

อิทธิพลของอัตราท่อนพันธุ์ที่มีผลต่อความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม องค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

Effect of Sugarcane cutting Rates on Canopy Light Interception, Yield and Yield Components of Sugarcane *Saccharum officinarum* L var. Khon Kaen 3

ถกรัตน์ แซ่ลิ้ม¹ และ กุมุท สังขศิลา^{1*}

Takonrat Saelim¹ and Kumut Sangkhasila^{1*}

บทคัดย่อ: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราท่อนพันธุ์ที่มีผลต่อความเข้มแสง องค์ประกอบและคุณภาพของผลผลิตอ้อย วางแผนทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ 9 ซ้ำ 3 ตัวรับทดลอง ได้แก่ การใช้ท่อนพันธุ์อัตรา 5, 10 และ 15 ท่อนต่อความยาวร่อง 1 เมตร พบว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 27.5 ตัน/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 10 ท่อน/เมตร ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 24.9 ตัน/ไร่ แต่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 23.9 ตัน/ไร่ การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อจำนวนลำ/ไร่ และคุณภาพอ้อย เมื่ออ้อยมีอายุ 114-254 วัน พบว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีความเข้มแสงภายในทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันที่ระดับความสูง 200 และ 75 เซนติเมตร เท่ากับ 16.65 และ 16.33 MJ/m²/day ส่วนการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีความเข้มแสงภายในทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันที่ต่ำกว่า คือ ที่ระดับความสูง 200 และ 75 เซนติเมตร จากผิวดินเท่ากับ 15.26 และ 14.63 MJ/m²/day การใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีเปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันที่เมื่ออ้อยมีอายุ 114-254 วัน เท่ากับ 27.38% ซึ่งสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันที่เมื่ออ้อยมีอายุ 115-254 วัน เท่ากับ 19.03% การใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีศักยภาพของแสงที่มีเพื่อการดูดซับต่อลำอ้อยเมื่ออ้อยอยู่ในระยะงอก ระยะแตกกอ ช่วงแรกและช่วงกลางของระยะอย่างปล้อง เท่ากับ 3.30, 2.45, 2.11 และ 2.28 MJ/trunk ซึ่งสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ซึ่งมีศักยภาพของแสงที่มีเพื่อการดูดซับต่อลำอ้อยเมื่ออ้อยอยู่ในระยะงอก ระยะแตกกอ ช่วงแรกและช่วงกลางของระยะอย่างปล้อง เท่ากับ 2.28, 1.91, 1.68 และ 1.98 MJ/trunk ส่วนช่วงปลายของระยะอย่างปล้องพบว่า การใช้ท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้ศักยภาพของแสงที่มีเพื่อการดูดซับต่อลำอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ดังนั้นในงานทดลองนี้ การใช้อัตราท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร จึงเป็นอัตราที่เหมาะสมซึ่งทำให้ลดปริมาณท่อนพันธุ์ในการปลูกและทำให้ลดต้นทุนในการผลิตได้

คำสำคัญ: ความหนาแน่นประชากร, อัตราปลูก, ความเข้มแสง, การบังแสง, อ้อย

ABSTRACT: Research aimed at studying effect of cane cutting rates on canopy light intensity, components and quality of sugarcane yield. The design of experiment was randomized complete block (RCBD) with 9 replications and 3 cutting rates, namely; 5, 10, and 15 cuttings per 1 meter length of a planting strip. Results showed that rate of 5 cuttings/meter have the highest millable cane yield of 27.5 ton per rai. It was not significant difference to 10 cuttings/meter gave millable cane yield as 24.9 ton per rai the significant the different to 15 cuttings/meter gave millable

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen Campus Nakornpathom 73140

* Corresponding author: mai888ku68@gmail.com

cane yield 23.9 ton per rai. Cutting rates had no influenced on trunk per rai and sugarcane quality (CCS) statistically. Cane ages were 31-254 days cutting rates 5 cuttings/meter received the average daily light intensity at 200 and 75 cm above soil surface is 16.94 and 16.61 MJ/m²/day and cutting rates 15 cuttings/meter received the average daily light intensity at 200 and 75 cm above soil surface is 15.52 and 14.88 MJ/m²/day. Cutting rates of 15 cutting/meter have percent of light interception by canopy cane ages were 115-254 days is 27.38 % which more than cutting rates of 5 cutting/meter have percent of light interception by canopy cane ages were 115-254 days is 19.03%. Cutting rate of 5 cutting/meter have potential of light intensity for absorption per trunk cane age were germination phase, tillering phase, and first and middle of elongation were 3.30, 2.45, 2.11 and 2.28 MJ/trunk more than 15 cutting/meter have potential of light intensity for absorption per trunk cane ages were germination phase, tillering phase, and first and middle of elongation were 2.28, 1.91, 1.68 and 1.98 MJ/trunk. Cane ages of late elongation cutting rate no influenced on potential of light intensity for absorption per trunk. The increase cutting rate no increase yield per rai. Cutting rate of 5 cutting/meter is a reasonable which reduce production costs

