

ศักยภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสนในลักษณะคุณภาพเมื่อเก็บเกี่ยวเร็วในอ้อยต่อที่ 1

Potential in Early Harvesting of Kamphaeng Saen Sugarcane Varieties in Quality Characters of First Ratoon Cane

อมรเทพ ใจเย็น^{1*} และ เรวัต เลิศฤทัยโยธิน^{1,2}
Amornthep Jaiyen^{1*} and Rewat Lersruthaiyotin^{1,2}

Received 19 March 2020, Accepted 24 September 2020

ABSTRACT

Kamphaeng Saen sugarcane varieties were investigated for the potential in cane juice quality under early harvesting for ethanol production in the first ratoon cane. The split plot design in RCB with 3 replications having 3 harvesting periods (7, 8 and 9 months) as a main plot and 5 sugarcane varieties (Kamphaeng Saen 01-12, Kamphaeng Saen 01-29, Kamphaeng Saen 07-30-1, Kamphaeng Saen 00-105 and Khon Khen 3) as a sub plot was used. Each plot had 3 rows of 8 meters in length. The experiments were conducted in 7 locations (4 locations of early rainy season and 3 locations of late rainy season). The results revealed that effects of locations, early harvesting periods and sugarcane varieties to 3 quality characters (reducing sugar content, polarity and CCS) of cane juice were observed. Most characters had effects of interaction between trials and harvesting periods and between varieties and trials, but they had no effects of interaction between varieties and harvesting periods or among varieties, trials and harvesting periods. The significance of average reducing sugar content, Pol and CCS were different among trials. Reducing sugar content had the highest value at 7 months and the lowest value at 9 months in every trials. Kamphaeng Saen 07-30-1 sugarcane variety had the highest reducing sugar content in most trials. Pol was the highest at 9 months in most trials. Kamphaeng Saen 01-12 and Khon Khen 3 had the highest Pol in different trials. CCS also had the highest value at 9 months and the lowest value at 7 months in the most trials, in which Kamphaeng Saen 01-12 sugarcane variety had the highest CCS in the most trials.

Keywords: Kamphaeng Saen sugarcane varieties, ethanol, early harvesting, reducing sugar, CCS

^{1*} ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Cane and Sugar Research and Development Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: Tel. 06-1827-0550, E-mail address: Amornthep.3004@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาพันธุ์อ้อยกำแพงแสนเพื่อประเมินศักยภาพคุณภาพคุณภาพน้ำอ้อยเมื่อเก็บเกี่ยวเร็วในอ้อยต่อที่ 1 สำหรับการผลิตเอทานอล วางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB จำนวน 3 ซ้ำ แต่ละแปลงย่อยมี 3 แถว แต่ละแถวยาว 8 เมตร โดยกำหนดให้ ปัจจัยหลักเป็นระยะเวลาเก็บเกี่ยว ซึ่งมี 3 ระยะ (7, 8 และ 9 เดือน) และ ปัจจัยรองเป็นพันธุ์อ้อยจำนวน 5 พันธุ์ (กำแพงแสน 01-12 กำแพงแสน 01-29 กำแพงแสน 07-30-1 กำแพงแสน 00-105 และขอนแก่น 3) ทำการปลูกอ้อยทั้งหมด 7 แปลงทดสอบ (แบ่งเป็นแปลงทดสอบต้นฤดูฝน 4 แปลง และแปลงทดสอบปลายฤดูฝน 3 แปลง) ผลการทดลองพบว่า แปลงทดสอบ อายุเก็บเกี่ยวเร็ว และพันธุ์อ้อยมีอิทธิพลต่อลักษณะคุณภาพของน้ำอ้อย ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าโพล และซีซีเอส ในส่วนของปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย ลักษณะส่วนใหญ่พบอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างแปลงทดสอบกับอายุเก็บเกี่ยวและระหว่างพันธุ์กับแปลงทดสอบ แต่ไม่พบอิทธิพลของปฏิริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับอายุเก็บเกี่ยวหรือระหว่างพันธุ์กับแปลงทดสอบกับอายุเก็บเกี่ยว เมื่อพิจารณาแปลงทดสอบพบความแตกต่างทางสถิติในลักษณะปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าโพล และค่าซีซีเอส โดยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน และมีค่าต่ำสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน ทุกแปลงทดสอบ โดยมีอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 เป็นพันธุ์อ้อยที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเกือบทุกแปลง ส่วนค่าโพล (Polarity) มีค่าสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน เกือบทุกแปลง โดยมีอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าโพลสูงสุดในแปลงที่ต่างกัน ส่วนค่าซีซีเอสก็พบว่าแปลงส่วนใหญ่มีค่าสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน และมีค่าต่ำสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน โดยมีอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 เป็นพันธุ์อ้อยที่มีซีซีเอสสูงสุดเกือบทุกแปลง

คำสำคัญ: อ้อยพันธุ์กำแพงแสน เอทานอล การเก็บเกี่ยวเร็ว น้ำตาลรีดิวซ์ ซีซีเอส

คำนำ

ประเทศไทยนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงส่วนใหญ่จากต่างประเทศ ซึ่งทำให้สูญเสียเงินตราต่างประเทศปีละกว่าแสนล้านบาท ส่งผลให้ประเทศไทยต้องเผชิญกับความเสียหายเปรียบทางด้านเศรษฐกิจและขาดความมั่นคงทางด้านพลังงาน การแสวงหาแหล่งพลังงานใหม่เพื่อใช้ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงจึงเป็นเรื่องสำคัญ ซึ่งสถานการณ์พลังงานของโลกมีความเปลี่ยนแปลงสูงมาก เนื่องจากความต้องการพลังงานมีมากขึ้นแต่กำลังการผลิตมีจำกัด สำหรับประเทศไทยจึงมีความจำเป็นที่จะต้องเตรียมพร้อม ด้วยการกำหนดยุทธศาสตร์ของประเทศในการนำพลังงานชนิดอื่นมาใช้ทดแทนน้ำมันที่กำลังจะหมดไป เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิศาสตร์ที่มีความพร้อมในการเพาะปลูกพืชพลังงานที่สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันจากฟอสซิลได้เป็นอย่างดี เช่น เอทานอล ที่ผลิตได้จากมันสำปะหลัง อ้อย และกากน้ำตาล (สิริวัชร, 2552) ซึ่งอ้อยเป็นพืช

เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับประเทศไทย และยังเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้เป็นพืชพลังงานทดแทนได้ เพราะสามารถนำมาแปรรูปเป็นเอทานอลได้ ซึ่งถือว่าอ้อยเป็นพืชที่มีความคุ้มค่าทางด้านพลังงานมากที่สุด (แม้อุดพลังงานสะอาด, 2558)

เพื่อเป็นการใช้ศักยภาพของอ้อยในการผลิตเอทานอลให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงได้ศึกษาการตัดอ้อยที่อายุการเก็บเกี่ยวสั้นลง ซึ่งช่วยให้มีอ้อยส่งโรงงานผลิตเอทานอลได้อย่างต่อเนื่อง โดยที่เอทานอลสามารถผลิตได้ทั้งจากเส้นใยและน้ำอ้อย โดย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (2554) ได้รายงานว่ น้ำตาลรีดิวซ์เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการผลิตเอทานอล ซึ่งในกระบวนการผลิตเอทานอลจากพืชต้องเริ่มต้นจากการนำพืชไปผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส (การย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) เพื่อให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ก่อน จากนั้นจึงนำน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้ไปเป็นสารตั้งต้นใน

