

การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย

Studying and Evaluating on Performance Efficiency of Environmental Controlled Building for Sugarcane Flowering at Thailand Sugarcane Breeding Center

ศุภพิสิษฐ์ คุพเพชรรัตน์<sup>1\*</sup>, รัตนา ตั้งวงศ์กิจ<sup>1</sup>, บพิตร ตั้งวงศ์กิจ<sup>1</sup>

Katharpisit Khuphetcharut<sup>1\*</sup>, Ratana Tangwongkit<sup>1</sup>, Borpit Tangwongkit<sup>1</sup>

ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

<sup>1</sup>Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Sean Campus, Nakorn Pathom, 73140, Thailand

\*Corresponding author:: Tel: +66-982724566. E-mail: [katharpisit@gmail.com](mailto:katharpisit@gmail.com)

**บทคัดย่อ**

การปรับปรุงพันธุ์อ้อยเป็นขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาพันธุ์อ้อยให้มีคุณภาพ ซึ่งต้องใช้ดอกจากอ้อยหลายสายพันธุ์ โดยการปลูกในธรรมชาติที่มีอากาศแปรปรวน จึงทำให้การออกดอกของอ้อยเกิดขึ้นไม่ตรงกัน ปัจจัยการออกดอกของอ้อยนั้น ได้แก่ ความยาววัน แสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ น้ำและปุ๋ย ศูนย์ปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย<sup>2</sup> สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย จึงศึกษาและพัฒนาสร้างอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม (Photoperiod House) ต้นแบบขึ้นมาโดยใช้เทคโนโลยี ควบคุมปัจจัยในการออกดอกของอ้อย การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของ Photoperiod House และการทำงานของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องของระบบ โดยทดสอบเป็นเวลา 10 วัน การทดสอบจะอยู่ในช่วงการชักนำการออกดอก ซึ่งโปรแกรม TSBC Photoperiod House จะควบคุมให้ลดความยาววันลง วันละ 40 วินาที การทดสอบโดย 1) การเปิด-ปิด ประตูอาคาร การเคลื่อนที่เข้าออกของรางบรรทุกพ่อแม่พันธุ์อ้อย แสงไฟ แอร์และพัดลมระบายอากาศ ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ พบว่าจากการทำการทดสอบ เป็นเวลา 10 วัน สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 100 2) การควบคุมอุณหภูมิภายใน ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ  $\pm 25.51^{\circ}\text{C}$  โดยติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในอาคาร 5 ตำแหน่ง พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย  $25.82^{\circ}\text{C}$  โดยมีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 98.77 3) การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ ที่ร้อยละ  $95 \pm 5$  โดยติดตั้งเซ็นเซอร์ภายในอาคาร 5 ตำแหน่ง พบว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 97.58 โดยมีประสิทธิภาพคิดเป็นร้อยละ 95.86 จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมอัตโนมัติ ทั้งการควบคุมความยาววัน อุณหภูมิ และความชื้น สามารถควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งพบว่าอ้อยพ่อแม่พันธุ์ที่อยู่ภายใต้อาคารควบคุมสภาพแวดล้อม มีการออกดอกหลายสายพันธุ์ ในขณะที่สายพันธุ์เดียวกันที่อยู่ภายใต้ธรรมชาติ พื้นที่เดียวกันไม่มีการเปลี่ยนแปลงสู่การออกดอก

คำสำคัญ: อาคารควบคุม แสง การออกดอกอ้อย อ้อย

**Abstract**

Sugarcane improvement is an important step of development the sugarcane varieties. That the flowering of sugarcane is planting in the natural weather therefore the flowering of sugarcane is mismatch. Flowering factors of sugarcane are a length of day, lighting, temperature, relative humidity, water and fertilizer. Thailand Sugarcane Breeding Center Office of Sugarcane and Sugar Board are study and develop a Photoperiod House to use the technology for control factors of the flowering in sugarcane. Result and the efficiency on the performance of Photoperiod House and the equipment that test was conducted for 10 days. Testing is during the flower induction period and a program is controlling a length of day to be decreased by 40 seconds of daily. Tested by 1) opened and closed the door, moved of carts holding sugarcane parental plants, lighting, air and ventilation that used automatic control system for 10 days. It was found the efficiency at 100% 2) internal temperature control is  $25.5 \pm 1^{\circ}\text{C}$  with feedback control system. In Photoperiod House have five sensors. The result of the average temperature was  $25.82^{\circ}\text{C}$  and efficiency at 98.77%. 3) The relative humidity control at  $95 \pm 5\%$  with feedback control system.

In Photoperiod House have five sensors. The average relative humidity was 97.58 percent, with 95.86 percent efficiency. Tested automatic performance of control system e.g. Length of day, temperature and humidity control, it can be effectively controlled. In addition, it was found that sugarcane breeders under the control of the environment are several varieties while the same species under the natural doesn't flowering.

