำจุลินทรีย์ช่วยหมัก หรือที่เรียกว่า microbial inoculant มาใช้เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก จุลินทรีย์ที่นิยมใช้เป็นสารช่วยหมักส่วนใหญ่เป็นแบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติก (lactic acid bacteria; LAB) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการเร่งกระบวนการหมัก โดยจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถใช้น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ในพืชเป็นแหล่งพลังงาน และผลิตกรดแลคติกเป็นผลิตภัณฑ์หลัก ส่งผลให้ค่า pH ของไซเลจลดลงอย่างรวดเร็ว ทำให้สภาพแวดล้อมภายในวัสดุหมักไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (Kung *et al.*, 2018) นอกจากนี้ การใช้จุลินทรีย์ช่วยหมักยังสามารถช่วยลดการสูญเสียสารอาหารในระหว่างกระบวนการหมัก และช่วยปรับปรุงคุณภาพของพืชหมักให้มีความคงตัวมากขึ้น

แบคทีเรียกลุ่มสร้างกรดแลคติกที่นิยมใช้เป็นจุลินทรีย์ช่วยหมัก ได้แก่ *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri*, *Pediococcus pentosaceus* และ *Enterococcus faecium* ซึ่งมีคุณสมบัติในการผลิตกรดแลคติกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมที่มีค่า pH ต่ำ (Muck *et al.*, 2018) โดยแบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกเป็นหลัก (homofermentative lactic acid bacteria) ซึ่งช่วยลดค่า pH ของพืชหมักได้อย่างรวดเร็ว และกลุ่มที่ผลิตกรดอินทรีย์หลายชนิด (heterofermentative lactic acid bacteria) ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของพืชหมักเมื่อสัมผัสกับอากาศภายหลังการเปิดใช้งาน การใช้จุลินทรีย์ช่วยหมักได้รับความสนใจอย่างแพร่หลายในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของพืชหมักในหลายด้าน เช่น การเพิ่มปริมาณกรดแลคติก การลดค่า pH การลดการสูญเสียของวัตถุแห้ง และการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ (Kung *et al.*, 2018) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การใช้จุลินทรีย์ช่วยหมักสามารถช่วยเพิ่มความคงตัวของพืชหมักเมื่อสัมผัสกับอากาศ (aerobic stability) และช่วยรักษาค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ได้ดียิ่งขึ้น

สำหรับพืชอาหารสัตว์บางชนิด เช่น พืชตระกูลถั่ว ซึ่งมีค่าความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงของค่า pH สูงและมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำ การใช้จุลินทรีย์ช่วยหมักจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากสามารถช่วยเร่งกระบวนการผลิตกรดแลคติกและช่วยให้ค่า pH ของพืชหมักลดลงได้รวดเร็วกว่าขึ้น

ส่งผลให้กระบวนการหมักมีประสิทธิภาพมากขึ้น และช่วยปรับปรุงคุณภาพของไซเลจจากพืชตระกูลถั่ว เช่น กระถิน (*Leucaena leucocephala*) ให้มีความเหมาะสมต่อการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Muck *et al.*, 2018) ดังนั้น การใช้จุลินทรีย์ช่วยหมักจึงเป็นเทคนิคที่สำคัญในการปรับปรุงคุณภาพของพืชหมัก โดยเฉพาะในการหมักพืชอาหารสัตว์ที่มีข้อจำกัดด้านองค์ประกอบทางเคมี เช่น พืชตระกูลถั่ว ซึ่งรวมถึงกระถิน การศึกษาการใช้จุลินทรีย์ช่วยหมักในการผลิตพืชหมักจากกระถินจึงมีความสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์จากพืชอาหารสัตว์ชนิดนี้ในระบบการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง

### 8.1 กระถินหมัก (*Leucaena silage*) สำหรับอาหารสัตว์

- มะตูแก และคณะ (2568) ได้ใช้แกะลูกผสม 3 ตัว (แบบ Latin square) โดยเปรียบเทียบ 3 สูตร ได้แก่ หญ้าแห้ง 100% หญ้าแห้ง 50% + กระถินหมัก 50% กระถินหมัก 100% ผลการทดลองพบว่า ด้านการเจริญเติบโตและการย่อยได้ไม่ต่างกันทางสถิติ ( $P>0.05$ ) แต่พบว่า การกินโปรตีนเพิ่มขึ้น ลิกลินสูงขึ้น เมื่อใช้กระถินหมักสูง สรุป กระถินหมักใช้แทนอาหารหยาบได้ควรใช้ร่วมกับหญ้าที่ลิกลินต่ำ และยังช่วยลดต้นทุนอาหารสัตว์ได้
- วรณิ และคณะ (2555) รายงาน โคเนื้อ 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มควบคุม กระถินสด และ กระถินหมัก ผลการทดลองพบว่า กลุ่มกระถินหมัก กินอาหารได้มากขึ้น น้ำหนักเพิ่มขึ้น (ADG) น้ำหนักซากเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $P<0.05$ ) สรุป กระถินหมักช่วยเพิ่มผลผลิตและกำไร เหมาะเป็นอาหารเสริมโปรตีนในโค
- Shelton and Dalzell (2007) รายงานว่า กระถินมีโปรตีนสูง (20–30%) ใช้เป็นอาหารสัตว์ในเขตร้อนได้ดี เพิ่มการเจริญเติบโตของโคและแกะ
- การทดลอง ของ Nguyen *et al.*, (2016) เปรียบเทียบสัดส่วนกระถินหมักในอาหารโค ได้แก่ ฟางข้าว 100%, ฟาง 70% + กระถินหมัก 30%, ฟาง 40% + กระถินหมัก 60% และ กระถินหมัก 100% ผลการทดลองพบว่า การกินอาหาร (Dry matter intake) เพิ่มขึ้น การย่อยได้ของโภชนะสูงสุดใน สูตรที่มีกระถินหมัก 60% สรุป กระถินหมักช่วยเพิ่มการกินอาหารและการย่อยได้ของโค
- การทดลองของ Santana *et al.*, (2019) โดยใช้พืชหมักผสม หญ้าเนเปียร์และกระถิน ผลการทดลองพบว่าเพิ่ม DM digestibility เพิ่ม nitrogen balance เพิ่มการกินอาหารของแกะ สรุป การผสมกระถินในพืชหมักช่วยเพิ่มโปรตีนและการย่อยได้ของอาหารสัตว์

## 8.2 กระบวนการหมักร่วมจุลินทรีย์

- จุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมักส่วนใหญ่คือกลุ่ม Lactic Acid Bacteria (LAB) เช่น *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus buchneri* ซึ่ง LAB มีหน้าที่ คือ เปลี่ยนน้ำตาลเป็นกรดแลคติก ลด pH อย่างรวดเร็ว ( $<4.2$ ) ยับยั้ง Clostridia และจุลินทรีย์เน่าเสีย ส่งผลให้การหมักมีเสถียรภาพ (Filya, 2003; Muck, 2010)
- ผลของการใช้จุลินทรีย์ต่อคุณภาพกระดินหมัก มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมี จากหลายงานวิจัยพบว่า เมื่อเติม inoculant ทำให้ pH ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ Lactic acid เพิ่มขึ้น  $\text{NH}_3\text{-N}$  ลดลง (ลดการสลายโปรตีน) Crude protein สูญเสียน้อยลง แสดงถึงการหมักที่มีประสิทธิภาพ ด้านการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพพบว่า สีเขียวอมเหลือง (ดีกว่าดำ/น้ำตาล) กลิ่นหอมเปรี้ยว (ไม่เหม็นเน่า) และเนื้อสัมผัสไม่ละเอียด
- ช่วยเพิ่มความน่ากิน (palatability) ด้านความคงตัวเมื่อเปิดกองหมัก (aerobic stability) *L. buchneri* ช่วยเพิ่มกรดอะซิติก ลดการเจริญของยีสต์และรา ซึ่งทำให้เก็บได้นานหลังเปิดใช้

## 9 การประเมินคุณภาพการหมัก

การประเมินคุณภาพพืชหมักเป็นขั้นตอนสำคัญในการพิจารณาความเหมาะสมของอาหารหมักสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากคุณภาพของพืชหมักมีผลโดยตรงต่อการยอมรับกินของสัตว์ ประสิทธิภาพการย่อยได้ และสมรรถนะการผลิตของสัตว์ โดยทั่วไปการประเมินคุณภาพพืชหมักสามารถดำเนินการได้จากหลายด้าน ได้แก่ การประเมินลักษณะทางกายภาพ การประเมินคุณสมบัติทางเคมี และการประเมินลักษณะทางจุลชีววิทยา ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของกระบวนการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของพืชหมักที่ได้ (McDonald *et al.*, 2011; Kung *et al.*, 2018)

การประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักมักพิจารณาจากสี กลิ่น เนื้อสัมผัส และการปนเปื้อนของเชื้อรา โดยพืชหมักที่มีคุณภาพดีมักมีสีเขียวถึงสีเขียวอมเหลือง มีกลิ่นหอมคล้ายกรดแลคติกหรือกลิ่นเปรี้ยวอ่อน ๆ และไม่มี การปนเปื้อนของเชื้อราหรือการเน่าเสีย ในทางตรงกันข้าม หากพืชหมักมีกลิ่นเหม็นเน่า สีคล้ำ หรือมีการเจริญของเชื้อรา อาจแสดงถึงกระบวนการหมักที่ไม่สมบูรณ์หรือมีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ (Kung *et al.*, 2018)

การประเมินคุณภาพพืชหมักทางเคมีเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการศึกษางานวิจัย เนื่องจากสามารถแสดงให้เห็นถึงองค์ประกอบทางโภชนาการและประสิทธิภาพของกระบวนการหมักได้อย่างชัดเจน ตัวแปรที่นิยมใช้ในการ

ประเมินคุณภาพพืชหมัก ได้แก่ ค่า pH ปริมาณวัตถุแห้ง (dry matter; DM) โปรตีนดิบ (crude protein; CP) เชื้อใยที่ไม่ละลายในสารละลายเป็นกลาง (neutral detergent fiber; NDF) และเชื้อใยที่ไม่ละลายในสารละลายกรด (acid detergent fiber; ADF) ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการประเมินคุณค่าทางโภชนาของพืชหมัก (Van Soest *et al.*, 1991)

ค่า pH เป็นหนึ่งในตัวชี้วัดที่สำคัญที่สุดในการประเมินคุณภาพพืชหมัก เนื่องจากเป็นตัวบ่งชี้ถึงความสำเร็จของกระบวนการหมัก โดยไซเลจที่มีคุณภาพดีมักมีค่า pH อยู่ในช่วงประมาณ 3.5–4.5 ซึ่งแสดงถึงการเกิดการหมักกรดแลกติกอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสียได้ (McDonald *et al.*, 2011) นอกจากนี้ ปริมาณวัตถุแห้ง (DM) ยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อคุณภาพการหมักเนื่องจากระดับความชื้นของวัสดุหมักสามารถส่งผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระหว่างกระบวนการหมัก โดยทั่วไปวัสดุหมักที่มีปริมาณวัตถุแห้งในช่วงประมาณ 30–35 เปอร์เซ็นต์ มักเหมาะสมต่อกระบวนการหมักและช่วยลดการสูญเสียสารอาหารในระหว่างการเก็บรักษา (Kung *et al.*, 2018)

สำหรับการประเมินองค์ประกอบทางโภชนาของพืชหมัก ปริมาณโปรตีนหยาบ (CP) เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการประเมินศักยภาพของพืชหมักในการใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในขณะที่ค่า NDF และ ADF ใช้ในการประเมินปริมาณเชื้อใยของอาหาร ซึ่งมีผลต่อการย่อยได้และการกินได้ของสัตว์ โดยอาหารที่มีค่า NDF สูงอาจทำให้การบริโภคอาหารลดลง ในขณะที่ค่า ADF มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการย่อยได้ของอาหารสัตว์ (Van Soest *et al.*, 1991) ในงานวิจัยเกี่ยวกับการหมักของพืชอาหารสัตว์ โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว เช่น กระถิน (*Leucaena leucocephala*) การประเมินคุณภาพการหมักจึงมักใช้ตัวชี้วัดหลายตัวร่วมกัน เพื่อให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของกระบวนการหมักและคุณค่าทางโภชนาของอาหารหมักได้อย่างครอบคลุม ข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในการพิจารณาความเหมาะสมของพืชหมักในการใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง และใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการหมักให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### 1. อุปกรณ์ที่ใช้ในแปลงทดลอง

- 1.1 กระถินที่ใช้ทดสอบจำนวน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ประกอบด้วย
  - 1.1.1. สายพันธุ์ K636
  - 1.1.2. สายพันธุ์ KU56
  - 1.1.3. สายพันธุ์ KU15
  - 1.1.4. พันธุ์ Cunningham
  - 1.1.5. พันธุ์ Peru
  - 1.1.6. พันธุ์ Tarramba
- 1.2. ไม้เมตร
- 1.3. เครื่องชั่งน้ำหนัก ได้แก่ เครื่องชั่งขนาด 20 กิโลกรัม และ ตราชั่งดิจิทัล
- 1.4. มิเตอร์ไฟฟ้า
- 1.5. เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)
- 1.6. ป้ายชื่อ (Tag)
- 1.7. ถุงตาข่าย
- 1.8. เชือก

