อิทธิพลของน้ำส้มควันไม้และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตในระยะแตกกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ด

Effects of Hydrogen Peroxide and Wood Vinegar on Growth in Tillering Stage Of Khao Dawk Mali 105 Rice in Tung Kula Ronghai, Roi Et

ศิวากร พลคำ (Siwakorn Ponkham)* ดร.กัลยา กองเงิน (Dr.Kanlaya Kongngern)**

บทคัดย่อ

เพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของข้าวที่ปลูกในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ดในช่วงปี พ.ศ. 2560 โดยการฉีดพ่นสารทางใบ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลของน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางในอัตราส่วน 1:300 และ 1:200 และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น1 และ 2 มิลลิโมลาร์ต่อการเจริญในระยะแตกกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ผลจากการศึกษาพบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าน้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนการแตกหน่อ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม และพบว่า เฉพาะกลุ่มทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ มีค่าเปอร์เซ็นต์การการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุมจากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าการให้น้ำส้มควันไม้และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แก่ข้าวในระยะแตกกอไม่ส่งผลต่อการเจริญและการแตกกอของข้าว ในขณะที่การให้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นสูงจะส่งผลให้พืชได้รับความเครียดมากขึ้น

ABSTRACT

In order to increase rice production in Tung Kula Ronghai area, Roi Et in 2017, the experiments were performed to study the effects of foliar spraying withwood vinegar (wood vinegar per water = 1:300and 1:200) and hydrogen peroxide (1mM and 2mM) on growth in tillering stage of rice cv. Khao Dawk Mali 105. The results showed that shoot fresh weight, shoot dry weight, number of clumps and relative water content in all treatment groups are not found statistically significant when compared to control group. We also found that electrolyte leakage is increased only in rice, which were sprayed with 2mM of hydrogen peroxide, when compared to control group. This result suggested that foliar spraying with wood vinegar and hydrogen peroxide do not affect plant growth and tillering while high concentration of hydrogen peroxide enhances plant stress.

คำสำคัญ: กรดไพโรลิกเนียส ข้าว การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์

Keywords: Pyroligneous acid, *Oryza sativa* L., Electrolyte leakage

** นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

ข้าวเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย โดยเฉพาะข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่ได้รับความนิยมในการบริโภคสูงที่สุดเนื่องจากมีลักษณะของเมล็ดที่เรียวงาม และมีคุณภาพการหุงต้มดีมาก เมื่อหุงสุกมีกลิ่นหอมและนุ่มน่ารับประทาน ซึ่งพบว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีคุณภาพดีที่สุดและมีชื่อเสียงพื้นที่เป็นแหล่งปลูกของประเทศไทยเนื่องจากมีปริมาณสารหอม 2-Acetyl-1-Pyrroline (2-AP)ในเมล็ดสูงกว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในพื้นที่อื่นๆ อย่างไรก็ตามข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตนี้แม้จะมีปริมาณสารหอมในเมล็ดข้าวสูง แต่ผลผลิตต่อไร่ที่ได้ส่วนใหญ่จะค่อนข้างต่ำกว่าเมื่อเทียบการปลูกในเขตพื้นที่อื่นๆ สาเหตุอาจเนื่องมาจากพื้นที่ในเขตนี้ เป็นพื้นที่ดินเค็ม และเป็นดินขาดความอุดมสมบูรณ์ รวมทั้งได้รับสภาวะเครียดแล้งจากการที่ฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานานๆปัญหาเหล่านี้ทำให้ข้าวที่ปลูกแบบนาหว่านในเขตนี้ตั้งแต่ต้นปีและเก็บเกี่ยวช่วงปลายปี เกิดสภาวะเครียดเป็นช่วงๆ และส่งผลให้ข้าวมีการสร้างและสะสมปริมาณสารหอมในเมล็ดมากกว่าข้าวที่ปลูกในพื้นที่นาข้าวทั่วไป