กระบวนการหมักกับยีสต์เพื่อให้ได้เอทานอล ทั้งนี้ น้ำตาลในน้ำอ้อยที่เป็นน้ำตาลรีดิทซ์ที่มีมากในขณะที่อ้อยยังไม่สุกแก่ สามารถนำไปแปรรูปเป็นเอทานอลได้มีประสิทธิภาพมากกว่าน้ำตาลซูโครส ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Roberton *et al.* (1996) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการสะสมน้ำตาลรีดิทซ์และน้ำตาลซูโครสในอ้อยที่ช่วงอายุต่างกัน พบว่า อ้อยอายุน้อยจะสามารถพบปริมาณน้ำตาลรีดิทซ์ได้มากกว่าอ้อยที่มีอายุมากกว่า ส่วนการสะสมน้ำตาลซูโครสสามารถพบการสะสมน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นตามอายุของอ้อยที่มากขึ้น นอกจากนี้ Das (1934) และ Thompson (1988) รายงานว่า ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิทซ์มีค่าสูงสุดในช่วงแรกของการเจริญเติบโต แต่ทั้ง 2 ลักษณะจะลดลงตามอายุอ้อยที่เจริญเติบโตเพิ่มขึ้น ซึ่งอ้อยแต่ละพันธุ์มีการสะสมน้ำตาลซูโครสที่ไม่เท่ากัน ในขณะที่ เกษม (2521) รายงานว่า การสะสมน้ำตาลซูโครสภายในลำต้นแตกต่างกันตามพันธุ์ โดยน้ำตาลที่เก็บไว้ในลำต้นอาจถูกลำเลียงไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของส่วนต่างๆ ภายในกอเดียวกัน ส่งผลทำให้การสะสมปริมาณน้ำตาลซูโครสในลำต้นลดต่ำลงแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบศักยภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสนที่มีการเจริญเติบโตและการสะสมความหวานเร็ว สำหรับการผลิตเอทานอล โดยการประเมินคุณภาพน้ำอ้อยเพื่อทำการเก็บเกี่ยวเร็ว ในพื้นที่ปลูกอ้อยต่างๆ โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดตาก ที่มีโรงงานผลิตเอทานอลจากอ้อย

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการทดลอง

นำอ้อยพันธุ์กำแพงแสนจากศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม จำนวน 4 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงแสน 01-12 กำแพงแสน 01-29 กำแพงแสน 07-30-1 กำแพงแสน 00-105 และอ้อยพันธุ์เปรียบเทียบ 1 พันธุ์ คือพันธุ์ขอนแก่น 3

(KK3) ปลูกในแปลงทดสอบในช่วงต้นฤดูฝนและช่วงปลายฤดูฝน หลังการเก็บเกี่ยวเร็วในอ้อยปลูกที่อายุต่างกัน ได้ทำการไถต่อรวมทั้งหมด 7 แปลง ประกอบด้วย แปลงทดสอบต้นฤดูฝน จำนวน 4 แปลง ได้แก่ แปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม แปลงอู่ทอง อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี แปลงด่านมะขามเตี้ย อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี และ แปลงไทรโยค อ.ไทรโยค จ.กาญจนบุรี โดยปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง มิถุนายน ซึ่งเป็นฤดูการปลูกอ้อยปกติของพื้นที่ภาคกลาง ส่วนแปลงทดสอบปลายฤดูฝน จำนวน 3 แปลง ได้แก่ แปลงศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม แปลงพบพระ อ.พบพระ จ.ตาก และ แปลงแม่ระมาด อ.แม่ระมาด จ.ตาก โดยปลูกระหว่างเดือนตุลาคม ถึง พฤศจิกายน ซึ่งเป็นฤดูการปลูกอ้อยปกติของจังหวัดตาก

ปลูกโดยใช้วิธีวางลำอ้อยในร่องแบบต่อเนื่องกัน ให้ส่วนปลายและส่วนโคนของลำอ้อยแต่ละลำหลวมกัน แล้วสับเป็นท่อนที่มีตา 2-3 ตา การดูแลรักษาแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกได้ทำการไถต่อ โดยแปลงทดสอบปลายฤดูฝนเก็บเกี่ยวในเดือนเมษายนถึงกรกฎาคม และแปลงทดสอบต้นฤดูฝนเก็บเกี่ยวในเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ทำการเก็บเกี่ยวอ้อยต่อในเวลาเดียวกันของอายุเก็บเกี่ยวต่างกันในแต่ละแปลงทดสอบ โดยแปลงอ้อยปลูกอายุ 7 เดือน เป็นอ้อยต่ออายุ 9 เดือน แปลงอ้อยปลูกอายุ 8 เดือน เป็นอ้อยต่ออายุ 8 เดือน และแปลงอ้อยปลูกอายุ 9 เดือน เป็นอ้อยต่ออายุ 7 เดือน

แต่ละแปลงทดสอบวางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCB มีจำนวน 3 ซ้ำ โดยที่ปัจจัยหลัก (Main plot) คือ อายุอ้อย 3 ระยะ ได้แก่ 7, 8 และ 9 เดือน ส่วนปัจจัยรอง (Sub plot) คือ พันธุ์อ้อย จำนวน 5 พันธุ์ ข้างต้น ซึ่งแต่ละแปลงย่อยมี 3 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร แต่ละแถวยาว 8 เมตร

การบันทึกข้อมูล

1. ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar content) สุ่มเก็บข้อมูลจากตัวอย่างอ้อยลำที่สูงที่สุดของกอของแถวกลาง จำนวน 3 ลำ วิเคราะห์โดยใช้วิธีการของ Somogyi-Nelson (Nelson, 1944)

2. ค่าซีซีเอส (C.C.S.) และค่าโพล (Polarity) สุ่มตัวอย่างอ้อยลำที่สูงที่สุดของกอของแถวกลาง จำนวน 3 ลำ วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง Saccharometer รุ่น NIR VII ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาอ้อยน้ำตาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

วิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนรวม (Combined analysis) จาก 7 แปลงทดสอบ ตามแผนการทดลองแบบ Split plot และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น $P < 0.05$ และ $P < 0.01$ ด้วยโปรแกรม R (R-language and environment for statistical computing and graphics) version 3.2.2 (ซูคักดี, 2555; Venables *et al.*, 2014)

ผลการทดลอง

ปริมาณน้ำฝนของแปลงทดสอบ

ใน Table 1 แสดงปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอ้อยของสถานีใกล้เคียงแปลงทดสอบ โดยแปลงพบพระและแปลงแม่ระมาดมีการเก็บเกี่ยวที่อายุเก็บเกี่ยว 7, 8 และ 9 เดือนที่ต่างกัน (สถานีแม่สอด) โดยเก็บเกี่ยวในเดือน ตุลาคม พฤศจิกายน และธันวาคม ตามลำดับ เป็นช่วงเวลาที่ปริมาณน้ำฝนลดลงตามอายุเก็บเกี่ยวอ้อยที่มากขึ้น ส่วนแปลงทดสอบอื่นมีการเก็บเกี่ยวของอายุ