Keywords: Planting density, Seeding rate, Light, Light interception, Sugar cane

บทนำ

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยชนิดหนึ่ง ประเทศไทยในปี (2557/2558) มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมด 10 ล้านไร่ สามารถผลิตอ้อยได้ 111 ล้านตัน และมีผลผลิตเฉลี่ย 11 ตัน/ไร่ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตเฉลี่ย/ไร่ของประเทศไทยกับผู้ผลิตที่สำคัญของโลก ประเทศออสเตรเลียมีผลผลิตเฉลี่ย 13.1 ตัน/ไร่ ประเทศบราซิลมีผลผลิตเฉลี่ย 12.2 ตัน/ไร่ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2557) ประเทศไทยยังมีผลผลิตต่ำกว่าประเทศผู้ผลิตอื่นๆ ดังนั้นการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพอ้อยจึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก การขยายพื้นที่เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีข้อจำกัดในเรื่องพื้นที่ แนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตอ้อยในประเทศไทยให้สูงขึ้นก็คือการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ซึ่งสามารถกระทำได้หลายแนวทาง เช่น การปรับปรุงพันธุ์ให้มีผลผลิตและคุณภาพสูง การจัดการน้ำ และธาตุอาหารที่เหมาะสม และการเพิ่มประชากรอ้อยต่อพื้นที่ เป็นต้น การปลูกอ้อยให้มีประชากรต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นได้รับความนิยมในการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ซึ่งทำให้ต้องใช้ท่อนพันธุ์ปลูกเพิ่มมากขึ้น แต่พบว่าการปลูกอ้อยให้มีประชากรต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นลำของอ้อยจะมีขนาดเล็ก และมีความยาวของลำที่น้อยกว่าที่ปลูกอ้อยในอัตราปกติ (0.8-1.2 ตัน/ไร่) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ehsanullah et al. (2010) และ Albert (2003) รายงานว่า การใช้

อัตราตาปลูกเพิ่มขึ้นทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมีขนาดเล็กและมีมวลลำ น้อยลง ที่เป็นเช่นนี้อาจจะเป็นผลมาจากการที่มีจำนวนลำ/หน่วยพื้นที่ ที่สูงขึ้น ใบอ้อยอาจจะได้รับแสงน้อยลงซึ่งเป็นเหตุให้กิจกรรมด้านการสังเคราะห์อาหารด้วยแสงของอ้อยต่ำลง เนื่องจากความเข้มแสงมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงซึ่งเป็นกระบวนการในการสร้างอาหาร และผลผลิตน้ำตาลในต้นอ้อย อ้อยสามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่ได้รับพลังงานแสงตั้งแต่ 18 ถึง 36 MJ/m²/day ประมาณ 60% ของรังสีทั้งหมดถูกบังโดยทรงพุ่ม ภายในทรงพุ่มอ้อย 6 ใบบนจะขัดขวางรังสีประมาณ 70% ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของใบลดลงเนื่องจากการบังแดดซึ่งกันและกัน (Netafim, 2013) ปริมาณแสงที่พืชจะได้รับขึ้นอยู่กับขนาด การกระจาย และการจัดเรียงตัวของใบอ้อย ใบที่อยู่ด้านบนของเรือนพุ่มจะบังแสงทำให้ใบที่อยู่ด้านล่างได้รับแสงจากดวงอาทิตย์น้อยลง (Ellsworth and Riech, 1993) กิ่ง ก้าน และลำต้น มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่ม เพราะใบและลำต้นสามารถบดบังแสงที่ส่องผ่านลงมาทำให้ใบได้รับแสงน้อยและทำให้ปริมาณการสังเคราะห์แสงลดลง งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่สูงขึ้นจากอัตราปกติจะทำให้ได้ผลผลิตของอ้อยสดเพิ่มขึ้นหรือไม่ และศึกษาการแจกกระจายความเข้มแสงตามแนวตั้งในทรงพุ่มในแปลงปลูกอ้อยที่ใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่ต่างกัน

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

ใช้แปลงทดลองของโรงงานเกษตรไทย อินเตอร์เนชั่นแนล ซุการ์ คอร์ปอเรชั่น สาขา 3 ตั้งอยู่บริเวณหมู่บ้านดงบ้านโพธิ์ ตำบลหัวดง อำเภอเก้าเลี้ยว จังหวัดนครสวรรค์ (UTM 47, E617, 484 N1, 757, 610) แปลงทดลองเป็นชุดดินกำแพงเพชร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ปฏิกริยาดินมีค่าระหว่าง 5.7-6.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าระหว่าง 1.9-3.0% ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าระหว่าง 28.23-145.02 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าระหว่าง 28.23-145.02 มก./กก. ใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เป็นพันธุ์ทดสอบ (เมื่อปลูกตามวิธีของเกษตรกรจะให้ผลผลิต 15.61 ตัน/ไร่ และมีชีชีเอส 14.29 และสำหรับอ้อยที่ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิต 22.31 ตัน/ไร่ และมีชีชีเอส 14.13 (อนุชา และคณะ, 2557)) วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์จำนวน 9 ซ้ำ 3 ดำรับทดลอง คือ ใช้อัตราท่อนพันธุ์ 5, 10 และ 15 ท่อน/ความยาวร่อง 1 เมตร อ้อย 1 ท่อนประกอบด้วย 2 ตา หรือคิดเป็นอัตราท่อนพันธุ์ 0.8, 1.6 และ 2.4 ตัน/ไร่ โดยอัตราการปลูก 0.8 ตัน/ไร่ เป็นอัตราปลูกปกติ แต่ปัจจุบันเกษตรกรเริ่มมีการปลูกในอัตรา 1.6 และ 2.4 ตัน/ไร่ ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร มีทั้งหมด 27 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีอ้อย 9 แถว ซึ่งแต่ละแปลงย่อย มีขนาด 13.5x20.0 ตร.ม. (0.1688 ไร่) แต่ละแปลงย่อยห่างกัน 3 เมตร ปลูกอ้อยเดือนกุมภาพันธ์ 2555 เก็บเกี่ยวเดือนกุมภาพันธ์ 2556 รวมอายุอ้อย 360 วัน ในช่วงปลูกมีปริมาณน้ำฝน 983 มม. และได้ให้น้ำหลังจากปลูกอ้อยเสร็จใหม่ๆ แบบปล่อยตามแถว และให้แบบน้ำหยดอีก 1 ครั้ง เมื่ออ้อยมีอายุ 105 วัน รวมให้น้ำ 2 ครั้งปริมาณ 300 มม. ใส่ปุ๋ยในอัตราที่คำนวณได้จากค่าวิเคราะห์ดินของแต่ละหน่วยทดลอง ได้กำหนดระดับผลผลิตอ้อยเพื่อการคำนวณเป็น 25 ตัน/ไร่ คำนวณตามวิธีเสนอโดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2554) ปริมาณปุ๋ยที่คำนวณได้ในแต่ละหน่วยทดลองแบ่งใส่