Keywords: building control, light flowering, sugarcane cane

## 1 บทนำ

อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของไทยเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ โดยในปีการผลิต 2559/60 ประเทศไทยมีผลผลิตอ้อยเข้าหีบประมาณ 92.20 ล้านตัน สามารถสร้างรายได้ให้แก่ประเทศไม่น้อยกว่า 200,000 ล้านบาท และอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลยังเป็นแหล่งสร้างงานในแก่ชาวไร้อ้อย แรงงานในไร้อ้อย แรงงานเก็บเกี่ยวอ้อย พนักงานในโรงงานน้ำตาล และธุรกิจต่อเนื่อง ไม่น้อยกว่า 1,000,000 คน ในปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากกว่า 10 ล้านไร่ แม้จะให้ผลผลิตอ้อยกว่า 90 ล้านตัน แต่ปัญหาที่สำคัญที่สุดของไร้อ้อยในประเทศไทย คือ ผลผลิตต่อไร่ที่ค่อนข้างต่ำ อยู่ที่ประมาณ 10-12 ตันต่อไร่ ซึ่งต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศคู่แข่ง ส่งผลให้ต้นทุนต่อตัน อ้อยค่อนข้างสูง อันทำให้ความสามารถในการแข่งขันลดลง ปัญหาหลักในการผลิตอ้อยของประเทศไทยคือ “พันธุ์อ้อย” ซึ่งมีปัญหาดังนี้ 1. มีสายพันธุ์อ้อยที่ดีและเหมาะสมให้ชาวไร้อ้อยเลือกไม่มาก อันเนื่องจากการปรับปรุงพันธุ์อ้อยแต่ละพันธุ์ใช้เวลาค่อนข้างนาน 2. พันธุ์อ้อยที่เกษตรกรชาวไร้อ้อยใช้มาอย่างต่อเนื่องเป็นพันธุ์อ้อยเดิมๆที่อาจเสื่อมพันธุ์ อ่อนแอต่อโรคแมลง ศัตรูอ้อย ทำให้ผลผลิตและคุณภาพอ้อยลดลง และ 3. ยังขาดเทคโนโลยีที่ทันสมัย มาช่วยในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์อ้อย พันธุ์อ้อยที่เกษตรกรชาวไร้อ้อยใช้มาอย่างต่อเนื่อง เป็นพันธุ์อ้อยเดิม ๆ ที่อาจมีการเสื่อมพันธุ์ อ่อนแอต่อโรค แมลง ศัตรูอ้อย ทำให้ผลผลิตและคุณภาพอ้อยลดลง

การปรับปรุงพันธุ์อ้อยจำเป็นต้องอาศัยดอกอ้อย จากหลากหลายสายพันธุ์ อีกทั้งต้องอยู่ในช่วงเวลาที่ออกดอกพร้อมกัน อ้อยพ่อแม่พันธุ์ที่ปลูกภายใต้ธรรมชาติที่มีอากาศแปรปรวน จึงทำให้การออกดอกของอ้อยในแต่ละพันธุ์มีเวลาที่แตกต่างกันไป และไม่สามารถควบคุมได้ ซึ่งการออกดอกของอ้อยนั้นมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องอยู่หลายประการ เช่น ปุ๋ยไนโตรเจน ความยาวแสง อุณหภูมิ ความชื้นในดินและอากาศเป็น การใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย มาช่วยในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์อ้อยจึงนับว่ามีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง

ดังนั้น ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย (Thailand Sugarcane Breeding Center: TSBC) สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย จึงได้ศึกษาพัฒนาและสร้างอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม (Photoperiod House) ต้นแบบขึ้นมา โดยพัฒนาและสร้างระบบควบคุมอัตโนมัติ ที่ใช้เทคโนโลยีที่พัฒนาโดยคนไทย และใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่ในประเทศ โดยระบบการควบคุมภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมจะถูกควบคุม

ด้วย โปรแกรมที่ชื่อ TSBC Photoperiod House ที่พัฒนาด้วยภาษารูปภาพ (Graphical Language) และควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ผ่านบอร์ดสมองกลฝังตัว โดยการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการออกดอกของพ่อแม่พันธุ์อ้อยในช่วงเวลาที่เหมาะสม และกำหนดได้ ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยในครั้งนี้ คือ เมื่อสามารถทำให้อ้อยออกดอกและออกดอกพร้อมกันได้จะทำให้ การจับคู่อ้อยพ่อแม่พันธุ์ มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น และจะเพิ่มอ้อยสายพันธุ์ใหม่ได้หลากหลายสายพันธุ์มากยิ่งขึ้นในประเทศไทยต่อไป

การศึกษาครั้งนี้ได้ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ด้วยการนำแผนการทำงานจากสถานี BUREAU OF SUGAR EXPERIMENT STATION (BSES) . ในประเทศออสเตรเลีย เนื่องจากเป็นแหล่งปรับปรุงพันธุ์พืชเขตร้อน มาใช้ในการทดลองในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ณ ศูนย์ปรับปรุงพันธุ์พืชแห่งประเทศไทย ซึ่งมีการควบคุมสภาพแวดล้อมดังนี้ ระยะเวลาการชักนำการออกดอกของอ้อย (Constant day length) เริ่มต้นที่ความยาวช่วงวัน 12 ชั่วโมง 40 นาที คงที่เป็นเวลา 40 วัน และช่วงการชักนำ (Inductive Treatment) ลดความยาวช่วงวันลง วันละ 40 วินาที ทุกวัน โดยควบคุมอุณหภูมิกลางวันภายใน  $25 \pm 1$  องศาเซลเซียส และ ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์กลางวัน ร้อยละ  $95 \pm 5$  ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ติดตั้งเซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ 5 ตำแหน่ง เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพในการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

