ศักยภาพของกรดซาลิไซลิกในการปรับปรุงการเจริญเติบโตของข้าวภายใต้สภาวะความเครียด[1/]

Potential of Salicylic Acid in Enhancing Growth of Rice under Stress Conditions[1/]

ผู้ทำสัมมนา **นายณัฐดนัย ขันธุรา[2/]**

อาจารย์ที่ปรึกษา

บทคัดย่อ

กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid)เป็นสารประกอบกลุ่มฟีนอลที่มีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความต้านทานให้กับพืชทั้งในด้านการเจริญเติบโต และการตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมที่เป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืชได้รับ ความเครียดของพืช คือสภาวะที่พืชเจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเพิ่มภาระหรือความต้องการของพืชให้มากขึ้น ผลกระทบจากความเครียดอาจทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง ให้ผลผลิตต่ำลง เกิดความเสียหายถาวร หรืออาจถึงขั้นตายได้ ด้วยเหตุผล นี้ จึงได้มีการศึกษาค้นคว้า รวบรวม และวิเคราะห์ พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิกทั้งในรูปแบบการแช่เมล็ด และการพ่นทางใบ สามารถช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดเพิ่มความยาวรากและต้นกล้า เพิ่มน้ำหนักแห้งของต้น และลดผลกระทบจากเกลือ โดยเฉพาะในข้าวดำพันธุ์ 'Sembada Hitam' ที่ปลูกภายใต้ความเค็มระดับปานกลาง และในสภาพที่มีทั้งความเค็มและแห้งแล้งร่วมกันการใช้กรดซาลิไซลิกยังช่วยบรรเทาความรุนแรงของโรคไหม้ข้าวได้อย่างมีนัยสำคัญทาง และส่งผลให้ข้าวมีจำนวนรวง เมล็ดต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตลอด 3 ฤดูปลูกติดต่อกัน ดั้งนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากรดซาลิไซลิกมีบทบาทสำคัญในการเสริมสร้างความต้านทานให้แก่พืชทั้งในด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตที่ดีให้แก่พืชได้

คำสำคัญ: กรดซาลิไซลิก; ข้าว; ความเครียด

[1/]เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนาพืชไร่

[2/]นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

กรดซาลิไซลิก (Salicylic acid: SA) เป็นสารประกอบฟีนอลโมเลกุลขนาดเล็กที่พบได้ทั่วไปในพืช และเมื่อนำมาใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะไม่เป็นอันตรายต่อพืชเอง มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเจริญเติบโตของพืช เช่น การกระตุ้นการออกดอก การเจริญของราก การงอกของเมล็ด นอกจากนี้ กรดซาลิไซลิกยังมีส่วนเกี่ยวข้องในการควบคุมการตอบสนองของพืชต่อความเครียดทั้งทางชีวภาพและทางกายภาพ (Shan et al., 2024) ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชอาหารหลักที่มีความสำคัญต่อความมั่นคงทางอาหารของประชากรกว่าครึ่งโลก โดยเฉพาะในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทย ซึ่งข้าวเป็นทั้งอาหารหลักและสินค้าส่งออกที่สำคัญ อย่างไรก็ตาม การผลิตข้าวในปัจจุบันต้องเผชิญกับข้อจำกัดมากมาย เช่น ความเค็มในดิน ความแห้งแล้ง โรคพืช และการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจในปัจจุบัน ซึ่งล้วนส่งผลต่อผลผลิตอย่างมีนัยสำคัญ สัมมนานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการใช้กรดซาลิไซลิกมีผลช่วยเพิ่มการงอกของเมล็ดส่งเสริมความแข็งแรงของต้นกล้า เพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ และช่วยลดความรุนแรงของซึ่งส่งผลให้องค์ประกอบของผลผลิตดีขึ้น เช่น จำนวนรวง เมล็ดต่อต้น และผลผลิตต่อไร่

ความเครียดของพืช (Plant stress) คือสภาวะที่พืชเจริญเติบโตภายใต้สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเพิ่มภาระหรือความต้องการของพืชให้มากขึ้น ผลกระทบจากความเครียดอาจทำให้พืชมีการเจริญเติบโตลดลง ให้ผลผลิตต่ำลง เกิดความเสียหายถาวร หรืออาจถึงขั้นตายได้ หากระดับความเครียดเกินขีดจำกัดที่พืชสามารถทนได้