ปุ๋ย 3 ครั้ง ครั้งละเท่าๆกัน ครั้งที่ 1 ใส่รองพื้นตอนปลูกอ้อย ส่วนครั้งที่ 2 และ 3 เมื่ออ้อยอายุ 95 และ 155 วัน หลังปลูก แต่ละหน่วยทดลองได้รับปุ๋ยเฉลี่ยในช่วง 8.9-9.6 กก.-N/ไร่ 5.8-8.5 กก.-P₂O₅/ไร่ และ 30.9-31.4 กก.-K₂O/ไร่ การใส่ปุ๋ยในแต่ละแปลงย่อยไม่เท่ากัน เนื่องจากค่าวิเคราะห์ดินในแต่ละแปลงย่อยไม่เท่ากัน ภายหลังจากปลูกอ้อยมีการฉีดคุมวัชพืช เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของวัชพืชในแปลงปลูกในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของอ้อย

การเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตของอ้อยและคุณภาพอ้อย

เก็บข้อมูลจำนวนลำต้นอ้อย/ไร่ เมื่ออ้อยมีอายุ 30, 150 และ 210 วันหลังปลูก นับจำนวนลำต้นทั้งหมดในแต่ละหน่วยทดลอง ส่วนจำนวนลำ/ไร่ ที่อายุ 360 วัน นับจำนวนลำที่เก็บเกี่ยวในแต่ละหน่วยทดลอง แล้วคำนวณเป็นจำนวนลำต้น/ไร่ ตามสมการ $A = (B \times 5.9259)$ เมื่อ A คือ จำนวนลำต้น/ไร่, B คือ จำนวนลำต้นในแต่ละแปลงย่อย

การเก็บข้อมูลผลผลิตและคุณภาพอ้อย ก่อนเก็บเกี่ยวในแต่ละหน่วยทดลอง สุ่มคัดเลือกลำอ้อยที่เป็นตัวแทนของแต่ละหน่วยทดลองจำนวน 14 ลำ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 จำนวน 4 ลำ ตัดยอดที่จุดหักธรรมชาติ นำใบและกาบใบที่อยู่บริเวณลำต้นออก บันทึกมวลอ้อยแล้วจึงนำไปวิเคราะห์คุณภาพอ้อย ได้แก่ บริกซ์ โพลีไฟเบอร์ เพียวริตี้ เพื่อนำมาคำนวณค่าชีชีเอส การวิเคราะห์คุณภาพอ้อยได้ส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ที่ศูนย์ส่งเสริมอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทรายภาคที่ 2 สำหรับอ้อยในกลุ่มที่ 2 จำนวน 10 ลำ ตัดยอดที่จุดหักธรรมชาติ ได้นำใบและกาบใบที่อยู่บริเวณลำต้นออก จากนั้นในส่วนของลำนำมาบันทึกความยาวลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่โคน (0-30 ซม.) กลาง (120-150 ซม.) และปลายลำ (250-280 ซม.) จำนวนปล้อง และบันทึกมวล ผลผลิตอ้อยหาโดยชั่งมวลลำอ้อยสดในแต่ละหน่วยทดลอง แล้วคำนวณเป็นผลผลิต/ไร่ ส่วนมวล/ลำ หาได้จากผลผลิต/พื้นที่หารด้วยจำนวนลำ/พื้นที่ ข้อมูลที่จัดเก็บได้ทั้งหมดนำ

มาหาความแตกต่างที่เกิดจากค่ารับทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's Multiple Range test การวิเคราะห์สถิติทั้งหมดใช้โปรแกรมสถิติสำเร็จรูป SPSS