น้ำส้มควันไม้ หรือน้ำส้มไม้ (wood vinegar) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า กรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) เป็นของเหลวสีน้ำตาลใส และผลิตได้จากการควบแน่นของควันจากการเผาถ่าน สามารถนำมาใช้กระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช ป้องกันและกำจัดศัตรูพืชได้ มีรายงานว่าการฉีดพ่นทางใบด้วยน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางในอัตราส่วน 1:300 ร่วมกับการใส่มูลไก่ 600 กิโลกรัม สามารถช่วยให้ข้าวออกดอกเร็วขึ้น มีจำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดดีต่อกอ น้ำหนักเมล็ดต่อกอ น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และผลผลิตต่อไร่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ชญานิษฐ์, 2550; ศิริวรรณ, 2551) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า การฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในความเข้มข้นต่ำ 1-2 มิลลิโมลาร์ สามารถช่วยกระตุ้นให้พืชเกิดสภาวะเครียดได้ในระดับหนึ่ง และส่งให้พืชปรับตัวได้ดีดีกว่าพืชที่ไม่ได้รับการฉีดพ่น เมื่อปลูกพืชภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ การปรับตัวของพืชภายใต้สภาวะเครียดนั้นจะช่วยให้พืชสร้างและสะสมปริมาณสารหอม 2-AP เพิ่มมากขึ้น (ปีย์วรา, 2548, Yoshihashi et al., 2004)

อย่างไรก็ตามจะพบว่า การศึกษาวิจัยรูปแบบการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ให้มีผลผลิตต่อไร่สูงขึ้นควบคู่ไปกับการกระตุ้นให้ข้าวสามารถสร้างและสะสมปริมาณสารหอม 2-AP ในเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มสูงขึ้น ยังมีข้อมูลอยู่น้อยมาก

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาอิทธิพลของน้ำส้มควันไม้และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการเจริญของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ จังหวัดร้อยเอ็ด

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ทำการปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ที่ตั้งอยู่ในเขต ตำบลโนนสวรรค์ อำเภอปทุมรัตต์จังหวัดร้อยเอ็ด ในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ในปี พ.ศ. 2560

แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) โดยแบ่งแปลงนา ออกเป็นแปลงย่อยๆ ขนาด 5x6 ตารางเมตร ออกเป็น 4 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 แปลง คือ 1) กลุ่มควบคุม 2) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยน้ำส้มควันไม้ที่เจือจางในอัตราส่วน 1:200 และ 1:300 3) กลุ่มที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 มิลลิโมลาร์ และ 4) กลุ่มที่ฉีดพ่นทางใบด้วยน้ำส้มควันไม้ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (น้ำส้มควันไม้ 1:200 ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1 หรือ 2 มิลลิโมลาร์ และน้ำส้มควันไม้ 1:300 ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1 หรือ 2 มิลลิโมลาร์)

การปลูกข้าวและการฉีดพ่นสาร

ทำการปักดำต้นกล้าข้าวอายุ 25 วัน โดยใช้ต้นกล้า 1 ต้นต่อจับ ระยะห่างของการปลูก 25x25 เซนติเมตร ปักดำจำนวน 20x21 ต้น โดยเริ่มฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้เมื่อต้นข้าวอายุ 42 วัน และฉีดพ่นไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้นต่างๆ เมื่อต้นข้าวอายุ 49วัน (หลังฉีดพ่นด้วยน้ำส้มควันไม้ 7 วัน) จากนั้นเก็บตัวอย่างต้นข้าวและใบข้าว เมื่อต้นข้าวอายุ 56วัน (หลังฉีดพ่นด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 7 วัน) เพื่อนำมาวัดค่าการเจริญเติบโต (น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้น ความสูงของต้น) และพารามิเตอร์บางประการเช่น ปริมาณน้ำสัมพัทธ์และเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์

การวัดค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (Relative water content: RWC)

วัดค่าปริมาณนำสัมพัทธ์ตามวิธีการของ Turner (1981) โดยตัดใบข้าวขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร จำนวน 3-5 ชิ้น ชั่งน้ำหนักสด (fresh weight: FW) ของใบพืช จากนั้นนำไปลอยในน้ำกลั่น 5 มิลลิลิตร ในหลอดฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตรเป็นเวลา 6 ชั่วโมง เมื่อครบตามเวลาที่กำหนดนำใบพืชมาซับน้ำออกก่อนทำการชั่งน้ำหนักใบที่มีน้ำอิ่มตัว (rehydrated fresh weight: RFW) จากนั้นนำใบพืชไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนกว่าใบพืชจะแห้งจากนั้นทำการชั่งน้ำหนักแห้ง (dry weight: DW) นำน้ำหนักที่ชั่งได้มาคำนวณหาค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์จากสูตร

$$\text{Relative water content} = [(FW-DW)x100]/(RFW-DW)$$

การวัดค่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์ (Electrolyte leakage: EL)