อาคารควบคุมสภาพแวดล้อม (TSBC Photoperiod House) เพื่อการออกดอกของอ้อย (Figure 1) ตั้งอยู่ ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย เป็นอาคารที่ประกอบด้วย 3 ห้องการทดลอง (Compartments) พร้อมกระบะบรรจุอ้อย พ่อ-แม่พันธุ์อ้อย ที่ต้องการปรับสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการออกดอกเพื่อผสมพันธุ์อ้อยในแต่ละปี ภายในอาคารติดตั้งเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ 5 ตำแหน่ง พร้อมเซนเซอร์ตรวจสอบสถานะการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ประตู กระบะบรรจุอ้อย และแสง เป็นต้น ทุกระบบทำงานแบบอัตโนมัติ โดยควบคุมผ่านแผงวงจร (Figure 3) ที่ควบคุมโดยโปรแกรม TSBC Photoperiod House (Figure 4) การแสดงผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 แสดง วัน เดือน ปี ปัจจุบัน สถานะของอุณหภูมิ ภายใน และภายนอกอาคารฯ การปิด-เปิดเครื่องพ่นหมอก แสง และ เครื่องปรับอากาศ

ส่วนที่ 2 ข้อมูล วันที่ เวลา ขึ้นลงของพระอาทิตย์ ความยาว วันปัจจุบัน อีกทั้ง มีเวลาของการทำงานของแต่ละอุปกรณ์ เช่น เวลา เปิด-ปิดแสงไฟ ประตุ เครื่องปรับอากาศ พัดลมระบาย อากาศ และอื่นๆ เป็นต้น

ส่วนที่ 3 เป็นสถานะการทำงานประตุ และกระบะบรรจุอ้อย พ่อ-แม่พันธุ์อ้อย



Figure 1 TSBC PhotoPeriod House which has 3 compartments and automatically moved carts are controlled by TSBC Photo Period House programming



Figure 2 Electricity system for control day length, air condition system for temperature control and fogging system for humidity control in each compartments of TSBC PhotoPeriod House



Figure 3 Controller board of TSBC Photo-Period House which design and built by Thailand Sugarcane breeding Center



Figure 4 Display of A TSBC Photo-Period House program

### 3 วิธีการ

การศึกษาการออกดอกของอ้อย และการพัฒนา Photoperiod facility(PF)

สถานี BUREAU OF SUGAR EXPERIMENT STATION (BSES) ในประเทศออสเตรเลียเนื่องจากเป็นแหล่งปรับปรุงพันธุ์พืชในเขตร้อน มีช่วงเวลาในรอบปี ที่มีอุณหภูมิสูงเกิน 32 องศาเซลเซียส ซึ่งไม่เหมาะกับการออกดอก จึงใช้ควบคุมสภาพแวดล้อมในการบังคับอ้อยให้ออกดอก จากการศึกษาการออกดอกอ้อยพบว่า ลำอ้อยที่ยึดเต็มที่ 8-10 ปล้อง ได้รับความยาวช่วงวัน (โดยความยาวของช่วงวันลดลง หรือ ความยาวกลางวันค่อยๆยาวขึ้น) โดยความยาวช่วงวันที่เหมาะสม ได้รับแสงอยู่ระหว่าง 12 ชั่วโมง 16 นาที ถึง 12 ชั่วโมง 26 นาที อุณหภูมิที่เหมาะสมกลางวัน 26.7-30.6 องศาเซลเซียส กลางคืน 21.7-23.2 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นสภาพชักนำให้อ้อยสร้างดอก (Clements and Awada, 1965) ซึ่งได้ผล คือ อ้อยที่ผ่านการชักนำภายใต้ อาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ออกดอกร้อยละ 82 (Berding, 1995)

ในประเทศออสเตรเลีย มีการศึกษาเงื่อนไขต่างๆ ในการชักนำการออกดอกด้วยอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างกว้างขวาง เช่น ความยาวช่วงวันเริ่มต้นในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ก่อนการชักนำ อัตราเร็วในการลดความยาวช่วงวัน การลดความยาวช่วงวันในช่วงต่างๆของการชักนำ เช่น ช่วงแรกของการชักนำ หรือช่วงหลังที่ช่อดอกเริ่มมีการพัฒนาแต่ยังไม่แทงออกมา ร่วมกับการจัดการธาตุอาหาร น้ำ วัสดุปลูก ขนาดลำต้นอ้อยที่พร้อมชักนำให้ออกดอก และ ขนาดกระถาง เป็นต้น Berding และคณะ (2010) ได้ทดสอบการเพิ่มประสิทธิภาพในการชักนำการออกดอกด้วยอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อเพิ่มเปอร์เซ็นต์การออกดอก และลดสัดส่วนของลำที่เนื้อเยื่อเจริญปลายยอดผ่านการชักนำแล้ว แต่ไม่แทงช่อดอก (initiated but not emergence; IBNE) โดยจัดให้มีการความยาวช่วงวันเริ่มต้นในการชักนำ (commencing day length) 3 ระดับคือ 12 ชั่วโมง 55 นาที 13 ชั่วโมง 10 นาที และ 13 ชั่วโมง 25 นาที และลดความยาวช่วงวันลงวันละ 60 วินาที ซึ่งให้ผลไม่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 84-88 ของ clone ที่ทดสอบออกดอก มี ร้อยละ 57-62 ของลำที่ผ่านการชักนำดังกล่าวให้ช่อดอกที่สมบูรณ์ในการผสม และยังคงพบลำที่ผ่านการชักนำแต่ไม่แทงช่อดอกถึงร้อยละ 20 ในการทดลองต่อมา ลำอ้อยผ่านการชักนำให้ออกดอกในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม โดยการลดความยาวช่วงวันลง วันละ 60 วินาที จนเข้าสู่ระยะช่อดอกพัฒนา (panicle development) จากนั้นเปรียบเทียบการลดความยาวช่วงวันลง วันละ 30 45 และ 60 วินาที พบว่า ลำที่ผ่านการชักนำดังกล่าว ออกดอกร้อยละ 70 77 และ 66 ตามลำดับ ต่อมาได้ศึกษาเพิ่มเติมพบว่า การลดความยาวของช่วงวันลง วันละ 40 วินาที ในการชักนำให้เกิดดอกช่วงแรก (initiation) และช่วงดอกกำลังพัฒนาแต่ยังไม่แทงออกมา (development) ช่วยลดสัดส่วนของ IBNE เหลือเพียงร้อยละ 14.6 ลำอ้อยที่ผ่านการชักนำออกดอกได้