#### 2. อุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

- 2.1. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven)
- 2.2. เครื่องบดตัวอย่างพืช
- 2.3. เตาเผาอุณหภูมิสูง (Analytical Furnace)
- 2.4. เครื่องกลั่นหาไนโตรเจน (Total Kjeldahl Nitrogen)
- 2.5. เครื่องวิเคราะห์ไฟเบอร์ (ANKOM200, ANKOM Technology)
- 2.6. เครื่องชั่งดิจิทัลความละเอียด 0.1 มิลลิกรัม
- 2.7. กากน้ำตาล
- 2.8. เครื่องซีลสุญญากาศ (Vacuum Sealer)
- 2.9. ถุงซีลสุญญากาศ (Vacuum Bag)

- 2.10. สารเสริมจุลินทรีย์ Silage Pro
- 2.11. สารเสริมจุลินทรีย์ Silage Extra Plus Max
- 2.12. สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์
- 2.13. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาค่า Neutral Detergent Fiber (NDF) ประกอบด้วย
  - 2.13.1. Sodium Dodecyl Sulfate
  - 2.13.2. Ethylenediaminetetraacetic Disodium
  - 2.13.3. Salt Dehydrate, Sodium Borate
  - 2.13.4. Sodium Phosphate dibasic anhydrous
  - 2.13.5. Triethylene glycol
  - 2.13.6. Alpha-amylase
  - 2.13.7. Sodium sulfate anhydrous
- 2.14. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาค่า Acid Detergent Fiber (ADF) ประกอบด้วย
  - 2.14.1. Sulfuric Acid 98%
  - 2.14.2. trimethylammonium bromine
- 2.15. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาค่า Acid Detergent Lignin (ADL) ประกอบด้วย
  - 2.15.1. Sulfuric Acid 98%
- 2.16. สารเคมีสำหรับวิเคราะห์หาค่า โปรตีนหยาบ (Crude Protein) ประกอบด้วย
  - 2.16.1. Cupric Sulphate (Copper (II) sulfate)
  - 2.16.2. Potassium Sulfate ( $K_2SO_4$ )
  - 2.16.3. Sulfuric acid 98%
  - 2.16.4. Sodium hydroxide (NaOH)

### วิธีการ

## 1. การทดลองที่ 1 การประเมินการเจริญเติบโตผลผลิตชีวมวลและคุณค่าทางโภชนาการของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์

### 1.1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์(RCBD) จำนวน 4 ซ้ำรวมทั้งหมด 24 แปลงย่อยระยะปลูก  $1 \times 0.5$  m โดยกรรมวิธีกระถินที่ใช้ทดสอบจำนวน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ประกอบด้วยสายพันธุ์ K636, สายพันธุ์ KU56, สายพันธุ์ KU15, พันธุ์ Cunningham, พันธุ์ Peru และพันธุ์ Tarramba ในการทดลองนี้เป็นการทดลอง

ต่อเนื่องตั้งแต่ มกราคม ปี 2566 โดยเก็บเกี่ยวครั้งสุดท้ายครั้งที่ 2 ในเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2567 และผลการทดลองครั้งนี้ จะทำการเก็บข้อมูลภายหลังเดือน สิงหาคม ปี 2567 และ ครั้งที่ 4 กุมภาพันธ์ ปี 2568

## **1.2. การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตชีวมวล**

### **1.1.1. ความสูง**

ใช้ไม้เมตรในการวัดความสูงในรอบการตัดครั้งที่ 3 และ 4 ทุกๆ 1 เดือนหลังจากการตัดจากรอบที่แล้ว วัดจากโคนต้นถึงปลายยอด โดยวัดความสูงกระถินแถวละ 3 ต้น (ต้นที่ 3 4 และ 5) จำนวน 4 แถว (แถว 3 4 และ 5) รวมทั้งหมด 12 ต้น/แปลงย่อย

### **1.1.2. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น**

ใช้เครื่องวัดเวอร์เนียคาลิเปอร์ในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง ทั้งรอบการตัดครั้งที่ 3 และ 4 ทุกๆ 1 เดือน โดยลำต้นที่สูงขึ้น 50 เซนติเมตร (นับจากตอที่ตัดใหญ่) เก็บข้อมูลต้นแบบเดียวกันกับการเก็บข้อมูลความสูง

### **1.1.3. จำนวนต้น/ตอ**

นับจำนวนต้นที่งอกออกมาจากตอ โดยนับทุก ๆ 1 เดือน เก็บข้อมูลต้นแบบเดียวกันกับการเก็บข้อมูลความสูง

## **1.3. ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง**

เก็บเกี่ยวกระถินทุกๆ 6 เดือน โดยเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 เมื่อกระถินอายุครบ 6 เดือน (วันที่ 5 สิงหาคม 2567 และ วันที่ 9 กุมภาพันธ์ 2568 ตามลำดับ) ใช้เลื่อยไฟฟ้าหรือคีมสำหรับตัดกระถิน โดยตัดต้นกระถินเหนือจากระดับพื้นดิน 50 เซนติเมตร จำนวนแถวละ 3 ต้น (ต้นที่ 3 4 และ 5) จำนวน 4 แถว (แถว 3 4 และ 5) แต่ละแปลงย่อยตัดทั้งหมด 12 ต้น และสุ่ม 3 ต้นเพื่อเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์น้ำหนักแห้ง

### **1.3.1. ใบ (รวมส่วนสีเขียวที่สัตว์กินได้) กิ่ง และลำต้น**

นำตัวอย่างต้นกระถินที่สุ่มจำนวน 3 ต้น มาทำการแยกส่วนประกอบพืช โดยตัดแยกส่วนใบและส่วนที่เป็นใบ (รวมส่วนสีเขียวที่สัตว์กินได้) ออกจากกิ่งและลำต้นด้วยมีด จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักสดของแต่ละส่วน ได้แก่ ใบ กิ่ง และลำต้น จากนั้นนำตัวอย่างไปอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จนได้ค่าคงที่ แล้วจึงชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อนำไปคำนวณหาค่าความชื้นและปริมาณวัตถุแห้ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างแห้งไปบดเพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการต่อไป

สำหรับตัวอย่างกระถินอีกจำนวน 9 ต้น ดำเนินการแยกส่วนประกอบพืชในลักษณะเดียวกัน โดยตัดแยกส่วนใบ กิ่ง และลำต้น จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักสดของแต่ละส่วนแยกกัน ได้แก่ ใบ กิ่ง และลำต้น เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

## **1.4. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการสัตว์**

วิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบ ปริมาณ NDF ADF ADL และปริมาณเถ้า ของตัวอย่างกระถินที่บดแล้ว โดยแยกวิเคราะห์แต่ละส่วน ได้แก่ ใบ กิ่ง และลำต้น

#### 1.4.1. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนหยาบ (Crude protein)

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างกระถินในแต่ละส่วนที่ผ่านการบดละเอียดแล้วประมาณ 1.00XX กรัม ใส่ลงในหลอดย่อย จากนั้นเติมสารเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ปริมาณ 10 กรัม ซึ่งประกอบ Cupric Sulphate 5 กรัม และ Potassium Sulfate 100 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (Sulfuric acid, 98%) ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วนำตัวอย่างเข้าสู่กระบวนการย่อยด้วยเครื่องย่อย (digestion unit) เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที ภายหลังการย่อยเสร็จสิ้น เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตรลงในหลอดตัวอย่าง และนำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่น (distillation unit) จากนั้นทำการไตเตรตด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร (0.05 mol/L) พร้อมบันทึกปริมาตรที่ใช้ในการไตเตรต ค่าที่ได้จากการไตเตรตถูกนำไปคำนวณหาปริมาณไนโตรเจน และนำค่าปริมาณไนโตรเจนไปคำนวณเป็นปริมาณโปรตีนหยาบ (Crude protein) ต่อไป

#### การคำนวณปริมาณไนโตรเจน

$$N (\%) = \frac{(V_{sample} - V_{blank}) \times \text{ความเข้มข้น } H_2SO_4(0.05) \times 1.4007}{\text{น้ำหนัก Sample}}$$

#### การคำนวณปริมาณโปรตีนหยาบ

$$\text{Protein } (\%) = \text{เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน} \times 6.25$$

#### 1.4.2. การวิเคราะห์เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral-detergent fiber; NDF) ตามวิธีของ

Van Soest et al. (1991)

##### (1) การเตรียมตัวอย่าง

ชั่งน้ำหนักของ Filter bag (W1) และชั่งน้ำหนักตัวอย่างกระถินที่ผ่านการอบแห้งและบดประมาณ 0.45-0.55 กรัมลงใน Filter bag ที่เตรียมไว้ (W2) จากนั้นนำ Filter bag ไปซีลปิดปากขอบด้านบนของ Filter bag และชั่งน้ำหนัก Filter bag เปล่าจำนวน 1 ใบ แล้วนำไปวิเคราะห์พร้อมกับตัวอย่างเพื่อใช้หาค่า Blank bag correction factor (C1)

## (2) การเตรียมสารละลายฟอกที่เป็นกลาง

เตรียมสารละลาย 2,000 มิลลิลิตร โดยนำสารเคมี 5 สาร ได้แก่ (1) sodium dodecyl sulfate น้ำหนัก 60 กรัม (2) Ethylenediaminetetraacetic disodium salt dehydrate น้ำหนัก 37.22 กรัม (3) Sodium borate น้ำหนัก 13.62 กรัม (4) Sodium phosphate dibasic anhydrous น้ำหนัก 9.12 กรัม และ (5) Triethylene glycol ปริมาตร 40 มิลลิลิตร มาละลายโดยใช้ความร้อนและน้ำกลั่นปริมาตร 300 มิลลิเมตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน

## (3) ขั้นตอนการดำเนินการวิเคราะห์

นำ Filter bag ใส่ลงในภาชนะตัวอย่างซึ่งสามารถบรรจุตัวอย่างได้ชั้นละ 3 ตัวอย่าง ใส่ได้ทั้งหมด 8 ชั้น รวมสูงสุดเป็น 24 ตัวอย่าง โดยวางให้ภาชนะแต่ละชั้นบิดไปเป็นมุม 120 องศา จากนั้นนำภาชนะตัวอย่างใส่ลงในเครื่อง Filter analyzer vessel ยี่ห้อ Ankom200 แล้วนำเหล็กถ่วงวางทับลงบนภาชนะตัวอย่างเพื่อให้ตัวอย่างทั้งหมดจมอยู่ในสารละลาย เทสารละลายที่เตรียมไว้ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร หรือจนท่วมตัวอย่างลงในเครื่อง (Filter analyzer vessel) จากนั้นเติมสาร Sodium sulfate anhydrous น้ำหนัก 20.0 กรัม และ Alpha amylase ปริมาตร 4 มิลลิลิตร กดสวิทช์เปิดให้เครื่องเริ่มเขย่าและทำความร้อน จากนั้นปิดฝาตัวเครื่อง จับเวลาให้เครื่องทำงานนาน 75 นาที เมื่อครบให้กดปิดสวิทช์ทั้งสอง จากนั้นค่อยๆเปิดวาล์วบริเวณด้านซ้ายมือของตัวเครื่องเพื่อถ่ายสารละลายที่อยู่ในเครื่องออกไป จากนั้นเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 70-90 °C และเติมเอนไซม์ Alpha amylase ปริมาตร 4 มิลลิลิตรและกดสวิทช์เขย่าเป็นเวลา 5 นาทีเพื่อล้างสารละลายออกจากตัวอย่าง ทำเช่นนี้ 2 รอบ และล้างด้วยน้ำร้อนอีก 1 ครั้ง หรือล้างจนกระทั่งสารละลายมีค่า pH เป็นกลาง จากนั้นนำ filter bag ออกจากภาชนะตัวอย่างนำไปแช่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มี Acetone อยู่โดยแช่ทิ้งไว้ให้ acetone ท่วมตัวอย่างนานประมาณ 3-5 นาที นำ Filter bag ออกจากบีกเกอร์ แล้ววางไว้บนตะแกรงเพื่อระเหย acetone ออกจากนั้นนำไปประเหยต่อในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง นำ filter bag ออกจากตู้อบ แล้วย้ายไปใส่ไว้ในถุงดูดความชื้น หรือตู้ดูดความชื้นทันที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำถุงตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง บันทึกเป็น W3 และนำมาคำนวณดังนี้

$$\%NDF \text{ (as received basis)} = \frac{(W3 - (W1 \times C1))}{W2} \times 100$$

โดยที่

W1 = น้ำหนัก Filter bag

W2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักแห้งของ Filter bag + ตัวอย่างหลังการสกัด

C1 = น้ำหนัก Filter bag เปล่าก่อนการสกัดหารด้วยน้ำหนัก Filter bag เปล่าหลังสกัด

#### 1.4.3. การวิเคราะห์เยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid-detergent fiber; ADF) ตามวิธีของ Van

Soest *et al.* (1991)

##### (1) การเตรียมตัวอย่าง

ใช้ Filter bag ต่อจากการวิเคราะห์หาเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral-detergent fiber; NDF)

##### (2) การเตรียมสารละลายฟอกที่เป็นกรด

นำสารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 1 N เตรียมโดยตวงกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98% W/W ปริมาตร 54.4 มิลลิลิตร ค่อยๆ เติมกรดลงในน้ำ OR ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จากนั้นชั่งสาร Trimethylammonium bromine (CTAB)หนัก 40 กรัม เติมลงในสารละลายกรดซัลฟิวริกข้างต้นจนสารละลายและให้ความร้อนเพื่อให้สารละลายละลายเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2,000 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร กวนสารละลายให้เป็นเนื้อเดียวกัน