หาค่าเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์ ตามวิธีการของ Dionis-Sese and Tobita (1998) โดยนำตัวอย่างใบข้าวน้ำหนัก 0.1กรัม ใส่ในหลอดฝาเกลียวขนาด 15 มิลลิลิตร ที่มีน้ำปราศจากไอออน10 มิลลิลิตร นำหลอดตัวอย่างไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นวัดค่าการนำไฟฟ้าครั้งที่ 1 (EC_1) นำหลอดตัวอย่างไปนึ่งที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที รอจนเย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำมาวัดค่าการนำไฟฟ้าครั้งที่ 2 (EC_2) คำนวณค่าการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์โดยใช้สูตร

$$EL\ (\%) = (EC_1/EC_2)x100$$

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) ตามแผนการทดลองและเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของกลุ่มทดลองด้วยวิธี Duncan's New Multiple Rang Tests (DMRT) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ (SAS, 1995)

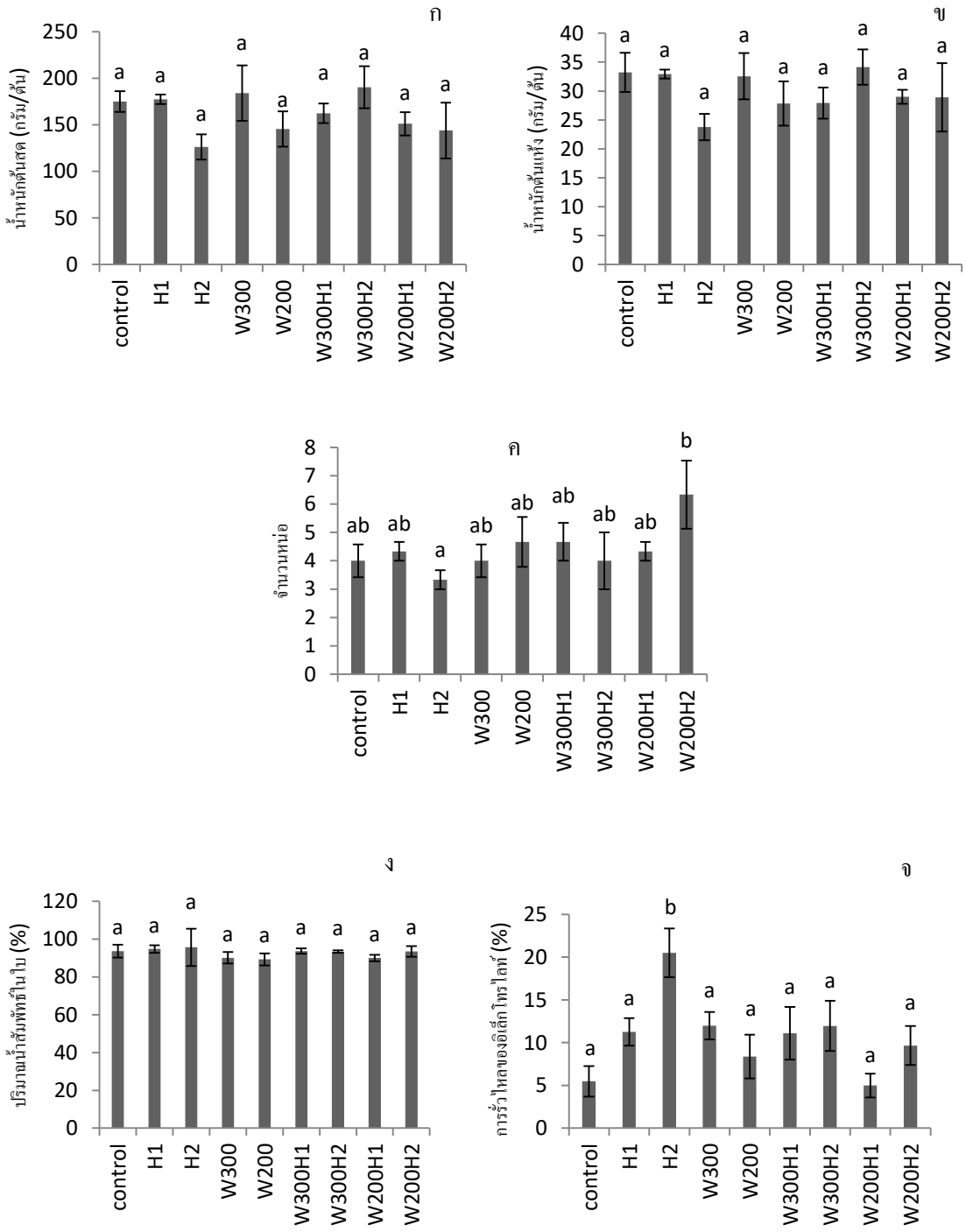
ผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาการฉีดพ่นน้ำส้มควันไม้และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ต่อการเจริญของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในระยะแตกกอ พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าน้ำหนักต้นสด น้ำหนักต้นแห้ง จำนวนการแตกหน่อ และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 1ก, 1ข และ 1ง) อย่างไรก็ตาม พบว่า กลุ่มทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ต้นข้าวแตกกอน้อยที่สุด โดยมีจำนวนหน่อเท่ากับ 3 หน่อต่อต้นกล้าที่ปลูก เมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ และกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยน้ำส้มควันไม้ 1:200 ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ มีจำนวนการแตกหน่อมากสุดคือ เท่ากับ 6 หน่อต่อต้นกล้าที่ปลูก ขณะที่กลุ่มควบคุม มีค่าการแตกหน่อเพียง 4 หน่อต่อต้นกล้าที่ปลูก (ภาพที่ 1ค) และพบว่า ทุกกลุ่มทดลอง ยกเว้นกลุ่มทดลองการฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์มีค่าเปอร์เซ็นต์การการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุมโดยกลุ่มทดลองที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ต้นข้าวมีค่าเปอร์เซ็นต์การการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์มากที่สุด (20.5 เปอร์เซ็นต์) โดยแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองอื่นๆ และกลุ่มควบคุม (ภาพที่ 1จ)