ร้อยละ 82 โดยไม่มีผลเสียต่อความมีชีวิตของละอองเกสรเพศผู้ จะเห็นได้ว่ายังคงต้องมีการปรับละเอียดเกี่ยวกับเงื่อนไขในการชักนำการออกดอกของอ้อยในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ต่อไป เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้น และลดสัดส่วนของ IBNE

สถานี St. Gabriel, Louisiana State University Agricultural Center สหรัฐอเมริกา รายงานสภาพที่ใช้ชักนำ อ้อยพ่อ-แม่พันธุ์ ในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม โดยการนำต้นพันธุ์ที่ปลูกในกระถางขนาดใหญ่เข้าอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม สำหรับการออกดอกอ้อย ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง กันยายน ความยาวช่วงวันเริ่มต้นในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม คือ 12 ชั่วโมง 30 นาที (ในธรรมชาติขณะนั้นความยาววันจะมากกว่า 12 ชั่วโมง 30 นาที) และคงความยาวช่วงวันนาน 30 วัน เรียกว่าช่วงการชักนำ 1 (Pre-inductive treatment หรือ constant daylength) จากนั้นค่อยๆ ลดความยาวของช่วงวันลงวันละ 60 วินาที เรียกว่าช่วงชักนำ (inductive treatment) พันธุ์ที่ออกดอกยากต้องใช้เวลาก่อนชักนำในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมนาน (41 วัน) กว่าพันธุ์ที่ออกดอกง่าย (35 วัน) ระหว่างการชักนำนี้ ตอนกลางวันจะนำต้นอ้อยออกจากอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม เพื่อให้ได้รับแสงธรรมชาติอย่างเต็มที่ อ้อยจะออกดอกตั้งแต่ช่วงกลางเดือนกันยายน เป็นต้นไป จนถึง กลางเดือนพฤศจิกายน Bischoff and Gravois (2004)

การศึกษาในแอฟริกา (ละติจูด 30 องศาใต้) การลดความยาวของช่วงวันในอัตราต่างๆ มีผลต่อเวลาในการออกดอก (time of flowering) และจำนวนดอกที่มีการปลดปล่อยละอองเกสรเพศผู้ (number of flowers shedding pollen) ความยาวช่วงวันเริ่มต้นในการชักนำการออกดอก คือ ระหว่าง 12.5-12.75 ชั่วโมง ลดความยาวของช่วงวันลงวันละ 30 วินาที (Nuss, 1982) การใช้ความยาวช่วงวันคงที่ 12-12.5 ชั่วโมงในการชักนำการออกดอกพบว่า อ้อยออกดอกได้ แต่การแทงช่อดอกจะล่าออกไป และการปลดปล่อยละอองเกสรเพศผู้น้อยลง การชักนำการออกดอกด้วยการลดความยาวของช่วงวันระยะหนึ่ง จากนั้นคืนด้วยความยาวช่วงวันคงที่ 20-28 วัน ทำให้การออกดอกล่าออกไป การชักนำการออกดอกด้วยการลดความยาวของช่วงวันจากอัตราช้า วันละ 30 วินาที เป็นอัตราเร็ว คือลดลงวันละ 60 วินาที พบว่าทำให้การออกดอกเร็วขึ้น 2-5 วัน แต่จำนวนดอกที่สามารถปลดปล่อยละอองเกสรเพศผู้ได้ลดลง ในทางตรงข้ามการลดความยาวของช่วงวันจากอัตราเร็วเป็นอัตราที่ช้าลง เพิ่มจำนวนดอกที่สามารถปลดปล่อยละอองเกสรเพศผู้ (Nuss and Brett, 1977) การยืดเวลาการออกดอกออกไปโดยการให้สภาพวันยาว หรือลดความยาวของช่วงวันในอัตราช้า สัมพันธ์กับการเพิ่มจำนวนดอกที่ให้แก่ละอองเกสรเพศผู้ที่แข็งแรง (James, 1969)

วิธีการและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม สำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย

แผนการดำเนินการบังคับการออกดอกอ้อยของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย ปี 2559 มีรายละเอียดดังนี้

1.ระยะก่อนการชักนำการออกดอกของอ้อย (Pre-inductive treatment หรือ constant day length)

-ช่วงเวลา (Timing period) วันที่ 3 กันยายน 2559-12 ตุลาคม 2559 (40 วัน)

-ความยาววัน (Day length) 12 ชั่วโมง 40 นาที

-อุณหภูมิควบคุม (Temperature) 25.5 °C (ตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น.)