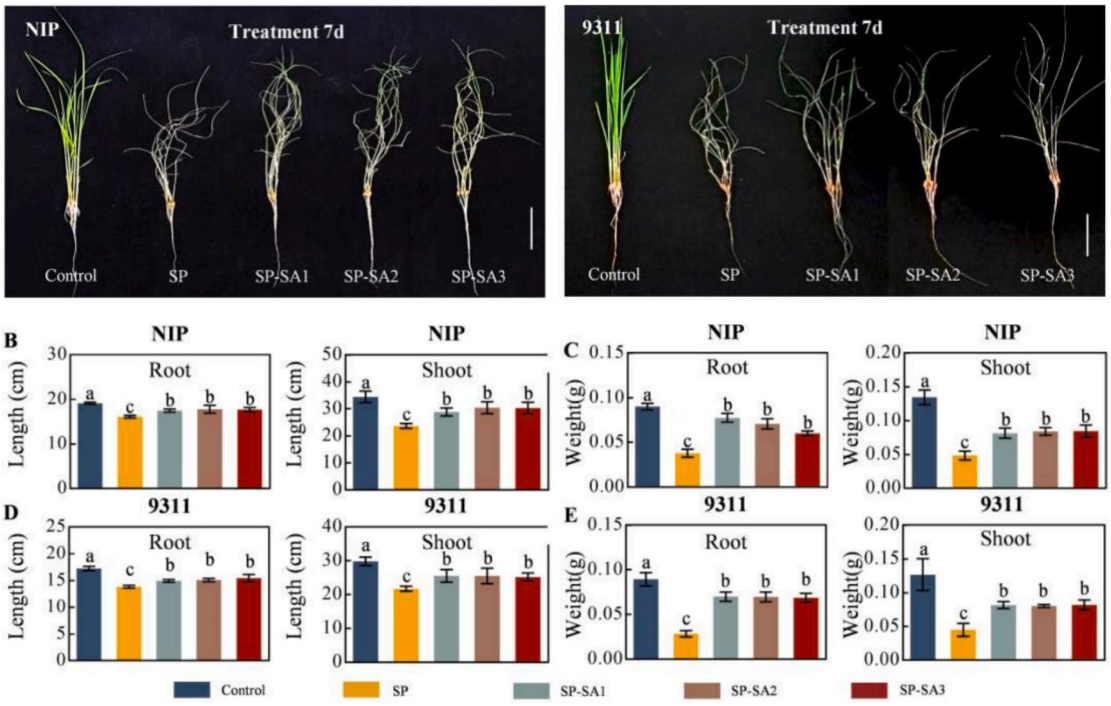
ปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเครียดของพืชสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

1. ปัจจัยไม่ใช่สิ่งมีชีวิต (Abiotic factors) ได้แก่ ปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น แสง น้ำ และอุณหภูมิ
2. ปัจจัยทางชีวภาพ (Biotic factors) ได้แก่ สิ่งมีชีวิตอื่นที่อยู่ร่วมในสิ่งแวดล้อมและมีปฏิสัมพันธ์กับพืช เช่น เชื้อโรค และแมลงศัตรูพืช

การตอบสนองของพืชต่อความเครียดมักเกี่ยวข้องกับกลไกในระดับโมเลกุลที่ซับซ้อน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของการแสดงออกของยีน และเครือข่ายการควบคุมต่าง ๆ (Mosa, Ismail, & Helmy, 2017)