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาพบว่า การฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มิลลิโมลาร์ส่งผลให้พืชเกิดความเครียดเพิ่มขึ้น สังเกตได้จากเปอร์เซ็นการรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์ที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ขณะที่การฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น 1 หรือ 2 มิลลิโมลาร์ หรือน้ำส้มควันไม้ที่เจือจาง 1:200 หรือ 1:300 เพียงอย่างเดียว ไม่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาวิจัยของ ชญานิษฐ์ (2550) ที่รายงานว่า ผลของการฉีดพ่นทางใบด้วยน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำอัตราเจือจาง 1:200, 1:250, 1:300, 1:350, 1:400, 1:500, 1:600, 1:700, 1:800 และ 1:1000 ทุกๆ 15 วันจนถึง 15 วันก่อนเก็บเกี่ยว และการฉีดพ่นทางใบด้วยน้ำส้มควันไม้ต่อน้ำอัตรา 1:1000 ทุกๆ 7 วัน พบว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ไม่มีผลทำให้ความสูง จำนวนการแตกหน่อ ดัชนีพื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่การใช้น้ำส้มควันไม้อัตราเจือจาง 1:300-350 มีแนวโน้มที่ข้าวมีการเจริญเติบโตทางลำต้น จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดต่อกอดีขึ้น

จากการศึกษาในครั้งนี้จึงสรุปได้ว่า การฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 2 มิลลิโมลาร์ส่งผลให้พืชเกิดความเครียดเพิ่มขึ้น เหมาะสมต่อการกระตุ้นให้พืชเกิดความเครียด เพื่อช่วยให้พืชสร้างและสะสมปริมาณสารหอม 2-AP เพิ่มมากขึ้น โดยไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าว



ภาพที่ 1 น้ำหนักสดต้น (ก) น้ำหนักแห้งต้น (ข) การแตกหน่อ (ค) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (ง) และเปอร์เซ็นต์การรั่วไหลของอิเล็กโทรไลท์ (จ) ของต้นกล้าระยะแตกกอของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับการฉีดพ่นทางใบด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ความเข้มข้น1 และ 2 มิลลิโมลาร์ (H1 และ H2) น้ำส้มควันไม้ที่เจือจางในอัตราส่วน 1:300 และ 1:200 (W300 และ W200) และน้ำส้มควันไม้ร่วมกับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ [พยัญชนะภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05); ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean ± SE)]

