

การประยุกต์การกระตุ้นเชิงกลต่อ การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์

Apply of Mechanical Stimulation on Growth and Yield of Hom Thammasat Rice

วรรณระวี จิตจักร, สมชาย ชคตระการ,

ดุสิต อธิณัฐณ์ และพฤกษ์ ชุติมานุกุล*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ศูนย์รังสิต ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

Wanrawee Jitjak, Somchai Chakhatrakan,

Dusit Athinuwat and Preuk Chutimanukul*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University,

Rangsit Centre, Khlong Nueng, Khlong Luang, Pathum Thani 12120

Received: March 16, 2020; Accepted: April 23, 2020

บทคัดย่อ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อการเลือกซื้อสินค้าเกษตรจากระบบการผลิตที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นระบบการผลิตแบบดั้งเดิมจึงปรับเปลี่ยนเป็นระบบเกษตรอินทรีย์ โดยการกระตุ้นเชิงกลได้ถูกนำมาประยุกต์ในระบบเกษตรอินทรีย์เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของจำนวนครั้งและระยะเวลาการกระตุ้นเชิงกลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์ ดำเนินการวิจัยด้วยการใช้ไม้ปัดฝุ่นติดมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 256.8 เซนติเมตรต่อวินาที สัมผัสต้นกล้าข้าวอายุตั้งแต่ 3 ถึง 14 วัน ด้วยระยะเวลา 10, 20 และ 30 นาทีต่อครั้ง จำนวน 1, 2, 3 และ 4 ครั้งต่อวัน ผลการวิจัยพบว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสต้นกล้าข้าวด้วยระยะเวลา 30 นาทีต่อครั้ง จำนวน 1 ครั้งต่อวัน หรือด้วยระยะเวลา 20 นาทีต่อครั้ง จำนวน 2 ครั้งต่อวัน ส่งผลให้ความกว้างใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันส่งผลให้ความสูงต้นและความยาวรากลดลง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ ยิ่งไปกว่านั้นทั้ง 2 กรรมวิธีข้างต้น ยังช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์ 1,961 และ 2,094 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีควบคุมให้ผลผลิต 938 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ : ข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์; ผลผลิตข้าว; ท่อลำเลียงน้ำมีความหนาเพิ่มขึ้น; แบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น; การสัมผัส

Abstract

Currently, consumers concern about buying the product from an agro-ecological production system, thus conventional agriculture may be adapted to organic agriculture. Mechanical stimulation was used in organic farming to enhance the growth of economic crops. This study focuses on the effect of touching frequency and duration of mechanical stimulation on the growth and yield of Hom Thammasat rice. The experiment was conducted by using electric duster with a speed of 256.8 cm/min to stimulate rice seeding from day 3 to day 14 after germination with touching durations for 10, 20, and 30 min per time and touching frequency for 1, 2, 3, and 4 times per day. The results revealed that mechanical stimulation with 30 min per time touching durations and 1 time per day or 20 min per time touching durations and 2 times per day significantly ($p \leq 0.05$) enhanced leaf width, stem dry weight and root dry weight, meanwhile reducing stem height and root length. Moreover, these two treatments increased Hom Thammasat rice productivity with 1,961 and 2,094 kg per rai, respectively whereas control treatment showed a yield of 938.34 kg per rai.

Keywords: Hom Thammasat rice; rice yield; increased xylem thickness; enhanced cell proliferation; touch

1. คำนำ

ความเครียด (stress) เกิดจากสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลให้พืชมีพัฒนาการที่เปลี่ยนแปลงไปจากปกติ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ความเครียดที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress) ได้แก่ เชื้อโรค แมลง ศัตรูพืช สัตว์ เป็นต้น และความเครียดที่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต (abiotic stress) ได้แก่ น้ำ อุณหภูมิ แสง ลม มลพิษต่าง ๆ เป็นต้น การกระตุ้นเชิงกลนั้นจัดเป็นหนึ่งในความเครียดที่เกิดจากสิ่งไม่มีชีวิต โดยทั่วไปการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสพืชมักพบได้ตามธรรมชาติ (นรรัตน์, 2558) เช่น แรงแลม ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืชด้วยการสร้างใบที่มีขนาดเล็ก (Grace and Russell, 1977) และการสร้างรากจำนวนมากเพื่อยึดเกาะ (Yuan *et al.*, 2011) การกระตุ้นเชิงกลด้วยคลื่นความถี่เสียงมีผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นกุหลาบ (Vidya and Shivaraman, 2014) รวมไปถึงการเกิดบาดแผล

ของพืช ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของพืช เมื่อพืชเกิดบาดแผลจากการรบกวนของแมลง สัตว์กินพืช และปัจจัยอื่น ๆ จะเกิดการชักนำโปรตีนให้ซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่ถูกทำลายด้วยการสร้างสารทุติยภูมิ เช่น คลอโรฟิลล์ ไลโคโรปิน รวมทั้งเกิดการสร้างสารเคลือบที่ผิวใบ เช่น ลิกนิน ซูเบอริน เพื่อตอบสนองต่อความเครียดนั้น ๆ (Bessire *et al.*, 2007; Chassot *et al.*, 2007) แสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นเชิงกลดังกล่าวทำให้พืชเกิดการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยในการเจริญเติบโตและปรับสภาพให้พืชอยู่รอดในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมได้ (Kazushige, 1974; Senaratna *et al.*, 2000) โดยงานวิจัยของ Biddington และ Dearman (1985) พบว่าการสัมผัสพืชทุกวันตั้งแต่ระยะใบอ่อน ทำให้พืชมีความยาวใบลดลง ความหนาใบมากขึ้นตามระยะเวลาในการสัมผัส (Chakhtrakan *et al.*, 1994) ตลอดจนการกระตุ้นเชิงกลยังส่งผลต่อปริมาณผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้น เมื่อ