เก็บเกี่ยวต่างๆ ที่เดือนเดียวกันที่เวลาเดียวกัน โดยแปลงกำแพงแสนปลายฝนเก็บเกี่ยวในเดือน กรกฎาคม ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยก่อนเก็บเกี่ยวและเพิ่มขึ้นขณะเก็บเกี่ยว และแปลงกำแพงแสนต้นฝนเก็บเกี่ยวในเดือน พฤศจิกายน ที่มีปริมาณน้ำฝนมากก่อนเก็บเกี่ยวและลดลงขณะเก็บเกี่ยว (สถานีกำแพงแสน) แปลงอุ้มทองเก็บเกี่ยวในเดือน กันยายน มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมากก่อนเก็บเกี่ยวและมีมากขณะเก็บเกี่ยว (สถานีอุ้มทอง) แปลงด่านมะขามเตี้ยเก็บเกี่ยวในเดือน ตุลาคม ที่มีปริมาณน้ำฝนที่มากที่สุดก่อนและขณะเก็บเกี่ยว และแปลงไทรโยคเก็บเกี่ยวในเดือน ธันวาคม ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อยทั้งก่อนและขณะเก็บเกี่ยว (สถานีกาญจนบุรี) ซึ่งการเจริญเติบโตโดยทั่วไปของอ้อยในสภาพปกติที่มีช่วงอายุ 12 เดือนในระยะแรกน้ำตาลที่สะสมในลำอ้อยเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่พร้อมถูกนำไปใช้ในกระบวนการหายใจเพื่อสร้างพลังงานในการเจริญเติบโต จนกระทั่งถึงระยะแก่คือ อ้อยหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น ซึ่งเป็นระยะที่อ้อยมีอายุประมาณ 9-10 เดือนขึ้นกับพันธุ์อ้อย หลังจากนั้นจะเป็นการสะสมน้ำตาลซูโครส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่ เก็บสะสมในลำอ้อยจากโคนไปยังยอดเมื่ออ้อยมีการสะสมน้ำตาลในส่วนต่างๆของลำต้นที่ใกล้เคียงกัน จะอยู่ในระยะแก่ ทั้งนี้ในสภาพที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของอ้อย เช่น การได้รับน้ำและปุ๋ย จะทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตด้านลำต้นเพิ่มขึ้น น้ำตาลที่สะสมในลำต้นจะอยู่ในรูปของน้ำตาลรีดิวซ์ แต่ถ้ามีปริมาณน้ำน้อยน้ำตาลจะถูกเก็บสะสมในรูปของน้ำตาลซูโครส ทำให้มีการผลิตน้ำตาลลดลง (เกษม, 2521)

Table 1 Monthly rainfall in 2016 from meteorology station

Meteorology station	Total rain (mm.)	Month							
		May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mae sot	1187.3	72.0	227.8	211.6	292.5	187.1	135.2	5.3	0.0
U-Thong	851.0	64.2	127.8	115.4	62.8	207.0	194.9	53.1	0.9
Kanchanaburi	1341.8	203.8	194.7	249.5	276.8	151.5	186.0	14.9	1.0
Kamphaeng Saen	789.7	22.0	51.5	123.9	82.7	211.4	232.4	58.8	0.0

การวิเคราะห์ความแปรปรวนรวม

จาก Table 2 ที่แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแปลงทดสอบ 7 แปลงจาก 2 ฤดูปลูก จาก Table 3 ที่แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแปลงทดสอบ 3 แปลงจากฤดูปลูกปลายฝน และจาก Table 4 ที่แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแปลงทดสอบ 4 แปลงจากฤดูปลูกต้นฝน พบว่า สภาพแวดล้อมในแต่ละแปลงทดสอบมีผลกระทบต่อทุกลักษณะคุณภาพที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณน้ำตารีดิวซ์ ค่าโพล และค่าซีซีเอส ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 แต่ยกเว้นค่าโพลของแปลงทดสอบปลายฤดูฝน ที่พบความแตกต่างที่ระดับ 0.05 เมื่อพิจารณาอิทธิพลของอายุเก็บเกี่ยว พบว่า อายุเก็บเกี่ยวมีอิทธิพลในทุกลักษณะที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ในทุกฤดูปลูก นอกจากนี้ยังพบปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างอายุเก็บเกี่ยวกับแปลงทดสอบอย่างมีนัยสำคัญในทุกลักษณะที่ระดับ 0.01 ยกเว้นปริมาณน้ำตารีดิวซ์ของแปลงทดสอบต้นฤดูฝนที่พบว่าไม่มีนัยสำคัญ

ส่วนอิทธิพลของพันธุ์ พบว่า พันธุ์อ้อยมีอิทธิพลในทุกลักษณะที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งในฤดูปลูกต้นฝนและปลายฝน แต่เมื่อพิจารณาปฏิกริยาสัมพันธ์ของพันธุ์กับปัจจัยอื่น พบนัยสำคัญทางสถิติของปฏิกริยาสัมพันธ์ของพันธุ์กับแปลงทดสอบในทุกลักษณะที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ทั้งในฤดูปลูกต้นฝนและฤดูปลูกปลายฝน แต่ไม่พบนัยสำคัญในลักษณะค่าโพลและค่าซีซีเอส ในฤดูปลูกต้นฝน ส่วนปฏิกริยาสัมพันธ์ของพันธุ์กับอายุเก็บเกี่ยว พบว่า ส่วนใหญ่ไม่มีความสัมพันธ์กัน ยกเว้นค่าซีซีเอสของแปลงทดสอบปลายฤดูฝนที่มีความแตกต่างที่นัยสำคัญ 0.05 และเมื่อพิจารณาปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์ อายุเก็บเกี่ยว และแปลงทดสอบ พบว่า ค่าโพลและค่าซีซีเอส มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 ในแปลงทดสอบปลายฤดูฝนและรวมแปลงทดสอบ แต่ไม่มีนัยสำคัญในแปลงทดสอบต้นฤดูฝน ในขณะที่ปริมาณน้ำตารีดิวซ์ พบความแตกต่างที่นัยสำคัญ 0.05 เฉพาะแปลงทดสอบต้นฤดูฝน

Table 2 Combine analysis of reducing sugar, polarity and CCS from 7 locations of 2 planting seasons

Source of Variation	df	Reducing Sugar			Polarity			CCS		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
Environment (E)	6	133220	22203	172.90 **	288.77	48.13	15.100 **	313.87	52.31	40.580 **
Residuals (a)	14	1798	128		44.63	3.19		18.05	1.29	
Harvesting periods (H)	2	17254	8627	159.50 **	783.4	391.7	164.76 **	343.4	171.72	101.24 **
E x H	12	1947	162	3.0000 **	540.7	45.1	18.950 **	251.8	20.98	12.370 **
Residuals (b)	28	1514	54		66.6	2.4		47.5	1.70	
Varieties (V)	4	9590	2397.6	31.368 **	300.6	75.15	31.772 **	117.04	29.259	23.391 **
E x V	24	6023	251.0	3.2840 **	322.3	13.43	5.6790 **	102.08	4.253	3.4000 **
H x V	8	587	73.4	0.9600 ns	24.2	3.03	1.2790 ns	10.23	1.279	1.0220 ns
E x H x V	48	3838	80.0	1.0460 ns	227.4	4.74	2.0030 **	112.43	2.342	1.8720 **
Residuals (c)	168	12841	76.4		397.3	2.37		210.15	1.251	

