

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ กับค่าความหวานของน้ำในต้นพืชอาหารสัตว์ที่อายุต่างๆ กัน

ศศิพร คุณาพงษ์กิติ^{1/}จริยา บุญจรชชะ^{1/}สุวรรณี เกศกมลასัน^{1/}

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้กับค่าความหวานของน้ำในต้นพืชอาหารสัตว์ที่อายุต่างๆ กัน ดำเนินงานที่กลุ่มวิเคาระห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ ระหว่างเดือน มกราคม 2544 ถึงเดือน พฤษภาคม 2545 โดยศึกษาในพืชอาหารสัตว์จากแปลงสาธิตของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ปากช่อง ลำปาง ชัยนาท สระแก้ว เพชรบุรี นราธิวาส สถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ และทุ่งกุลาร้องไห้ ทำการศึกษาโดยนำหญ้าอาหารสัตว์ 9 ชนิดคือ กินนีสีม่วง (*Panicum maximum* TD 58) กรีนแพนดิก (*Panicum maximum* var. *trichoglume*) หญ้าขน (*Brachiaria mutica*) ซีตาเรีย (*Setaria sphacelata*) ชิกแนลเลื้อย (*Brachiaria humidicola*) เนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) พลิกแคลัม (*Paspalum plicatulum*) รุชี (*Brachiaria ruziziensis*) และอะตราตัม (*Paspalum atratum*) อายุการตัด 30, 45, 60, 75 วัน มาวิเคราะห์ค่าคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water Soluble Carbohydrates, WSC) และวัดค่าความหวานจากน้ำในต้นพืชหรือปริมาณซูโครส และหาความสัมพันธ์ระหว่าง WSC กับปริมาณซูโครส

ผลการศึกษาพบว่าหญ้าอาหารสัตว์มีปริมาณ WSC อยู่ประมาณ 3.02, 3.78, 4.65 และ 5.53 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ที่อายุ 30, 45, 60 และ 75 วันตามลำดับ ปริมาณ WSC พบได้มากที่สุดและน้อยที่สุดในหญ้ากินนีสีม่วงทุกช่วงอายุการตัด ปริมาณ WSC ของพืชอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุพืชที่เพิ่มขึ้น จากการศึกษาปริมาณซูโครสของหญ้าอาหารสัตว์ โดยตรวจวัดค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้าอาหารสัตว์ 9 ชนิด พบว่ามีค่า BRIX อยู่ประมาณ 4.8, 5.4, 6.5 และ 7.5 ที่อายุพืช 30, 45, 60 และ 75 วันตามลำดับ ค่า BRIX มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุหญ้าที่เพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ BRIX

เลขทะเบียนวิจัย 44 (1)-0514-058

^{1/} กลุ่มวิเคาระห์อาหารสัตว์และพืชอาหารสัตว์ กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่าปริมาณซูโครสโดยศึกษาความสัมพันธ์ของค่า WSC กับค่า BRIX ในรูปสมการ linear regression; $y = a + bx$ พบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ($P < 0.05$) และได้สมการรวมของหญ้าอาหารสัตว์เพื่อใช้กับกรณีที่ไม้ทราบชนิดพันธุ์หญ้า ค่า R^2 ของสมการรวมเท่ากับ 0.24 และสมการของหญ้าอาหารสัตว์ 9 ชนิด กรณีที่ทราบชนิดพันธุ์หญ้า ซึ่งระดับความเชื่อมั่นในการใช้สมการทำนายค่า WSC จากค่า BRIX ของหญ้าซีตาเรีย มีมากที่สุด รองลงมาคือ หญ้ากรีนแพนิก หญ้าพลีแคทูลัม คือมีค่าเฉลี่ยที่ 55 เปอร์เซ็นต์

The Study on Relationship between Water Soluble Carbohydrates and Sweetness of Forage Juice at Various Cutting Intervals

Sasipron Kunapongkiti ^{1/}

Jariya Boonjaratcha ^{1/}

Suwannee Ketkamalas ^{1/}

Abstract

The study on relationship between Water Soluble Carbohydrates and sweetness of forage juice at various cutting intervals has been carried out at Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division during January 2001 to May 2002. The demonstrated plant forage from Pakchong, Kon Kaen, Lampang, Chainat, Srakaew, Petburi, Narathivat Animal Nutrition Research and Development Center and Chiang Yuen, Tungkulamongkhai Animal Nutrition Development Station have been studied. The relationship between Water Soluble Carbohydrates (WSC) and sweetness of forage juice or Sucrose quantities of 9 types of forage such as *Panicum maximum* TD 58, *Panicum maximum* var. *trichoglume*, *Brachiaria mutica*, *Setaria sphacelata*, *Brachiaria humidicola*, *Pennisetum purpureum*, *Paspalum plicatulum*, *Brachiaria ruziziensis*, *Paspalum atratum* at cutting periods of 30, 45, 60, 75 days and 6 types of legume such as *Desmanthus virgatus*, *Cajanus cajan*, *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, *Stylosanthes hamata* cv. Verano, *Centrosema pubescens*, *Centrosema pascuorum* cv. Calvacade at cutting intervals of 45, 60, 90, 120 days have also been shown.

The WSC of the forage are 3.02, 3.78, 4.65 and 5.53 % on dry matter at cutting periods of 30, 45, 60, 75 days respectively. The highest level was found in *Brachiaria ruziziensis* and the lowest was found in *Panicum maximum* TD 58. The WSC of legumes are 3.54, 3.92, 4.93 and 5.11% on dry matter at cutting periods of 45, 60, 90, 120 days. The WSC of *Centrosema pascuorum* cv. Calvacade was found more than the others. It was also shown that

Keyword : Water Soluble Carbohydrate BRIX

Research project No. 44 (1)-0514-058

^{1/} Feed and Forage Analysis Section, Animal Nutrition Division, Department of Livestock Development

the WSC increases when the periods of cutting was prolonged. The sucrose quantities was detected by Hand Refractometer in term of BRIX. The legumes show BRIX number 4.8, 5.4, 6.5 and 7.5 at cutting periods of 30, 45, 60, 75 days, respectively. The BRIX number also increase when the periods of cutting was prolonged. The BRIX number of the legumes, however, have not been studied cause of cannot get the juice.

The relationship between WSC and sucrose quantities was studied by doing regression equation in the term $y = a + bx$. The relationship was shown in linear regression ($P < 0.05$). The regression equation of total and each 9 types of forage have been present. In the case of unknown forages the WSC can be calculated from the equation of total types of forage. While the known types of forage the WSC can be do from the equation of it. The highest confidentials from the regression equation for predicting WSC is from equation of *Setaria sphacelata*, *Panicum maximum* var. *trichoglume* and *Paspalum plicatulum*. It was found about 55 percentages.