##### (3) ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำ Filter bag ใส่ลงในถาดใส่ตัวอย่างซึ่งสามารถบรรจุตัวอย่างได้ชั้นละ 3 ตัวอย่าง ใส่ได้ทั้งหมด 8 ชั้น รวมสูงสุดเป็น 24 ตัวอย่าง โดยวางให้ถาดแต่ละชั้นบิดไปเป็นมุม 120 องศา จากนั้นนำถาดตัวอย่างใส่ลงในเครื่อง Filter analyzer vessel ยี่ห้อ Ankom200 แล้วนำเหล็กถ่วงวางทับลงบนถาดตัวอย่างเพื่อให้ตัวอย่างทั้งหมดจมอยู่ในสารละลาย เติมสารละลายที่เตรียมไว้ปริมาตร 2,000 มิลลิลิตร หรือจนท่วมตัวอย่างลงในเครื่อง (Filter analyzer vessel) กดสวิตช์เปิดให้เครื่องเริ่มเขย่าและทำความร้อน จากนั้นปิดฝาตัวเครื่อง จับเวลาให้เครื่องทำงานนาน 60 นาที เมื่อครบให้กดปิดสวิตช์ทั้งสอง จากนั้นค่อยๆเปิดวาล์วบริเวณด้านซ้ายมือของตัวเครื่องเพื่อถ่ายสารละลายที่อยู่ในเครื่องออกไป เมื่อสารละลายถูกปล่อยออกจากตัวเครื่องจนหมดให้เปิดฝาเครื่องแล้ว จากนั้นเติมน้ำร้อนอุณหภูมิ 70-90 องศาเซลเซียส กดสวิตช์เขย่าเป็นเวลา 5 ลงไปเพื่อล้างสารละลายออกจากตัวอย่าง ทำเช่นนี้ 3 รอบ หรือล้างจนกระทั่งสารละลายมีค่า pH เป็นกลาง จากนั้นนำ Filter bag ออกจากถาดใส่

ตัวอย่าง นำไปแช่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มี Acetone อยู่โดยแช่ทิ้งไว้ให้ Acetone ท่วมตัวอย่างนานประมาณ 3-5 นาที นำ Filter bag ออกจากบีกเกอร์ แล้ววางไว้บนตะแกรงเพื่อระเหย acetone ออกไปจากนั้นนำไปประเหยต่อในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง นำ Filter bag ออกจากตู้อบ แล้วย้ายไปใส่ไว้ในถุงดูดความชื้น หรือดูดความชื้นทันที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำถุงตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง บันทึกเป็น W3 และนำมาคำนวณดังนี้

$$\%ADF \text{ (as - recieved basis)} = \frac{(W3 - (W1 \times C1))}{W2} \times 100$$

โดยที่

W1 = น้ำหนัก Filter bag

W2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักแห้งของ Filter bag + ตัวอย่างหลังการสกัด

C1 = น้ำหนัก Filter bag เปล่าก่อนการสกัดหารด้วยน้ำหนัก Filter bag เปล่าหลังสกัด

#### 1.4.4. การวิเคราะห์ลิกนิน (Acid-detergent Lignin, ADL) ตามวิธีการของ Van Soest *et al.* (1991)

##### (1) การเตรียมตัวอย่าง

ใช้ Filter bag ต่อจากการวิเคราะห์หาเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid-detergent fiber; ADF)

##### (2) การเตรียมสารละลาย

สารละลายกรดซัลฟิวริก เข้มข้น 72 % โดยน้ำหนัก เตรียมโดยชั่งกรดซัลฟิวริก Reagent grade 1,200 กรัม ค่อยๆ เติมลงใน Volumetric flask ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 350 มิลลิลิตร โดยวางขวดในอ่างน้ำเย็น เขย่าขวดให้เข้ากัน ปรับค่า Specific gravity ของสารละลาย ให้ได้ 1,634 กรัมต่อลิตร โดยการเติมน้ำกลั่น หรือ กรดเพื่อให้ได้ตามที่ต้องการ

### (3) ขั้นตอนการวิเคราะห์

นำ Filter bag ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 3 ลิตร เทกรด Sulfuric 72 % ที่เตรียมไว้ ปริมาณ 250 มิลลิลิตรใส่ในบีกเกอร์ให้ท่วม Filter bag วางบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 3 ลิตร เพื่อกดให้ Filter bag จม แล้วยกบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร ขึ้น-ลง เพื่อเป็นการเขย่าให้กรดกับตัวอย่างได้คลุกเคล้ากัน 30 รอบ แล้วทิ้งไว้ 30 นาที แล้วมาเขย่าอีก 30 รอบ จนครบ 3 ชั่วโมง จากนั้นเทกรดออก แล้วล้างด้วยน้ำประปา ทดสอบจนแน่ใจว่าไม่มีสภาพเป็นกรดแล้ว โดยนำกระดาษวัดค่า pH มาแตะที่ Filter bag ตรวจสอบและล้างจนกระทั่งมีสภาพเป็นกลาง นำไปแช่ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มี Acetone อยู่โดยแช่ทิ้งไว้ให้ Acetone ท่วมตัวอย่างนานประมาณ 3-5 นาที นำ Filter bag ออกจากบีกเกอร์ แล้ววางไว้บนตะแกรงเพื่อระเหย Acetone ออกไปจากนั้นนำไประเหยต่อในตู้อบที่มีอุณหภูมิ 102 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-4 ชั่วโมง นำ Filter bag ออกจากตู้อบ แล้วย้ายไปใส่ไว้ในถุงดูดความชื้น หรือตู้ดูดความชื้นทันที ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างลดอุณหภูมิลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำถุงตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักอีกครั้งหนึ่ง บันทึกเป็น W3 และนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{ADL (as - received basis)} = \frac{(W3 - (W1 - C1)) \times 100}{W2}$$

โดยที่

W1 = น้ำหนัก Filter bag

W2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักแห้งของ Filter bag + ตัวอย่างหลังการสกัด

C1 = น้ำหนัก Filter bag เป่าก่อนการสกัดหารด้วยน้ำหนัก Filter bag เป่าหลังสกัด

#### 1.4.5. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (Ash) ตามวิธี AOAC (1990)

เริ่มจากเผาโดยใช้เตาเผาหือ Nabertherm GmbH ด้วยกระเบื้องเคลือบ (Crucible) ในเตาเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-45 ชั่วโมง เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาตกลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ไว้ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่ง



น้ำหนัก เฝ้าซ้ำอีกครั้งครึ่งละประมาณ 30 นาที และทำซ้ำข้อ 1 อีกครั้งจนได้ผลต่างของน้ำหนักทั้ง 1 ครั้ง จนได้น้ำหนักทั้ง 2 ครั้งไม่เกิน 1-3 มิลลิกรัม ซึ่งตัวอย่างพืชอบแห้งที่บดแล้วประมาณ 1-2 กรัม ใส่ด้วยกระเบื้องเคลือบ นำเข้าเตาเผาอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นชั่งน้ำหนัก และคำนวณดังนี้

$$\text{ปริมาณเถาทั้งหมดย่อยละของน้ำหนัก} = \frac{(W3-W1)}{(W2-W1)} \times 100$$

โดยที่  $W1$  = น้ำหนักถ้วยกระเบื้องเคลือบ (กรัม)

$W2$  = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและตัวอย่าง (กรัม)

$W3$  = น้ำหนักของถ้วยกระเบื้องเคลือบและเถา (กรัม)

### 1.5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวล และคุณค่าทางโภชนาการ มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และทดสอบนัยสำคัญด้วยค่า F-test เมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละวิธีการทดลองด้วยวิธีดuncan (Duncan's Multiple Range Test; DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ( $P < 0.05$ )

## 2. การทดลองที่ 2: การศึกษาคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ที่หมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

### 2.1. วางแผนการทดลอง

นำกระถินจำนวน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาทำการหมักเพื่อศึกษาคุณภาพการหมัก โดยวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ ( $3 \times 6$  Factorial in Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ซึ่งประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยหลัก 3 ระดับ และปัจจัยรอง 6 ระดับ รวมเป็น 18 กรรมวิธี (treatment combinations) ดังนี้

**ปัจจัยหลัก (Factor A):** การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ทางการค้า จำนวน 3 ระดับ ได้แก่

(1) ไม่ใช้จุลินทรีย์ (Control)

(2) การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ Silage Pro<sup>®</sup> (SP)

(3) การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> (SEPM)

**ปัจจัยรอง (Factor B):** กระถิน จำนวน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ตามที่ได้จากการทดลองที่ 1

## 2.2. ขั้นตอนการหมักกระถินร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

- (1) สุ่มกระถิน ใบ+กิ่งสีเขียว ของกระถินจำนวน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ นำมาบดด้วยเครื่องสับย่อย
- (2) เตรียมสารละลาย SP โดยใช้อัตรา SP 2.4 กรัม ผสมน้ำ 240 มิลลิลิตร
- (3) เตรียมสารละลาย SEPM โดยใช้อัตรา SEPM 1.2 กรัม ผสมน้ำ 4.8 ลิตร และกากน้ำตาล 36 กรัม
- (4) สุ่มส่วนที่บด 1 กิโลกรัม บรรจุลงในถุงซีล พร้อมเติมสารเสริมจุลินทรีย์ทั้ง 3 รูปแบบ โดยใส่ปริมาณสารเสริมจุลินทรีย์แต่ละอัตรา ดังนี้
  - ไม่เติมจุลินทรีย์ (Control) คือ กระถิน 1 กิโลกรัม/ถุง จำนวน 24 ถุง
  - เติมสารเสริมจุลินทรีย์ Silage Pro<sup>®</sup> คือ กระถิน 1 กิโลกรัม/ถุง + สารละลาย SP 10 มิลลิลิตร จำนวน 24 ถุง
  - เติมสารเสริมจุลินทรีย์ Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> คือ กระถิน 1 กิโลกรัม/ถุง + สารละลาย SEPM 200 มิลลิลิตร จำนวน 24 ถุง

จากนั้นปิดผนึกถุงด้วยเครื่องดูดสุญญากาศพร้อมปิดปากถุงให้สนิท และหมักเป็นเวลา 21 วัน

## 2.3. การเก็บข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพของกระถินหมัก

ทำการสุ่มตัวอย่างกระถินหมักจากตำแหน่งด้านบน กลาง และก้นของถุงหมัก ปริมาณรวม 100 กรัม เพื่อนำมาประเมินลักษณะทางกายภาพของพืชหมักด้วยวิธีการให้คะแนน ตามวิธีของกรมปศุสัตว์ (2547) โดยพิจารณาจาก 4 ด้าน ได้แก่ กลิ่น ลักษณะเนื้อ สี และค่า pH พร้อมให้คะแนน ดังนี้

### (1) กลิ่น

- มีกลิ่นหอมคล้ายผลไม้ดองหรือน้ำส้มสายชู ให้ 12 คะแนน
- ไม่หอม มีกลิ่นฉุนเล็กน้อย ให้ 8 คะแนน
- มีกลิ่นฉุนมาก และเหม็นเล็กน้อย ให้ 4 คะแนน
- มีกลิ่นเน่าเสียหรือมีกลิ่นรา ให้ 0 คะแนน

### (2) ลักษณะเนื้อ (Texture)

- เนื้อแน่น ส่วนใบและลำต้นยังคงสภาพเดิม ไม่มีสิ่งเจือปน ให้ 4 คะแนน
- เนื้อค่อนข้างแน่น ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยเล็กน้อย มีลักษณะลื่นเป็นเมือก ให้ 2 คะแนน

- เนื้อแน่น แต่ส่วนใบและลำต้นเปื่อยยุ่ยมาก มีสิ่งเจือปน ให้ 1 คะแนน
- เนื้อละเอียดเป็นเมือก และมีสิ่งสกปรกมาก ให้ 0 คะแนน

### (3) สี (Color)

- สีเหลืองอมเขียวหรือสีเทาให้ 3 คะแนน
- สีเขียวอมเหลืองหรือสีเขียวเข้ม ให้ 2 คะแนน
- สีน้ำตาลทอง ให้ 1 คะแนน
- สีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ให้ 0 คะแนน

### (4) ค่า pH

สุ่มตัวอย่างกระถินหมัก 70 กรัมผสมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตรเขย่าหรือบีบให้เข้ากันแล้วเทน้ำออกจาก ถู้นำชิ้นส่วนกระถินหมักออก วัดค่าความเป็นกรด – ด่างโดยใช้น้ำคั้นจากการบีบมาวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter (ดัดแปลงมาจาก Bal *et al.*, 1997)

- ค่า pH อยู่ในช่วง 3.5–4.2 ให้ 6 คะแนน
- ค่า pH อยู่ในช่วง 4.4–4.7 ให้ 4 คะแนน
- ค่า pH อยู่ในช่วง 4.7–5.1 ให้ 2 คะแนน
- ค่า pH มากกว่า 5.1 ให้ 0 คะแนน

จากนั้นนำคะแนนรวมมาจัดระดับคุณภาพของพืชหมัก (กรมปศุสัตว์, 2547) ดังนี้

- 20–25 คะแนน = คุณภาพดีมาก
- 15–19 คะแนน = คุณภาพดี
- 6–14 คะแนน = คุณภาพปานกลาง
- 0–5 คะแนน = คุณภาพต่ำ

## 2.4 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของกระถินหมัก

ดำเนินการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

## 2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สุ่มตัวอย่างมาและทำการวิเคราะห์ นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่าF-test วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % โดยใช้ โปรแกรม R version 4.2.1 copyright (C) 2022