มีการปลูกข้าวร่วมกับการเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ เป็ด กบ และปลา เป็นต้น (Hossain *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2012; Teng *et al.*, 2016) หากมีการประยุกต์ใช้การกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสต้นกล้าข้าวตั้งรายการที่ผ่าน น่าจะเพิ่มปริมาณผลผลิตข้าวได้ ซึ่งข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติเป็นข้าวพันธุ์ใหม่ที่ได้รับ การปรับปรุงพันธุ์จากการนำข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 อาบรังสีแกมมาที่ความเข้มข้น 20 กิโลแรดส์ (k-rads) และมีคุณลักษณะเด่น คือ ความไม่ไวแสง รวมทั้งขอรับรองพันธุ์เรียบร้อยแล้วนั้น ข้าวพันธุ์นี้ ยังได้รับความนิยมจากผู้ปลูกข้าวจำนวนมาก แต่ยังมีข้อจำกัดด้านความต้านทานต่อสภาวะความเครียดต่าง ๆ เช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของจำนวนครั้งและระยะ เวลาการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสด้วยการใช้ไม้ปัตฝุ่นติดมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 256.8 เซนติเมตรต่อวินาที สัมผัสต้นกล้าข้าวตั้งแต่อายุ 3 ถึง 14 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติ สำหรับเป็นแนวทางให้ผู้ปลูกข้าวใช้เตรียมต้นกล้าข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติไว้ใช้ปลูกในระบบการปลูกข้าวที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD ประกอบด้วย 2 ปัจจัย (factor) ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ระยะเวลาในการสัมผัส 3 ระดับ (level) คือ 10, 20 และ 30 นาทีต่อครั้ง และปัจจัยที่ 2 คือ ความถี่ของการสัมผัส 4 ระดับ คือ 1, 2, 3 และ 4 ช่วงเวลาต่อวัน และ 1 กรรมวิธีควบคุม รวม 13 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 การสัมผัส 0 นาที (0 หรือกรรมวิธีควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 การสัมผัส 10 นาที 1 ช่วงเวลาต่อวัน (10I) กรรมวิธีที่ 3 การสัมผัส 20 นาที 1 ช่วงเวลาต่อวัน (20I) กรรมวิธีที่ 4 การ

สัมผัส 30 นาที 1 ช่วงเวลาต่อวัน (30I) กรรมวิธีที่ 5 การสัมผัส 10 นาที 2 ช่วงเวลาต่อวัน (10II) กรรมวิธีที่ 6 การสัมผัส 20 นาที 2 ช่วงเวลาต่อวัน (20II) กรรมวิธีที่ 7 การสัมผัส 30 นาที 2 ช่วงเวลาต่อวัน (30II) กรรมวิธีที่ 8 การสัมผัส 10 นาที 3 ช่วงเวลาต่อวัน (10III) กรรมวิธีที่ 9 การสัมผัส 20 นาที 3 ช่วงเวลาต่อวัน (20III) กรรมวิธีที่ 10 การสัมผัส 30 นาที 3 ช่วงเวลาต่อวัน (30III) กรรมวิธีที่ 11 การสัมผัส 10 นาที 4 ช่วงเวลาต่อวัน (10IV) กรรมวิธีที่ 12 การสัมผัส 20 นาที 4 ช่วงเวลาต่อวัน (20IV) และกรรมวิธีที่ 13 การสัมผัส 30 นาที 4 ช่วงเวลาต่อวัน (30IV) กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ซ้ำละ 1 กระถาง กระถางละ 1 ต้น

2.2 การประยุกต์การกระตุ้นเชิงกลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติ

เพาะต้นกล้าข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติในถาดเพาะกล้าขนาด 26.5x52.2x4.2 เซนติเมตร ด้วยวิธีการมาตรฐาน เมื่อต้นกล้าข้าวเริ่มออกจากรูกระตุ้นเชิงกลต้นกล้าข้าวด้วยไม้ปัตฝุ่นติดมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 256.8 เซนติเมตรต่อวินาที ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังรายละเอียดข้อ 2.1 จนกระทั่งต้นกล้าข้าวอายุ 14 วัน จึงหยุดการกระตุ้นและย้ายต้นกล้าข้าวปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 นิ้ว บรรจุดินเหนียวกระถางละ 1.5 กิโลกรัม กระถางละ 1 ต้น ดูแลรักษาและกำจัดศัตรูพืชตามความเหมาะสม เมื่อต้นข้าวอายุ 45 วัน บันทึกผลการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวราก และจำนวนราก และบันทึกผลด้านองค์ประกอบของผลผลิตภายหลังการออกดอก 80 เปอร์เซ็นต์ แล้ว 30-35 วัน เมล็ดจะมีความสุกแก่เต็มที่ร่วมกับการสังเกตสีของรวงข้าวหรือฟางที่เปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง ปริมาณผลผลิตต่อไร่

น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งลำต้น (Zhang et al., 2017) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์

3.1 ผลการกระตุ้นเชิงกลต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์หอมธรรมชาติ