Note: *, ** Significant at level 0.05 and 0.01 respectively, ns non- significant

Table 3 Combine analysis of reducing sugar, polarity and CCS from 3 locations of late rainy season

Source of Variation	df	Reducing Sugar			Polarity			CCS		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
Environment (E)	2	14940	7470	39.100 **	31.74	15.868	7.0150 *	95.96	47.98	96.960 **
Residuals (a)	6	1146	191		13.57	2.262		2.97	0.49	
Harvesting periods (H)	2	9904	4952	201.47 **	700.3	350.1	249.33 **	182.32	91.16	172.12 **
E x H	4	697	174	7.0870 **	241.5	60.4	42.990 **	67.18	16.80	31.710 **
Residuals (b)	12	295	25		16.9	1.4		6.36	0.53	
Varieties (V)	4	3494	873.4	17.107 **	158.08	39.52	23.981 **	40.77	10.192	15.653 **
E x V	8	1599	199.9	3.9160 **	212.52	26.56	16.120 **	38.43	4.804	7.3780 **
H x V	8	261	32.6	0.6390 ns	25.09	3.14	1.9030 ns	12.44	1.556	2.3890 *
E x H x V	16	1638	102.4	2.0050 *	114.92	7.18	4.3580 **	56.64	3.540	5.4360 **
Residuals (c)	72	3676	51.1		118.65	1.65		46.88	0.651	

Note: *, ** Significant at level 0.05 and 0.01 respectively, ns non- significant

Table 4 Combine analysis of reducing sugar, polarity and CCS from 4 locations of early rainy season

Source of Variation	df	Reducing Sugar			Polarity			CCS		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
Environment (E)	3	106659	35553	436.30 **	155.34	51.78	13.340 **	216.79	72.26	38.340 **
Residuals (a)	8	652	81		31.06	3.88		15.08	1.88	
Harvesting periods (H)	2	7954	3977	52.185 **	219.87	109.93	35.382 **	202.88	101.44	39.451 **
E x H	6	647	108	1.4140 ns	162.51	27.08	8.7170 **	142.89	23.82	9.2620 **
Residuals (b)	16	1219	76		49.71	3.11		41.14	2.57	
Varieties (V)	4	6802	1700.5	17.811 **	216.27	54.07	18.624 **	119.43	29.858	17.556 **
E x V	12	3719	309.9	3.2460 **	36.07	3.01	1.0350 ns	20.48	1.707	1.0040 ns
H x V	8	769	96.1	1.0070 ns	24.16	3.02	1.0400 ns	9.29	1.161	0.6830 ns
E x H x V	24	1757	73.2	0.7670 ns	87.41	3.64	1.2550 ns	44.29	1.845	1.0850 ns
Residuals (c)	96	9165	95.5		278.69	2.90		163.27	1.701	

Note: *, ** Significant at level 0.05 and 0.01 respectively, ns non- significant

ค่าเฉลี่ยของลักษณะคุณภาพ

ปัจจัยสถานที่ทดสอบ

จากแปลงทดสอบ 7 แปลงของ 2 ฤดูปลูก (Table 5) พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าต่ำสุดที่แปลงด้านมะขามเตี้ยเท่ากับ 18.18 µg/ml และสูงสุดที่แปลงอุ้งทองเท่ากับ 82.85 µg/ml แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับทุกแปลงทดสอบ ส่วนแปลงไทรโยคและแปลงกำแพงแสนของฤดูปลูกต้นฝนมีค่าเท่ากับ 56.46 และ 34.03 µg/ml ตามลำดับ โดยแปลงฤดูปลูกต้นฝนมีความแตกต่างทางสถิติในทุกแปลง ในขณะที่แปลงแม่ระมาด แปลงพบพระ และแปลงกำแพงแสน ของฤดูปลูกปลายฝนมีค่าเท่ากับ 43.35, 38.84 และ 21.25 µg/ml ตามลำดับ ทั้งนี้แปลงแม่ระมาดและแปลงพบพระไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่แตกต่างกับแปลงกำแพงแสน

ค่าโพล (Polarity) หรือเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในน้ำอ้อย (Table 5) พบว่าค่าโพลมีค่าต่ำสุดที่แปลงอุ้งทองและแปลงไทรโยคของฤดูปลูกต้นฝนเท่ากับ 9.33 และ 9.73% ตามลำดับ และสูงสุดที่แปลงกำแพงแสนของฤดูปลูกปลายฝนเท่ากับ 11.99% ทั้งนี้แปลงทดสอบ 3 แปลงของฤดูปลูกปลายฝนมีค่าโพล ระหว่าง 11.65-11.99% โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่แปลงทดสอบ 4 แปลงของฤดูปลูกต้นฝนมีค่าโพล ระหว่าง 9.33-11.46% โดยมีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าโพลในแปลงทดสอบทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่าแปลงไทรโยคและแปลงอุ้งทอง มีค่าโพลต่ำแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงทดสอบอื่น

ส่วนในค่าซีซีเอส (Commercial Cane Sugar: CCS) หรือปริมาณร้อยละของน้ำตาล

ซูโครสที่ผลิตได้จากอ้อย (Table 5) พบว่ามีค่าต่ำสุดเท่ากับ 5.84% ที่แปลงอุ้งทอง และสูงสุดเท่ากับ 8.37% ที่แปลงกำแพงแสนของฤดูปลูกต้นฝน โดยไม่มีความแตกต่างกับแปลงด้านมะขามเตี้ยของแปลงต้นฤดูฝน และแปลงกำแพงแสนของฤดูปลูกปลายฝน ทั้งนี้แปลงทดสอบ 3 แปลงของฤดูปลูกปลายฝนมีค่าซีซีเอส ระหว่าง 6.40-8.15% โดยแต่ละแปลงมีความแตกต่างทางสถิติ ในขณะที่แปลงทดสอบ 4 แปลงของฤดูปลูกต้นฝนมีค่าซีซีเอส ระหว่าง 5.84-8.37%

ลักษณะคุณภาพทั้ง 3 ลักษณะมีความแตกต่างกัน เมื่อเก็บเกี่ยวเร็วที่ระยะเวลาแตกต่างกันในแต่ละแปลงของฤดูปลูกทั้งปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน เนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่ต่างกันจากความแตกต่างของปริมาณน้ำฝน และความจำเพาะของสภาพพื้นที่ โดยถ้ามีการเจริญเติบโตต่ำ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และซีซีเอสเมื่อเก็บเกี่ยวเร็วจะมีค่าต่ำกว่าสภาพปกติ (อัญญารัตน์, 2559) ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่า แปลงอุ้งทองที่มีปริมาณน้ำฝนมากขณะที่เก็บเกี่ยว มีการลดลงของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในสัดส่วนที่ต่ำกว่าแปลงอื่น