การเก็บข้อมูลความเข้มแสงและการบังแสงโดยทรงพุ่ม

ใช้ระบบเก็บข้อมูลอัตโนมัติ (Data logger) โดยต่อหัววัดความเข้มแสงเข้ากับเครื่องเก็บข้อมูล เก็บข้อมูลความเข้มแสงภายในทรงพุ่มในตำรับการทดลอง 5 และ 15 ท่อน/เมตร ที่เก็บเฉพาะ 2 ตำรับการทดลอง เพราะหัววัดมีจำกัด ในขณะที่อ้อยเจริญเติบโตได้ติดตั้งหัววัดความเข้มแสงที่ระดับความสูง 75 และ 200 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อเป็นตัวแทนของความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม และได้ติดตั้งหัววัดความเข้มแสงที่ระดับความสูง 450 เซนติเมตรจากผิวดิน เพื่อเป็นตัวแทนความเข้มแสงเหนือทรงพุ่ม จัดเก็บข้อมูลความเข้มแสงทุก 15 นาที เริ่มเก็บข้อมูลตั้งแต่อายุอ้อยอายุ 31 วัน จนถึงอายุ 254 วัน นำข้อมูลความเข้มแสงที่จัดเก็บได้นำมาจัดเสนอเป็นข้อมูลรายชั่วโมงและรายวัน ข้อมูลความเข้มแสงเมื่ออ้อยมีอายุ 43-113 วัน และอายุมากกว่า 254 วัน ไม่สามารถเก็บข้อมูลได้เนื่องจากหนูเข้าทำลายสายไฟและเครื่องเก็บข้อมูลอัตโนมัติได้รับความเสียหาย

เปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่ม (Light interception by canopy) คำนวณเมื่ออ้อยมีอายุอยู่ในช่วง 115-254 วัน นำปริมาณความเข้มแสงที่วัดได้เหนือทรงพุ่มและปริมาณความเข้มแสงที่วัดได้ภายในทรงพุ่มของการใช้อัตราท่อนพันธุ์ 5 และ 15 ท่อน/เมตร มาคำนวณตามสมการของ Tomus และ Hyrandair (2014) $Q_{\text{ใบ}} = (1 - \frac{Q_b}{Q_t}) \times 100$ เมื่อ Q_t คือ ปริมาณความเข้มแสงเหนือทรงพุ่มคือที่ระดับความสูง 450 เซนติเมตรจากผิวดิน ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$) และ Q_b คือ ปริมาณความเข้มแสงที่ระดับความสูง 75 เซนติเมตรจากผิวดิน ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{day}$) หลังจากนั้นนำเปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มทุกๆ 14 วัน มาหาค่าเฉลี่ยและนำมาสร้างกราฟ โดย

กำหนดแกน x คือ วันหลังปลูก และแกน y คือ เปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่ม

การคำนวณศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยแบ่งตามช่วงการเจริญเติบโตของอ้อย (Potential of light intensity for absorption per trunk) นำปริมาณความเข้มแสงที่วัดได้ที่ระดับความสูง 450 เซนติเมตร (เหนือทรงพุ่ม) มาคำนวณศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อย ($\text{MJ}/\text{trunk}/\text{day}$) ตามสมการ $X = \frac{L}{A}$ เมื่อ L คือ ปริมาณความเข้มแสงที่วัดได้ที่ระดับความสูง 450 เซนติเมตร จากผิวดิน ($\text{MJ}/\text{rai}/\text{day}$) และ Y คือ จำนวนลำอ้อย/ไร่ จำนวนลำอ้อย/ไร่ เมื่ออ้อยมีอายุ (วัน) โดหลังปลูกของการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร คำนวณตามสมการ $Y = 0.0052x^3 - 3.0585x^2 + 475.42x$, $R^2 = 0.9209$ ส่วนจำนวนลำ/ไร่ของอัตราปลูก 15 ท่อน/เมตร คำนวณจาก $Y = 0.0062x^3 - 3.6387x^2 + 543.41x + 1217.5$, $R^2 = 0.9577$ เมื่อ x คือ วันหลังปลูก สมการทั้งสองได้จากการนำข้อมูลจำนวนลำอ้อย/ไร่เมื่ออ้อยมีอายุ 30, 150, 210 และ 360 วัน มาสร้างสมการทั้งสองซึ่งมีรูปแบบสมการแบบโพลิโนเมียลกำลัง 3 โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างสมการ ใช้วิธีของ Levenberg-Marguardt หลังจากนั้นนำศักยภาพของแสงที่มีเพื่อการดูดซับต่อลำอ้อยทุกๆ 14 วัน มาหาค่าเฉลี่ยและนำมาสร้างกราฟ โดยกำหนดแกน x คือ วันหลังปลูก และแกน y คือ ศักยภาพของแสงที่มีเพื่อการดูดซับต่อลำอ้อย ข้อมูลการบังแสงโดยทรงพุ่มที่คำนวณได้ทั้งหมดนำไปหาความแตกต่างที่เกิดจากค่ารับทดลองด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล ซึ่งเปรียบเทียบสองตำรับการทดลองใช้วิธี t-test

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตของอ้อยและคุณภาพอ้อย

เมื่ออ้อยมีอายุต่างๆ การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันทำให้จำนวนลำ/ไร่ ของอ้อยที่อายุ 30 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value