-ความชื้นสัมพัทธ์ที่ควบคุม (Relative humidity) 95±5% (ตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น.)

2.ช่วงชักนำ (Inductive treatment)

-ช่วงเวลา (Timing period) วันที่ 13 ตุลาคม 2559- 27 กุมภาพันธ์ 2560 (138 วัน)

-ความยาววัน (Day length) ลดความยาวช่วงวันลงวันละ 40 วินาที

-อุณหภูมิควบคุม (Temperature) 25.5 °C (ตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น.)

-ความชื้นสัมพัทธ์ที่ควบคุม (Relative humidity) 95±5 % (ตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น.)

การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย เพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ในช่วงระยะชักนำการออกดอก(Inductive treatment) ความยาวช่วงวันลดลง วันละ 40 วินาที (ช่วงเวลารวันที่ 13 ตุลาคม 2559 ถึง 27 กุมภาพันธ์ 2560) โดยดำเนินการทดสอบ เป็นเวลา 10 วันระหว่างวันที่ 20 - 29 ตุลาคม 2559 1)การทดสอบโดยการเปิด-ปิด ประตูอาคาร การเคลื่อนที่เข้าออกของรางบรรทุกพ้อ-แม่พันธุ์อ้อย แสงไฟ เครื่องปรับอากาศ และพัดลมระบายอากาศ ด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ตั้งแต่ 18:00 น.- 06:00 น. 2)การควบคุมอุณหภูมิภายใน 25.5±1 องศาเซลเซียส ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยติดตั้งเซนเซอร์ ภายในอาคาร 5 ตำแหน่ง ความถี่ในการเก็บข้อมูลทุก 30 นาที การทดสอบ (เริ่มทดสอบตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น.) 3)การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายใน ร้อยละ 95±5 ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ โดยติดตั้งเซนเซอร์ ภายในอาคาร 5 ตำแหน่ง ความถี่ในการเก็บข้อมูลทุก 30 นาที การทดสอบ (เริ่มทดสอบตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น.)

#### 4 ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย

1.เวลาการทำงานจริงของการเปิด-ปิด แสงไฟ ประตู เครื่องปรับอากาศ เครื่องพ่นหมอก และการเลื่อนเข้า-ออกรางบรรทุกพ้อ-แม่พันธุ์อ้อย

จากการศึกษา และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม โดยเก็บข้อมูลการทำงานจริงเปรียบเทียบกับเวลาจากโปรแกรม โดยกำหนดช่วงการเก็บข้อมูลภายในช่วงชักนำ เป็นเวลา 10 วัน การเก็บข้อมูล เวลาการทำงานจริงของการเปิด-ปิด แสงไฟ ประตู แอร์ เครื่องพ่นหมอก และการเลื่อนเข้า-ออกรางบรรทุกพ้อ-แม่พันธุ์อ้อย ผลการทดสอบ โปรแกรม TSBC Photoperiod House แสดงดัง Table 1 การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของวันแรกของการทดสอบใน วันที่ 20 ตุลาคม 2559 และ Table 2 แสดงผล การศึกษาและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย เป็นเวลา 10 วัน ซึ่งเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเวลาที่อุปกรณ์เริ่มทำงานจริง เป็นเวลาเดียวกันกับเวลาที่โปรแกรมควบคุมอุปกรณ์ต้องการส่งคำสั่ง แสดงว่าการควบคุมอุปกรณ์ภายในอาคารจึงมีประสิทธิภาพในการทำงานร้อยละ 100 (ซึ่งมีผลทำให้การลดความยาวช่วงวันลงวันละ 40 วินาที ของช่วงชักนำ (Inductive treatment) จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกัน)

โปรแกรมการคำนวณ ความยาวช่วงวัน คือ 12 ชั่วโมง 32 นาที 40 วินาที

การคำนวณความยาววัน

ความยาวช่วงวัน = เวลาปิดแสงไฟ ล่วงหน้า 1 วัน - เวลาเปิดแสงไฟวันปัจจุบัน

ความยาวช่วงวัน = 18:31:40 น. - 5:59:00 น.

ความยาวช่วงวัน = 12 ชั่วโมง 32 นาที 40 วินาที

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการควบคุมความยาววันตลอดช่วงวันเฉลี่ย 10 วันทดสอบ

= ผลรวมประสิทธิภาพตลอดช่วงวันที่ทดสอบ/จำนวนครั้งที่ทดสอบ

ประสิทธิภาพการควบคุมความยาววันตลอดช่วงวัน

(ร้อยละ) = 1000/10 = 100

Table 1 Performance Test of Sample 1 (October 20, 2016)

Devices Operational programing in Photoperiod House	The time that the device was driven	Real the operational time that device was operated	Performance (%)
Turn on the lights	5:59:00	5:59:00	100
Open the door	6:29:00	6:29:00	100
Train out	6:34:00	6:34:00	100
Off the air	6:34:00	6:34:00	100
Turn off the light	6:39:00	6:39:00	100
Turn on the lights	17:51:00	17:51:00	100
Oper Air	18:34:00	18:34:00	100
Turn on the fog	18:34:00	18:34:00	100
Train in	17:56:00	17:56:00	100
Close the door	18:02:00	18:02:00	100
Off the light	18:31:00	18:31:00	100

Table 2 Length of day Control Test Results Inside the building controls the environment.