จากความแตกต่างของแปลงทดสอบที่มีการเก็บเกี่ยวต่างกัน แปลงแม่ระมาดและแปลงพบพระที่มีการเก็บเกี่ยวเร็วที่เวลาต่างกัน มีการเพิ่มขึ้นของค่าโพลและค่าซีซีเอสอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นผลจากอายุเก็บเกี่ยวที่มากขึ้นและปริมาณน้ำฝนที่ต่ำลง ในขณะที่แปลงทดสอบอื่นที่เก็บเกี่ยวที่เวลาเดียวกัน ถึงแม้ว่าเมื่อมีการเก็บเกี่ยวเร็วก็มีการเพิ่มขึ้นของค่าโพลและค่าซีซีเอส แต่ก็มีผลชัดเจนน้อยกว่า แสดงว่าอายุเก็บเกี่ยวที่ต่างกัน มีผลต่อค่าโพลและค่าซีซีเอสถึงแม้ว่าจะเก็บเกี่ยวในขณะที่มีปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงกัน

Table 5 Average values of different locations and planting seasons of sugar quality characters from 3 early harvesting periods and 5 sugarcane varieties

Planting season /Locations	Reducing Sugar ($\mu\text{g/ml}$ of juice)	Polarity (% of sucrose in juice)	CCS (% weight of sugar/cane)
Late rainy season			
Mae Ramat	43.35 c ^{1/}	11.65 a	6.40 c
Phob Phra	38.84 cd	11.73 a	7.14 b
Kamphaeng Saen	21.25 e	11.99 a	8.15 a
Early rainy season			
Dan Makham Tia	18.18 e	11.46 a	8.17 a
Sai Yok	56.46 b	9.73 b	6.39 c
U-Thong	82.85 a	9.33 b	5.84 c
Kamphaeng Saen	34.03 d	11.26 a	8.37 a

Note: ^{1/} the different letters within columns showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ปัจจัยอายุเก็บเกี่ยวเร็ว

จากการเก็บเกี่ยวเร็วที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือน (Table 6) พบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าลดลงตามอายุเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น โดยที่อายุเก็บเกี่ยว 7, 8 และ 9 เดือน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.50, 41.73 และ 33.19 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาฤดูปลูก พบว่า ฤดูปลูกต้นฝนมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าฤดูปลูกปลายฝนที่ทุกอายุการเก็บเกี่ยวโดยที่ฤดูปลูกต้นฝนมีค่าเท่ากับ 56.68, 46.33 และ 40.62 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ ในขณะที่ฤดูปลูกปลายฝนมีค่าเท่ากับ 43.91, 34.82 และ 22.04 $\mu\text{g/ml}$ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในทุกอายุการเก็บเกี่ยว ในแปลงทดสอบทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่าทุกอายุการเก็บเกี่ยวมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับรายงาน Das (1934) และ Thompson (1988) ที่รายงานว่า ปริมาณและความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิวซ์มีค่าสูงสุดในช่วงแรกของการเจริญเติบโต แต่ทั้ง 2 ลักษณะจะลดลงตามอายุอ้อยที่เจริญเติบโตเพิ่มขึ้น

ส่วนค่าโพลาไรซ์หรือเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในน้ำอ้อย (Table 6) พบว่า อ้อยที่อายุ 7 เดือน มีค่าโพลาไรซ์ต่ำสุด เท่ากับ 9.03% และที่อายุ 9 เดือน มีค่าเฉลี่ยรวมสูงสุด เท่ากับ 12.89% เมื่อพิจารณาฤดูปลูก พบว่าฤดูปลูกปลายฝนมีค่าที่ต่างกัน

แต่ละอายุการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 8.69, 12.46 และ 14.34% ตามลำดับ ส่วนฤดูปลูกต้นฝนมีค่าที่ต่างกันในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว เท่ากับ 9.27, 10.14 และ 11.92% ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าโพลาไรซ์ในทุกอายุการเก็บเกี่ยว พบว่าแปลงทดสอบทั้ง 2 ฤดูปลูก การเก็บเกี่ยวเร็วที่อายุ 9 เดือน มีค่าโพลาไรซ์สูงสุดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกอายุเก็บเกี่ยว

ส่วนในค่าซีซีเอส (Table 6) พบว่า มีค่าเฉลี่ยรวมเพิ่มขึ้นตามอายุเก็บเกี่ยว โดยที่อายุ 7, 8 และ 9 เดือน มีค่าเท่ากับ 5.79, 7.61 และ 8.31% ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ทุกอายุเก็บเกี่ยว ทั้งนี้เมื่อพิจารณาฤดูปลูกพบว่า ฤดูปลูกปลายฝนมีค่าที่อายุการเก็บเกี่ยว 7, 8 และ 9 เดือน เท่ากับ 5.58, 8.35 และ 7.99% ตามลำดับ โดยการเก็บเกี่ยวเร็วที่อายุ 8 และ 9 เดือน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน ส่วนฤดูปลูกต้นฝนมีค่าเท่ากับ 5.93, 7.12 และ 8.53% ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างทางสถิติทุกอายุเก็บเกี่ยว สอดคล้องกับ Roberton *et al.* (1996) ที่ได้ทำการเปรียบเทียบการสะสมน้ำตาลรีดิวซ์กับน้ำตาลซูโครส โดยพบการสะสมน้ำตาลซูโครสเพิ่มขึ้นตามอายุของอ้อยที่มากขึ้น

จากการเก็บเกี่ยวเร็วที่อายุเก็บเกี่ยวต่างกัน แต่ทำการเก็บเกี่ยวอ้อยในเวลาเดียวกัน พบว่าแปลงที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูง จะมีค่าซีซีเอสและค่าโพลที่ต่ำใกล้เคียงกัน ในขณะที่แปลงที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ต่ำ จะมีค่าซีซีเอสและค่าโพลที่สูงใกล้เคียงกัน ซึ่งในขณะที่เก็บเกี่ยวมีปริมาณน้ำฝนต่างกัน ถึงแม้ว่าแปลงปลูกอ้อยมีการเก็บเกี่ยวที่เวลาต่างกันถึง 2 แปลง ในขณะที่ทุกแปลง

ของต้นอ้อยปลูกเก็บเกี่ยวในเวลาเดียวกัน แต่ก็พบแนวโน้มผลของการเก็บเกี่ยวเร็วที่อายุต่างกัน โดยที่อายุ 7 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงโดยมีค่าโพลและค่าซีซีเอสต่ำ ในขณะที่อายุ 8 และ 9 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำโดยมีค่าโพลและค่าซีซีเอสที่สูง ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอายุอ้อยมีผลต่อคุณภาพของน้ำอ้อยมากกว่าปริมาณน้ำฝน

Table 6 Average values of different early harvesting periods of sugar quality characters from 7 locations of 2 planting seasons and 5 sugarcane varieties

Harvesting periods (months)	Reducing Sugar ($\mu\text{g/ml}$ of juice)	Polarity (% of sucrose in juice)	CCS (% weight of sugar/cane)
Average			
7	51.50 a ^{1/}	9.03 c	5.79 c
8	41.73 b	11.07 b	7.61 b
9	33.19 c	12.89 a	8.31 a
Late planting seasons			
7	43.91 a	8.69 c	5.58 b
8	34.82 b	12.46 b	8.35 a
9	22.04 c	14.34 a	7.99 a
Early planting seasons			
7	56.68 a	9.27 c	5.93 c
8	46.33 b	10.14 b	7.12 b
9	40.62 c	11.92 a	8.53 a