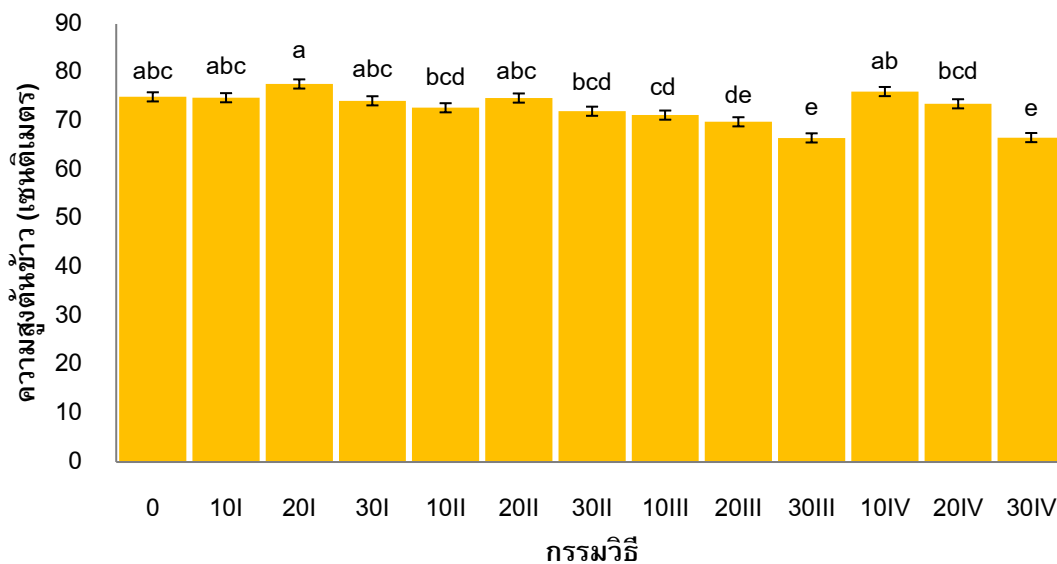
การศึกษาผลการกระตุ้นเชิงกลต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์หอมธรรมชาติ ได้แก่ ความสูงต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวราก จำนวนราก น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งราก พบว่าจำนวนครั้งและระยะเวลาในการกระตุ้นเชิงกลมีอิทธิพลต่อตัวชี้วัดการเจริญเติบโตของข้าว ดังกล่าว ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 3 แนวทาง ได้แก่ (1) การกระตุ้นเชิงกลมีอิทธิพลทำให้ตัวชี้วัดการเจริญเติบโตต้นข้าวมีแนวโน้มลดลง (2) การกระตุ้นเชิงกลมีอิทธิพลทำให้ตัวชี้วัดการเจริญเติบโตต้นข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และ (3) การกระตุ้นเชิงกลไม่ส่งผลกระทบต่อตัวชี้วัดการเจริญเติบโตต้นข้าว โดยตัวชี้วัดการเจริญเติบโตต้นข้าวที่มีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ได้แก่ ความสูงและความยาวราก (รูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาจากความสูงของต้นข้าวในรูปที่ 1 นั้นพบว่าจำนวนครั้งและระยะเวลาในการกระตุ้นเชิงกลที่มากขึ้นส่งผลให้ต้นข้าวมีความสูงลดลง สอดคล้องกับรายงานของ Leon และคณะ (2001) ที่ว่าการกระตุ้นเชิงกลส่งผลให้พืชผลิต abscisic acid ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่ออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชในปริมาณที่มากกว่าสภาวะปกติ เพื่อให้พืชนั้นทนต่อสภาวะเครียดต่าง ๆ ได้ดี ขณะเดียวกัน abscisic acid ทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง โดย

การชะลอการแบ่งเซลล์บริเวณปลายยอด จึงทำให้ต้นพืชมีความสูงน้อยกว่าปกติ (พีรเดช, 2529) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการกระตุ้นเชิงกลด้วยการเลี้ยงเปิดในนาข้าวที่ส่งผลต่อความสูงต้นข้าว โดยการกระตุ้นเชิงกลด้วยการเลี้ยงเปิดทำให้ความสูงต้นข้าวลดลง 8-10 เซนติเมตร (Huang et al., 2012) อย่างไรก็ตาม ความสูงของต้นข้าวในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เช่น กรรมวิธีที่ 2 (10I) กรรมวิธีที่ 3 (20I) กรรมวิธีที่ 4 (30I) กรรมวิธีที่ 6 (20II) และกรรมวิธีที่ 11 (10IV) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม โดยกรรมวิธีต่าง ๆ ดังกล่าวต้นข้าวมีความสูง 74.2-77.7 เซนติเมตร ขณะที่ต้นข้าวในกรรมวิธีควบคุมมีความสูง 75.0 เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าจำนวนครั้งและระยะเวลาในการกระตุ้นเชิงกลในกรรมวิธีดังกล่าว นั้น จัดเป็นสภาวะความเครียดที่ไม่ส่งผลกระทบต่อความสูงของต้นข้าว จึงมีแนวโน้มที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการผลิตข้าวต่อไป ยกเว้นกรรมวิธีที่ 9 (20III), กรรมวิธีที่ 10 (30III) และกรรมวิธีที่ 13 (30IV) ที่มีความสูงต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

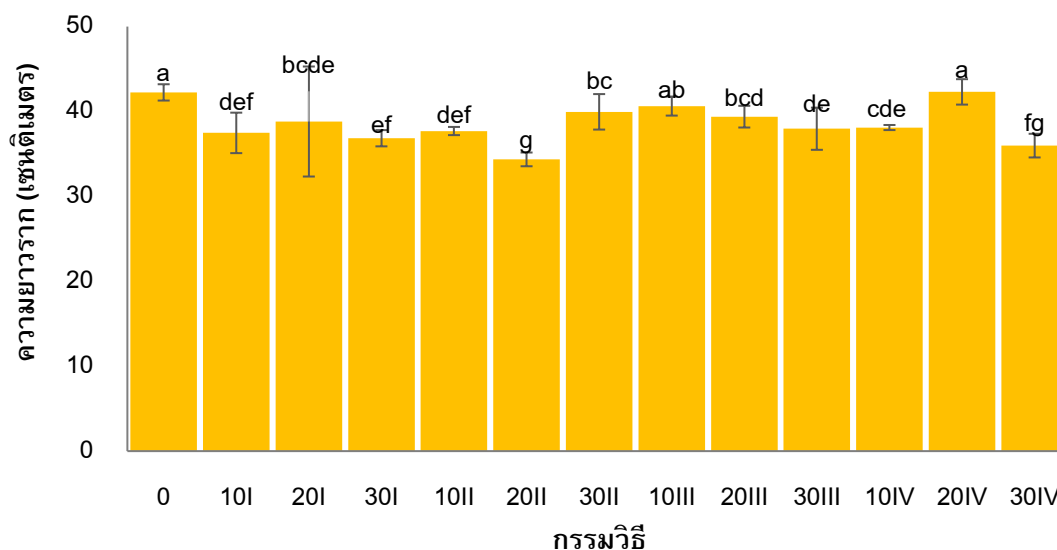
เมื่อพิจารณาความยาวรากของข้าวในรูปที่ 2 พบว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสในแต่ละกรรมวิธี ส่วนใหญ่ทำให้ต้นข้าวมีความยาวรากอยู่ระหว่าง 34.4-40.6 เซนติเมตร ซึ่งจัดว่าลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (ความยาวราก 42.25 เซนติเมตร) สอดคล้องกับรายงานของ Iijima และ Kono (1991) และ Colombi และคณะ (2017) พบว่าการกระตุ้นเชิงกลส่งผลให้ต้นข้าวและธัญพืชต่าง ๆ มีความยาวรากลดลง นอกจากธัญพืชแล้วการกระตุ้นเชิงกลยังส่งผลให้พืชใบเลี้ยงคู่มีความยาวรากลดลงด้วยเช่นกัน เช่น *Arabidopsis* sp. (Okamoto et al., 2008) อย่างไรก็ตาม การกระตุ้นเชิงกลยังส่งผลให้ต้นข้าวมีจำนวนรากเฉลี่ย 12.5-17.1 ราก ซึ่ง

เพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุมที่มีจำนวนรากเฉลี่ย 11.1 ราก (รูปที่ 5) สอดคล้องกับรายงานของ Chiantante et al. (2007); Scippa et al. (2008); Richter et al. (2009) และ Lombardi et al. (2017)

ซึ่งพบว่าการกระตุ้นเชิงกลส่งผลให้พืชมีการแตกรากแขนงเพิ่มขึ้น และ Yuan et al. (2011) และ Łukaszuk และ Ciereszko (2012) พบว่า พืชตระกูลหญ้ามีการสร้างรากเพื่อยึดเกาะมากขึ้น เมื่อได้รับการกระตุ้นให้เกิดความเครียดจากแรงลม



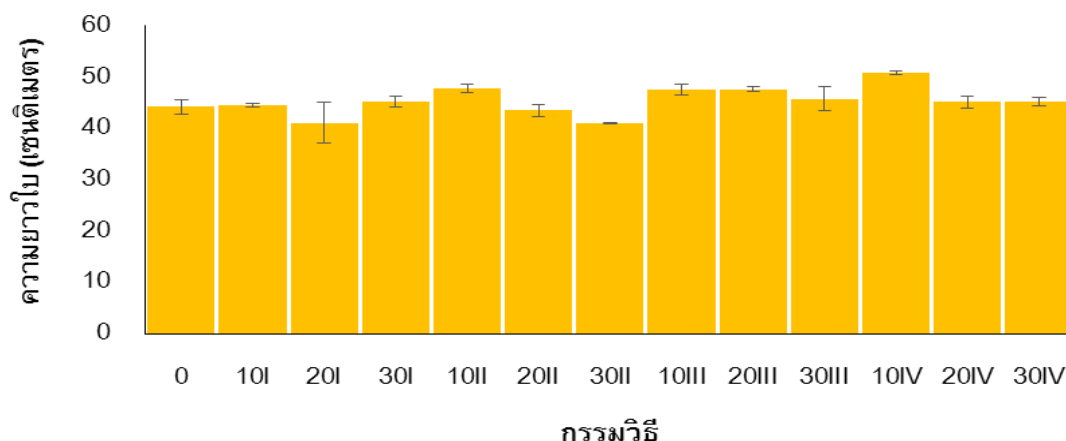
รูปที่ 1 ความสูงข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล



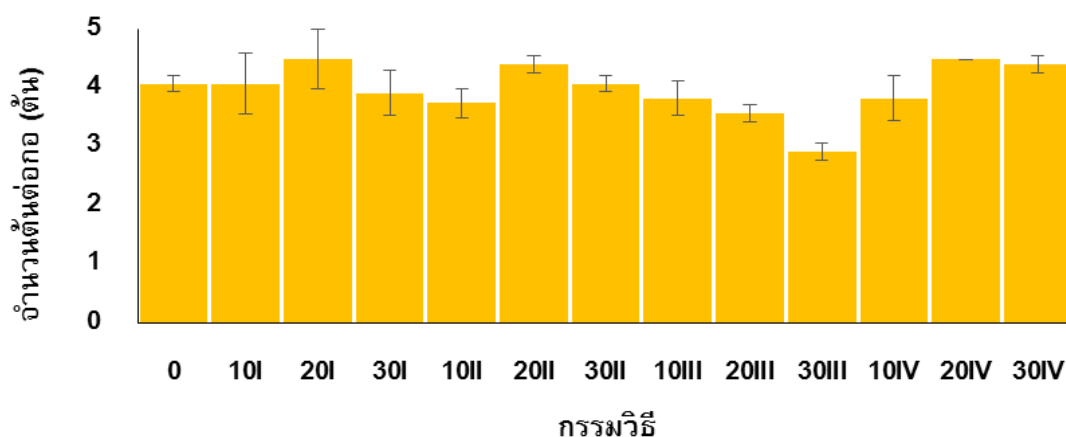
รูปที่ 2 ความยาวรากข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล

สำหรับตัวชี้วัดการเจริญเติบโตต้นข้าวที่ไม่ได้รับผลกระทบจากการกระตุ้นเชิงกล ได้แก่ ความยาวใบและจำนวนต้นตอก ($p > 0.05$) (รูปที่ 3 และ 4) และตัวชี้วัดการเจริญเติบโตต้นข้าวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม ได้แก่ จำนวนราก ความกว้างใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งราก (รูปที่ 5 ถึง 8) เมื่อพิจารณาความกว้างใบในรูปที่ 6 นั้น พบว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสในแต่ละกรรมวิธี ส่งผลให้ความกว้าง

ใบมีค่าเฉลี่ย 0.52-0.66 เซนติเมตร ซึ่งจัดว่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (ความกว้างใบ 0.47 เซนติเมตร) เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งลำต้นในรูปที่ 7 นั้น พบว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสในแต่ละกรรมวิธี ส่งผลให้น้ำหนักแห้งลำต้นมีค่าเฉลี่ย 0.82-1.28 กรัม ซึ่งจัดว่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (น้ำหนักแห้งลำต้น 0.73 กรัม) เมื่อพิจารณาน้ำหนักแห้งรากในรูปที่ 8 นั้น พบว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการ



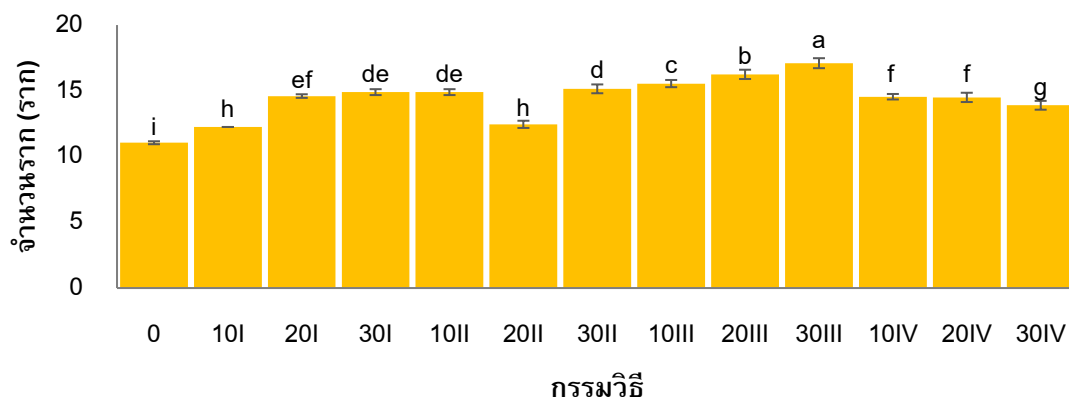
รูปที่ 3 ความยาวใบข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล



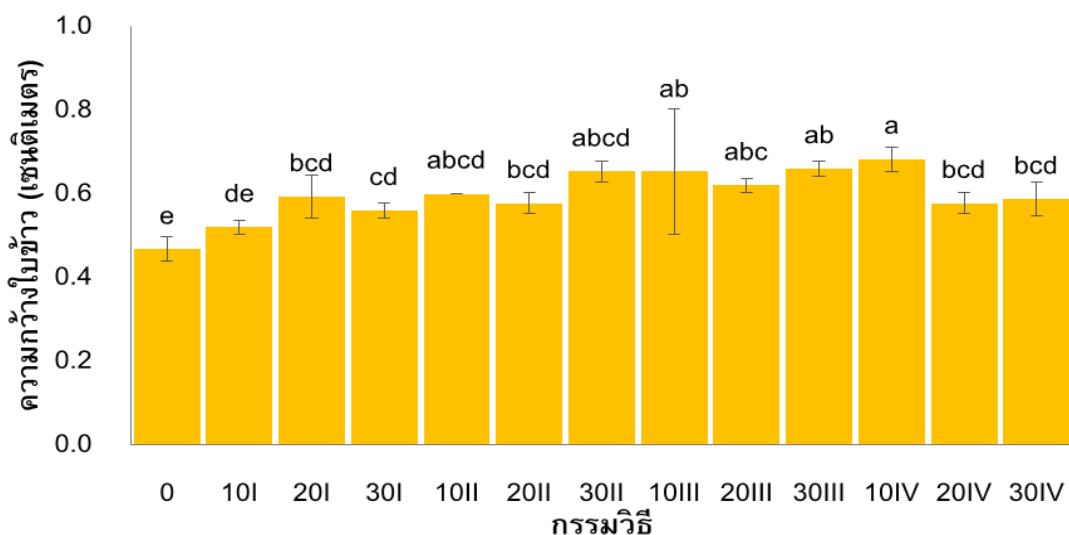
รูปที่ 4 จำนวนต้นตอกข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล

สัมผัสในแต่ละกรรมวิธี ส่งผลให้น้ำหนักแห้งรากมีค่าเฉลี่ย 2.29-3.35 กรัม ซึ่งจัดว่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (น้ำหนักแห้งราก 2.58 กรัม) สอดคล้องกับรายงานของ ลิลลี่ (2546) ที่พบว่าการกระตุ้นเชิงกลส่งผลให้ข้าวในระยะแตกกอมีความกว้างใบและความยาวใบเพิ่มขึ้น Wanrawee และคณะ (2017) รายงานว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการสัมผัสส่งผลให้ต้นมะค่าโมงมีน้ำหนักแห้งลำต้นมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ามีรายงานเกี่ยวกับการกระตุ้นเชิงกลส่งผล

ให้เซลล์พืชมีความยาวเพิ่มขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและจำนวนของ cortical cell เพิ่มขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ stele เพิ่มขึ้น ท่อลำเลียงน้ำมีความหนาเพิ่มขึ้น ท่อลำเลียงน้ำมีไฟเบอร์เพิ่มขึ้น ท่อลำเลียงน้ำมีเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น การแบ่งเซลล์เพิ่มขึ้น รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ (Scholefield and Hall, 1985; Iijima and Kato, 2007; Bingham *et al.*, 2010; Lipiec *et al.*, 2012; Colombi *et al.*, 2017)