<0.001) โดยการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีจำนวนลำ/ไร่ สูงที่สุดคือ 16,350 ลำ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 10 และ 5 ท่อน/เมตร ซึ่งมีจำนวนลำ/ไร่ เท่ากับ 13,144 และ 8,236 ลำ ส่วนที่อายุ 150 วัน พบว่าอัตราท่อนพันธุ์ไม่ทำให้จำนวนลำ/ไร่ แตกต่างกันทางสถิติ (p -value = 0.16) โดยการใช้ท่อนพันธุ์ 5, 10 และ 15 ท่อน/เมตร มีจำนวนลำ/ไร่ เท่ากับ 18,601, 19,513 และ 20,053 ลำ ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 210 วัน พบว่าอัตราท่อนพันธุ์มีอิทธิพลทำให้จำนวนลำ/ไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value = 0.02) โดยการใช้ท่อนพันธุ์ 10 และ 15 ท่อน/เมตร มีจำนวนลำ/ไร่ สูงคือ 13,766-13,770 ลำ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร ซึ่งมีจำนวนลำ/ไร่ เท่ากับ 12,654 ลำ และที่อายุ 360 วัน พบว่าการใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลทำให้จำนวนลำ/ไร่ แตกต่างกันทางสถิติ (p -value = 0.40) โดยมีจำนวนลำ/ไร่ อยู่ระหว่าง 15,031-15,808 ลำ (Table 1) ในช่วงแรกของการเจริญเติบโตของอ้อย (1 เดือน) การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นจะทำให้มีจำนวนลำ/พื้นที่ เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่เมื่ออ้อยมีอายุมากกว่า 5 เดือน จำนวนลำ/พื้นที่ กลับลดลง แสดงให้เห็นว่ามีเพียงเฉพาะหน่ออ้อยที่แข็งแรงเท่านั้นที่สามารถเจริญเติบโตต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภฤกษ์ (2547) ที่รายงานว่าการเพิ่มประชากรต่อพื้นที่ไม่มีอิทธิพลต่อความยาวลำ

การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้มวล/ลำ เมื่อเก็บเกี่ยวที่ 360 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value <0.001) โดยการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีมวล/ลำ สูงที่สุดคือ 2.09 กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 10 และ 15 ท่อน/เมตร ซึ่งมีมวล/ลำ เท่ากับ 1.93 และ 1.86 กิโลกรัม (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mahboob et al. (2000) และ Albert (2003) รายงานว่าการเพิ่มประชากรอ้อยต่อพื้นที่มีอิทธิพลทำให้ลำอ้อยมีมวล/ลำ ลดลง การใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีมวล/ลำ น้อยกว่าการใช้อัตราท่อนพันธุ์

5 ท่อน/เมตร เพราะการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ได้รับความเข้มแสงภายในทรงพุ่มที่ระดับความสูง 200 และ 75 เซนติเมตร น้อยกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร (Figure 1) และมีศักยภาพของแสงเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยที่น้อยกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร (Figure 3) เมื่ออ้อยได้รับความเข้มแสงน้อยลง และมีศักยภาพของแสงเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยน้อยลงก็จะส่งผลให้การสังเคราะห์แสงลดลง ซึ่งจะทำให้การสร้างมวลชีวภาพของอ้อยลดลงด้วย เนื่องจากแสงเป็นปัจจัยสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง สารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจะถูกนำไปใช้ในการสร้างมวลชีวภาพของอ้อย เมื่ออ้อยได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจะทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มอ้อยเพิ่มขึ้นด้วย (นฤนาท, 2546) การเพิ่มประชากรต่อพื้นที่มีผลทำให้การสังเคราะห์แสงสุทธิ (net photosynthetic) ลดลงด้วย (Tao et al., 2014)

การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้ความยาวลำเมื่อเก็บเกี่ยวที่ 360 วัน แตกต่างกันทางสถิติ (p -value = 0.11) การใช้อัตราท่อนพันธุ์ปลูกที่แตกต่างกันทำให้ความยาวลำอยู่ระหว่าง 278.38-293.92 เซนติเมตร (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภฤกษ์ (2547) ที่รายงานว่าการเพิ่มประชากรต่อพื้นที่ไม่มีอิทธิพลต่อความยาวลำ

การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้จำนวนปล้อง/ลำ เมื่อเก็บเกี่ยวที่ 360 วัน แตกต่างกันทางสถิติ (p -value = 0.16) การใช้อัตราท่อนพันธุ์ปลูกที่แตกต่างกันทำให้จำนวนปล้อง/ลำ อยู่ระหว่าง 26-27 ปล้อง (Table 2)

การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนลำเมื่อเก็บเกี่ยวที่ 360 วัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value <0.001) โดยการใช้ท่อนพันธุ์ 5 และ 10 ท่อน/เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนลำเป็น 2.90-2.93 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ซึ่งให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 2.72 เซนติเมตร (Table 2) ซึ่ง

สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ehsanullah and Khawar (2011) รายงานว่าการเพิ่มการเพิ่มประชากรต่อพื้นที่มีผลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำอ้อยมีขนาดลดลง การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่กลางลำและปลายลำแตกต่างกันทางสถิติ (p -value = 0.63) และ (p -value = 0.30) ในงานทดลองนี้การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันทำให้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่กลางลำ และ ปลายลำ อยู่ระหว่าง 2.87-2.96 และ 2.47-2.52 เซนติเมตร

การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลทำให้จำนวนลำ/ไร่ เพิ่มขึ้น ในทางกลับกันยังมีส่วนทำให้มวล/ลำ มีน้ำหนักลดลงและเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนลำมีขนาดเล็กลงด้วย และการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีเปอร์เซ็นต์การหักล้มน้อยกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 10 และ 15 ท่อน/เมตร เท่ากับ 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ (ข้อมูลได้จากการสอบถาม) การสะสมมวลชีวภาพของอ้อยช้าลงในระยะเวลาดังนั้น หลังจากท่อนพันธุ์มีการหักล้ม ซึ่งทำให้ผลผลิตอ้อยลดลงถึง 16 เปอร์เซ็นต์ (Singh, 1999) จึงทำให้การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันมีอิทธิพลทำให้ผลผลิตอ้อยสดเมื่อเก็บเกี่ยวที่ 360 วันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value = 0.02) โดยการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร ให้ผลผลิตอ้อยสดสูงที่สุดคือ 27.5 ตัน/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 10 ท่อน/เมตร ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 24.9 ตัน/ไร่ แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ซึ่งมีผลผลิตเท่ากับ 23.9 ตัน/ไร่ (Table 2) ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ Ehsanullah and Khawar (2011) รายงานว่าการใช้อัตราตาปลูก 12,000 ตา/ไร่ มีผลผลิตอ้อยสดสูงที่สุด 14.81 ตัน/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใช้อัตราตาปลูก 14,400 ตา/ไร่ ซึ่งมีผลผลิตอ้อยสดเท่ากับ 14.38 ตัน/ไร่ แต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการใช้อัตราตาปลูก 9,600 ตา/ไร่ มีผลผลิตอ้อยสดเท่ากับ 13.39 ตัน/ไร่

คุณภาพอ้อย พบว่าการใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่แตกต่างกันไม่มีอิทธิพลทำให้คุณภาพอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าบrix โพล เพียวริตี้ ไฟเบอร์และซีซีเอส

อยู่ระหว่าง 20.48-21.11°บrix (p -value = 0.18), 15.02-15.65 % (p -value = 0.59), 11.29-11.56 % (p -value = 0.77), 73.24-74.79 % (p -value = 0.52) และ 10.06-10.50 ซีซีเอส (p -value = 0.68) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปรัชญา (2540) และ Ehsanullah and Khawar (2011) รายงานว่าการเพิ่มอัตราตาปลูกไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพอ้อย

การแจกกระจายความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม การบังความความเข้มแสงโดยทรงพุ่มและศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อย

ขณะที่อ้อยมีอายุ 114-254 วัน ที่ความสูง 450 เซนติเมตร จากผิวดิน มีความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 19.99 MJ/m²/day ที่ความสูง 200 เซนติเมตร จากผิวดิน การใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 16.65 MJ/m²/day ส่วนการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 15.26 MJ/m²/day และที่ความสูง 75 เซนติเมตรจากผิวดิน การใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 16.33 MJ/m²/day ส่วนการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 14.63 MJ/m²/day (Figure 1) การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นทำให้ความเข้มแสงภายในทรงพุ่มที่วัดได้ทั้งสองระดับ คือ ที่ระดับความสูง 200 และ 75 เซนติเมตร มีค่าลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dongsheng et al. (2014) รายงานว่าการเพิ่มประชากรต่อพื้นที่มีผลทำให้ความเข้มแสงที่วัดได้ภายในทรงพุ่มมีค่าลดลง

เปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มพบว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีเปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันเมื่ออ้อยมีอายุอยู่ในช่วง 115-254 วันเท่ากับ 27.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร (p -value < 0.001) ซึ่งมีการบังแสงโดยทรงพุ่มเฉลี่ยรายวันเท่ากับ 19.03 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dongsheng et al. (2014) รายงานว่าการใช้อัตราต้นพันธุ์ 22 ต้น/ตารางเมตร มีเปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มมากกว่าการ

ใช้อัตราต้นพันธุ์ 18 และ 13.5 ต้น/ตารางเมตร 1.7 และ 5.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีเปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร เนื่องจากการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีจำนวนลำ/ไร่ สูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร (Table 1) ดังนั้นเมื่อมีจำนวนลำ/ไร่ มากกว่าก็ย่อมจะมีจำนวนลำต้นและใบมากกว่าด้วยเช่นกัน ซึ่งเมื่อมีจำนวนลำต้นและใบมากก็จะทำให้การบังแสงโดยทรงพุ่มเพิ่มมากขึ้น

ศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อย ข้อมูลศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อย เมื่ออ้อยมีอายุอยู่ในช่วง 43-113 วัน ไม่สามารถเก็บข้อมูลความเข้มแสงได้จึงนำสมการถดถอยมาประมาณค่า โดยศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยของการใช้อัตราท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร คำนวณตามสมการ $A = \left(\frac{76.0264}{\text{DAP}} \right) + 1.5666$ ซึ่งมีค่า $R^2 = 0.6241$ ส่วนศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยของการใช้อัตราท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร คำนวณตามสมการ $A = \left(\frac{29.0628}{\text{DAP}} \right) + 1.5889$ โดยมีค่า $R^2 = 0.6394$ เมื่อ A คือ ศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อย และ DAP คือ วันหลังปลูก

ศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อย พบว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยเมื่ออ้อยอยู่ในระยะงอก (31-60 วัน), ระยะแตกกอ (60-120 วัน), ช่วงแรกของระยะย่างปล้อง (120-150 วัน) และช่วงกลางของระยะย่างปล้อง (170-200 วัน) เท่ากับ 3.30,