คำนำ

ในช่วงฤดูฝน พืชอาหารสัตว์จะมีการเจริญเติบโตได้ดี ให้ผลผลิตสูง พืชอาหารสัตว์สดที่เหลือจากการใช้เลี้ยงสัตว์สามารถเก็บถนอมไว้ในรูปพืชหมัก (Silage) สำหรับไว้ในฤดูแล้งหรือช่วงที่ขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ได้ คุณค่าทางอาหารของพืชหมักขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายชนิด เช่น ชนิดและอายุ หรือระยะการเจริญเติบโต (Stage of growth) โดยเฉพาะอย่างยิ่งอายุของพืชจะบ่งถึงปริมาณและคุณภาพของพืชนั้น (พันพิพา, 2539) พืชที่นำมาหมักควรจะมีคุณภาพปานกลางถึงคุณภาพสูง คือควรมีโปรตีนมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ (Skerman and Riveros, 1990) และพืชนั้นควรมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้หรือน้ำตาลไม่น้อยกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง เพราะถ้าพืชมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำ เมื่อนำมาหมักจะเกิดการดัดแปลงปริมาณต่ำ ทำให้พืชหมักเน่าเปื่อย เป็นเมือกกลิ่น

ในองค์ประกอบของพืชอาหารสัตว์ กลุ่มโภชนะที่พบมากที่สุดคือคาร์โบไฮเดรต ซึ่งอาจแบ่งคาร์โบไฮเดรตในพืชนั้นออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Structural Carbohydrates) ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างส่วนต่างๆ ของพืช คาร์โบไฮเดรตกลุ่มนี้ไม่ละลายน้ำ ได้แก่ เยื่อใยชนิดต่างๆ คือ เซลลูโลส ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส อีกกลุ่มหนึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ได้ทำหน้าที่เป็นโครงสร้าง (Non-structural Carbohydrates) เป็นคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปอาหารสะสมของพืช ได้แก่ แป้งและน้ำตาล (วรพงษ์, 2535) น้ำตาลเป็นส่วนที่ละลายน้ำได้ ในขณะที่แป้งจะไม่ละลายน้ำ เนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของแป้งเป็นกลูโคสต่อกันเป็นสายยาวได้เป็นโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งโครงสร้างโมเลกุลนี้สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้เองภายในโมเลกุล จนทำให้ไม่สามารถเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำได้ (Scherz and Bonn, 1998) น้ำตาลที่ละลายน้ำได้ (Water Soluble Carbohydrates, WSC) ในองค์ประกอบของพืชอาหารสัตว์เขตร้อนส่วนใหญ่เป็นโมโนแซคคาไรด์ และ ไดแซคคาไรด์ คือ กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส โดยที่ซูโครสพบมากที่สุด (Hunter และคณะ, 1970) ซูโครสมีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแอนไฮไดรต์ของกลูโคสและฟรุคโตส เมื่อเกิดการไฮโดรไลซ์จะทำให้ได้โมเลกุลของกลูโคสและฟรุคโตส (Chaplin and Kennedy, 1994) น้ำตาลกลูโคสและฟรุคโตสในพืชจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการทำให้เกิดกระบวนการหมัก (ensilage) เพื่อให้ได้กรดแลกติก กลูโคสหนึ่งโมเลกุลเมื่อเกิดการหมักจะได้กรดแลกติกหนึ่งหรือสองโมเลกุล ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกว่าเป็นชนิด Homofermentative หรือ ชนิด Heterofermentative (McDonald และคณะ, 1992) ฟรุคโตสก็เกิดปฏิกิริยาในแบบเดียวกัน พืชหมักที่มีคุณภาพดีควรมีกรดแลกติก 3 – 13 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (สายัณห์, 2540) ดังนั้นการที่จะทำพืชหมักให้มีคุณภาพดี ปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ควรคำนึงถึงคือปริมาณ WSC ในพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากถ้าในพืชอาหารสัตว์มี WSC มากเพียงพอ ขบวนการหมักก็จะเกิดขึ้นเร็วและสมบูรณ์ ช่วยให้พืชหมักมีคุณภาพดี ดังนั้นการนำพืชอาหารสัตว์มาหมักจึงต้องทราบค่า WSC ว่าเพียงพอ

ต่อการหมักหรือไม่ ซึ่งต้องใช้วิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งต้องใช้เวลาและไม่สะดวกในการปฏิบัติงานในภาคสนาม

เครื่องมือรีแฟรกโตมิเตอร์เป็นเครื่องมือชนิดหนึ่งที่ใช้วัดปริมาณซูโครส (Pearzon, 1976) ค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็นองศา BRIX เครื่องมือชนิดนี้จะใช้หลักการวัด refractive index ถ้าของเหลวนั้นมีโมเลกุลของซูโครสอยู่มาก ค่า BRIX ที่อ่านได้จะมีค่ามาก โดยทั่วไปจะใช้เครื่องมือรีแฟรกโตมิเตอร์ตรวจวัดปริมาณซูโครสโดยประมาณในพืชที่ให้ความหวาน เช่น อ้อย เรียกว่าเป็นการตรวจวัดค่าความหวานของน้ำในต้นพืช และเนื่องจากน้ำตาลซูโครสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ชนิดหนึ่งที่มีในพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซูโครสที่มีในต้นพืชกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ทั้งหมดในพืชอาหารสัตว์ และหากพบว่าค่าองศา BRIX และค่า WSC มีความสัมพันธ์กันก็จะช่วยให้สามารถประเมินค่า WSC ในพืชอาหารสัตว์ได้ง่าย และสะดวกในการปฏิบัติงานภาคสนาม

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ดำเนินการทดลอง ระหว่างเดือนมกราคม 2544 ถึงเดือนพฤษภาคม 2545 โดยศึกษาปริมาณ WSC และซูโครสในพืชอาหารสัตว์ จากแปลงสาธิตพันธุ์พืชอาหารสัตว์ของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ปากช่อง ชัยนาท สระแก้ว เพชรบุรี ลำปาง นราธิวาส สถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ และทุ่งกุลาร้องไห้ แต่ละแปลงแบ่งเป็น 4 ส่วน เพื่อตัด 4 ระยะ ดังนี้

- หญ้าอาหารสัตว์ อายุ 30, 45, 60 และ 75 วัน ได้แก่

1. กีนีสีม่วง (*Panicum maximum* TD 58)
2. กรีนแพนิก (*Panicum maximum* var. *trichoglume*)
3. หญ้าขน (*Brachiaria mutica*)
4. ซีตาเรีย (*Setaria sphacelata*)
5. ชิกแนลเลื้อย (*Brachiaria humidicola*)
6. เนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*)
7. พลิกแคลัม (*Paspalum plicatulum*)
8. รุซซี่ (*Brachiaria ruziziensis*)
9. อะตราดัม (*Paspalum atratum*)