รูปที่ 5 จำนวนรากข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล

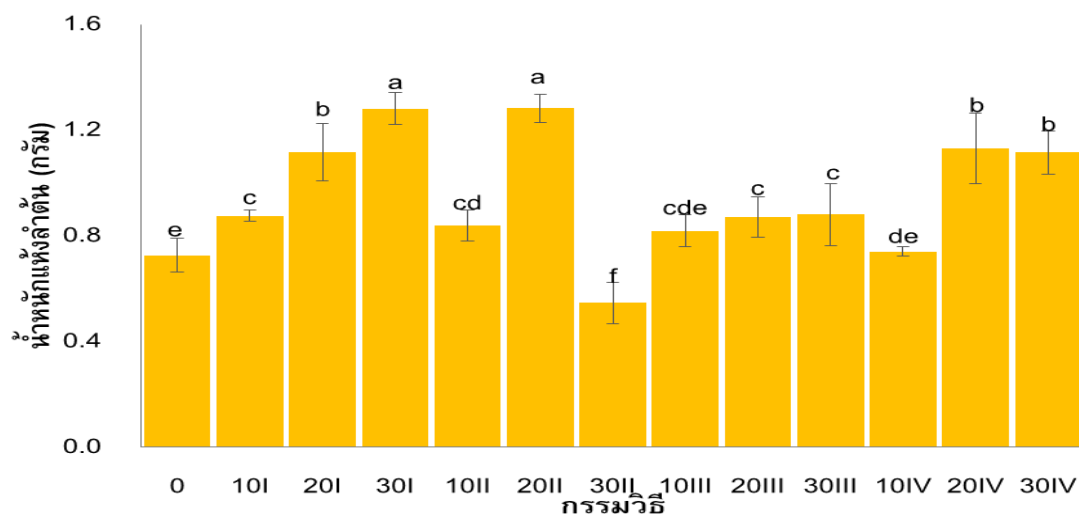


รูปที่ 6 ความกว้างใบข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล

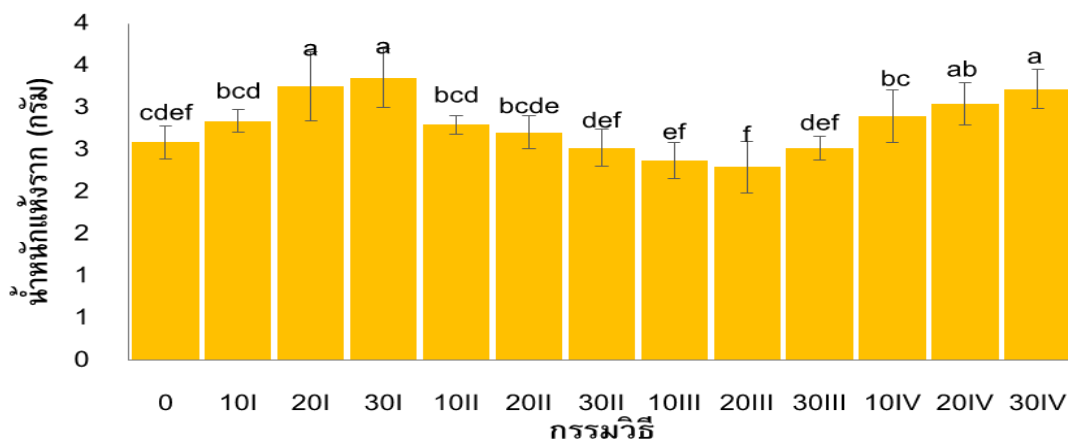
3.2 ผลการกระตุ้นเชิงกลต่อผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์

การศึกษาผลการกระตุ้นเชิงกลต่อผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์ ได้แก่ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง และปริมาณผลผลิตต่อไร่ พบว่ากรรมวิธีที่ 6 (20II) และกรรมวิธีที่ 12 (20IV) ส่งผลให้ข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์มีจำนวนรวงต่อกอสูงสุดเฉลี่ย 3.8 และ 3.7 รวงตามลำดับ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ และกรรมวิธี

ควบคุม (รูปที่ 9) ขณะที่กรรมวิธีที่ 3 (20I) กรรมวิธีที่ 4 (30I) กรรมวิธีที่ 6 (20II) และกรรมวิธีที่ 13 (30IV) ส่งผลให้ข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์มีจำนวนเมล็ดต่อรวงเฉลี่ยสูงสุด 62.65-67.97 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ และกรรมวิธีควบคุม (รูปที่ 10) อีกทั้งกรรมวิธีที่ 4 (30I) กรรมวิธีที่ 6 (20II) และกรรมวิธีที่ 13 (30IV) ยังส่งผลให้ข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์มีจำนวนเมล็ดลีบเฉลี่ยต่อรวงต่ำสุด 32.5-37.4 เปอร์เซ็นต์และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



รูปที่ 7 จำนวนรวงต่อต้นข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล



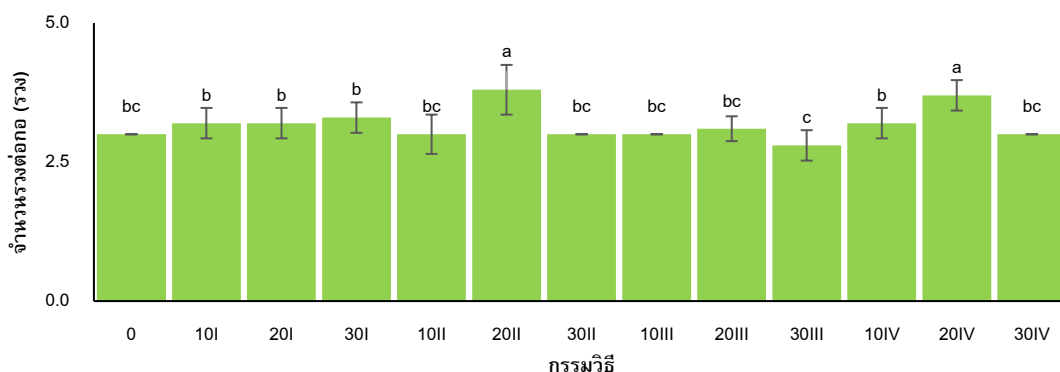
รูปที่ 8 จำนวนเมล็ดต่อรวงข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์อายุ 45 วัน หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล

($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีอื่น ๆ และกรรมวิธีควบคุม (รูปที่ 11) เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตต่อไร่พบว่า กรรมวิธีที่ 4 (30I) และกรรมวิธีที่ 6 (20II) ส่งผลให้ ข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติมีผลผลิตต่อไร่สูงสุด 1,961 และ 2,094 กิโลกรัมต่อไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (938 กิโลกรัมต่อไร่) (รูปที่ 12) แสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นเชิงกลมีอิทธิพลต่อการเพิ่มผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติ 109 และ 123 เปอร์เซ็นต์ ในกรรมวิธีที่ 4 และกรรมวิธีที่ 6 ตามลำดับ เนื่องจากกระตุ้นเชิงกลทำให้ต้นข้าวมีความอุดมสมบูรณ์ทางด้านสรีรวิทยา (มีจำนวนรากเพื่อยึดเกาะมากขึ้น ความกว้างใบเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้น) จึงส่งผลให้ปริมาณผลผลิตสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการกระตุ้นเชิงกลที่