## สถานที่และระยะเวลาการทําวิจัย

### 1. สถานที่การทําวิจัย

- แปลงปลูกทดลองของภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- ห้องปฏิบัติการ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

### 2. ระยะเวลาการทําวิจัย

- เริ่มต้นเดือนสิงหาคม 2567 และสิ้นสุดเดือน กุมภาพันธ์ 2568

## ผลและวิจารณ์

### การทดลองที่ 1 การประเมินการเจริญเติบโต ผลผลิตชีวมวลและคุณค่าทางโภชนาการของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์

#### 1.1 ปริมาณน้ำฝน

จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ปี 2567–2568 พบว่าปริมาณน้ำฝนมีความแปรปรวนตามฤดูกาล โดยปี 2567 ปริมาณน้ำฝนเริ่มเพิ่มสูงตั้งแต่เดือนพฤษภาคม (230.3 มม.) และยังคงอยู่ในระดับสูงในช่วงเดือนกรกฎาคม (163.7 มม.) สิงหาคม (123.2 มม.) กันยายน (118.7 มม.) และตุลาคม (192.4 มม.) สะท้อนถึงช่วงฤดูฝนที่มีความชื้นในดินเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนที่มีความชื้นในดินเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้กระถินสามารถพัฒนาลำต้น กิ่ง และใบได้ดี และสะสมชีวมวลเพิ่มขึ้น การเก็บเกี่ยวกระถินครั้งที่ 1 ดำเนินการในเดือนสิงหาคม 2567 ซึ่งอยู่ในช่วงฤดูฝน โดยมีปริมาณน้ำฝนสะสมต่อเนื่องจากเดือนพฤษภาคม–กรกฎาคมในระดับสูง ในทางตรงกันข้าม ปริมาณน้ำฝนในช่วงปลายปี 2567 ต่อเนื่องถึงต้นปี 2568 ลดลงอย่างมาก โดยเดือนพฤศจิกายนมีฝน 26.8 มม. เดือนธันวาคม 5.4 มม. เดือนมกราคมไม่มีฝน และเดือนกุมภาพันธ์มีฝนเพียง 0.5 มม. การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2 ซึ่งดำเนินการในเดือนกุมภาพันธ์ 2568 จึงอยู่ในช่วงปลายฤดูแล้งที่มีความชื้นในดินต่ำ

ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์แสง การดูดซึมธาตุอาหาร และการขยายตัวของเซลล์พืช ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโตสูง เช่น Peru และ Cunningham ซึ่งให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ในทางตรงกันข้าม ในช่วงที่ปริมาณน้ำฝนลดลงมาก เช่น พฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์ ซึ่งมีฝนต่ำกว่า 30 มม. อาจทำให้ความชื้นในดินลดลง ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชชะลอตัว และอาจจำกัดการสะสมชีวมวลของพืช ดังนั้น ปริมาณน้ำฝนจึงเป็นปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่สำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกระถิน โดยช่วงที่มีฝนเพียงพอจะช่วยส่งเสริมการสะสมชีวมวลและทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น



รูปภาพ 1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนของปี 2567-2568 ในพื้นที่แปลงทดลอง

## 1.2 คุณสมบัติของดิน

ผลการวิเคราะห์ดินในพื้นที่ทดลองพบว่า ดินมีค่า pH 7.60 จัดอยู่ในช่วงดินเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ซึ่งมีศักยภาพในการอุ้มน้ำและธาตุอาหารได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่า ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก (49.2%) และมีธาตุอาหารหลักในระดับสูงมาก ได้แก่ ฟอสฟอรัส 1,010 มก./กก. โพแทสเซียม 3,043 มก./กก. และแคลเซียม 5,282 มก./กก. รวมถึงแมกนีเซียมในระดับสูง (732 มก./กก.) ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทดลองมีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงมาก และมีศักยภาพสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชได้ดี

ดินเหนียวมีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงกว่าดินทราย เนื่องจากมีพื้นที่ผิวและความสามารถในการยึดจับน้ำมากกว่า จึงช่วยรักษาความชื้นในดินได้นานในช่วงที่ไม่มีฝน ส่งผลให้พืชยังสามารถดูดน้ำได้ต่อเนื่องในฤดูแล้ง (Brady and Weil, 2016) นอกจากนี้ ระดับอินทรีย์วัตถุที่สูงมากยังช่วยเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และเพิ่มความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ทำให้ธาตุอาหารถูกตรึงและปลดปล่อยอย่างต่อเนื่อง ส่งผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชในระยะยาว สำหรับกระถิน ซึ่งเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีระบบรากลึกและสามารถตรึงไนโตรเจนได้เองนั้น หากปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง จะยิ่งส่งเสริมให้พืชสามารถรักษาระดับผลผลิตได้ดีแม้ในช่วงแล้ง ดังที่ Brewbaker (2016) รายงานว่า ศักยภาพผลผลิตของกระถินขึ้นอยู่กับทั้งปริมาณน้ำฝนและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ตารางที่ 1 คุณสมบัติดินในแปลงทดลอง

| คุณสมบัติ             | รายละเอียด     |
|-----------------------|----------------|
| ความเป็นกรด-ด่าง (pH) | 7.60           |
| เนื้อดิน              | ดินเหนียว      |
| อินทรีย์วัตถุ (%)     | 49.2 (สูงมาก)  |
| ฟอสฟอรัส (มก./กก.)    | 1,010 (สูงมาก) |
| โพแทสเซียม (มก./กก.)  | 3,043 (สูงมาก) |
| แคลเซียม (มก./กก.)    | 5,282 (สูงมาก) |
| แมกนีเซียม (มก./กก.)  | 732 (สูง)      |

### 1.3 การเจริญเติบโต องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4

#### 1.3.1 ความสูง (เมตร)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 พบว่า ในช่วงเดือนที่ 1 และ 2 พบความแตกต่างระหว่างพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$  และ  $P < 0.05$  ตามลำดับ) โดย Cunningham มีความสูงมากที่สุดในระยะเริ่มต้น ขณะที่ K636 และ KU15 มีความสูงต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่เดือนที่ 3 ถึงเดือนที่ 6 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างพันธุ์ ( $P > 0.05$ ) แม้ว่าค่าเฉลี่ยความสูงปลายรอบ (เดือนที่ 6) จะอยู่ในช่วง 4.76 – 5.12 เมตร ความแตกต่างในระยะต้นแสดงถึงความเร็วในการตั้งตัว ที่ต่างกันของแต่ละพันธุ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ระยะ 3–6 เดือน การเจริญเติบโตด้านความสูงมีแนวโน้มเข้าสู่สมดุล ทำให้ไม่แตกต่างกันทางสถิติสำหรับการเจริญเติบโตระยะต้นมักได้รับอิทธิพลจากลักษณะทางพันธุกรรม แต่เมื่อระบบรากพัฒนาเต็มที่ ความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารจะใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ความแตกต่างลดลง (Brewbaker, 2016) (ตารางที่ 2)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 พบว่า จากตารางที่ 8 พบว่า ความสูงของกระถินทั้ง 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ( $P > 0.05$ ) โดยเมื่อสิ้นสุดรอบการเก็บเกี่ยวที่ 6 เดือน ความสูงของต้นอยู่ในช่วง 4.64–5.13 เมตร ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับใกล้เคียงกันในทุกสายพันธุ์ แม้ว่าจะไม่พบความแตกต่างทางสถิติ แต่พบแนวโน้มว่า KU56, Peru และ Cunningham มีค่าความสูงเฉลี่ยในช่วงปลายรอบการเก็บเกี่ยวสูงกว่าสายพันธุ์อื่นเล็กน้อย โดย KU56 มีค่าความสูงสูงสุดเท่ากับ 5.13 เมตร รองลงมาคือ Peru และ Cunningham เท่ากับ 5.05 และ 5.02 เมตร ตามลำดับ ขณะที่ K636 มีความสูงต่ำที่สุด คือ 4.64 เมตร



การที่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติในรอบการเก็บเกี่ยวนี้ อาจเนื่องมาจากการที่ดินกระถินมีระบบรากและโครงสร้างลำต้นพัฒนาเต็มที่หลังจากการตัดหลายรอบ ทำให้ความสามารถในการดูดน้ำและธาตุอาหารของแต่ละสายพันธุ์มีความใกล้เคียงกัน ส่งผลให้การเจริญเติบโตด้านความสูงมีแนวโน้มใกล้เคียงกันภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Brewbaker (2016) ที่ระบุว่า เมื่อกระถินเข้าสู่ระยะการผลิตหลังการตัดซ้ำหลายครั้ง ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ในด้านการเจริญเติบโตมักลดลง โดยเฉพาะเมื่อปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 2** การเจริญเติบโตด้านความสูง (เมตร) ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4

| Varieties/Lines               | Height (meters)       |                       |                       |                       |                       |                       |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                               | 1 <sup>st</sup> month | 2 <sup>nd</sup> month | 3 <sup>rd</sup> month | 4 <sup>th</sup> month | 5 <sup>th</sup> month | 6 <sup>th</sup> month |
| <b>3<sup>rd</sup> Cutting</b> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| K636                          | 0.72 c <sup>1</sup>   | 1.91 b                | 1.91                  | 3.87                  | 4.40                  | 4.76                  |
| KU15                          | 0.72 c                | 2.04 b                | 2.04                  | 4.08                  | 4.85                  | 5.12                  |
| KU56                          | 0.74 c                | 2.05 b                | 2.05                  | 4.04                  | 4.66                  | 5.02                  |
| Cunningham                    | 0.96 a                | 2.37 a                | 2.37                  | 4.25                  | 4.65                  | 5.12                  |
| Peru                          | 0.83 b                | 2.14 ab               | 2.14                  | 3.76                  | 4.32                  | 5.06                  |
| Tarramba                      | 0.78 bc               | 1.95 b                | 1.95                  | 3.89                  | 4.46                  | 4.98                  |
| F-test                        | **                    | *                     | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    |
| C.V. (%)                      | 6.91                  | 7.60                  | 7.60                  | 8.55                  | 7.64                  | 7.63                  |
| <b>4<sup>th</sup> Cutting</b> |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
| K636                          | 1.44                  | 2.44                  | 3.44                  | 3.92                  | 4.30                  | 4.64                  |
| KU15                          | 1.37                  | 2.38                  | 3.39                  | 3.92                  | 4.42                  | 4.91                  |
| KU56                          | 1.51                  | 2.51                  | 3.44                  | 4.06                  | 4.48                  | 5.13                  |
| Cunningham                    | 1.50                  | 2.42                  | 3.50                  | 3.84                  | 4.59                  | 5.02                  |
| Peru                          | 1.46                  | 2.40                  | 3.32                  | 4.04                  | 4.55                  | 5.05                  |
| Tarramba                      | 1.48                  | 2.47                  | 3.40                  | 4.06                  | 4.40                  | 4.90                  |
| F-test                        | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    |
| C.V. (%)                      | 4.71                  | 4.10                  | 4.17                  | 6.04                  | 5.48                  | 6.79                  |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, \* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, \*\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %, <sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test

### 1.3.2 จำนวนกิ่ง (กิ่ง/ต้น)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 พบว่า ความแตกต่างระหว่างพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกช่วงเวลา ( $P < 0.05$  ถึง  $P < 0.01$ ) โดย Peru มีจำนวนกิ่งสูงสุดอย่างต่อเนื่องในทุกเดือน ขณะที่ K636 และ KU15 มีจำนวนกิ่งต่ำกว่า จำนวนกิ่งเป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับศักยภาพการให้ผลผลิตใบ ซึ่งมีผลต่อผลผลิตชีวมวลรวม เนื่องจาก ใบเป็นส่วนหลักของผลผลิตอาหารสัตว์ แม้ Peru จะมีจำนวนกิ่งสูงสุด แต่เมื่อพิจารณาผลผลิตรวมกลับไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างพันธุ์และระหว่างรอบการตัด แสดงว่าพันธุ์อื่นอาจมีการชดเชยเชิงโครงสร้าง เช่น ลำต้นใหญ่กว่า หรือความยาวกิ่งมากกว่า ลักษณะดังกล่าวสะท้อนกลไก compensatory growth ซึ่งพบได้ในไม้ตระกูลถั่วหลายชนิดภายใต้การตัดซ้ำ (FAO, 2012) (ตารางที่ 3)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 พบว่า จำนวนกิ่งของกระถินทั้ง 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 ส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ยกเว้นในช่วงเดือนที่ 2 ซึ่งพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสายพันธุ์ Peru มีจำนวนกิ่งสูงที่สุด เท่ากับ 4.67 กิ่ง/ต้น ขณะที่ KU56 และ Tarramba มีจำนวนกิ่งต่ำกว่า เมื่อพิจารณาแนวโน้มโดยรวม พบว่า Peru และ Cunningham มีจำนวนกิ่งค่อนข้างสูงในหลายช่วงเวลา โดยเฉพาะในระยะต้นของการเจริญเติบโต ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการแตกกิ่งที่ดีของสายพันธุ์ดังกล่าว อย่างไรก็ตาม เมื่อเข้าสู่ระยะปลายรอบการเก็บเกี่ยว (เดือนที่ 4–6) จำนวนกิ่งของทุกสายพันธุ์มีแนวโน้มลดลง และมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจเกิดจากการแข่งขันภายในทรงพุ่มและการคัดเลือกกิ่งตามธรรมชาติของพืช (ตารางที่ 3)