No. of Day	Test Date	Length of day from calculation	Length of day From the real work	Performance (%)
1	20 Oct 2016	12:23:40	12:23:40	100
2	21 Oct 2016	12:32:00	12:32:00	100
3	22 Oct 2016	12:31:20	12:31:20	100
4	23 Oct 2016	12:30:40	12:30:40	100
5	24 Oct 2016	12:29:00	12:29:00	100
6	25 Oct 2016	12:28:20	12:28:20	100
7	26 Oct 2016	12:27:40	12:27:40	100
8	27 Oct 2016	12:27:00	12:27:00	100
9	28 Oct 2016	12:25:20	12:25:20	100
10	29 Oct 2016	12:24:40	12:24:40	100

ผลการควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม การควบคุมอุณหภูมิภายในอาคารฯ ซึ่งมีการโปรแกรมควบคุมให้มีอุณหภูมิภายในอาคารฯ 25.5 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น. แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูล 10 วัน ตั้งแต่เวลา 18:00 น. - 06:00 น. โดยเก็บข้อมูลอุณหภูมิทุก 1 ชั่วโมง ระบบทำความเย็นเริ่มทำงานเวลา 18:34 น. ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ จากเซนเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิ ทั้ง 5 ตำแหน่ง ดังนั้น การวิเคราะห์ประเมิน จะประเมินข้อมูลตั้งแต่เวลา 22:00 น. ถึง 03:00 น. ซึ่งการทดลองศึกษาประเมินได้ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิเฉลี่ยของ 10 วัน ในช่วงเวลาตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น. ได้เท่ากับ 26.48 26.11 25.79 25.6 25.44 และ 25.5 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และสามารถควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ย 10 วันทดลอง 25.82 องศาเซลเซียส โดยมีประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิของ 10 วันทดลองได้ร้อยละ 96.30 97.68 98.89 99.61 99.38 และ 98.77 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ยของ 10 วัน ทดลอง ได้ร้อยละ 98.60 ดัง Table 3 และ Figure 5 และ Figure 6 แสดงผลการตรวจจับอุณหภูมิ ทั้ง 5 ตำแหน่ง ภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่า ข้อมูลอุณหภูมิทั้ง 5 ตำแหน่ง ทำงานไปในทิศทางเดียวกัน

การหาประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิ ดังนี้

ประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิ =  $(\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} / \text{ค่าที่ตั้งไว้}) \times 100$

ประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิเฉลี่ย = ผลรวมประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาที่ทดสอบ / จำนวนครั้ง

Table 3 Temperature control results in TSBC Photoperiod house during October 20-29, 2017 (Between 10.00 PM - 3.00 AM)

No. of Day	Test Date	temperature in photoperiod House												
		22:00:00		23:00:00		00:00:00		1:00:00		2:00:00		3:00:00		
		°C	Perf. (%)	°C	Perf. (%)	°C	Perf. (%)	°C	Perf. (%)	°C	Perf. (%)	°C	Perf. (%)	
1	20-Oct-16	25.50	26.50	96.23	26.20	97.33	26.00	98.08	25.70	99.22	25.40	99.61	25.60	99.61
2	21-Oct-16	25.50	26.60	95.86	26.50	96.23	26.20	97.33	25.70	99.22	25.50	100.00	25.50	100.00
3	22-Oct-16	25.50	26.70	95.51	26.30	96.96	26.00	98.08	25.60	99.61	25.40	99.61	25.50	100.00
4	23-Oct-16	25.50	26.30	96.96	25.90	98.46	25.50	100.00	25.50	100.00	25.60	99.61	25.40	99.61
5	24-Oct-16	25.50	26.60	95.86	26.40	96.59	26.10	97.70	25.60	99.61	25.40	97.32	25.50	100.00
6	25-Oct-16	25.50	26.60	95.86	26.30	96.96	25.70	99.22	25.50	100.00	25.30	99.22	25.10	99.61
7	26-Oct-16	25.50	26.00	98.08	25.50	100.00	25.50	100.00	25.60	99.61	25.40	99.61	25.60	99.61
8	27-Oct-16	25.50	26.50	96.23	25.80	98.84	25.50	100.00	25.50	100.00	25.40	99.61	25.50	100.00
9	28-Oct-16	25.50	26.60	95.86	26.20	97.33	25.90	98.46	25.70	99.22	25.40	99.61	25.60	99.61
10	29-Oct-16	25.50	26.40	96.59	26.00	98.08	25.50	100.00	25.60	99.61	25.40	99.61	25.40	99.61
Average Temperature(°C) and Performance of Temperature (%)Control per Day in TSBC		26.48	96.30	26.11	97.68	25.79	98.89	25.60	99.61	25.44	99.38	25.50	99.77	
Average Temperature(°C) measurement in TSBC PPH : 25.82 °C		Average Performance of Temperature(°C) Control in TSBC PPH : 98.60 %												