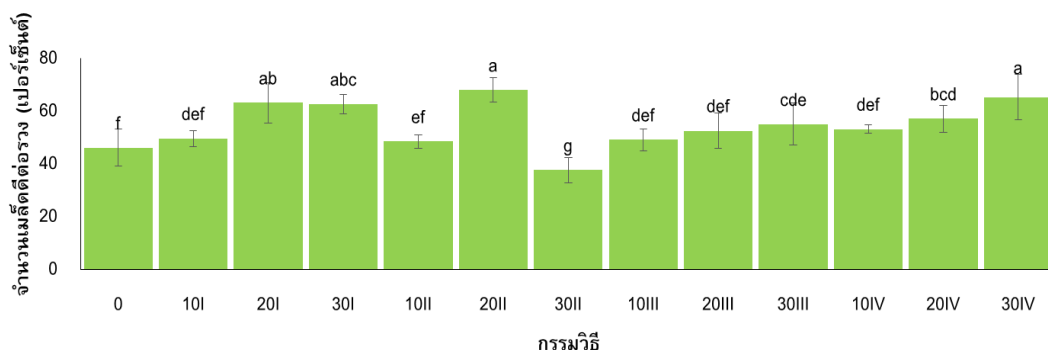
เหมาะสมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบการปลูกข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติ ได้แก่ การสัมผัสต้นกล้าข้าวอายุ 3-14 วัน ด้วยไม้บัดฝุ่นติดมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 256.8 เซนติเมตรต่อวินาทีนาน 20 นาที จำนวน 2 ช่วงเวลาต่อวัน (20II) และการสัมผัสนาน 30 นาที จำนวน 1 ช่วงเวลาต่อวัน (30I)

4. สรุป

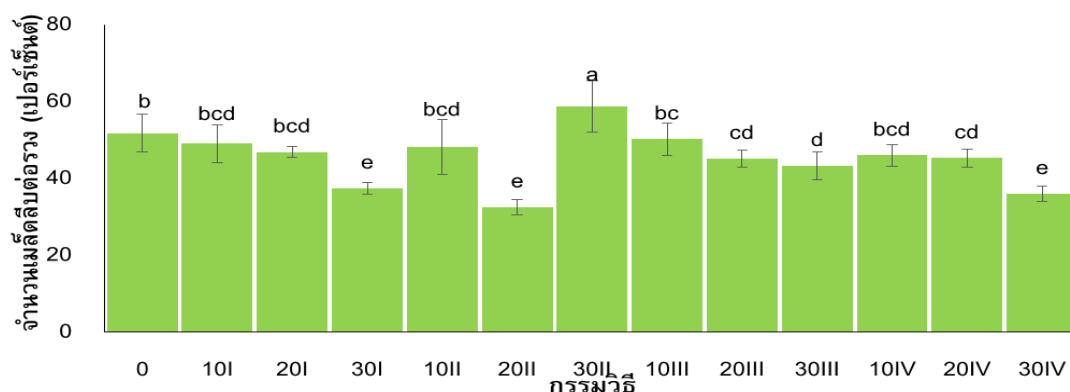
การศึกษาผลการกระตุ้นเชิงกลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติ ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนต้นตอกอ ความกว้างใบ ความยาวใบ ความยาวราก จำนวนราก น้ำหนักแห้งลำต้น น้ำหนักแห้งราก จำนวนรวงตอกอ จำนวนเมล็ดตอกอ จำนวนเมล็ดลีบตอกอ และปริมาณ



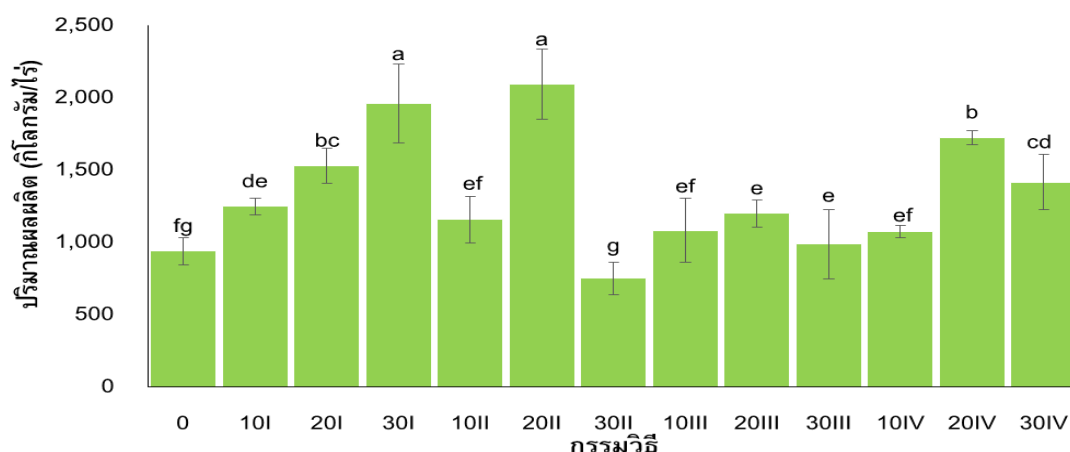
รูปที่ 9 จำนวนรวงตอกอของข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติหลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล



รูปที่ 10 จำนวนเมล็ดตอกอของข้าวพันธุ์หอมธรรมชาติหลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล



รูปที่ 11 จำนวนเมล็ดลึบต่อแถวของข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล



รูปที่ 12 ปริมาณผลผลิตต่อไร่ของข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์หลังการกระตุ้นด้วยวิธีกล

ผลผลิตต่อไร่ พบว่าการกระตุ้นเชิงกลด้วยการใช้ไม้ปัตฝุ่นติดมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 256.8 เซนติเมตรต่อวินาที นาน 20 นาที จำนวน 2 ช่วงเวลาต่อวัน (20II) หรือการกระตุ้นเชิงกลด้วยการใช้ไม้ปัตฝุ่นติดมอเตอร์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 256.8 เซนติเมตรต่อวินาที นาน 30 นาที จำนวน 1 ช่วงเวลาต่อวัน (30I) ส่งผลให้ข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์มีความสูงต้นและความยาวรากลดลง ขณะที่ความกว้างใบ น้ำหนักแห้งลำต้น และน้ำหนักแห้งรากเพิ่มขึ้น และส่งผลให้ข้าวพันธุ์หอมธรรมศาสตร์มีผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้น 123 และ 109 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

5. รายการอ้างอิง

- นวรรตน์ อุดมประเสริฐ, 2558, สรีรวิทยาของพืช ภายใต้สภาวะเครียด, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 237 น.
- พีรเดช ทองอำไพ, 2529, ฮอริโมนพืชและสารสังเคราะห์ : แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย, คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 196 น.
- ลิลลี่ กาวิตะ, 2546, เซลล์พืช, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 320 น.