จำนวนกิ่งเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่มีความสัมพันธ์กับศักยภาพการผลิตใบและชีวมวล เนื่องจาก กิ่งเป็นโครงสร้างที่รองรับการเกิดใบและยอดใหม่ อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองในครั้งนี้พบว่า แม้บางสายพันธุ์ จะมีจำนวนกิ่งมากกว่า แต่ผลผลิตรวมไม่ได้แตกต่างกันอย่างชัดเจนในทุกกรณี ซึ่งสะท้อนกลไกการปรับตัวของพืชในรูปแบบ compensatory growth ที่พืชสามารถชดเชยโครงสร้างการเจริญเติบโตในส่วนอื่น เช่น ความยาวกิ่งหรือขนาดลำต้น ดังที่ FAO (2012) รายงานไว้ในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วหลายชนิด

ตารางที่ 3 การเจริญเติบโตด้านการแตกกิ่งของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4

| Varieties/Lines               | Number of branches (branches) |                       |                       |                       |                       |                       |
|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                               | 1 <sup>st</sup> month         | 2 <sup>nd</sup> month | 3 <sup>rd</sup> month | 4 <sup>th</sup> month | 5 <sup>th</sup> month | 6 <sup>th</sup> month |
| <b>3<sup>rd</sup> Cutting</b> |                               |                       |                       |                       |                       |                       |
| K636                          | 7.73 bc <sup>1</sup>          | 3.56 d                | 2.75 b                | 2.52 c                | 2.21 b                | 2.36 d                |
| KU15                          | 7.25 c                        | 3.81 cd               | 2.94 b                | 2.73 bc               | 2.31 b                | 2.58 cd               |
| KU56                          | 8.21 bc                       | 3.98 bc               | 2.88 b                | 2.69 bc               | 2.42 b                | 2.48 cd               |
| Cunningham                    | 9.81 b                        | 4.25 ab               | 3.11 b                | 3.25 b                | 2.31 b                | 2.75 bc               |
| Peru                          | 12.13 a                       | 4.50 a                | 3.65 a                | 3.88 a                | 3.19 a                | 3.55 a                |
| Tarramba                      | 8.25 bc                       | 3.56 d                | 3.10 b                | 2.77 bc               | 2.40 b                | 2.94 b                |
| F-test                        | **                            | **                    | *                     | **                    | **                    | **                    |
| C.V. (%)                      | 16.54                         | 5.97                  | 11.00                 | 12.62                 | 10.50                 | 7.15                  |
| <b>4<sup>th</sup> Cutting</b> |                               |                       |                       |                       |                       |                       |
| K636                          | 12.23                         | 4.15 abc              | 3.07                  | 2.27                  | 2.21                  | 2.32                  |
| KU15                          | 12.94                         | 3.88 bc               | 2.94                  | 2.37                  | 2.31                  | 2.36                  |
| KU56                          | 11.79                         | 3.67 c                | 2.85                  | 2.46                  | 2.25                  | 2.48                  |
| Cunningham                    | 14.94                         | 4.54 ab               | 3.45                  | 2.33                  | 2.60                  | 2.76                  |
| Peru                          | 14.86                         | 4.67 a                | 3.59                  | 3.04                  | 3.15                  | 3.17                  |
| Tarramba                      | 12.65                         | 3.85 c                | 3.79                  | 2.54                  | 3.19                  | 2.94                  |
| F-test                        | ns                            | *                     | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    |
| C.V. (%)                      | 16.26                         | 10.35                 | 24.68                 | 13.25                 | 21.66                 | 19.15                 |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, \* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, \*\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %, <sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test

### 1.3.3 เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตร)

รอบการเก็บเกี่ยว 3 พบว่า ระยะเริ่มต้น (เดือนที่ 1) เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) โดย Cunningham มีค่ามากที่สุด แต่ตั้งแต่เดือนที่ 2–6 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ระหว่างพันธุ์ ขณะเดียวกัน ความสูงต้นก็มีแนวโน้มเดียวกัน คือแตกต่างในระยะต้น แต่ไม่แตกต่างในระยะปลายรอบ Brewbaker (2016) รายงานว่า ความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์กระถินมักชัดเจนในช่วงตั้งตัว แต่เมื่อปลูกในสภาพดินอุดมสมบูรณ์ ความแตกต่างของการสะสมชีวมวลระยะปลายรอบจะลดลง เนื่องจากข้อจำกัดด้านทรัพยากรไม่ใช่ปัจจัยจำกัดหลัก (ตารางที่ 4)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 พบว่า เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของกระถินทั้ง 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 1 ( $P < 0.01$ ) โดย KU56 และ Cunningham มีค่า

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นมากที่สุด ขณะที่ Tarramba มีค่าต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ในช่วงเดือนที่ 2–6 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ ( $P>0.05$ ) เมื่อพิจารณาแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นพบว่า ทุกสายพันธุ์มีการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดช่วงการเจริญเติบโต โดยในเดือนที่ 6 มีค่าอยู่ในช่วง 2.21–2.49 เซนติเมตร ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการสะสมชีวมวลในส่วนของลำต้นที่เพิ่มขึ้นตามอายุพืช (ตารางที่ 4)

การที่ความแตกต่างปรากฏเฉพาะในระยะเริ่มต้นของการเจริญเติบโต อาจสะท้อนถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมด้านความเร็วในการตั้งตัวของแต่ละสายพันธุ์ แต่เมื่อเข้าสู่ระยะการเจริญเติบโตเต็มที่ ความสามารถในการใช้ทรัพยากรของพืชมีความใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ความแตกต่างลดลง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Brewbaker (2016) ที่ระบุว่า ความแตกต่างของลักษณะทางการเจริญเติบโตของกระถินระหว่างสายพันธุ์มักเด่นชัดในระยะต้น แต่จะลดลงเมื่อพืชมีการพัฒนาระบบรากและโครงสร้างลำต้นสมบูรณ์

**ตารางที่ 4** การเจริญเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร) ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4

| Varieties/Lines               | Diameter (centimeters) |                       |                       |                       |                       |                       |
|-------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|                               | 1 <sup>st</sup> month  | 2 <sup>nd</sup> month | 3 <sup>rd</sup> month | 4 <sup>th</sup> month | 5 <sup>th</sup> month | 6 <sup>th</sup> month |
| <b>3<sup>rd</sup> Cutting</b> |                        |                       |                       |                       |                       |                       |
| K636                          | 0.43 b                 | 0.93                  | 1.61                  | 1.89                  | 2.25                  | 2.38                  |
| KU15                          | 0.48 b                 | 1.00                  | 1.69                  | 2.16                  | 2.36                  | 2.94                  |
| KU56                          | 0.43 b                 | 1.01                  | 1.66                  | 2.14                  | 2.34                  | 2.47                  |
| Cunningham                    | 0.54 a                 | 1.80                  | 1.94                  | 2.37                  | 2.56                  | 2.74                  |
| Peru                          | 0.42 b                 | 1.80                  | 1.59                  | 2.05                  | 2.28                  | 2.63                  |
| Tarramba                      | 0.45 b                 | 0.94                  | 1.51                  | 1.90                  | 2.20                  | 2.46                  |
| F-test                        | **                     | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    |
| C.V. (%)                      | 8.57                   | 56.66                 | 12.47                 | 12.64                 | 8.81                  | 16.15                 |
| <b>4<sup>th</sup> Cutting</b> |                        |                       |                       |                       |                       |                       |
| K636                          | 0.58 ab                | 1.52                  | 1.93                  | 2.05                  | 2.28                  | 2.21                  |
| KU15                          | 0.58 ab                | 1.51                  | 1.89                  | 2.07                  | 2.37                  | 2.34                  |
| KU56                          | 0.61 a                 | 1.52                  | 1.89                  | 2.19                  | 2.31                  | 2.44                  |
| Cunningham                    | 0.60 a                 | 1.52                  | 1.93                  | 2.09                  | 2.40                  | 2.45                  |
| Peru                          | 0.53 bc                | 1.37                  | 1.91                  | 2.05                  | 2.47                  | 2.49                  |
| Tarramba                      | 0.52 c                 | 1.40                  | 1.83                  | 2.19                  | 2.32                  | 2.44                  |
| F-test                        | **                     | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    | ns                    |
| C.V. (%)                      | 5.78                   | 5.77                  | 5.18                  | 8.14                  | 9.01                  | 10.41                 |

**หมายเหตุ :** ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, \*\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %, <sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษร

ต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test

#### 1.3.4 ผลผลิตน้ำหนัสดและน้ำหนักแห้ง (ตัน/ไร่)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 พบว่า ผลผลิตน้ำหนัสดจากตารางพบว่า สายพันธุ์กระดินมีผลต่อผลผลิตน้ำหนัสดของ ลำต้น ใบ และผลผลิตรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) ยกเว้นน้ำหนักของกิ่งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อพิจารณาผลผลิตรวม พบว่า Peru ให้ผลผลิตสูงที่สุด เท่ากับ 20.77 ตัน/ไร่ รองลงมาคือ Cunningham เท่ากับ 19.81 ตัน/ไร่ ส่วน KU56 และ KU15 ให้ผลผลิตระดับปานกลาง เท่ากับ 13.92 และ 13.19 ตัน/ไร่ ตามลำดับ ขณะที่ K636 และ Tarramba ให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือ 11.10 และ 10.27 ตัน/ไร่ แสดงให้เห็นว่า สายพันธุ์ Peru และ Cunningham มีศักยภาพในการให้ผลผลิตชีวมวลสดสูงกว่าสายพันธุ์อื่น ด้านผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่า สายพันธุ์กระดินมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของ ลำต้น ใบ และผลผลิตรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P<0.05$ ) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญมากในส่วนของกิ่งและผลผลิตรวม ( $P<0.01$ ) เมื่อพิจารณาผลผลิตรวม พบว่า Peru ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงที่สุด เท่ากับ 8.88 ตัน/ไร่ รองลงมาคือ Cunningham เท่ากับ 8.22 ตัน/ไร่ สายพันธุ์ KU56 และ KU15 ให้ผลผลิตระดับปานกลาง คือ 5.24 และ 5.15 ตัน/ไร่ ส่วนพันธุ์ Tarramba และ K636 ให้ผลผลิตต่ำที่สุด คือ 4.19 และ 4.11 ตัน/ไร่

โดยรวมพบว่า สายพันธุ์ Peru และ Cunningham ให้ผลผลิตทั้งน้ำหนัสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่าสายพันธุ์อื่น แสดงถึงศักยภาพในการผลิตชีวมวลที่ดีกว่า ในขณะที่ K636 และ Tarramba ให้ผลผลิตต่ำกว่า ภายใต้สภาพการทดลองเดียวกัน

ตารางที่ 5 ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4

| Varieties/Lines               | Fresh weight yield (tons/rai) |         |        |          | Dry weight yield (tons/rai) |         |         |         |
|-------------------------------|-------------------------------|---------|--------|----------|-----------------------------|---------|---------|---------|
|                               | Stem                          | Branch  | Leaves | Total    | Stem                        | Branch  | Leaves  | Total   |
| <b>3<sup>rd</sup> Cutting</b> |                               |         |        |          |                             |         |         |         |
| K636                          | 5.36 b                        | 3.67 ab | 2.08 b | 11.10 c  | 2.40 b                      | 1.00 c  | 0.72 b  | 4.11 b  |
| KU15                          | 6.39 b                        | 4.93 ab | 1.87 b | 13.19 bc | 3.09 ab                     | 1.26 c  | 0.81 b  | 5.15 b  |
| KU56                          | 6.37 b                        | 5.42 ab | 2.14 b | 13.92 b  | 2.88 b                      | 1.56 bc | 0.79 b  | 5.24 b  |
| Cunningham                    | 10.34 a                       | 5.83 ab | 3.64 a | 19.81 ab | 4.54 a                      | 2.53 ab | 1.15 ab | 8.22 a  |
| Peru                          | 9.55 b                        | 7.20 a  | 4.03 a | 20.77 ac | 4.49 a                      | 3.06 a  | 1.33 a  | 8.88 a  |
| Tarramba                      | 5.61 b                        | 2.39 b  | 2.26 b | 10.27 c  | 2.50 b                      | 0.93 c  | 0.76 b  | 4.19 b  |
| F-test                        | *                             | ns      | **     | *        | *                           | **      | *       | **      |
| C.V. (%)                      | 25.25                         | 51.16   | 29.22  | 28.52    | 28.49                       | 40.88   | 31.06   | 29.11   |
| <b>4<sup>th</sup> Cutting</b> |                               |         |        |          |                             |         |         |         |
| K636                          | 5.07 b                        | 0.73 b  | 1.64   | 7.44 b   | 2.34 b                      | 0.34 b  | 0.62 b  | 3.30 b  |
| KU15                          | 5.71 b                        | 0.66 b  | 1.67   | 8.04 b   | 2.74 b                      | 0.36 b  | 0.62 b  | 3.73 b  |
| KU56                          | 5.84 b                        | 0.72 b  | 1.75   | 8.31 b   | 2.63 b                      | 0.34 b  | 0.66 b  | 3.63 b  |
| Cunningham                    | 7.20 ab                       | 0.98 ab | 2.45   | 10.63 ab | 2.91 b                      | 0.51 ab | 0.93 ab | 4.35 ab |
| Peru                          | 8.43 a                        | 1.24 a  | 3.01   | 12.69 a  | 4.08 a                      | 0.70 a  | 1.11 a  | 5.89 a  |
| Tarramba                      | 5.53 b                        | 0.55 b  | 1.80   | 7.89 b   | 2.46 b                      | 0.29    | 0.67 b  | 3.42 b  |
| F-test                        | *                             | .       | ns     | .        | *                           | *       | .       | *       |
| C.V. (%)                      | 23.07                         | 37.80   | 40.96  | 27.65    | 24.53                       | 40.69   | 34.53   | 26.62   |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, \* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, \*\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %, ' ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test