- ถั่วอาหารสัตว์ อายุ 45, 60, 90 และ 120 วัน ได้แก่

1. ไมยรา (*Desmanthus virgatus*)
2. มะแฮะ (*Cajanus cajan*)
3. ทำพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* CIAT 184)

4. ฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano)
5. เซนโตรซีมา (*Centrosema pubescens*)
6. คาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Calvacade)

โดยทำการศึกษาตามวิธีการดังนี้

1. สุ่มตัดพืชอาหารสัตว์ทั้งแปลงยกเว้นขอบแปลงโดยรอบ โดยตัดพืชที่อายุต่าง ๆ ตามแผนการทดลองที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร
2. สุ่มตัวอย่างพืชสดที่ตัดได้ ประมาณ 1,000 กรัม นำมาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ
 - 2.1 ส่วนแรกนำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร คลุกเคล้าส่วนของลำต้นและใบให้ทั่วกัน แล้วสุ่มตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก แล้วบีบน้ำออกมาให้หยดลงบนเครื่อง Hand Refractometer อ่านค่า BRIX จากสเกลของเครื่อง
 - 2.2 พืชอาหารสัตว์ส่วนที่สอง นำมาชั่งน้ำหนักสด แล้วอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ บันทึกค่าน้ำหนักแห้ง แล้วนำมาบดให้ละเอียดขนาด 1 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ WSC โดยวิธี Phenol-Sulfuric Method (Dubois และคณะ, 1956)
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูล ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX ในรูปสมการ regression

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการทดลองเก็บตัวอย่างพืชอาหารสัตว์คือหญ้าอาหารสัตว์ 9 ชนิด และถั่วอาหารสัตว์ 7 ชนิด ที่อายุการตัด 30 - 120 วัน จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ 7 แห่งและสถานีพัฒนาอาหารสัตว์ 2 แห่ง ทำการทดลองเปรียบเทียบปริมาณ WSC ที่ตรวจวัดในห้องปฏิบัติการ กับปริมาณน้ำตาลซูโครสที่ตรวจวัดโดยการอ่านค่า BRIX ของน้ำในต้นพืชสด สำหรับตัวอย่างถั่วอาหารสัตว์ไม่สามารถวัดค่า BRIX ได้ เนื่องจากถั่วอาหารสัตว์ที่ศึกษาทุกชนิดมีลักษณะลำต้นเล็ก ไม่อวบน้ำ ใบมีขนาดเล็ก ทำให้ไม่สามารถบีบน้ำจากต้นพืชได้ จึงแสดงค่า WSC เพียงอย่างเดียว

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้ (WSC)

จากการศึกษาปริมาณ WSC ในหญ้าอาหารสัตว์ 9 ชนิดที่อายุการตัดต่างๆ กัน พบว่าปริมาณ WSC ของหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัดที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Hunter และคณะ (1970) ที่ได้ทำการศึกษาในหญ้าซีดาเรีย หญ้าแพงโกล่า และ หญ้าบัพเฟล ดังนี้

(1) หญ้าอาหารสัตว์ (ตารางที่ 1) ปริมาณ WSC ของหญ้าอาหารสัตว์อายุ 30 วันมีค่าเท่ากับ 3.02 ± 0.76 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง หญ้าอาหารสัตว์อายุ 30 วันที่มีปริมาณ WSC สูงสุดคือ รุชี รองลงมาคือ หญ้าขน ชิกเนลเลื่อย เนเปียร์ อะตราดัม พลิกเคทุล์ม ซีดาเรีย กรีนแพนิก และกินนีสี

ม่วง ตามลำดับ กล้วยอาหารสัตว์อายุ 45 วันมี WSC เท่ากับ 3.78 ± 1.33 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยที่รูชี มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือกล้วยขน เนเปียร์ อะตราตัม ชิกแนลเลื่อย พลิกแคลล์ม ซีตาเรีย กรีนแพนิก และกินนีสีม่วง ตามลำดับ ส่วนกล้วยอาหารสัตว์อายุ 60 วันมี WSC เท่ากับ 4.65 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยกล้วยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือกล้วยขน เนเปียร์ ชิกแนลเลื่อย อะตราตัม พลิกแคลล์ม ซีตาเรีย กรีนแพนิก และกินนีสีม่วง ตามลำดับ และกล้วยอาหารสัตว์อายุ 75 วันมี WSC เท่ากับ 5.53 ± 0.34 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยกล้วยเนเปียร์มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ชิกแนลเลื่อย กล้วยขน รูชี อะตราตัม พลิกแคลล์ม กรีนแพนิก ซีตาเรีย และ กินนีสีม่วง ตามลำดับ

(2) ถั่วอาหารสัตว์ (ตารางที่ 2) ตัวอย่างถั่วอาหารสัตว์ที่เก็บได้จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ และสถานีพัฒนาอาหารสัตว์เก็บได้ไม่ครบทุกช่วงอายุ ทำให้ได้ข้อมูลไม่หลากหลาย ปริมาณ WSC ของถั่วอาหารสัตว์อายุ 45 วัน เท่ากับ 3.54 ± 0.21 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ถั่วอาหารสัตว์ที่มีปริมาณ WSC สูงสุดคือ คาวาลเคด รองลงมาคือ ฮามาต้า ไมยรา มะแะ และท่าพระสไตโล ถั่วอาหารสัตว์อายุ 60 วันมีปริมาณ WSC เท่ากับ 3.92 ± 1.80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยที่คาวาลเคดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ มะแะ ท่าพระสไตโล ฮามาต้า ไมยรา และเซนโตรซีมา ถั่วอาหารสัตว์อายุ 90 วัน มีปริมาณ WSC เท่ากับ 4.93 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง คาวาลเคดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ มะแะ ฮามาต้า ท่าพระสไตโล เซนโตรซีมา และไมยรา ถั่วอาหารสัตว์อายุ 120 วันมีปริมาณ WSC เท่ากับ 5.11 ± 2.15 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง โดยที่คาวาลเคดมีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ มะแะ ท่าพระสไตโล ฮามาต้า ไมยรา และเซนโตรซีมา จากตัวอย่างที่ได้ศึกษาพบว่าถั่วคาวาลเคดมีปริมาณ WSC สูงกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบทุกช่วงอายุ 1-2 เปอร์เซ็นต์

ในการทดลองนี้ได้เก็บตัวอย่างจากหลายพื้นที่เพื่อต้องการให้ได้ข้อมูลที่มีความหลากหลาย โดยที่พื้นที่ปลูกกล้วยอาหารสัตว์เหล่านั้นมีความแตกต่างกันในหลายปัจจัย อาทิ เช่น สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปีที่ปลูกพืช การจัดการต่างๆ เช่น การใส่ปุ๋ย การให้น้ำ เป็นต้น

สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน การใส่ปุ๋ย และการจัดการด้านเขตกรรมที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณ WSC (ยงยุทธ และคณะ, 2540) เช่น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ปริมาณการผลิตน้ำตาลของพืชจะสูงสุดเมื่อระดับของไนโตรเจนค่อนข้างต่ำ เปอร์เซ็นต์น้ำตาลซูโครสในพืชที่ให้น้ำตาลเช่นอ้อย จะลดลงเมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในปริมาณสูง เนื่องจากระดับของไนโตรเจนสูงขึ้นหรือมีอยู่มากเกินพอมีผลให้การผลิตโปรตีนเป็นไปอย่างรวดเร็ว คาร์โบไฮเดรตที่ได้รับจากกระบวนการสังเคราะห์แสงก็จะถูกเปลี่ยนไปเป็นโปรตีน คงเหลือสะสมอยู่บ้างเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อช่วงเวลาปลูกผ่านไประยะหนึ่ง ถ้าหากลดปริมาณไนโตรเจนที่ให้แก่พืช การเจริญเติบโตของส่วนใบจะลดลง คาร์โบไฮเดรตที่เกิดขึ้นหลังจากนี้จะเคลื่อนย้ายมาสะสมที่รากหรือลำต้นให้มากที่สุด

การตัดพืชครั้งที่สองหลังการปลูกจะมีปริมาณ WSC มากกว่าการตัดครั้งแรก (Hunter และคณะ, 1970) เนื่องจากการตัดพืชครั้งแรกหลังจากปลูกนั้นเป็นระยะที่พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (active growing) คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในการสร้างโปรตีน ขณะที่การตัดพืชครั้งที่สองนั้น พืชจะเริ่มมีการเจริญเติบโตลดลงเมื่อเทียบกับอัตราการเกิดกระบวนการสังเคราะห์แสง

ค่า BRIX

จากการวัดค่า BRIX ของน้ำในลำต้นของหญ้าอาหารสัตว์ ได้แก่ กินนีสีม่วง กรีนแพนิก ขน ชีตาเรีย ชิกแนลเลื่อย เนเปียร์ พลิกเคทูลัม รุชี และอะตราดัม ที่อายุการตัดต่างๆ กัน พบว่าค่า BRIX ของหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด เช่นเดียวกับปริมาณ WSC หญ้ารุชีมีค่า BRIX มากที่สุด หญ้าชีตาเรียมีค่า BRIX น้อยที่สุดทุกช่วงอายุการตัด ค่า BRIX ของหญ้าอาหารสัตว์อายุ 30 วันคือ 4.8 ± 0.3 หญ้าอาหารสัตว์อายุ 30 วันที่มีค่า BRIX มากที่สุดคือ หญ้ารุชี รองลงมาคือ กรีนแพนิก หญ้าขน ชิกแนลเลื่อย อะตราดัม กินนีสีม่วง พลิกเคทูลัม เนเปียร์ และชีตาเรีย ค่า BRIX เฉลี่ยของหญ้าอาหารสัตว์อายุ 45 วัน คือ 5.4 ± 1.6 หญ้าอาหารสัตว์อายุ 45 วันที่มีค่า BRIX มากที่สุดคือ รุชี รองลงมาคือ กรีนแพนิก ขน ชิกแนลเลื่อย อะตราดัม กินนีสีม่วง เนเปียร์ พลิกเคทูลัม และชีตาเรีย ค่า BRIX ของหญ้าอาหารสัตว์อายุ 60 วัน คือ 6.5 ± 2.1 หญ้าอาหารสัตว์อายุ 60 วัน ที่มีค่า BRIX มากที่สุดคือ รุชี รองลงมาคือ กรีนแพนิก ขน ชิกแนลเลื่อย อะตราดัม เนเปียร์ กินนีสีม่วง พลิกเคทูลัม และชีตาเรีย ค่า BRIX ของหญ้าอาหารสัตว์อายุ 75 วัน คือ 7.5 ± 2.8 หญ้าอาหารสัตว์อายุ 75 วันที่มีค่า BRIX มากที่สุดคือ รุชี รองลงมาคือ กรีนแพนิก ขน ชิกแนลเลื่อย อะตราดัม พลิกเคทูลัม เนเปียร์ กินนีสีม่วง และ ชีตาเรีย

ค่า BRIX ที่อ่านได้เป็นการตรวจวัดปริมาณซูโครสจากน้ำในต้นพืชอาหารสัตว์สด ค่า BRIX มากหมายถึงมีปริมาณซูโครสสูง จากการศึกษาหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดมีปริมาณซูโครสเพิ่มขึ้นเมื่อพืชอายุมากขึ้น และพืชที่อายุมากขึ้น น้ำในต้นพืชจะข้นกว่าพืชที่อายุน้อยด้วย

ลักษณะของน้ำในลำต้นหญ้าอาหารสัตว์จะมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช หญ้าอะตราดัม และหญ้าชีตาเรีย จะมีน้ำสีน้ำตาลอ่อน ใส และจะมีสีเข้มขึ้นเมื่อหญ้ามียุมากขึ้น ส่วนหญ้าอาหารสัตว์ชนิดอื่นจะมีน้ำสีเขียวใส และหญ้าอาหารสัตว์อายุ 75 วันจะมีน้ำในลำต้นน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าอายุ 30 - 60 วัน เนื่องจากเมื่อพืชอายุมากขึ้นจะมีเยื่อใยในลำต้นสูงขึ้น และพืชอาหารสัตว์ที่อายุน้อย การเจริญเติบโตทางต้นและใบจะเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากขณะเดียวกันนั้นพืชได้รับไนโตรเจนสูงขึ้น คาร์โบไฮเดรตที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงส่วนใหญ่ก็จะถูกนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนที่เป็นโพรโทพลาสซึม (protoplasm) เป็นส่วนใหญ่ ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่จะนำไปใช้ในการสร้างเซลลูโลสก็ไม่เพียงพอ ทำให้ผนังเซลล์ค่อนข้างบาง แต่เซลล์จะมีขนาดโตเพราะมีโพรโทพลาสซึมมาก และจะมีน้ำอยู่เต็ม ทำให้พืชที่อายุน้อยมีสภาพอวบอ้วนมากกว่าพืชที่อายุมากขึ้น (ยงยุทธ และคณะ, 2541)