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย โครงการวิจัยบูรณาการมุ่งเป้าด้านข้าว ปี พ.ศ. 2561 และกลุ่มวิจัยข้าวทนเค็ม ของมหาวิทยาลัยขอนแก่นขอขอบคุณคุณบุญเที่ยง ไชยแสน และคุณศิวกร ไชยแสน ที่อนุเคราะห์สถานที่ปลูกข้าว

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. รายงานสถานการณ์การเพาะปลูกข้าวปี 2559/60 รอบที่ 1 [ออนไลน์] 2559 [อ้างเมื่อ 3 มกราคม 2559]. จาก http://www.ricethailand.go.th/web/home/images/brps/text2559/15092559/15092559.pdf

กัลยา กองเงิน, ดวงสมร ตุลาพิทักษ์, ทศพล บัวผัน,นาภ ภูวงศ์ผา, ปิยะดา ธีรกุลพิศุทธิ์, ศิริรัตน์ วงศ์ประกรณ์กุล. ตัวบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ที่มีผลต่อคุณภาพ ผลผลิตและระดับความหอมของข้าวหอมและการเก็บรวบรวมสายพันธุ์ข้าวหอมในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ของจังหวัดร้อยเอ็ด. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2550.

ชญานิษฐ์ รวมตะคุ. ผลของการใช้น้ำส้มควันไม้ต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2550.

นฤมล ธนานันต์, วิภาวรรณ ประสิทธิ์, ธีระชัย ธนานันต์. การจำแนกข้าวพันธ์ขาดดอกมะลิ 105 พันธุ์ปรับปรุงจากพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเทคนิคแฮตอาร์เอพีดี. Thai Journal of Science and Technology.1(3): 169-179; 2555.

ปีย์วรา มีไชโย. 2548 อิทธิพลของความเค็มต่อการสะสมโพรลีน สารให้ความหอม 2-acetyl-l-pyrroline (2AP) และดีเอ็นเอเครื่องหมายในข้าวขาวดอกมะลิ 105. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ]. มหาสารคาม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2548.

ศิริวรรณ ทิพรักษ์. ผลของน้ำส้มควันไม้และปุ๋ยคอกต่อการเจริญเติบโตผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105. [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. การส่งออกสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ของประเทศไทย. สถิติการค้าสินค้าเกษตรไทยกับต่างประเทศ ปี 2559 [วารสารออนไลน์]. 15-69; 2559.

Dionisio-sese ML, Tobita S. Antioxidant response of rice seeding to salinity stress. Plant Science 1998; 135: 1-9.

Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable for Development 29(1): 185–212; 2009.

Golldack D, Li C, Mohan H, Probst N. Tolerance to drought and salt stress in plants: unraveling the signaling networks. Frontiers in Plant Science. 5: 151; 2014.

Guzel1 S, Terzi R. Exogenous hydrogen peroxide increases dry matter production, mineral content and level of osmotic solutes in young maize leaves and alleviates deleterious effects of copper stress. Botanical Studies. 54(26); 2013.

Ismail SZ, Khandaker MM, Mat N, Boyce AN. Effects of hydrogen peroxide on growth, development and quality of fruits: A Review.Journal of Agronomy. 14: 331-336; 2015.

Kilic S, Kahraman A. The Mitigation Effects of exogenous hydrogen peroxide when alleviating seed germination and seedling growth inhibition on salinity-induced stress in barley. Polish Journal of Environmental Studies. 25(3): 1053-1059; 2016.

Slesak I, Libik M, Karpinska B, Karpinski S, Miszalski Z. The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses. ActaBiochimicaPolonica 54(1): 39-50.; 2007.

Turner NC. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant Soil 58: 339-36; 1981.

Yoshihashi T, Nguyen TTH, Inatomi H. Precursors of 1-Acetyl-1-Pyrroline, a potent flavor compound of an aromatic rice variety. Japan Agricultural Chemistry 50(7): 2001-2004; 2002.