Note: ^{1/} the different letters within columns showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ปัจจัยพันธุ์อ้อย

จากผลการทดลอง (Table 7) พบว่า อ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เฉลี่ยรวมสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 51.81 $\mu\text{g/ml}$ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาฤดูปลูก พบว่า ในฤดูปลูกปลายฝน อ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด เท่ากับ 42.37 $\mu\text{g/ml}$ และอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 00-105 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุด เท่ากับ 29.71 $\mu\text{g/ml}$ ส่วนในฤดูปลูกต้นฝนอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด เท่ากับ 58.90 $\mu\text{g/ml}$ และอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุด เท่ากับ 41.64 $\mu\text{g/ml}$ และเมื่อพิจารณาความ

แตกต่างของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในพันธุ์อ้อยทุกพันธุ์ ในแปลงทดสอบฤดูปลูกปลายฝน พบว่าอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์อ้อยทุกพันธุ์ ส่วนแปลงทดสอบฤดูปลูกต้นฝนพบว่าอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์ส่วนใหญ่ แต่ไม่แตกต่างกับพันธุ์ขอนแก่น 3

ส่วนค่าโพล หรือเปอร์เซ็นต์น้ำตาลในน้ำอ้อย (Table 7) พบว่าอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าโพลเฉลี่ยรวมสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 12.36 และ 12.24% ตามลำดับ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับพันธุ์อ้อยอื่น

เมื่อพิจารณาฤดูปลูก พบว่าในฤดูปลูกปลายฝน อ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าโพลสูงสุดเท่ากับ 13.63 และ 13.03% ตามลำดับ ส่วนในฤดูปลูกต้นฝนอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และพันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีค่าโพลสูงสุดเท่ากับ 11.95 และ 11.40% ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกพันธุ์ทั้ง 2 ฤดูปลูก

ส่วนในค่าซีซีเอส (Table 7) ก็ได้ผลการทดลองเช่นเดียวกับค่าโพล โดยพบว่าอ้อยพันธุ์

กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าซีซีเอสเฉลี่ยรวมสูงที่สุด เท่ากับ 8.22 และ 7.91% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาฤดูปลูก พบว่าในฤดูปลูกปลายฝนอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าซีซีเอสสูงสุดเท่ากับ 8.12 และ 7.89% ตามลำดับ ส่วนในฤดูปลูกต้นฝนอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าซีซีเอสสูงสุดเท่ากับ 8.29 และ 7.91% ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกพันธุ์ทั้ง 2 ฤดูปลูก

Table 7 Average values of different sugarcane varieties of sugar quality characters from 7 locations of 2 planting seasons and 3 early harvesting periods

Sugarcane varieties	Reducing Sugar ($\mu\text{g/ml}$ of juice)	Polarity (% of sucrose in juice)	CCS (% weight of sugar/cane)
Average			
Kamphaeng Saen 01-12	37.05 c ^{1/}	12.36 a	8.22 a
Kamphaeng Saen 01-29	39.82 c	9.64 c	6.51 c
Kamphaeng Saen 07-30-1	51.81 a	10.27 b	6.63 c
Kamphaeng Saen 00-105	38.43 c	10.73 b	7.05 b
Khon Khen 3	44.18 b	12.24 a	7.91 a
Late planting seasons			
Kamphaeng Saen 01-12	30.93 bc	13.63 a	8.12 a
Kamphaeng Saen 01-29	34.37 b	10.39 c	6.90 b
Kamphaeng Saen 07-30-1	42.37 a	11.31 b	6.94 b
Kamphaeng Saen 00-105	29.71 c	11.29 b	6.90 b
Khon Khen 3	40.65 a	13.03 a	7.89 a
Early planting seasons			
Kamphaeng Saen 01-12	41.64 b	11.40 a	8.29 a
Kamphaeng Saen 01-29	43.91 b	9.07 c	6.22 c
Kamphaeng Saen 07-30-1	58.90 a	9.49 c	6.39 c
Kamphaeng Saen 00-105	44.97 b	10.31 b	7.15 b
Khon Khen 3	49.97 ab	11.95 a	7.91 a

Note: ^{1/} the different letters within columns showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพันธุ์กับเวลาการเก็บเกี่ยวเร็ว

จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์รวมของแปลงทดสอบทั้ง 2 ฤดูปลูก (Table 8) พบว่า ที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดในทุกพันธุ์ทดสอบ และมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือนในทุกพันธุ์ทดสอบเช่นกัน

โดยแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว ยกเว้นพันธุ์กำแพงแสน 01-12 ที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อายุเก็บเกี่ยว 8 และ 9 เดือนไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเนื่องมาจากอ้อยพันธุ์นี้มีการสะสมน้ำตาลซูโครสเร็ว ทำให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อายุ 8 เดือน ลดลงต่ำเร็วและใกล้เคียงกับที่อายุ 9 เดือน

Table 8 Average reducing sugar ($\mu\text{g/ml}$ of juice) of sugarcane varieties and early harvesting periods from 7 locations of 2 planting seasons

Sugarcane varieties	Harvesting periods (months)		
	7	8	9
Kamphaeng Saen 01-12	47.95 a ^{1/}	35.05 b	28.15 b
Kamphaeng Saen 01-29	47.39 a	40.01 b	32.07 c
Kamphaeng Saen 07-30-1	63.10 a	52.21 b	40.13 c
Kamphaeng Saen 00-105	46.04 a	38.13 b	31.13 c
Khon Khen 3	54.76 a	43.83 b	33.50 c

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

สำหรับค่าเฉลี่ยค่าโพลรวมของแปลงทดสอบทั้ง 2 ฤดูปลูก (Table 9) พบว่า ทุกพันธุ์มีค่าโพลสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน และมีค่าโพลต่ำสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือนในทุกพันธุ์ทดสอบ ทั้งนี้ค่าโพลบ่งบอกปริมาณน้ำตาลซูโครสในน้ำอ้อย ซึ่งเป็นองค์ประกอบของซีซีเอส ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามอายุของอ้อย และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่าโพลในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวของพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์ พบว่าอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 พันธุ์

กำแพงแสน 01-29 และพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน แต่ไม่แตกต่างกับอายุเก็บเกี่ยว 8 เดือน ส่วนพันธุ์กำแพงแสน 00-105 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุการเก็บเกี่ยว 7 เดือนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอายุเก็บเกี่ยว 8 และ 9 เดือน ทั้งนี้เป็นที่สังเกตว่าอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ที่มีค่าโพลสูงที่ทุกอายุเก็บเกี่ยว

Table 9 Average polarity (% of sucrose in juice) of sugarcane varieties and early harvesting periods from 7 locations of 2 planting seasons

Sugarcane varieties	Harvesting periods (months)		
	7	8	9
Kamphaeng Saen 01-12	10.07 b ^{1/}	12.39 ab	14.62 a
Kamphaeng Saen 01-29	7.95 b	9.81 ab	11.15 a
Kamphaeng Saen 07-30-1	8.66 b	10.07 ab	12.08 a
Kamphaeng Saen 00-105	8.31 b	10.97 a	12.92 a
Khon Khen 3	9.77 b	12.77 a	14.25 a