2.45, 2.11 และ 2.28 MJ/trunk ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ($p\text{-value} < 0.001$) ซึ่งมีศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยเมื่ออ้อยอยู่ในระยะงอก (31-60 วัน), ระยะแตกกอ (60-120 วัน), ช่วงแรกของระยะย่างปล้อง (120-150 วัน) และช่วงกลางของระยะย่างปล้อง (170-200 วัน) เท่ากับ 2.28, 1.91, 1.68 และ 1.98 MJ/trunk ตามลำดับ ส่วนเมื่ออ้อยอยู่ในช่วงปลายของระยะย่างปล้อง 220-250 วัน พบว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร มีศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยเท่ากับ 1.85 MJ/trunk ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร ซึ่งศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยเท่ากับ 1.79 MJ/trunk (Figure 3) การใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยในช่วงแรกของการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น (31-200 วัน) น้อยกว่าการใช้ท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร เนื่องจากการใช้ท่อนพันธุ์ 15 ท่อน/เมตร มีจำนวนลำ/ไร่ สูงกว่าการใช้อัตราท่อนพันธุ์ 5 ท่อน/เมตร (Table 1) เมื่ออ้อยมีจำนวนลำต้น/ไร่ เพิ่มขึ้นแต่ความเข้มแสงมีเท่าเดิมจึงทำให้ศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยมีค่าลดลง การใช้อัตราท่อนพันธุ์ทั้งสองจะได้ค่าศักยภาพของแสงที่มีเพื่อให้เกิดการดูดซับต่อลำอ้อยสูงสุดเท่า 2.00 MJ/trunk และมีจำนวนลำ/ไร่ เข้าหา 15,000 ลำ/ไร่ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าปริมาณแสงในพื้นที่เป็นตัวกำหนดจำนวนลำ/ไร่ ไม่ว่าจะเป็นใช้อัตราท่อนพันธุ์สูงเท่าใดก็ตาม

Table 1 Stalks number (stalks/rai) as affected by 3 cutting rates.

Cutting rates	Days after planting			
	30	150	210	360
5	8,236c	18,601	12,654b	15,808
10	13,144b	19,513	13,770a	15,031
15	16,350	20,053	13,776a	15,753
p-value	<0.001	0.16	0.02	0.40

Mean values in the same column with different letters are significantly different by DMRT

Table 2 Yield and yield components as affected by 3 cutting rates.

Cutting rates	Yield (ton/rai)	Mass per trunk (kg)	Length (cm)	Internode per stem	Diameter (cm) Base (0-30 cm)	Diameter (cm) Mid (120-150 cm)	Diameter (cm) Mid (250-280 cm)
5	27.5 ^a	2.09 ^a	294	27	2.90 ^a	2.96	2.5
10	24.9 ^{ab}	1.93 ^b	278	26	2.93 ^a	2.94	2.52
15	23.9 ^b	1.86 ^b	290	26	2.72 ^b	2.87	2.47
p-value	0.02	<0.001	0.11	0.16	<0.001	0.63	0.30

Mean values in the same column with different letters are significantly different by DMRT

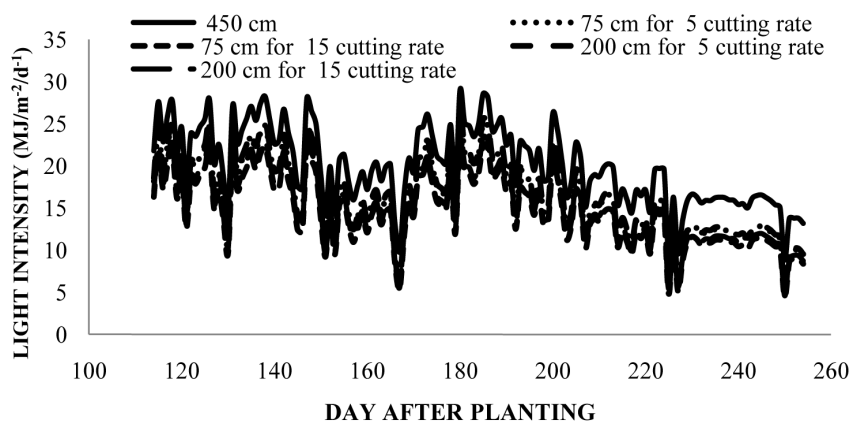


Figure 1 Light intensity at 200 and 75 centimeter above soil surface of 5 and 15 cutting rates. Cane ages were 114-254 days after planting.

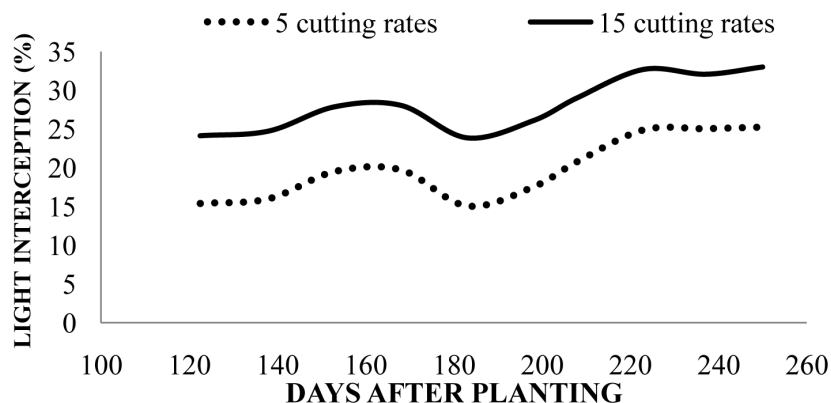


Figure 2 Light interceptions by canopy at 450 to 75 centimeter of 5 and 15 cutting rates.