### 1.3.5 องค์ประกอบผลผลิต

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 พบว่า ความชื้นของ ลำต้น อยู่ในช่วง 50.64–56.09% ถึง 55.78–68.90% และใบ 56.17–75.28% ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ใบมีแนวโน้มความชื้นสูงกว่าส่วนลำต้นและกิ่ง โดยเฉพาะ สายพันธุ์ KU15 (75.28%) ในส่วนวัตถุแห้งของลำต้นอยู่ช่วง 43.91–49.37% ถึง 31.10–44.22% และใบ 24.72–43.83% ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ลำต้นมีวัตถุแห้งสูงกว่าใบ ใบมีวัตถุแห้งต่ำที่สุด (โดยเฉพาะ สายพันธุ์ KU15 = 24.72%) สัดส่วนใบต่อลำต้น อยู่ระหว่าง 0.53–0.67 ไม่แตกต่างทางสถิติ ( $P>0.05$ ) พันธุ์ Cunningham มีค่าสูงสุด (0.67) และ สายพันธุ์ KU56 ต่ำสุด (0.53) (ตารางที่ 6) ผลที่พบว่า ใบมีความชื้นสูงกว่า และวัตถุแห้งต่ำกว่าส่วนลำต้น สอดคล้องกับหลักสรีรวิทยาพืช เนื่องจากใบเป็นแหล่งสังเคราะห์แสง มีเซลล์พารังโครมาและช่องว่างระหว่างเซลล์มาก จึงสะสมน้ำสูงกว่าส่วนลำต้นซึ่งมีผนังเซลล์หนาและมีการสะสมโครงสร้างลิกนินมากกว่า สอดคล้องกับ Van Soest, (1994) ที่รายงานว่าส่วนลำต้นของพืชมี วัตถุแห้งและเยื่อใย

สูงกว่าใบ และ Norton, (1994) ที่อธิบายว่าพืชตระกูลถั่วคันไ้มิมีความขึ้นใบ สูงในระยะการตัด 4–8 เดือน Leaf :Stem ratio เป็นตัวชี้วัดคุณภาพอาหารสัตว์ที่สำคัญ เพราะใบมีโปรตีนสูงและย่อยได้ดีกว่าลำต้นค่าที่ได้ 0.53–0.67 ถือว่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงค่อนข้างดี ตามรายงานของ Brewbaker, (2016) กระถินอายุ 4–6 เดือนมักมี Leaf: stem ratio ประมาณ 0.5–0.8 และ CSIRO (2009) รายงานว่าค่า >0.6 จัดว่าเหมาะสมต่อการใช้เลี้ยงโคเนื้อ ดังนั้น พันธุ์ Cunningham และ พันธุ์ Peru มีแนวโน้มเหมาะต่อการใช้เป็นอาหารสัตว์คุณภาพสูงมากกว่า

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 พบว่า สายพันธุ์กระถินมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักรวมของลำต้นและผลผลิตรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสายพันธุ์ Peru ให้ผลผลิตน้ำหนักรวมสูงที่สุด เท่ากับ 12.69 ตัน/ไร่ รองลงมาคือ Cunningham เท่ากับ 10.63 ตัน/ไร่ ขณะที่สายพันธุ์อื่น ได้แก่ KU56, KU15, K636 และ Tarramba ให้ผลผลิตรวมอยู่ในช่วง 7.44–8.31 ตัน/ไร่ ในด้านผลผลิตน้ำหนักแห้ง พบว่า สายพันธุ์กระถินมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักแห้งของลำต้น กิ่ง และผลผลิตรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดย Peru ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งรวมสูงที่สุด เท่ากับ 5.89 ตัน/ไร่ รองลงมาคือ Cunningham เท่ากับ 4.35 ตัน/ไร่ ขณะที่สายพันธุ์อื่นให้ผลผลิตต่ำกว่าอย่างชัดเจน (ตารางที่ 6) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า Peru และ Cunningham เป็นสายพันธุ์ที่มีศักยภาพสูงในการผลิตชีวมวลทั้งในรูปน้ำหนักรวมและน้ำหนักแห้ง ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มที่พบในรอบการเก็บเกี่ยวก่อนหน้านี้ และสอดคล้องกับรายงานของ Mullen *et al.*, (2003) ที่ระบุว่า สายพันธุ์กระถินบางสายพันธุ์ เช่น Peru และ Cunningham สามารถให้ผลผลิตชีวมวลสูงภายใต้สภาพแวดล้อมเขตร้อน เนื่องจากมีอัตราการเจริญเติบโตและความสามารถในการแตกกิ่งสูง

ตารางที่ 6 ความชื้น วัตถุแห้ง และสัดส่วนใบต่อต้น ของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยวที่ 3 และ 4

| Varieties/Lines               | Moisture matter (%) |         |        | Dry matter (%) |        |         | Leaf: Stem ratio |
|-------------------------------|---------------------|---------|--------|----------------|--------|---------|------------------|
|                               | Stem                | Branch  | Leaves | Stem           | Branch | Leaves  |                  |
| <b>3<sup>rd</sup> Cutting</b> |                     |         |        |                |        |         |                  |
| K636                          | 54.94               | 64.36   | 56.17  | 45.06          | 35.64  | 43.83   | 0.58             |
| KU15                          | 50.64               | 68.90   | 75.28  | 49.37          | 31.10  | 24.72   | 0.54             |
| KU56                          | 54.52               | 64.42   | 58.16  | 45.48          | 35.59  | 41.84   | 0.53             |
| Cunningham                    | 56.09               | 55.78   | 68.37  | 43.91          | 44.22  | 31.63   | 0.67             |
| Peru                          | 54.79               | 58.24   | 66.47  | 45.22          | 41.76  | 33.53   | 0.60             |
| Tarramba                      | 55.29               | 60.94   | 66.57  | 44.72          | 39.06  | 33.43   | 0.57             |
| F-test                        | ns                  | ns      | ns     | ns             | ns     | ns      | ns               |
| C.V. (%)                      | 8.35                | 12.62   | 20.74  | 9.95           | 20.68  | 38.81   | 20.21            |
| <b>4<sup>th</sup> Cutting</b> |                     |         |        |                |        |         |                  |
| K636                          | 5.07 b              | 0.73 b  | 1.64   | 7.44 b         | 2.34 b | 0.34 b  | 0.62 b           |
| KU15                          | 5.71 b              | 0.66 b  | 1.67   | 8.04 b         | 2.74 b | 0.36 b  | 0.62 b           |
| KU56                          | 5.84 b              | 0.72 b  | 1.75   | 8.31 b         | 2.63 b | 0.34 b  | 0.66 b           |
| Cunningham                    | 7.20 ab             | 0.98 ab | 2.45   | 10.63 ab       | 2.91 b | 0.51 ab | 0.93 ab          |
| Peru                          | 8.43 a              | 1.24 a  | 3.01   | 12.69 a        | 4.08 a | 0.70 a  | 1.11 a           |
| Tarramba                      | 5.53 b              | 0.55 b  | 1.80   | 7.89 b         | 2.46 b | 0.29    | 0.67 b           |
| F-test                        | *                   | .       | ns     | .              | *      | *       | .                |
| C.V. (%)                      | 23.07               | 37.80   | 40.96  | 27.65          | 24.53  | 40.69   | 34.53            |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, \* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, <sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วย

อักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Duncan's

Multiple Range Test

### 1.3.6 คุณค่าทางโภชนา

รอบเก็บเกี่ยวที่ 3 พบว่า ค่า NDF ของลำต้นสูงมากและไม่แตกต่างกัน แสดงว่าลำต้นมีโครงสร้างผนังเซลล์สูง ทำให้ความย่อยได้ต่ำ Van Soest, (1994) ที่ระบุว่า NDF >70% ทำให้ปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ (voluntary intake) ลดลง ดังนั้นลำต้นไม่เหมาะเป็นแหล่งโปรตีนหลัก แต่มีบทบาทเป็น structural roughage ส่วนค่า ADL ก่อนข้างสูง โดยเฉพาะ Cunningham (15.01%) ลิกนินสูงจะสัมพันธ์กับอายุการตัด 6 สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Norton, (1994) รายงานว่าเมื่ออายุพืชเพิ่มขึ้น ลิกนินสะสมเพิ่ม ทำให้ digestibility ลดลง NDF (~66–70%) กิ่งต่ำกว่าลำต้นชัดเจนสะท้อนโครงสร้างที่ยังไม่แข็งแรงเต็มที่ ส่วนกิ่งของ KU56, Cunningham, Tarramba มีค่าต่ำกว่าแสดงถึงความแตกต่างในการสะสมแร่ธาตุอาจเกี่ยวข้องกับความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารงานของ Dalzell, S.A. *et al.* (2006) รายงานว่า Leucaena ตอบสนองต่อดินที่มี P และ K สูง และ



สะสมแร่ธาตุในส่วนเนื้อดินได้ดีซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ดินของงานวิจัยนี้ที่ P และ K มีค่าสูงมาก ส่วนของใบ พบว่า NDF (45–51%) ต่ำกว่าลำต้นและกิ่งมากเหมาะสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ADF (16–17%) ถือว่าต่ำมาก ส่งผลให้ความย่อยได้สูง ส่วน ADL (5.9–8.3%) อยู่ในระดับที่ยังไม่จำกัดการย่อย จากรายงานของ Jones, (1994) รายงานว่าใบกระถินมี digestibility สูง เนื่องจากลิกนินต่ำ และ จากรายงาน Brewbaker, (2016) ระบุว่ากระถินสามารถมีปริมาณ CP ในใบสูงถึง 22–30% ขึ้นกับพันธุ์และอายุการตัด (ตารางที่ 7)

รอบการเก็บเกี่ยวที่ 4 พบว่า เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แล้วไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ในทุกพารามิเตอร์ที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่าสายพันธุ์กระถินไม่มีอิทธิพลต่อคุณค่าทางโภชนาการในแต่ละส่วนของพืชอย่างมีนัยสำคัญ ( $P>0.05$ ) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาแนวโน้มของข้อมูลพบว่าค่าทางโภชนาการมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนตามส่วนของพืช โดยลำต้นมีค่า NDF และ ADF สูงที่สุด (NDF ประมาณ 77.84–84.91% และ ADF ประมาณ 33.09–35.73%) ซึ่งบ่งชี้ถึงปริมาณเยื่อใยโครงสร้างที่สูงส่งผลให้ความสามารถในการย่อยได้ต่ำ ขณะที่ค่า ADL ซึ่งเป็นตัวแทนของลิกนินมีค่าสูงในลำต้นเช่นกัน (14.16–17.31%) สะท้อนถึงข้อจำกัดในการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในส่วนของกิ่ง พบว่ามีค่า NDF, ADF และ ADL อยู่ในระดับปานกลาง (NDF ประมาณ 61.60–68.74%, ADF ประมาณ 25.99–27.83% และ ADL ประมาณ 9.23–11.58%) ซึ่งแสดงถึงคุณภาพทางโภชนาการที่ดีกว่าลำต้น แต่ยังด้อยกว่าส่วนใบ สำหรับส่วนใบ พบว่ามีค่า NDF, ADF และ ADL ต่ำที่สุด (NDF ประมาณ 31.91–37.19%, ADF ประมาณ 13.22–15.12% และ ADL ประมาณ 4.14–5.59%) และมีค่า ASH สูงที่สุด (ประมาณ 8.16–8.57%) แสดงถึงปริมาณแร่ธาตุที่สูงและความสามารถในการย่อยได้ที่ดีกว่าส่วนอื่นของพืช (ตารางที่ 7)

ผลการศึกษาสอดคล้องกับหลักการทางโภชนาการศาสตร์สัตว์ที่ระบุว่า ส่วนของพืชที่มีสัดส่วนของผนังเซลล์ต่ำและมีลิกนินต่ำ เช่น ใบ จะมีความสามารถในการย่อยได้สูง ขณะที่ส่วนที่มีผนังเซลล์หนาและมีลิกนินสูง เช่น ลำต้น จะมีความสามารถในการย่อยได้ต่ำ (Van Soest, 1994) นอกจากนี้ ค่า NDF ที่สูงยังมีความสัมพันธ์เชิงลบกับการกินได้ของสัตว์ (voluntary intake) และค่า ADF มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความสามารถในการย่อยได้ (digestibility) (McDonald *et al.*, 2011)