^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ส่วนค่าเฉลี่ยค่าซีซีเอสรวมของแปลงทดสอบทั้ง 2 ฤดูปลูก (Table 10) พบว่าทุกพันธุ์มีค่าซีซีเอสสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน และมีค่าซีซีเอสต่ำสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือนในทุกพันธุ์ทดสอบ และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของค่า

ซีซีเอสในแต่ละอายุการเก็บเกี่ยวของพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์ พบว่าอ้อยทุกพันธุ์ที่อายุการเก็บเกี่ยว 8 และ 9 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีความแตกต่างกับที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน

Table 10 Average CCS (% weight of sugar/cane) of sugarcane varieties and early harvesting periods from 7 locations of 2 planting seasons

Sugarcane varieties	Harvesting periods (months)		
	7	8	9
Kamphaeng Saen 01-12	6.79 b ^{1/}	8.64 a	9.23 a
Kamphaeng Saen 01-29	5.17 b	6.98 a	7.39 a
Kamphaeng Saen 07-30-1	5.20 b	7.16 a	7.52 a
Kamphaeng Saen 00-105	5.31 b	7.42 a	8.41 a
Khon Khen 3	6.13 b	7.78 a	9.09 a

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับพื้นที่ปลูก
จากค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของอ้อยแต่ละพันธุ์ในแปลงทดสอบต่างๆ (Table 11) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่าง

พันธุ์ที่ทดสอบในทุกแปลงทดสอบ โดยที่พันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดในเกือบทุกแปลงทดสอบ ยกเว้นแปลงแม่ระมาดที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าสูงสุด

Table 11 Average reducing sugar ($\mu\text{g/ml}$ of juice) of sugarcane varieties and locations of different planting seasons from 3 early harvesting periods

Planting seasons /Location	Sugarcane varieties				
	Kamphaeng Saen 01-12	Kamphaeng Saen 01-29	Kamphaeng Saen 07-30-1	Kamphaeng Saen 00-105	Khon Khen 3
Late rainy season					
Mae Ramat	42.40 b ^{1/}	41.57 b	52.58 a	35.10 b	59.13 a
Phob Phra	32.58 c	39.98 abc	46.88 a	34.51 bc	43.13 ab
Kamphaeng Saen	17.81 b	21.57 b	27.65 a	19.51 b	19.70 b
Early rainy season					
Dan Makham Tia	12.66 b	18.51 b	27.48 a	15.30 b	16.97 b
Sai Yok	55.19 b	56.09 b	65.26 a	45.32 c	60.42 ab
U-Thong	74.91 b	80.21 ab	90.08 a	80.12 ab	88.92 ab
Kamphaeng Saen	23.78 c	20.84 c	52.77 a	39.16 b	33.58 b

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ส่วนค่าเฉลี่ยค่าโพลของอ้อยแต่ละพันธุ์
ในแปลงทดสอบต่างๆ (Table 12) พบความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ที่
ทดสอบในเกือบทุกแปลงทดสอบ โดยที่พันธุ์
กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า
โพลสูงสุดในแต่ละแปลงต่างๆ ดังนั้น พันธุ์กำแพงแสน 01-
12 มีค่าโพลสูงสุด

ในแปลงแม่ระมาดและแปลงพบพระของแปลง
ทดสอบฤดูปลูกปลายฝน และแปลงอุ้มทองของแปลง
ทดสอบฤดูปลูกต้นฝน ส่วนพันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่า
โพลสูงสุดในแปลงกำแพงแสนของแปลงทดสอบฤดู
ปลูกปลายฝน และในแปลงทดสอบส่วนใหญ่ของ
ฤดูปลูกต้นฝน ยกเว้นแปลงอุ้มทอง

Table 12 Average polarity (% of sucrose in juice) of sugarcane varieties and locations of different planting seasons from 3 early harvesting periods

Planting seasons /Location	Sugarcane varieties				
	Kamphaeng Saen 01-12	Kamphaeng Saen 01-29	Kamphaeng Saen 07-30-1	Kamphaeng Saen 00-105	Khon Khen 3
Late rainy season					
Mae Ramat	12.99 a ^{1/}	9.67 b	12.27 a	12.13 a	7.49 b
Phob Phra	14.33 a	10.54 c	10.56 c	11.14 bc	12.81 ab
Kamphaeng Saen	13.58 a	10.95 b	11.10 b	10.61 b	13.72 a
Early rainy season					
Dan Makham Tia	12.16 ab	9.68 c	10.70 ab	11.41 ab	13.36 a
Sai Yok	10.58 ab	8.39 c	8.64 bc	9.82 abc	11.23 a
U-Thong	11.05 a	7.48 c	8.86 bc	9.30 abc	9.95 ab
Kamphaeng Saen	11.82 ab	10.75 b	9.75 b	10.70 b	13.27 a

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

สำหรับค่าเฉลี่ยค่าซีซีเอสของอ้อยแต่ละพันธุ์ในแปลงทดสอบต่างๆ (Table 13) พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพันธุ์ที่ทดสอบในเกือบทุกแปลงทดสอบ ยกเว้นแปลงแม่ระมาตของแปลงทดสอบฤดูปลูกปลายฝนและแปลงกำแพงแสนของแปลงทดสอบฤดูปลูกต้นฝนที่แต่ละพันธุ์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 มีซีซีเอสสูงสุดในเกือบทุกแปลง

ทดสอบ ยกเว้นแปลงไทรโยคที่พันธุ์ขอนแก่น 3 มีค่าสูงสุด แสดงว่าพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่มีค่าโพลสูงสุดที่แปลงต่างๆ ในจำนวนใกล้เคียงกันซึ่งเป็นซูโครสในน้ำอ้อย แต่พันธุ์กำแพงแสน 01-12 สามารถสร้างซูโครสที่สามารถผลิตเป็นน้ำตาลในพื้นที่ต่างๆ ได้ดีกว่าพันธุ์ขอนแก่น 3

Table 13 Average CCS (% weight of sugar/cane) of sugarcane varieties and locations of different planting seasons from 3 early harvesting periods

Planting seasons /Location	Sugarcane varieties				
	Kamphaeng Saen 01-12	Kamphaeng Saen 01-29	Kamphaeng Saen 07-30-1	Kamphaeng Saen 00-105	Khon Khen 3
Late rainy season					
Mae Ramat	6.87 a ^{1/}	5.94 a	6.39 a	6.60 a	4.63 a
Phob Phra	8.43 a	6.93 ab	6.82 ab	6.80 ab	5.96 b
Kamphaeng Saen	9.07 a	7.85 ab	7.61 b	7.31 b	8.89 a
Early rainy season					
Dan Makhm Tia	9.23 a	7.10 abc	7.30 bc	8.33 ab	8.90 a
Sai Yok	7.23 a	5.10 c	5.72 bc	6.37 b	7.53 a
U-Thong	7.57 a	4.42 b	4.99 b	6.03 ab	6.18 ab
Kamphaeng Saen	9.14 a	8.26 a	7.55 a	7.88 a	9.03 a

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกกับอายุเก็บเกี่ยวเร็ว

เมื่อพิจารณาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในแต่ละเดือน (Table 14) พบว่าที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดในทุกแปลง และมี