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX ทำได้โดยศึกษาสมการ regression ของความสัมพันธ์ทั้งสอง ได้สมการ regression ในรูป $y = a + bx$ เมื่อ y เป็นค่า WSC และ x เป็นค่า BRIX b เป็นค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน (regression coefficient) แสดงถึงความลาดเอียง (slope) ของสมการเส้นตรงที่ได้ จากรูปแบบของสมการจะเห็นได้ว่าค่า y จะมีค่าแปรตามค่า x ที่เปลี่ยนแปลงไป หรือค่า x มีส่วนก่อให้เกิดการผันแปรในค่า y ค่าสหสัมพันธ์ของค่าทั้งสองแสดงในรูปค่า R^2 (Correlation regression) ซึ่งเป็นค่าที่ใช้บอกว่า ค่า x มีส่วนก่อให้เกิดการผันแปรในค่า y ได้มากหรือน้อยเพียงไร ถ้าหาก R^2 มีค่าเท่ากับ 1.00 หมายความว่า ค่า y มีค่าขึ้นอยู่กับค่า x เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาสมการ regression ของหญ้าอาหารสัตว์รวมทุกชนิดที่อายุ 30 ถึง 75 วัน รวม 291 ตัวอย่าง พบว่าค่าทั้งสองมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ($P < 0.5$) คือ $y = 1.83 + 0.38x$, $R^2 = 0.24$ จากค่า R^2 ที่ได้แสดงให้เห็นว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC (ค่า y) กับค่า BRIX (ค่า x) มีความสัมพันธ์กันประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ การผันแปรของปริมาณ WSC จึงไม่ได้มีปัจจัยมาจากค่า BRIX อย่างเดียว ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีกประมาณ 76 เปอร์เซ็นต์ร่วมด้วย หรือกล่าวได้ว่าการใช้ค่า BRIX มาทำนายค่า WSC ในพืชอาหารสัตว์ตามสมการนี้ ความเชื่อมั่นที่จะได้ค่า WSC ที่ถูกต้องประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX ของหญ้าอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ

1. **หญ้างินนิสีม่วง** ค่าเฉลี่ยปริมาณ WSC ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน คือ 2.08 ± 0.61 , 2.87 ± 0.68 , 2.92 ± 1.30 และ 3.73 ± 0.96 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณ WSC ต่ำสุดได้จากตัวอย่างของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ โดยเฉลี่ยหญ้างินนิสีม่วงมีการสะสมน้ำตาลในต้นสูงขึ้นตามอายุหญ้าที่เพิ่มขึ้น ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้างินนิสีม่วงไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักระหว่างหญ้าอายุ 30 - 45 วัน แต่จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อหญ้าอายุ 60 - 75 วัน ค่า BRIX ของหญ้าอายุ 30, 45, 60 และ 75 วันมีค่าเท่ากับ 4.3 ± 0.7 , 4.7 ± 0.8 , 5.5 ± 0.9 และ 5.8 ± 1.0 ตามลำดับ ค่า BRIX มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 0.21 + 0.54x$ $R^2 = 0.37$ การทำนายความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองด้วยสมการนี้ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์

2. **หญ้างรินแพนิก** ค่าปริมาณ WSC ที่อายุ 30, 45, 60 และ 75 วันมีค่าเท่ากับ 2.16 ± 0.53 , 2.94 ± 0.46 , 3.69 ± 0.59 และ 4.82 ± 1.11 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ปริมาณ WSC ต่ำที่สุดได้จากตัวอย่างของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรี ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้างรินแพนิกโดยเฉลี่ยมีค่า

เพิ่มขึ้นตามอายุการตัดค่อนข้างชัดเจน หญ้าอายุ 30, 45, 60 และ 75 วันได้ค่า BRIX คือ 5.7 ± 1.3 , 7.0 ± 1.3 , 8.1 ± 1.4 และ 9.3 ± 0.7 ตามลำดับ

การเปรียบเทียบ ปริมาณ WSC กับ ค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ คือ $y = 0.10 + 0.46x$ $R^2 = 0.54$ สมการนี้ใช้ทำนายความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX ได้ที่ระดับความเชื่อมั่นประมาณ 54 เปอร์เซ็นต์

3. หญ้าขน ปริมาณ WSC มีค่าเท่ากับ 4.15 ± 1.23 , 4.83 ± 1.01 , 5.66 ± 0.98 และ 6.06 ± 1.62 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ที่อายุหญ้า 30, 45, 60, 75 วัน ตามลำดับ ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่นให้ค่า WSC สูงสุด ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ปากช่อง และสถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ให้ค่าไม่แตกต่างกันทุกช่วงอายุ ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์สระแก้วให้ค่าไม่แตกต่างจากตัวอย่างของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีมากนัก ปริมาณ WSC โดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้าขน อายุ 30, 45, 60 และ 75 วัน คือ 5.7 ± 0.6 , 6.2 ± 0.6 , 6.8 ± 0.8 , 8.1 ± 1.4 ตามลำดับ ค่า BRIX ที่วัดได้โดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ได้สมการ regression คือ $y = 3.66 + 0.22x$ $R^2 = 0.04$ จากค่า R^2 แสดงให้เห็นว่าไม่สามารถใช้ค่า BRIX มาทำนายค่าปริมาณ WSC ได้เลย

4. หญ้าซีตาเรีย จากผลการทดลอง ค่าปริมาณ WSC ของหญ้าซีตาเรียที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน มีค่าเท่ากับ 2.55 ± 0.55 , 3.04 ± 0.31 , 3.98 ± 0.60 และ 4.62 ± 0.54 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ค่าปริมาณ WSC โดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุพืชที่เพิ่มขึ้น ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีให้ค่าปริมาณ WSC ต่ำที่สุด ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ปากช่อง ให้ค่าปริมาณ WSC สูงสุดทุกช่วงอายุ ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้าซีตาเรียที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน มีค่าเท่ากับ 3.1 ± 0.5 , 3.6 ± 0.8 , 4.8 ± 0.8 และ 5.6 ± 0.6 ตามลำดับ โดยเฉลี่ยค่า BRIX ของหญ้าที่อายุ 30 และ 45 วัน ไม่มีค่าแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงค่า BRIX เริ่มเห็นได้ชัดเจนเมื่อพืชอายุ 45-75 วัน

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 0.96 + 0.60x$ $R^2 = 0.58$ การใช้สมการ regression ทำนายค่าปริมาณ WSC จากการวัดค่า BRIX ของหญ้าซีตาเรีย ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับประมาณ 58 เปอร์เซ็นต์