ผลของกรดซาลิไซลิกภายใต้ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง

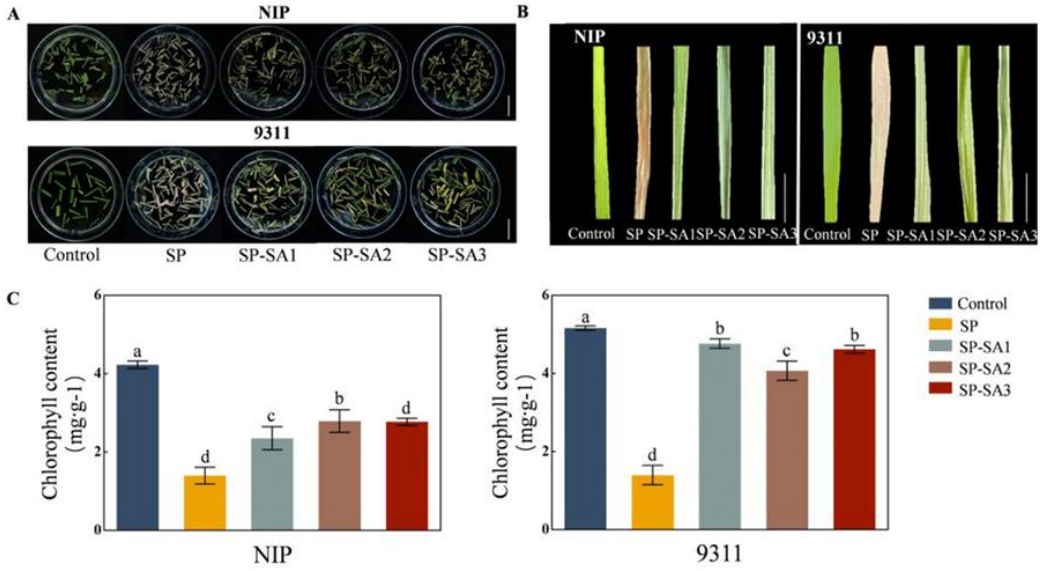
Shan et al.,(2024) ได้ทำการศึกษาผลของกรดซาลิไซลิก ต่อการเจริญเติบโต สรีรวิทยา และการแสดงออกของยีนในต้นกล้าข้าวภายใต้ความเครียดจากเกลือและภัยแล้ง โดยมีการทดลองกับข้าวสายพันธุ์ NIP (จาโปนิกา) และ 9311 (อินดิกา) พบว่าการเจริญเติบโตของข้าวทั้งสองสายพันธุ์ ได้แก่ NIP และ 9311 ถูกยับยั้งในระดับที่แตกต่างกันเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (**ภาพที่ 1**) โดยความยาวราก ความสูงของต้น และน้ำหนักแห้งของรากและลำต้นของต้นข้าวทั้งสองสายพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับแต่ความเครียด (SP) พบว่าความยาวรากของข้าวสายพันธุ์ NIP ในกลุ่ม SP-SA1, SP-SA2 และ SP-SA3 เพิ่มขึ้นเป็น 1.09 เท่า, 1.11 เท่า และ 1.10 เท่าของกลุ่ม SP ตามลำดับ และความสูงของต้นเพิ่มขึ้น 21.8%, 28.6% และ 28.1% ตามลำดับ (**ภาพที่ 1**) ขณะที่น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดินเพิ่มขึ้น 68.3%, 73.8% และ 74.5% และน้ำหนักแห้งของส่วนใต้ดินเพิ่มขึ้น 103.9%, 86.0% และ 58.8% ตามลำดับ (**ภาพที่ 1**)



ที่มา: Shan et al.,(2024)

ภาพที่ 1 กรดซาลิไซลิกช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวภายใต้สภาวะเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง A: ลักษณะภายนอกของต้นกล้าข้าวพันธุ์ NIP และ 9311 หลังได้รับการปฏิบัติต่าง ๆ B: ความยาวของรากและลำต้นของพันธุ์ NIP C: น้ำหนักแห้งของรากและลำต้นของพันธุ์ NIP D: ความยาวของรากและลำต้นของพันธุ์ 9311 E: น้ำหนักแห้งของรากและลำต้นของพันธุ์ 9311