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ต่ำสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน ในทุกแปลงทดสอบ โดยแต่ละแปลงมีความแตกต่างของปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ระหว่างอายุการเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นแปลงอุทองที่ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่อายุเก็บเกี่ยว 8 และ 9 เดือน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 14 Average reducing sugar ($\mu\text{g/ml}$ of juice) of early harvesting periods and locations of different planting seasons from 5 sugarcane varieties

Planting seasons /Location	Harvesting periods (months)		
	7	8	9
Late rainy season			
Mae Ramat	55.54 a ^{1/}	45.75 b	28.34 c
Phob Phra	51.87 a	41.51 b	24.86 c
Kamphaeng Saen	28.78 a	20.70 b	14.25 c
Early rainy season			
Dan Makham Tia	24.10 a	18.22 b	12.22 c
Sai Yok	64.38 a	56.12 b	48.88 c
U-Thong	93.40 a	77.93 b	77.22 b
Kamphaeng Saen	44.85 a	33.06 b	24.17 c

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

เมื่อพิจารณาค่าโพลินแต่ละอายุการเก็บเกี่ยว (Table 15) พบว่าแปลงกำแพงแสนทั้งฤดูปลูกปลายฝนและฤดูปลูกต้นฝนเป็นเพียง 2 แปลงที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของค่าโพลระหว่างอายุเก็บเกี่ยว โดยแปลงส่วนใหญ่พบความแตกต่าง

ระหว่างการเก็บเกี่ยวที่ทุกอายุเก็บเกี่ยว ยกเว้นแปลงด่านมะขามเตี้ยที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอายุการเก็บเกี่ยว 7 เดือน และ 8 เดือน และแปลงไพรโยคที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอายุ 8 เดือน และ 9 เดือน

Table 15 Average polarity (% of sucrose in juice) of early harvesting periods and locations of different planting seasons from 5 sugarcane varieties

Planting seasons /Location	Harvesting periods (months)		
	7	8	9
Late rainy season			
Mae Ramat	7.39 c ^{1/}	12.61 b	15.33 a
Phob Phra	7.01 c	12.69 b	15.94 a
Kamphaeng Saen	11.20 a	12.50 a	12.28 a
Early rainy season			
Dan Makham Tia	11.66 ab	10.33 b	12.39 a
Sai Yok	8.57 b	10.04 ab	10.59 a
U-Thong	6.53 c	8.74 b	12.71 a
Kamphaeng Saen	10.32 a	11.46 a	12.00 a

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

เมื่อพิจารณาค่าชีซีเอสในแต่ละเดือน (Table 16) พบว่าแปลงส่วนใหญ่มีค่าชีซีเอสสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน ยกเว้นแปลงแม่ระมาดและแปลงไพรโยค ที่มีค่าชีซีเอสสูงสุดที่อายุเก็บเกี่ยว 8 เดือน โดยที่แปลงกำแพงแสนต้นฝน ไทรโยค พบพระ และแม่ระมาด มีค่าชีซีเอสที่อายุเก็บเกี่ยว 8 และ 9 เดือน ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกับที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน ส่วนแปลง

ด่านมะขามเตี้ย มีค่าชีซีเอสที่อายุเก็บเกี่ยว 8 เดือน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน แปลงกำแพงแสนปลายฝน มีค่าชีซีเอสที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน โดยที่แปลงอุ้มทอง มีความแตกต่างทางสถิติที่ทุกอายุเก็บเกี่ยว

Table 16 Average CCS (% weight of sugar/cane) of early harvesting periods and locations of different planting seasons from 5 sugarcane varieties

Planting seasons /Location	Harvesting periods (months)		
	7	8	9
Late rainy season			
Mae Ramat	4.58 b ^{1/}	8.21 a	6.57 a
Phob Phra	4.19 b	8.30 a	8.47 a
Kamphaeng Saen	7.54 b	8.27 ab	8.63 a
Early rainy season			
Dan Makham Tia	8.13 ab	7.45 b	8.93 a
Sai Yok	5.33 b	6.94 a	6.90 a
U-Thong	3.10 c	5.37 b	9.04 a
Kamphaeng Saen	7.18 b	8.69 a	9.24 a

Note: ^{1/} the different letters within rows showed the significant difference by LSD at 0.05 level

สรุปผลการทดลอง

แปลงทดสอบ (สภาพแวดล้อม) อายุเก็บเกี่ยวเร็ว และพันธุ์อ้อย มีอิทธิพลต่อลักษณะคุณภาพของน้ำอ้อย ได้แก่ ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ค่าโพลา และซีซีเอส โดยลักษณะส่วนใหญ่พบอิทธิพลของปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่างแปลงทดสอบกับอายุเก็บเกี่ยวและระหว่างพันธุ์กับแปลงทดสอบ โดยที่อ้อยพันธุ์กำแพงแสน 07-30-1 ที่อายุเก็บเกี่ยว 7 เดือน เป็นพันธุ์อ้อยที่มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเกือบทุกแปลง ยกเว้นแปลงแม่ระมาด ในขณะที่อ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน มีค่าโพลาสูงสุดในแปลงที่ต่างกัน ส่วนอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 ที่อายุเก็บเกี่ยว 9 เดือน มีค่าซีซีเอสสูงสุดเกือบทุกแปลง ยกเว้นแปลงไทรโยค ที่อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์อ้อยที่มีค่าซีซีเอสสูงสุด

เอกสารอ้างอิง

เกษม สุขสถาน. (2521). การจัดการไร่อ้อย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่ ภาควิชา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูศักดิ์ จอมพุท. (2555). สถิติ: การวางแผนการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืช ด้วย "R" (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริวฤทธิ์ เสียมภักดี. (2552). หนังสือสมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. กรุงเทพฯ: สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย.

แม่สอดพลังงานสะอาด. (2558). ธุรกิจเอทานอล. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2560 สืบค้นจาก <http://www.mce.co.th/?module=product&pages=ethanol>,

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2554). ผลงานทางเลือกใหม่จากไบโหม้เข้าสู่เอทานอล. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2560. สืบค้นจาก <http://www.ryt9.com/s/tpd/1208788>.

อัญญารัตน์ ทะลอม. (2559). ศักยภาพของอ้อยพันธุ์กำแพงแสนเมื่อเก็บเกี่ยวเร็วในลักษณะคุณภาพ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Das, U. K. (1934). The sugar cane plant. A study of millable cane and sucrose formation. *Hawaiian Planters' Records*, 11, 251-317.

Nelson, N. (1944). A photometric adaptation of the Somogyi method for the determination of glucose. *J. biol. Chem*, 153(2), 375-380.

Robertson, M. J., Muchow, R. C., Wood, A. W., & Campbell, J. A. (1996). Accumulation of reducing sugars by sugarcane: effects of crop age, nitrogen supply and cultivar. *Field Crops Research*, 49(1), 39-50.

Thompson, G. D. (1988). The composition of plant and ratoon crops of variety N14 at Pongola. *Age*, 100(200), 300.

Venables, W. N., & Smith, D. M. (2016). the R Development Core Team (2012). *An introduction to R*. Retrieved November, 10, 2014, from <http://cran.r-project.org/doc/manuals/R-intro.pdf>.