5. หญ้าชิกแนลเลื่อย ค่าเฉลี่ยปริมาณ WSC ของหญ้าชิกแนลเลื่อยมีค่าใกล้เคียงกับหญ้าเนเปียร์อย่างมาก และมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุพืชอย่างชัดเจน ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีให้ค่าปริมาณ WSC ต่ำสุด หญ้าชิกแนลเลื่อยที่อายุการตัด 30, 45, 60, 75 วัน มีค่าปริมาณ WSC เท่ากับ 3.18 ± 0.77 , 3.99 ± 0.54 , 5.08 ± 0.92 และ 6.67 ± 1.29 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ค่า BRIX ของน้ำในลำต้นพืชที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน มีค่าเท่ากับ 5.0 ± 1.1 , 5.8 ± 1.1 , 6.5 ± 1.1 และ 7.7 ± 0.9 ตามลำดับ ค่า BRIX โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 0.72 + 0.63x$ $R^2 = 0.35$ ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX ที่ทำนายจากสมการนี้ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์

6. หญ้าเนเปียร์ ค่าเฉลี่ยปริมาณ WSC ของหญ้าเนเปียร์แสดงการเปลี่ยนแปลงตามอายุการตัดอย่างชัดเจน ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ค่าปริมาณ WSC ที่ได้คือ 2.93 ± 0.94 , 4.09 ± 1.08 , 5.22 ± 1.09 และ 6.91 ± 1.35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท และสระแก้วให้ค่าไม่แตกต่างกัน ศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่นให้ค่าปริมาณ WSC สูงที่สุด ขณะที่ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีให้ค่าต่ำสุดทุกช่วงอายุ ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้าเนเปียร์ คือ 3.8 ± 0.3 , 4.3 ± 0.7 , 5.5 ± 0.8 และ 6.1 ± 0.9 ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ตามลำดับ ค่า BRIX มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 1.08 + 0.74x$ $R^2 = 0.23$ การทำนายความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองด้วยสมการนี้ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์

7. หญ้าพลิแคทูลัม ค่าเฉลี่ยปริมาณ WSC ของหญ้าพลิคาทูลัม ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน คือ 2.67 ± 0.61 , 3.29 ± 0.49 , 4.07 ± 0.64 และ 4.88 ± 0.89 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ปริมาณต่ำสุดได้จากตัวอย่างของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ ปริมาณ WSC สูงสุดได้จากตัวอย่างของศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาท ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้าพลิแคทูลัมมีค่าเท่ากับ 4.0 ± 0.5 , 4.2 ± 0.7 , 5.2 ± 0.9 และ 6.3 ± 1.0 ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ตามลำดับ ค่า BRIX มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 0.57 + 0.63x$ $R^2 = 0.53$ การทำนายความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองด้วยสมการนี้ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับประมาณ 53 เปอร์เซ็นต์

8. หญ้ารูชี ค่าเฉลี่ยปริมาณ WSC ของหญ้ารูชี มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ค่าปริมาณ WSC ที่ได้คือ 4.48 ± 1.06 , 4.92 ± 1.16 , 5.76 ± 1.19 และ 6.00 ± 1.14 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีให้ค่าต่ำสุดทุกช่วงอายุ ค่า BRIX ของน้ำในต้นหญ้ารูชี คือ 7.2 ± 1.2 , 8.2 ± 1.1 , 9.5 ± 1.2 และ 9.7 ± 0.4 ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ตามลำดับ ค่า BRIX มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 1.97 + 0.38x$ $R^2 = 0.20$ การทำนายความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองด้วยสมการนี้ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับประมาณ 20 เปอร์เซนต์

9. หญ้าอะตราดัม ค่าเฉลี่ยปริมาณ WSC ของหญ้าอะตราดัม ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ค่าปริมาณ WSC ที่ได้คือ 2.89 ± 0.57 , 4.02 ± 1.03 , 4.94 ± 1.12 และ 5.26 ± 1.12 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้งตามลำดับ ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์เพชรบุรีให้ค่าต่ำสุด ค่าสูงที่สุดได้จากตัวอย่างของสถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ ตัวอย่างจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ชัยนาทและสระแก้ว ให้ค่าไม่แตกต่างในทุกช่วงอายุ ค่า BRIX ที่ตรวจพบคือ 4.4 ± 0.6 , 5.1 ± 0.9 , 6.2 ± 0.9 และ 7.0 ± 1.5 ที่อายุ 30, 45, 60, 75 วัน ตามลำดับ ค่า BRIX โดยเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุการตัด

การเปรียบเทียบปริมาณ WSC กับค่า BRIX ด้วยสมการ regression ได้สมการ $y = 2.41 + 0.33x$ $R^2 = 0.13$ การทำนายความสัมพันธ์ของค่าทั้งสองด้วยสมการนี้ให้ความเชื่อมั่นได้ในระดับ 13 เปอร์เซนต์

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับค่า BRIX ในหญ้าอาหารสัตว์พบว่า ถ้าหากศึกษาภาพรวมหญ้าอาหารสัตว์ทุกชนิดจะได้สมการ regression ที่ให้ความเชื่อมั่นในการทำนายค่า WSC จาก ค่า BRIX ได้ประมาณ 24 เปอร์เซนต์ ซึ่งสมการนี้สามารถใช้ได้โดยไม่ต้องคำนึงถึงว่าเป็นตัวอย่างหญ้าอาหารสัตว์พันธุ์ใด มีสภาพการจัดการด้านเขตกรรมอย่างไร แต่ถ้าหากทราบชนิดพันธุ์หญ้าอาหารสัตว์ ก็สามารถใช้สมการ regression ที่ได้จากการศึกษาหญ้าอาหารสัตว์พันธุ์นั้นๆ ซึ่งพบว่าสมการของหญ้างูรินแพนดิก หญ้าพลีแคทูลัม และหญ้าซีตาเรีย สามารถใช้ทำนายค่า WSC จากการวัดค่า BRIX ที่ความเชื่อมั่นที่จะได้ผลถูกต้องมากกว่า 50 เปอร์เซนต์ รองลงมาคือสมการของหญ้างูนิสมีวง และหญ้าซิกแนลเล็อย ให้ความเชื่อมั่นที่จะได้ผลถูกต้องประมาณ 35 เปอร์เซนต์ สมการของหญ้ารูซี่และหญ้านาเปียร์ให้ความเชื่อมั่นเพียงประมาณ 20 เปอร์เซนต์ ส่วนหญ้าขน และหญ้าอะตราดัมไม่สามารถใช้สมการ regression ช่วยในการทำนายค่า WSC จากค่า BRIX ได้เนื่องจากความเชื่อมั่นที่จะได้ผลถูกต้องมีค่าต่ำ