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาของกระถิน 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ในรอบการเก็บเกี่ยว 3 และ 4

| Varieties/Lines               | Nutritive value (%) |       |       |       |       |        |       |       |                     |          |        |       |       |      |       |
|-------------------------------|---------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|---------------------|----------|--------|-------|-------|------|-------|
|                               | Stem                |       |       |       |       | Branch |       |       |                     |          | Leaves |       |       |      |       |
|                               | NDF                 | ADF   | ADL   | ASH   | CP    | NDF    | ADF   | ADL   | ASH                 | CP       | NDF    | ADF   | ADL   | ASH  | CP    |
| <b>3<sup>rd</sup> Cutting</b> |                     |       |       |       |       |        |       |       |                     |          |        |       |       |      |       |
| K636                          | 85.87               | 33.65 | 13.92 | 2.35  | 3.95  | 69.90  | 29.41 | 10.37 | 5.42 b <sup>1</sup> | 6.81     | 47.26  | 16.85 | 6.81  | 9.00 | 21.87 |
| KU15                          | 86.42               | 35.51 | 13.74 | 2.32  | 3.91  | 69.05  | 28.77 | 11.79 | 5.54 ab             | 6.31     | 50.11  | 16.34 | 6.81  | 8.54 | 22.74 |
| KU56                          | 86.31               | 34.69 | 14.04 | 2.36  | 4.57  | 70.43  | 28.87 | 12.97 | 6.08 a              | 6.24     | 46.55  | 16.28 | 6.86  | 8.17 | 21.75 |
| Cunningham                    | 86.05               | 35.11 | 15.01 | 2.34  | 4.79  | 66.59  | 28.30 | 12.05 | 6.18 a              | 6.49     | 46.95  | 17.52 | 7.83  | 8.87 | 22.79 |
| Peru                          | 87.16               | 34.83 | 14.62 | 2.24  | 4.82  | 69.78  | 28.80 | 11.74 | 5.23 b              | 6.18     | 51.49  | 17.47 | 8.35  | 8.78 | 22.30 |
| Tarramba                      | 85.68               | 34.01 | 12.74 | 2.69  | 5.08  | 66.07  | 27.90 | 11.25 | 6.12 a              | 7.02     | 45.20  | 16.08 | 5.93  | 8.70 | 23.46 |
| F-test                        | ns                  | ns    | ns    | ns    | ns    | ns     | ns    | ns    | *                   | ns       | **     | ns    | ns    | ns   | ns    |
| C.V. (%)                      | 1.96                | 4.50  | 17.00 | 19.53 | 12.66 | 5.27   | 5.61  | 16.74 | 7.15                | 10.07    | 4.48   | 9.63  | 26.83 | 6.87 | 6.10  |
| <b>4<sup>th</sup> Cutting</b> |                     |       |       |       |       |        |       |       |                     |          |        |       |       |      |       |
| K636                          | 82.21               | 33.93 | 14.16 | 1.88  | 4.53  | 63.61  | 27.13 | 11.58 | 6.95                | 5.74 c   | 32.18  | 15.12 | 4.43  | 8.57 | 23.49 |
| KU15                          | 84.91               | 35.73 | 15.19 | 2.14  | 5.28  | 65.76  | 27.83 | 11.10 | 6.38                | 6.57 abc | 31.91  | 14.47 | 4.96  | 8.19 | 23.15 |
| KU56                          | 77.84               | 33.09 | 15.53 | 2.61  | 4.46  | 61.89  | 25.99 | 9.23  | 6.84                | 7.27 ab  | 36.80  | 14.59 | 4.76  | 8.31 | 22.92 |
| Cunningham                    | 83.34               | 35.17 | 15.95 | 2.48  | 4.51  | 61.60  | 26.59 | 9.80  | 6.60                | 7.49 a   | 36.11  | 14.83 | 5.48  | 8.25 | 23.92 |
| Peru                          | 82.23               | 35.07 | 17.31 | 2.37  | 4.10  | 68.74  | 27.67 | 10.50 | 5.81                | 5.88 bc  | 34.08  | 15.08 | 5.59  | 8.16 | 24.18 |
| Tarramba                      | 80.10               | 33.81 | 15.79 | 3.11  | 4.42  | 65.21  | 27.08 | 10.21 | 6.43                | 6.30 abc | 37.19  | 13.22 | 4.14  | 8.53 | 23.42 |
| F-test                        | ns                  | ns    | ns    | ns    | ns    | ns     | ns    | ns    | ns                  | .        | ns     | ns    | ns    | ns   | ns    |
| C.V. (%)                      | 4.17                | 4.99  | 20.01 | 33.82 | 14.46 | 5.04   | 6.49  | 10.00 | 13.55               | 11.01    | 12.00  | 9.83  | 20.37 | 6.58 | 2.88  |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ, \* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %, \*\* = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่น 99 %,

<sup>1</sup> ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรต่างกันในแต่ละคอลัมน์มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น เท่ากับ 95 เปอร์เซนต์ โดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test

## การทดลองที่ 2 การศึกษาคุณภาพการหมักและคุณค่าทางโภชนาการของกระดิ่ง 6 พันธุ์/สายพันธุ์ ที่หมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

### 2.1 คะแนนคุณภาพการหมักของกระดิ่งที่หมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

ผลของปัจจัย A (สารเสริมจุลินทรีย์) ในการหมักครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า Silage Extra Plus Max (SEPM) ให้คะแนนสูงสุด ครั้งที่ 1 = 14.54 คะแนน ครั้งที่ 2 = 16.67 คะแนน รองลงมาคือ Control ต่ำสุดคือ Silage Pro (SP) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) แสดงว่าสารเสริม SEPM ช่วยเพิ่มคุณภาพการหมักได้ชัดเจน โดยเฉพาะรอบที่ 2 ผลของปัจจัย B (สายพันธุ์) ครั้งที่ 2 พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ ) K636 ให้คะแนนสูงสุด (17.92 คะแนน) พันธุ์ Cunningham และ สายพันธุ์ KU56 อยู่ในระดับสูงรองลงมา พันธุ์ Peru ต่ำสุด แสดงว่าสายพันธุ์มีผลต่อคุณภาพการหมัก โดยเฉพาะในรอบที่ 2 ปฏิสัมพันธ์  $A \times B$  พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $P < 0.01$ ) แสดงว่าสารเสริมแต่ละชนิดตอบสนองต่างกันในแต่ละสายพันธุ์

ผลของสารเสริมการหมัก พบว่า คะแนนคุณภาพการหมักเพิ่มขึ้นในกลุ่มที่ใช้ SEPM สอดคล้องกับหลักการหมักที่ว่า การเติมจุลินทรีย์กรดแลคติก (LAB inoculant) ช่วยเร่งการลด pH เพิ่ม lactic acid ลดการสูญเสียโปรตีน ลดการเกิด Clostridial fermentation สอดคล้องกับ McDonald, *et al.*, (1991) ที่ระบุว่าสารเสริมจุลินทรีย์ช่วยเพิ่ม silage score อย่างมีนัยสำคัญ Kung, L. & Shaver (2001) ที่รายงานว่า LAB inoculant เพิ่มความเสถียรของการหมัก FAO (2000) ที่แนะนำการใช้ inoculant ในพืชโปรตีนสูงเพื่อลดการสูญเสีย N

ผลของสายพันธุ์ พบว่า ความแตกต่างของคะแนนระหว่างสายพันธุ์อาจเกิดจากปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC) ความสามารถในการ buffer pH โครงสร้างผนังเซลล์ กระดิ่งมี buffering capacity สูงเพราะมีโปรตีนสูง ทำให้หมักยากกว่าหญ้า สอดคล้องกับ Muck, (2010) ที่ระบุว่าพืชตระกูลถั่วหมักยากกว่าหญ้า

ตารางที่ 8 คะแนนคุณภาพการหมักของกระถินหมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

| Treatments                    | Leucaena Silage Quality Score (points) |                              |
|-------------------------------|----------------------------------------|------------------------------|
|                               | 1 <sup>st</sup> fermentation           | 2 <sup>nd</sup> fermentation |
| Factor A                      |                                        |                              |
| Silage Pro © (SP)             | 13.92                                  | 15.29 b                      |
| Silage Extra Plus Max ©(SEPM) | 14.54                                  | 16.67 a                      |
| Control (C)                   | 15.13                                  | 14.96 b                      |
| F-test                        | ns                                     | *                            |
| C.V. (%)                      | 22.39                                  | 12.68                        |
| Factor B                      |                                        |                              |
| K636                          | 15.83                                  | 17.92 a                      |
| KU15                          | 14.42                                  | 15.67 b                      |
| KU56                          | 15.25                                  | 15.33 b                      |
| Cunningham                    | 13.67                                  | 15.42 b                      |
| Peru                          | 13.25                                  | 14.67 b                      |
| Tarramba                      | 14.75                                  | 14.83 b                      |
| F-test                        | ns                                     | **                           |
| C.V. (%)                      | 22.39                                  | 12.68                        |
| A: B                          |                                        |                              |
| SP: K636                      | 15.25                                  | 17.75                        |
| SP: KU15                      | 11.25                                  | 15.00                        |
| SP: KU56                      | 14.25                                  | 15.25                        |
| SP: Cunningham                | 14.00                                  | 14.75                        |
| SP: Peru                      | 12.25                                  | 14.00                        |
| SP: Tarramba                  | 16.50                                  | 15.00                        |
| SEPM: K636                    | 15.50                                  | 19.25                        |
| SEPM: KU15                    | 16.50                                  | 16.75                        |
| SEPM: KU56                    | 15.25                                  | 15.75                        |
| SEPM: Cunningham              | 14.50                                  | 16.75                        |
| SEPM: Peru                    | 13.75                                  | 17.00                        |
| SEPM: Tarramba                | 11.75                                  | 14.50                        |
| C: K636                       | 16.75                                  | 16.75                        |
| C: KU15                       | 15.50                                  | 15.25                        |
| C: KU56                       | 16.25                                  | 15.00                        |
| C: Cunningham                 | 12.50                                  | 14.75                        |
| C: Peru                       | 13.75                                  | 13.00                        |
| C: Tarramba                   | 16.00                                  | 15.00                        |
| SP: K636                      | 15.25                                  | 17.75                        |
| SP: KU15                      | 11.25                                  | 15.00                        |
| F-test                        | ns                                     | ns                           |
| C.V. (%)                      | 22.39                                  | 12.68                        |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

## 2.2 คุณค่าทางโภชนาการของกระดิ่งที่หมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

จากตารางที่ 15 พบว่า การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ในการหมักกระดิ่งมีผลต่อองค์ประกอบทางโภชนาการ ประการ โดยเฉพาะในกระบวนการหมักครั้งที่ 1 โดยพบว่าปัจจัย A (สารเสริมจุลินทรีย์) มีผลต่อค่า NDF และ ADL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.01$ ) ขณะที่ค่า ADF, เถ้า และโปรตีนหยาบ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ )

ในกระบวนการหมักครั้งที่ 1 พบว่า การใช้ Silage Pro (SP) ให้ค่า NDF สูงที่สุด (61.66%) ในขณะที่การใช้ Silage Extra Plus Max (SEPM) และกลุ่มควบคุม (Control) ให้ค่า NDF ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งการที่ค่า NDF ลดลงอาจสะท้อนถึงการย่อยสลายบางส่วน of โครงสร้างผนังเซลล์พืชโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมัก ทำให้สัดส่วนของเส้นใยโครงสร้างลดลง นอกจากนี้ ค่า ADL พบว่าสูงที่สุดในกลุ่มที่ใช้ SP (17.88%) และต่ำที่สุดในกลุ่มควบคุม (15.97%) ซึ่งความแตกต่างดังกล่าวอาจเกิดจากผลของกระบวนการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์พืช

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการหมักครั้งที่ 2 พบว่า ปัจจัย A ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางโภชนาการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ในทุกตัวแปร ได้แก่ NDF, ADF, ADL, Ash และ CP ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่กระบวนการหมักเข้าสู่ภาวะสมดุลของจุลินทรีย์ ส่งผลให้ความแตกต่างของสารเสริมจุลินทรีย์ลดลง สำหรับปัจจัย B (สายพันธุ์กระดิ่ง) พบว่า ในการหมักครั้งที่ 1 สายพันธุ์กระดิ่งมีผลต่อค่า NDF, ADF และ ADL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสายพันธุ์ Tarramba ให้ค่า NDF และ ADF ต่ำที่สุด ขณะที่สายพันธุ์ Cunningham ให้ค่า ADF และ ADL สูงที่สุด ซึ่งสะท้อนถึงความแตกต่างทางพันธุกรรมของแต่ละสายพันธุ์ในด้านโครงสร้างผนังเซลล์พืช ในกระบวนการหมักครั้งที่ 2 พบว่า สายพันธุ์กระดิ่งมีผลต่อค่า NDF และ ADF อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) โดยสายพันธุ์ KU56 และ Peru มีค่า NDF ค่อนข้างสูง ขณะที่สายพันธุ์ Tarramba และ K636 มีค่า NDF ต่ำกว่า ซึ่งอาจสะท้อนถึงความแตกต่างของโครงสร้างเส้นใยและองค์ประกอบทางเคมีของพืชก่อนการหมัก

อย่างไรก็ตาม ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของค่าโปรตีนหยาบ (CP) ระหว่างสายพันธุ์ ( $P > 0.05$ ) ในทั้งสองรอบการหมัก โดยค่า CP อยู่ในช่วงประมาณ 15.60–17.34% ในการหมักครั้งที่ 1 และ 17.68–20.57% ในการหมักครั้งที่ 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากระดิ่งหมักยังคงมีระดับโปรตีนที่ค่อนข้างสูงและเหมาะสมสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารเสริมจุลินทรีย์และสายพันธุ์กระดิ่ง ( $A \times B$ ) พบว่าไม่

แตกต่างกันทางสถิติในทุกตัวแปร ( $P>0.05$ ) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารเสริมจุลินทรีย์แต่ละชนิดมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาของกระถินหมักในลักษณะใกล้เคียงกันในทุกสายพันธุ์

ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ McDonald *et al.* (1991) และ Kung and Shaver (2001) ที่ระบุว่า การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ในการหมักมีบทบาทหลักในการปรับปรุงกระบวนการหมักและเสถียรภาพของไซเลมมากกว่าการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางโภชนาของพืชอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ Muck (2010) ยังรายงานว่า การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบเส้นใยในพืชหมักมักเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย เนื่องจากจุลินทรีย์กรดแลกติกไม่สามารถย่อยสลายโครงสร้างลิกโนเซลลูโลสของพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยสรุป การใช้สารเสริมจุลินทรีย์ในการหมักกระถินมีผลต่อองค์ประกอบเยื่อใยบางส่วนในระยะเริ่มต้นของการหมัก แต่โดยรวมแล้วไม่ส่งผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาหลักของกระถินหมักอย่างชัดเจน ขณะที่ความแตกต่างของสายพันธุ์มีผลต่อโครงสร้างเยื่อใยของพืชมากกว่า อย่างไรก็ตาม กระถินหมักจากทุกสายพันธุ์ยังคงมีระดับโปรตีนหยาบในระดับสูง ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพของกระถินในการใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องในระบบการผลิตเขตร้อน

ตารางที่ 9 คุณค่าทางโภชนาของกระถินหมักร่วมกับสารเสริมจุลินทรีย์

| Treatments                    | Nutritive value (%)          |           |           |       |       |                              |          |       |       |       |
|-------------------------------|------------------------------|-----------|-----------|-------|-------|------------------------------|----------|-------|-------|-------|
|                               | 1 <sup>st</sup> fermentation |           |           |       |       | 2 <sup>nd</sup> fermentation |          |       |       |       |
|                               | NDF                          | ADF       | ADL       | Ash   | CP    | NDF                          | ADF      | ADL   | Ash   | CP    |
| <b>Factor A</b>               |                              |           |           |       |       |                              |          |       |       |       |
| Silage Pro © (SP)             | 61.66 a                      | 40.04     | 17.88 a   | 8.27  | 16.88 | 55.83                        | 35.87    | 13.60 | 7.77  | 19.46 |
| Silage Extra Plus Max ©(SEPM) | 57.92 b                      | 38.29     | 17.29 ab  | 8.01  | 15.60 | 58.38                        | 37.63    | 14.52 | 7.82  | 20.17 |
| Control (C)                   | 56.26 b                      | 37.54     | 15.97 b   | 8.19  | 16.94 | 57.09                        | 35.72    | 13.56 | 8.65  | 19.22 |
| F-test                        | **                           | ns        | **        | ns    | ns    | ns                           | ns       | ns    | ns    | ns    |
| C.V. (%)                      | 9.03                         | 10.93     | 16.53     | 13.79 | 13.99 | 7.98                         | 10.07    | 19.27 | 17.17 | 10.47 |
| <b>Factor B</b>               |                              |           |           |       |       |                              |          |       |       |       |
| K636                          | 58.66 a                      | 38.46 abc | 17.14 abc | 7.89  | 16.20 | 53.53 b                      | 35.45 b  | 12.85 | 7.73  | 19.67 |
| KU15                          | 59.15 a                      | 40.11 ab  | 16.66 bc  | 7.73  | 16.59 | 57.92 a                      | 36.59 ab | 13.68 | 7.85  | 20.19 |
| KU56                          | 59.20 a                      | 37.08 bc  | 16.61 bc  | 8.86  | 16.59 | 60.52 a                      | 36.35 ab | 13.88 | 8.75  | 19.30 |
| Cunningham                    | 61.02 a                      | 41.88 a   | 19.41 a   | 8.02  | 16.20 | 58.35 a                      | 36.57 ab | 15.61 | 8.26  | 20.57 |
| Peru                          | 60.07 a                      | 38.47 abc | 17.80 ab  | 8.01  | 15.92 | 59.53 a                      | 39.32 a  | 14.28 | 7.39  | 17.68 |
| Tarramba                      | 53.60 b                      | 35.73 c   | 14.65 c   | 8.43  | 17.34 | 52.75 b                      | 34.15 b  | 13.08 | 8.49  | 20.28 |
| F-test                        | *                            | *         | *         | ns    | ns    | **                           | *        | ns    | ns    | ns    |
| C.V. (%)                      | 9.03                         | 10.93     | 16.53     | 13.79 | 13.99 | 7.98                         | 10.07    | 19.27 | 17.17 | 10.47 |
| <b>A: B</b>                   |                              |           |           |       |       |                              |          |       |       |       |
| SP: K636                      | 58.14                        | 40.48     | 18.39     | 8.15  | 17.08 | 51.87                        | 33.94    | 12.52 | 7.47  | 20.82 |
| SP: KU15                      | 61.22                        | 40.44     | 15.03     | 7.64  | 17.08 | 58.22                        | 36.16    | 13.64 | 7.6   | 19.97 |
| SP: KU56                      | 63.78                        | 40.44     | 18.44     | 8.63  | 16.38 | 59.95                        | 36.99    | 13.85 | 7.62  | 18.52 |
| SP: Cunningham                | 63.08                        | 40.35     | 21.33     | 8.29  | 16.08 | 53.32                        | 33.7     | 13.77 | 8.14  | 20.64 |
| SP: Peru                      | 61.08                        | 38.93     | 19.38     | 8.39  | 16.56 | 57.01                        | 39.29    | 14.53 | 7.35  | 18.11 |
| SP: Tarramba                  | 58.94                        | 39.78     | 14.73     | 8.54  | 18.07 | 54.6                         | 35.17    | 13.29 | 8.44  | 18.67 |
| SEPM: K636                    | 55.99                        | 38.78     | 17.59     | 7.00  | 15.23 | 56.31                        | 36.85    | 12.41 | 8.01  | 19.30 |
| SEPM: KU15                    | 61.64                        | 40.17     | 19.96     | 7.97  | 15.44 | 58.67                        | 37.56    | 14.15 | 7.61  | 20.98 |
| SEPM: KU56                    | 57.22                        | 34.88     | 18.44     | 9.42  | 15.37 | 62.37                        | 36.71    | 14.65 | 7.83  | 20.95 |
| SEPM: Cunningham              | 59.65                        | 44.57     | 18.79     | 7.97  | 15.63 | 61.95                        | 39.43    | 18.39 | 8.23  | 21.27 |
| SEPM: Peru                    | 57.60                        | 37.34     | 16.03     | 7.6   | 15.48 | 60.42                        | 40.97    | 14.48 | 7.13  | 17.15 |
| SEPM: Tarramba                | 53.31                        | 32.77     | 14.51     | 8.1   | 16.47 | 50.59                        | 34.25    | 13.07 | 8.11  | 19.30 |
| C: K636                       | 61.86                        | 36.13     | 15.45     | 8.51  | 16.29 | 52.43                        | 35.57    | 13.62 | 7.71  | 17.78 |
| C: KU15                       | 54.59                        | 39.72     | 14.98     | 7.57  | 17.24 | 56.87                        | 36.06    | 13.26 | 8.34  | 19.63 |
| C: KU56                       | 56.60                        | 39.72     | 14.56     | 8.52  | 18.03 | 59.25                        | 35.36    | 13.14 | 10.81 | 19.53 |
| C: Cunningham                 | 60.33                        | 40.72     | 18.11     | 7.82  | 16.88 | 59.78                        | 36.59    | 14.67 | 8.41  | 19.81 |
| C: Peru                       | 61.53                        | 39.15     | 17.98     | 8.05  | 15.71 | 61.15                        | 37.71    | 13.82 | 7.7   | 17.79 |
| C: Tarramba                   | 48.55                        | 34.64     | 14.71     | 8.67  | 17.48 | 53.06                        | 33.03    | 12.9  | 8.92  | 20.79 |
| F-test                        | ns                           | ns        | ns        | ns    | ns    | ns                           | ns       | ns    | ns    | ns    |
| C.V. (%)                      | 9.03                         | 10.93     | 16.53     | 13.79 | 13.99 | 7.98                         | 10.07    | 19.27 | 17.17 | 10.47 |

หมายเหตุ : ns = ไม่แตกต่างทางสถิติ

## สรุป

กระถินทุกสายพันธุ์สามารถให้ผลผลิตชีวมวลได้ในระดับใกล้เคียงกัน โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ Cunningham และ Peru มีแนวโน้มให้ผลผลิตสูงกว่า จึงมีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการผลิตอาหารหยาบในเชิงปริมาณ ขณะที่สายพันธุ์ Tarramba ปริมาณ เยื่อใย (NDF และ ADF) ต่ำกว่า ส่งผลให้มีแนวโน้มการย่อยได้ดีกว่าสายพันธุ์อื่น

ในด้านคุณภาพการหมัก พบว่าสายพันธุ์ K636 ให้ค่าคะแนนคุณภาพการหมักสูงที่สุด สะท้อนถึงความเหมาะสมขององค์ประกอบทางเคมีต่อกระบวนการหมัก นอกจากนี้ การใช้สารเสริมจุลินทรีย์มีบทบาทสำคัญต่อการปรับปรุงคุณภาพพืชหมัก โดย Silage Pro<sup>®</sup> ซึ่งให้ผลคะแนนคุณสมบัติทางกายภาพสูง ส่วน Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> ให้ปริมาณ NDF สูง

โดยสรุป การเลือกใช้กระถินให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์การใช้งานร่วมกับการจัดการกระบวนการหมักอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มคุณภาพอาหารหยาบและพืชหมัก โดยสายพันธุ์ Cunningham และ Peru เหมาะสำหรับการผลิตชีวมวลในปริมาณสูง สายพันธุ์ Tarramba เหมาะสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยได้ และสายพันธุ์ K636 ร่วมกับการใช้สารเสริมจุลินทรีย์ โดยเฉพาะ Silage Extra Plus Max<sup>®</sup> เหมาะสำหรับการผลิตพืชหมักคุณภาพสูง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องในสภาพเขตร้อน



## เอกสารอ้างอิง

- Brewbaker, J. L., Hutton, E. M., Jones, R. J., & Lowry, J. B. (1972). *Leucaena as a forage crop*. Proceedings of the International Workshop on Leucaena, University of Hawaii, USA.
- Dalzell, S. A., Shelton, H. M., Mullen, B. F., Larsen, P. H., & McLaughlin, K. G. (2006). *Leucaena: A guide to establishment and management*. Meat & Livestock Australia, Sydney.
- Gutteridge, R. C., & Shelton, H. M. (1994). *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International, Wallingford, UK.
- Gutteridge, R. C., & Shelton, H. M. (1998). The role of forage tree legumes in cropping and grazing systems. *Agroforestry Systems*, 40, 1–14.
- Jones, R. J. (1994). Management of anti-nutritional factors in forage legumes. In R. C. Gutteridge & H. M. Shelton (Eds.), *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. CAB International.
- Kinsh, J., & Rippertor, R. (1962). *Tropical forage plants*. FAO Agricultural Studies, Rome.
- McDonald, P., Henderson, A. R., & Heron, S. J. E. (1991). *The biochemistry of silage* (2nd ed.). Chalcombe Publications, UK.
- Pound, B., & Cario, D. (1983). *Leucaena production and use*. FAO Plant Production and Protection Paper, Rome.
- Shelton, H. M., & Brewbaker, J. L. (1994). *Leucaena leucocephala – the most widely used forage tree legume*. In R. C. Gutteridge & H. M. Shelton (Eds.), *Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture*. CAB International.

Shelton, H. M., & Dalzell, S. A. (2007). Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures. *Tropical Grasslands*, 41, 174–190.

กรมปศุสัตว์. (2550). รายงานการศึกษาพันธุ์กระถินเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. (2560). การใช้กระถินเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพมหานคร: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

กรมปศุสัตว์. (ม.ป.ป.). กระถินและการใช้ประโยชน์. กรุงเทพมหานคร.

เฉลิมพล (2540). การใช้กระถินเป็นพืชอาหารสัตว์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตร.

พิสุทธิ และคณะ. (2541). คุณค่าทางอาหารของกระถิน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตร.

วีรพล และคณะ. (2556). การใช้กระถินในสูตรอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชรินทร์ และเทียนทิพย์. (2018). การใช้พืชอาหารสัตว์ในเขตร้อน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตร.

สายัณห์. (2541). พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตร.

### ภาพผนวก



(A)



(B)



(C)



(D)



(E)



(F)

ภาพผนวกที่ 1 (A) สายพันธุ์ k636 (B) สายพันธุ์ Ku56 (C) สายพันธุ์ Ku15 (D) พันธุ์ Cunningham  
(E) พันธุ์ Peru (F) พันธุ์ Tarramba





ภาพผนวกที่ 2 การวัดความสูง การวัดขนาดลำต้น และการเกิดจำนวนต้นหลังการตัดใหม่



ภาพผนวกที่ 3 การเก็บเกี่ยวผลผลิต ลำต้น กิ่ง ใบ





ภาพผนวกที่ 4 สุ่มใบ+กิ่งสีเขียวส่วนที่กินได้มาบด



ภาพผนวกที่ 5 ขั้นตอนการหมักและใส่สารเสริมจุลินทรีย์ รอ 21 วันหลังหมัก



ภาพผนวกที่ 6 บันทึกลักษณะ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และ pH



ภาพผนวกที่ 7 การอบตัวอย่าง





ภาพผนวกที่ 8 การวิเคราะห์เถ้า



ภาพผนวกที่ 9 วิเคราะห์ NDF ADF ADL



ภาพผนวกที่ 10 วิเคราะห์ไนโตรเจน



## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

|                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| ชื่อ-นามสกุล                   | สุรนาท นาคี      |
| วัน เดือน ปี เกิด              | 11 ธันวาคม 2546  |
| สถานที่เกิด                    | สระแก้ว          |
| ประวัติการศึกษา                | โรงเรียนวัฒนานคร |
| ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน   | -                |
| สถานที่ทำงานปัจจุบัน           | -                |
| ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ | -                |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ           | -                |