Figure 5 Temperature control results in TSBC Photoperiod house during October 20-29, 2017 (Between 10.00 PM - 3.00 AM)

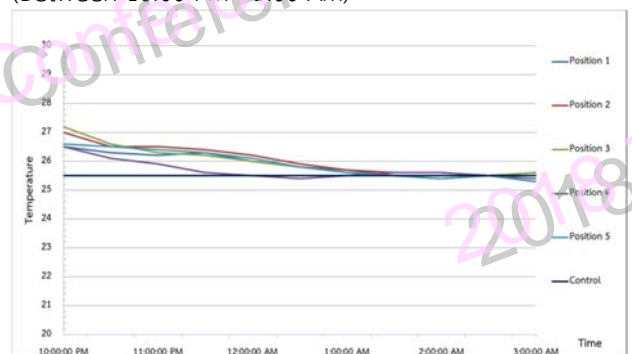


Figure 6 Temperature data from 5 Position in TSBC Photoperiod House (Between 10.00 PM - 3.00 AM)

ผลการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม

การควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารฯ ซึ่งมีการโปรแกรมควบคุมให้มีความชื้นสัมพัทธ์ภายในอาคารฯ ร้อยละ 95 ตั้งแต่ 22:00 น. ถึง 03:00 น. แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูล 10 วัน ตั้งแต่เวลา 22:00 น. - 03:00 น. โดยเก็บข้อมูลทุก 1 ชั่วโมง ระบบทำความชื้นสัมพัทธ์เริ่มทำงานเวลา 18:34 น. ด้วยระบบควบคุมแบบป้อนกลับ จากเซนเซอร์ตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ ทั้ง 5 ตำแหน่ง ดังนั้น การวิเคราะห์ประเมิน จะประเมินข้อมูลตั้งแต่เวลา 22:00 น. ถึง 03:00 น. ซึ่งการทดลองศึกษาประเมินได้ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลา (10 วันทดลอง) ร้อยละ 90.86 96.27 98.92 99.70 99.87 และ 99.9 ตามลำดับ โดยมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการทดลองร้อยละ

97.58 และค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยในแต่ละช่วงเวลาใน 10 วัน ทดสอบเท่ากับ ร้อยละ 95.64 97.97 96.05 95.29 95.12 และ 95.10 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยของการทดลอง ร้อยละ 95.86 (Table4 และ Figure7) และ Figure 8 แสดงผลการตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ ทั้ง 5 ตำแหน่ง ภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม พบว่า ข้อมูลความชื้นสัมพัทธ์ทั้ง 5 ตำแหน่ง ทำงานไปในทิศทางเดียวกัน

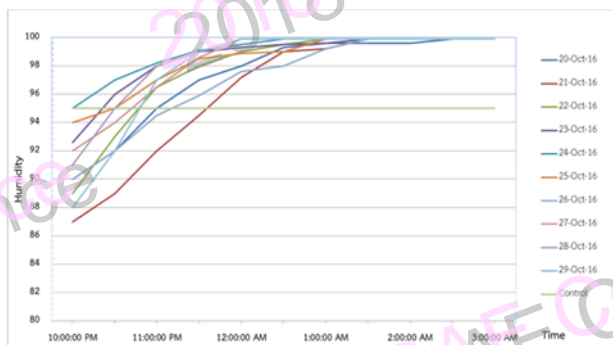
การหาประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ ได้ตั้งสมการ

$$\text{ประสิทธิภาพการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์} = (\text{ค่าที่ได้จากการทดสอบ} / \text{ค่าที่ตั้งไว้}) \times 100$$

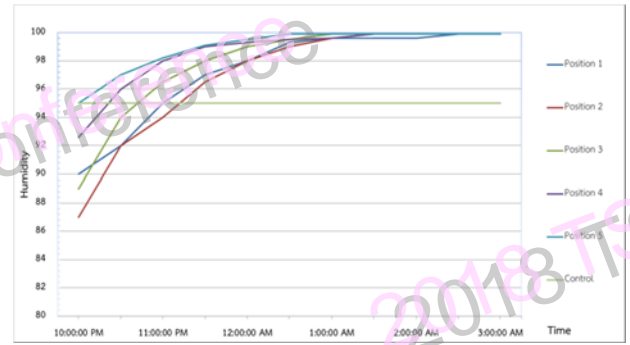
$$\text{ประสิทธิภาพเฉลี่ยการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย} = \text{ผลรวมประสิทธิภาพตลอดช่วงเวลาที่ทดสอบ} / \text{จำนวนครั้ง}$$