การนำสมการที่ได้ไปใช้ในทางปฏิบัติ ก็โดยนำหญ้าอาหารสัตว์ที่มีอยู่มาตรวจวัดค่า BRIX ซึ่งตรวจวัดจากพืชอาหารสัตว์สดในแปลง เมื่อได้ค่าแล้วก็นำมาแทนค่า เป็นค่า x ในสมการ regression ก็จะสามารถคำนวณค่า WSC (ค่า y) อย่างคร่าวๆ ได้ และสามารถนำค่า WSC ที่ได้มาคำนวณว่าหญ้าอาหารสัตว์นั้นมีปริมาณน้ำตาลเพียงพอต่อการทำฟีดหมักให้ได้ผลดีหรือไม่ ถ้าหากปริมาณน้ำตาลต่ำกว่า 6 เปอร์เซนต์ของน้ำหนักแห้ง ก็สามารถคำนวณจำนวนสารเสริมที่จะต้องเติมลงไปให้มีน้ำตาลเพียงพอการเกิดกรดแลกติกในกระบวนการหมัก อย่างไรก็ตาม การพิจารณาว่าพืชชนิดใดเหมาะสมที่จะทำฟีดหมักยังจะต้องพิจารณาปัจจัยอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน เยื่อใย เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม เนื่องจากจำนวนตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของแต่ละอายุการตัดของพืชแต่ละชนิดยังมีจำนวนน้อย ดังนั้นความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยทั้งค่า WSC และ ค่า BRIX จึงมีค่ามาก นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างเพียงฤดูปลูกเดียว จึงอาจทำให้ข้อมูลยังมีความแม่นยำต่ำ ถ้าหากศึกษาโดยเก็บตัวอย่างติดต่อกันมากกว่าหนึ่งปี จะทำให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำมากขึ้น

นอกจากนี้ยังมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณ WSC ในพืช (Bjorge, 1996) เช่น ในการเก็บตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ ถ้าหากทิ้งพืชไว้เป็นเวลานานจะทำให้ปริมาณ WSC ลดลงเนื่องจากพืชยังมีการหายใจ จึงควรจะทำกรอบแห้งทันที การเปลี่ยนแปลงระหว่างวันก็มีผลต่อปริมาณ WSC พบว่าปริมาณ WSC ทั้งหมดเพิ่มขึ้นในช่วงเช้า และจะเริ่มลดลงในช่วงบ่าย ปัจจัยดังกล่าวเหล่านี้เป็นปัจจัยที่ต้องพิจารณาถึงในการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ WSC ด้วย

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้ (on dry basis) และค่า BRIX ของหญ้าอาหารสัตว์ที่อายุ 30 ถึง 75 วัน และสมการ regression แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง WSC กับ BRIX

หญ้า อาหารสัตว์	พืชอายุ 30 วัน			พืชอายุ 45 วัน			พืชอายุ 60 วัน			พืชอายุ 75 วัน			สมการ regression	Correlation (R ²)
	จำนวน ตัวอย่าง	WSC	BRIX	จำนวน ตัวอย่าง	WSC	BRIX	จำนวน ตัวอย่าง	WSC	BRIX	จำนวน ตัวอย่าง	WSC	BRIX		
กินนีสีม่วง	9	2.08 ± 0.61	4.4 ± 0.8	9	2.87 ± 0.7	4.7 ± 0.8	8	2.92 ± 1.30	5.5 ± 0.9	7	3.73 ± 0.96	5.9 ± 1.0	y = 0.21 + 0.54x	0.37
กรีนแพนิก	9	2.16 ± 0.53	5.8 ± 1.4	9	2.94 ± 0.5	7.0 ± 1.4	8	3.69 ± 0.59	8.1 ± 1.4	7	4.82 ± 1.11	9.4 ± 0.7	y = 0.10 + 0.46x	0.54
ขน	9	4.15 ± 1.23	5.7 ± 0.6	9	4.83 ± 1.0	6.2 ± 0.7	8	5.66 ± 0.98	6.9 ± 0.8	7	6.06 ± 1.62	8.1 ± 1.4	y = 3.66 + 0.22x	0.04
ซีตาเรีย	9	2.55 ± 0.55	3.2 ± 0.6	9	3.04 ± 0.3	3.6 ± 0.9	8	3.98 ± 0.60	4.8 ± 0.8	7	4.62 ± 0.54	5.6 ± 0.6	y = 0.96 + 0.60x	0.58
ซิกแนลเลื่อย	9	3.18 ± 0.70	5.0 ± 1.1	9	3.99 ± 0.5	5.9 ± 1.1	8	5.08 ± 0.92	6.5 ± 1.2	7	6.67 ± 1.29	7.8 ± 1.0	y = 0.72 + 0.63x	0.35
เนเปียร์	9	2.93 ± 0.94	3.9 ± 0.4	9	4.09 ± 1.1	4.3 ± 0.7	7	5.22 ± 1.09	5.6 ± 0.8	7	6.91 ± 1.35	6.1 ± 1.0	y = 1.08 + 0.74x	0.23
พลีคาทูลัม	9	2.67 ± 0.61	4.0 ± 0.5	9	3.29 ± 0.5	4.2 ± 0.7	8	4.07 ± 0.64	5.3 ± 1.0	7	4.88 ± 0.89	6.4 ± 1.0	y = 0.57 + 0.63x	0.53
รูชี	8	4.48 ± 1.06	7.3 ± 1.3	8	7.92 ± 1.2	8.3 ± 1.2	8	5.76 ± 1.19	9.5 ± 1.2	7	6.00 ± 1.14	9.7 ± 0.5	y = 1.97 + 0.38x	0.20
อะตราตรัม	8	2.89 ± 0.57	4.4 ± 0.7	8	4.02 ± 1.0	5.1 ± 1.0	8	4.94 ± 1.12	6.3 ± 1.0	7	5.26 ± 1.12	7.0 ± 1.5	y = 2.41 + 0.33x	0.13
รวมหญ้า อาหารสัตว์ ทุกชนิด	78	3.02 ± 0.76	4.8 ± 0.3	79	3.78 ± 1.33	5.5 ± 1.6	71	4.65 ± 0.66	6.5 ± 2.1	63	5.53 ± 0.34	7.5 ± 2.8	Y= 1.83 + 0.39x	0.24

หมายเหตุ : จำนวนจากตัวอย่างรวมทั้งหมดทุกอายุ , y = เปอร์เซนต์ WSC ที่ได้จากการคำนวณ , x = ค่าองศา BRIX ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือ refractometer

ตารางที่ 2 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้ (on dry basis) ของถั่วอาหารสัตว์ที่อายุต่างๆ