- Bessire, M., Chassot, C., Jacquat, A.C., Humphry, M., Borel, S. and Petetot, J., 2007, A permeable cuticle in *Arabidopsis* leads to a strong resistance to *Botrytis cinerea*, EMBO J. 26: 2158-2168.
- Biddington, N.L. and Dearman, A.S., 1985, The effect of mechanically induced stress on the growth of cauliflower, lettuce and celery seedlings, Ann. Bot. 55: 109-119.
- Bingham, I.J., Bengough, A.G. and Rees, R.M., 2010, Soil compaction-N interactions in barley: Root growth and tissue composition, Soil Tillage Res. 106: 241-246.
- Chakhatrakan, S., Chakhatrakan, V., Motoda, Y. and Ota, Y., 1994, Effect of stimulation on growth and yield of vegetable crop, Jap. J. Crop Sci. 63: 546-548.
- Chassot, C., Nawrath, C. and Métraux, J.P., 2007, Cuticular defect lead to full immunity to a major plant pathogen, Plant J. 49: 972-980.
- Chiatante, D., Scippa, G.S., di Iorio, A., de Micco, V. and Sarnataro, M., 2007, Lateral root emission in woody taproots of *Fraxinus ornus* L., Plant Biosyst. 141: 204-213.
- Colombi, T., Kirchgessner, N., Walter, A. and Keller, T., 2017, Root tip shape governs root elongation rate under increased soil strength, Plant Physiol. 174: 2289-2301.
- Łukaszuk, E. and Ciereszko, I., 2012, Plant Responses to Wounding Stress, pp. 73-85, In Łaska, G. (Ed.), Biological Diversity: From Cell to Ecosystem, Polish Botanical Society, Białystok.
- Grace, J. and Russell, G., 1977, The effect of wind on grasses: III. Influence of continuous drought or wind on anatomy and water relations in *Festuca arundinacea* Schreb, J. Exp. Bot. 28: 268-278.
- Hossain, S.T., Sugimoto, H., Ahmed, G.J.U. and Islam, M.R., 2005, Effect of integrated rice-duck farming on rice yield, farm productivity, and rice-provisioning ability of farmers, Asian J. Agric. Develop. 2: 79-86.
- Huang, Z.X., Zhang, J.N., Liang, K.M., Quan, G.M. and Zhao, B.L., 2012, Mechanical stimulation of duck on rice phyto-morphology in rice-duck farming system, Chinese J. Ecol. 20: 717-722.
- Iijima, M. and Kono, Y., 1991, Interspecific differences of the root system structures of four cereal species as affected by soil compaction, Jap. J. Crop Sci. 60: 130-138.
- Iijima, M. and Kato, J. and Taniguchi, A., 2007, Combined soil physical stress of soil drying, anaerobiosis and mechanical impedance to seedling root growth of four crop species, J. Plant Prod. Sci. 10: 451-459.
- Kazushige, S., 1974, Studies on the feeding habits of the brown planthopper, *Nilaparvata lugen* (STÅL) (Hemiptera: Delphacidae): IV. Probing stimulant, Appl. Entomol. Zool. 9: 204-213.
- Leon, J., Rojo, E. and Sanchez-Serrano, J.J., 2001, Wound signaling in plants, J. Exp. Bot. 52: 1-9.
- Lipiec, J., Horn, R., Pietrusiewicz, J. and Siczek,

- A., 2012, Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species, *Soil Tillage Res.* 121: 74-81.
- Lombardi, F., Scippa, G.S., Lasserre, B., Montagnoli, A., Tognetti, R., Marchetti, M. and Chiatante, D., 2017, The influence of slope on *Spartium junceum* root system: morphological, anatomical and biomechanical adaptation, *J. Plant Res.* 130: 515-525.
- Okamoto, T., Tsurumi, S., Shibasaki, K., Obana, Y., Takaji, H., Oono, Y. and Rahman, A., 2008, Genetic dissection of hormonal responses in the roots of *Arabidopsis* grown under continuous mechanical impedance, *Plant Physiol.* 146: 1651-1662.
- Richter, G.L., Monshausen, G.B., Krol, A. and Gilroy, S., 2009, Mechanical stimuli modulate lateral root organogenesis, *Plant Physiol.* 151: 1855-1866.
- Scholefield, D. and Hall, D.M., 1985, Constricted growth of grass roots through rigid pores, *Plant Soil* 85: 153-162.
- Scippa, G.S., Trupiano, D., Rocco, M., Di Iorio, A. and Chiatante, D., 2008, Unraveling the response of poplar (*Populus nigra*) roots to mechanical stress imposed by bending, *Plant Biosyst.* 142: 401-413.
- Senaratna, T., Touchell D., Bunn E. and Dixon K., 2000, Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants, *Plant Growth Regul.* 30: 157-161.
- Teng, Q., Hu, X.F., Lou, F., Cheng, C., Ge, X., Yang, M. and Liu, L., 2016, Influences of introducing frog in the paddy fields on soil properties and rice growth, *J. Soils Sediments* 16: 51-61.
- Vidya, C. and Shivaraman, R., 2014, Effect of different types of music on *Rosa Chinensis* plants, *Int. J. Environ. Sci. Develop.* 5: 431-434.
- Wanrawee, J., Somchai, C., Phakpen, P. and Preuk, C., 2017, Effect of mechanical stimulation on growth of *Azadirachta indica*, 4th Inter Academia Asia Conference, Hotel Associa Shizuoka, Shizuoka.
- Yuan, S., Weiming, H., Xu, P. and Ming, D., 2011, Partial mechanical stimulation facilitates the growth of the rhizomatous plant *Leymus secalinus*: Modulation by clonal integration, *Ann. Bot.* 107: 693-697.
- Zhang, C., Li, X., He, Y., Zhang, J., Yan, T. and Liu, X., 2017, Physiological investigation of C4-phosphoenolpyruvate-carboxylase-introduced rice line shows that sucrose metabolism is involved in the improved drought tolerance, *Plant Physiol.* 115: 328-342.