**Table 4** Humidity control results in TSBC Photoperiod house during October 20-29, 2017 (Between 10.00 PM - 3.00 AM)

No. of Day	Test Date	temp control	Humidity in photoperiod House											
			22:00:00		23:00:00		0:00:00		1:00:00		2:00:00		3:00:00	
			%	Perf. (%)	%	Perf. (%)	%	Perf. (%)	%	Perf. (%)	%	Perf. (%)	%	Perf. (%)
1	20-Oct-16	95.00	90.00	94.74	95.00	100.00	98.00	96.94	99.60	95.38	99.60	95.38	99.90	95.10
2	21-Oct-16	95.00	87.00	91.58	92.00	96.84	97.20	97.74	99.20	95.77	99.90	95.10	99.90	95.10
3	22-Oct-16	95.00	89.00	93.68	96.50	98.45	99.00	95.96	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10
4	23-Oct-16	95.00	92.60	97.47	98.00	96.94	99.30	95.67	99.60	95.38	99.90	95.10	99.90	95.10
5	24-Oct-16	95.00	95.00	100.00	98.20	96.74	99.50	95.48	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10
6	25-Oct-16	95.00	94.00	98.95	97.00	97.94	98.90	96.06	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10
7	26-Oct-16	95.00	90.00	94.74	94.50	99.47	97.60	97.34	99.20	95.77	99.90	95.10	99.90	95.10
8	27-Oct-16	95.00	92.00	96.84	96.50	98.45	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10
9	28-Oct-16	95.00	91.00	95.79	98.00	96.94	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10
10	29-Oct-16	95.00	88.00	92.63	97.00	97.94	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10	99.90	95.10
Average Temperature(°C) and Performance of Temperature (%)/Control per Day in TSBC			90.86	95.64	96.27	97.97	98.92	96.05	99.70	95.29	99.87	95.12	99.90	95.10
Average Humidity(%) measurement in TSBC PPH : 97.58 %						Average Performance of Humidity Control in TSBC PPH : 95.86 %								



**Figure 7** Humidity control results in TSBC Photoperiod house during October 20-29, 2017 (Between 10.00 PM - 3.00 AM)



**Figure 8** Humidity data from 5 Position in TSBC Photoperiod House (Between 10.00 PM - 3.00 AM)

#### 4 สรุปผลและเสนอแนะ

การศึกษา และประเมินประสิทธิภาพการทำงานของอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมสำหรับการออกดอกอ้อย ณ ศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย ที่โปรแกรม TSBC Photoperiod House ควบคุมอุปกรณ์ต่างๆภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม โดยกำหนดการทำงาน ให้ควบคุมความยาวช่วงวันเริ่มต้น 12 ชั่วโมง 40 นาที และลงที่ความยาวช่วงวัน 40 วัน จากนั้นเริ่มลดความยาวช่วงวัน วันละ 40 วินาที ภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม เป็นระบบปิด ที่ควบคุมด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ แบบป้อนกลับ โดยมีการควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องปรับอากาศ และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ด้วยระบบพ่นหมอก จากการทดสอบประสิทธิภาพระบบควบคุมอัตโนมัติ ทั้งการควบคุมความยาวช่วงวัน อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศภายในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อม ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งพบว่าอ้อยพ่อแม่พันธุ์อ้อยที่อยู่ในอาคารควบคุมสภาพแวดล้อมมีการออกดอกหลายสายพันธุ์ และสายพันธุ์เดียวกันที่อยู่ภายใต้ธรรมชาติ พื้นที่เดียวกันไม่มีการเปลี่ยนแปลงสู่การออกดอก ซึ่งนักวิจัยสามารถนำระบบการควบคุมสภาพแวดล้อมและอาคารนี้ไปใช้ประโยชน์ในการบังคับให้อ้อยออกดอกเพื่อการปรับปรุงพันธุ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### 5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์การปรับปรุงพันธุ์อ้อยแห่งประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย ที่สนับสนุนการทำการวิจัยในครั้งนี้ ทั้งการให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อาคาร TSBC Photoperiod house บุคลากร วัสดุ และอุปกรณ์ต่างๆในการทำการวิจัย

#### 6 เอกสารอ้างอิง

- Berding, N. 2005. Poor and variable flowering in tropical sugarcane improvement programs: Diagnosis and resolution of a major breeding impediment. Proc. ISSCT. 25: 493-501.
- Berding, N. and P. H. Moore. 2001. Advancing from opportunistic sexual recombination in sugarcane:

- การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ระดับชาติ ครั้งที่ 19 วันที่ 26-27 เมษายน 2561
- Lessons from tropical photoperiodic research. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 244: 482-487.
- Berding, N., R. S. Pendrigh and V. Dunne. 2010. Pursuing Higher Efficiency for Managed Photoperiodic Initiation of Sugarcane Flowering in the Tropics. Proc Aust Soc Sugar Cane Technol Vol 32., Australia Society of Sugar Cane Technologists, Australia. pp. 234-250.
- Bischoff, K. P. and K. A. Gravois. 2004. The development of new sugarcane varieties at the LSU AgCenter. J. Amer. Soc. Sugar Cane Technol. 24: 142-164.
- Clements, H. F. and M. Awada. 1965. Experiments on the artificial induction of flowering in sugarcane. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 12: 795-812.
- James, N. I. and J. D. Miller. 1971. Photoperiod control in the USDA sugarcane crossing programme. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 14: 341-347.
- James, N. I. 1969. Delayed flowering and pollen production in male sterile sugarcane subjected to extended daylength. Crop Sci. 9: 279-282.
- Nuss, K. J. and P. C. G. Brett. 1977. Artificial induction of flowering in a sugarcane breeding programme. Proc. S. Afr. Genetic Soc. Congress 6: 54-64
- Nuss, K. J. 1982. Flowering of sugarcane in a photoperiod house from 1971 to 1981. Proc. South African Sugar Technol. Assoc. 140-142.