ถั่วอาหารสัตว์	พืชอายุ 45 วัน		พืชอายุ 60 วัน		พืชอายุ 90 วัน		พืชอายุ 120 วัน	
	จำนวน ตัวอย่าง	%WSC	จำนวน ตัวอย่าง	%WSC	จำนวน ตัวอย่าง	%WSC	จำนวน ตัวอย่าง	%WSC
ไมยรา	4	3.29 ± 1.45	5	3.24 ± 0.71	4	3.26 ± 0.76	2	4.23 ± 0.18
มะแฮะ	4	3.10 ± 1.23	6	3.95 ± 1.13	5	5.23 ± 1.08	3	4.93 ± 0.82
ท่าพระสไตโล	5	2.82 ± 1.17	4	3.92 ± 1.38	4	4.03 ± 1.31	4	4.61 ± 1.26
ฮามาต้า	4	3.49 ± 2.27	3	3.43 ± 1.34	2	4.90 ± 0.18	3	4.27 ± 0.66
เซนโตรซีมา	-	-	5	2.60 ± 0.70	4	3.71 ± 0.82	4	4.16 ± 0.79
คาวาลเคด	1	5.05	6	6.08 ± 0.90	4	6.22 ± 3.35	5	7.24 ± 1.19
รวมถั่วอาหารสัตว์								
ทุกชนิด	18	3.54 ± 0.21	29	3.92 ± 1.80	23	4.93 ± 0.35	21	5.11 ± 2.15

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตละลายน้ำได้ (WSC) กับค่าปริมาณซูโครสของน้ำในต้นพืชอาหารสัตว์นั้น พบว่า

(1) จากปริมาณ WSC ของหญ้าอาหารสัตว์ 9 ชนิดที่ได้ศึกษาครั้งนี้ พบว่า หญ้าที่มีปริมาณ WSC เหมาะสมต่อการทำพืชหมัก คือมีปริมาณ WSC เพียงพอที่ 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ได้แก่ หญ้าขน หญ้าซิกแนลเลื่อย หญ้ารูชี และหญ้าเนเปียร์ ที่อายุการตัด 75 วันขึ้นไป โดยมีปริมาณ WSC เท่ากับ 6.06 ± 1.62 , 6.67 ± 1.29 , 6.00 ± 1.14 และ 6.91 ± 1.35 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ การศึกษาในถั่วอาหารสัตว์ 5 ชนิด ได้ศึกษาเฉพาะค่า WSC พบว่าถั่วอาหารสัตว์มีปริมาณ WSC เพิ่มขึ้นตามอายุพืชที่เพิ่มขึ้น ถั่วคาวาลเคดมีปริมาณ WSC สูงกว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดอื่นๆ 1 – 2 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับทุกช่วงอายุ

(2) จากการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ WSC กับ ปริมาณซูโครส พบว่าสมการ regression ที่ได้จากหญ้าอาหารสัตว์รวม 9 ชนิด อายุ 30 ถึง 75 วัน สามารถใช้เป็นตัวแทนสมการรวมของหญ้าทุกชนิดได้ ถ้าหากทราบค่า BRIX ก็จะสามารถคำนวณค่า WSC จากสมการได้ โดยมีสมการดังนี้ $y = 1.83 + 0.39x$ เมื่อ y เป็นค่า WSC และ x เป็นค่า BRIX

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ ตัวอย่างที่ตรวจวัดมีจำนวนน้อย ดังนั้นผลการทดลองอาจมีความแปรปรวนสูง จึงควรได้มีการเก็บตัวอย่างศึกษาเพิ่มขึ้น จะช่วยให้ได้ข้อมูลที่มีความแม่นยำ และเที่ยงตรงเพิ่มขึ้น กรณีที่สามารถทราบค่า WSC ของหญ้าก่อนที่จะทำการหมัก จะช่วยให้สามารถคำนวณปริมาณสารเสริมที่ต้องใช้ในการหมักหญ้านั้นได้ ตัวอย่างคำนวณการเติมสารเสริม เช่น กากน้ำตาลซึ่งมี WSC 84 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (ทวี แก้วคง, 2527) กรณีหญ้าอาหารสัตว์อายุ 45 วันที่ได้ศึกษาในครั้งนี้มี WSC เท่ากับ 3.78 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ดังนั้นการหมักหญ้านี้ต้องการ WSC เพิ่มอีก 2.22 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งขึ้นไปเพื่อให้ได้ WSC มากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง ถ้าหมักหญ้านี้ 100 กิโลกรัมจึงต้องเติมกากน้ำตาลเพิ่มอีกประมาณ 0.25 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งหรือประมาณ 0.3 กิโลกรัมของน้ำหนักสด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่จากศูนย์วิจัยและพัฒนาอาหารสัตว์ขอนแก่น ปากช่อง ชัยนาท สระแก้ว เพชรบุรี สถานีพัฒนาอาหารสัตว์เชียงใหม่ และทุ่งกุลาร้องไห้ ที่ได้ช่วยจัดหาพืชอาหารสัตว์ สำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณ คุณฉายแสง ไผ่แก้ว ที่กรุณาสับสนุนเครื่องมือรีแฟรกโตมิเตอร์ ขอขอบคุณ คุณวารุณี พานิชผล คุณวิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์ และคุณกฤษณา ศรีสรรพกิจ ตลอดจน นักวิชาการทุกท่านที่ได้ช่วยให้คำปรึกษา คำแนะนำต่างๆ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2539. หลักการอาหารสัตว์ หลักโภชนาศาสตร์และการประยุกต์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 576 หน้า.
- วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง . 2535. เยื่อใยในอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ทวี แก้วคง . 2527. โภชนศาสตร์สัตว์เบื้องต้น และการให้อาหารสัตว์. สำนักพิมพ์เกษตรไทย, กรุงเทพฯ. 242 หน้า.
- ยงยุทธ โอสดสภา ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา อรรถศิษฐ์ วงศ์มานีโรจน์ และชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2540. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน การผลิต และการจัดการ. สำนักพิมพ์รั้วเขียว, กรุงเทพฯ. 376 หน้า.
- Bjorge, M. 1996: <http://www.agric.ab.co/crops/forage>.
- Chaplin, M.F. and J.F. Kennedy. 1994. Carbohydrate Analysis. 2nd edition. Oxford U Press Inc., N.Y. 450 p.
- Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimethod for Determination of Sugars and Related Substances. Anal. Chem. 28(3) : 350 - 356.
- Hunter, R.A., B.L. McIntyre and R.J. McIlroy. 1970. Water-Soluble Carbohydrates of Tropical Pasture Grasses and Legumes. J. Sci. Fd. Agric. 21 : 400 - 405.

- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh. 1992. Animal Nutrition. 4th edition. Longman Singapore Publishers, Singapore. 543 p.
- Pearson, D. 1976. The Chemical Analysis of Food. 7th edition. Longman Group Limited, Hong Kong. 540 p.
- Scherz, H. and G.Bonn. 1998. Analytical Chemistry of Carbohydrates. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, N.Y. 540 p.
- Skerman, P.J. and F. Riveros. 1990. Tropical grasses. FAO. Rome. 832 p.