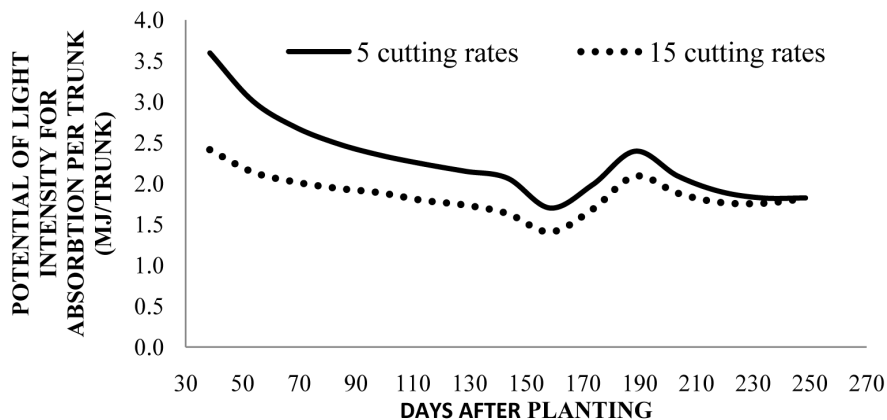


Figure 3 Potential of light intensity for absorption per trunk of 5 and 15 cutting rates.

สรุปและขอเสนอแนะ

จากผลการศึกษาอิทธิพลของอัตราท่อนพันธุ์ที่มีผลต่อความเข้มแสงภายในทรงพุ่ม องค์ประกอบของผลผลิตและคุณภาพอ้อย พบว่าการใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากการใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลทำให้จำนวนลำ/ไร่ เพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้อัตราท่อนพันธุ์เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ลำอ้อยมีมวล/ลำ ลดลงและมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่โคนลำเล็กลง การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นไม่มีอิทธิพลต่อคุณภาพอ้อย การใช้อัตราท่อนพันธุ์ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้อ้อยได้รับความเข้มแสงภายในทรงพุ่มและศักยภาพของแสงที่มีเพื่อการดูดซับต่อลำอ้อยน้อยลง แต่กลับทำให้เปอร์เซ็นต์การบังแสงโดยทรงพุ่มเพิ่มมากขึ้น ถ้านำผลการทดลองนี้ไปให้คำแนะนำแก่เกษตรกรถือว่ายังไม่เหมาะสม ควรทำการทดลองในพื้นที่ปลูกที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว และควรติดตามข้อมูลผลผลิตในอ้อยต่อ 1 และ ต่อ 2 ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- นฤนาท ชัยรังษี. 2547. การศึกษาการสังเคราะห์แสงของเรือนพุ่มอ้อย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปรัชญา นาสุริยวงศ์. 2540. การตอบสนองของอ้อยต่อความหนาแน่นโดยใช้การทดลองรูปพัด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ศุภฤกษ์กลิ่นหวล. 2547. อิทธิพลของระยะแถวปลูกและอัตราปุ๋ยที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อยทั้งข้ามแล้งและต้นฝน ในกลุ่มดินเนื้อหยาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. 2555. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีการเพาะปลูก 2557/2558. สำนักงานเศรษฐกิจ, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. 2554. การใส่ปุ๋ยให้แก่อ้อยตามผลการวิเคราะห์ดิน ณ เดือน มกราคม พ.ศ. 2556. แหล่งข้อมูล: <http://web.ocsb.go.th/KM/fileupload/area431.pdf>. ค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2558.
- อนุชา เหลาเคน, นิพนธ์ ภาชนะวรรณ, สุชาติ คำอ่อน, ทักษิณาคันสยะวิชัย และจักรพรรค์ วุ่นสีแสง. 2557. การทดสอบการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในเขตอาศัยน้ำฝน จังหวัดมหาสารคาม. แก่นเกษตร. 42: 130-141.
- Albert, J. 2003. Planting Rate Effects on Sugarcane Yield Trials. Master of Science Thesis In Agronomy, Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College, USA.
- Dongsheng, Z., L. Zhang, J. Liu, and L. Li. 2014. Plant density affects light interception and yield in cotton grown as companion crop in young jujube plantations. Field Crop Research. 169: 132-139.
- Ehsanullah, K., Jabran, M., Jamil, and A. Ghafar. 2011. Optimizing the row spacing and seeding density to improve yield and quality of sugarcane. Crop and Environment. 2(1): 1-5.

- Ellsworth, D.S., and P.B. Reich. 1993. Canopy structure and vertical patterns of photosynthesis and relate leaf traits in a deciduous forest, *Oecologia*.
- Mahboob, A., M. Saeed, S.K., Tanveer, and A. Iqbal. 2000. Respond of Fourth Ratooning of Sugarcane Different Patterns of Plantation and Seeding Densities. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 3(10): 1574-1576.
- Natafm. 2013. Climate. Available: <http://www.sugarcane-crops.com/climate/>. Accessed Oct. 18, 2015.
- Singh, G., S.C. Chapman, and P.A. Jackson. 1999. Yield Accumulation Sugarcane under Wet Tropical Conditions Effect of Lodging and Crop Age. *Australian Journal of Agricultural Research*. 21: 241-245.
- Tao, L., L.N. Liu, C.D. jiang, and L. Shi. 2014. Effect of mutual shading on the regular of photosynthesis in field-grown sorghum. *Photochemistry and Photobiology*. 137: 31-38.