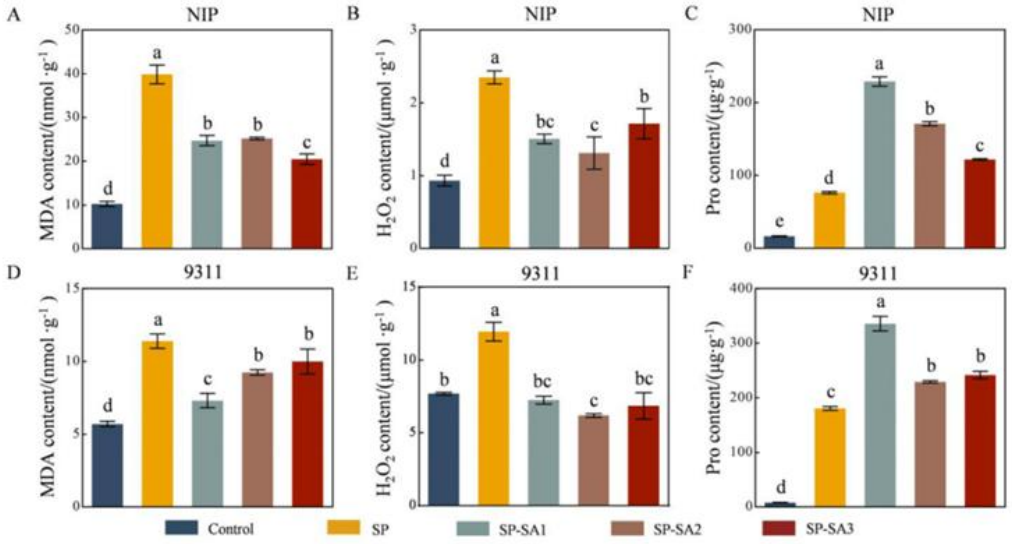
ปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นกล้าข้าวสายพันธุ์ NIP และ 9311 ลดลง 66.90% และ 72.9% ตามลำดับ ภายใต้สภาวะความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง (**ภาพที่ 2**) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่ม SP (ที่ได้รับเกลือ + PEG โดยไม่เติม กรดซาลิไซลิก) พบว่า การใช้กรดซาลิไซลิกสามารถเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นกล้าข้าวได้อย่างชัดเจน โดยในสายพันธุ์ NIP ปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น 68.17%, 99.42% และ 26.58% สำหรับกลุ่ม SP-SA1, SP-SA2 และ SP-SA3 ตามลำดับ ขณะที่ในสายพันธุ์ 9311 พบว่าคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้นมากถึง 240.7%, 190.9% และ 230.2%



ที่มา: Shan et al.,(2024)

ภาพที่ 2 กรดซาลิไซลิกช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ในต้นกล้าข้าวภายใต้ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง A: ภาพลักษณะภายนอกของใบต้นกล้าข้าวหลังจากได้รับการปฏิบัติต่าง ๆ B: ภาพขยายเฉพาะใบของต้นกล้าข้าวเพื่อแสดงลักษณะภายนอกหลังจากได้รับการปฏิบัติ C: ปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นกล้าข้าวสายพันธุ์ NIP และ 9311

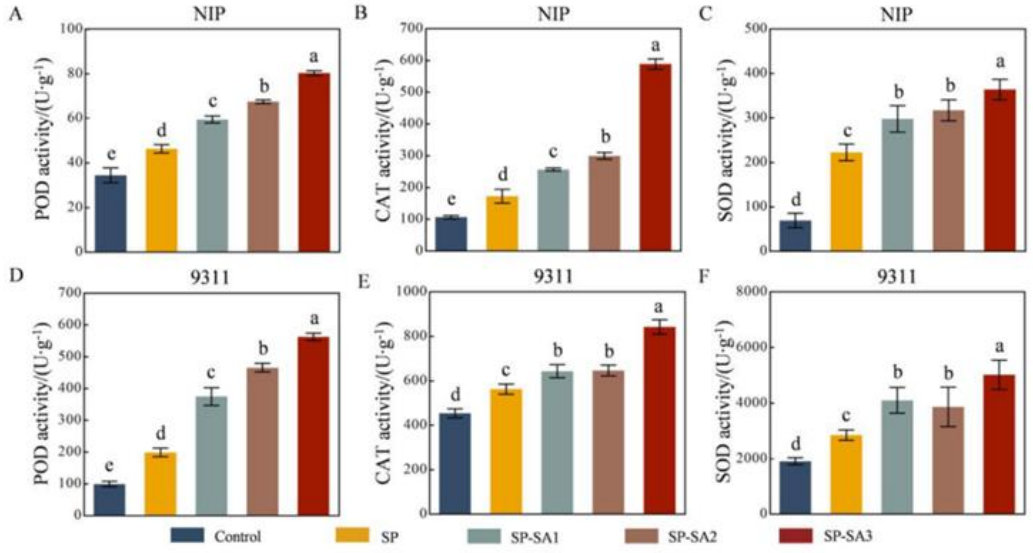
ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้งทำให้ต้นกล้าข้าวสายพันธุ์ NIP มีปริมาณ MDA, H_2O_2 และ Proline เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยเพิ่มขึ้น 289.4%, 152.2% และ 364.2% ตามลำดับ ขณะที่สายพันธุ์ 9311 เพิ่มขึ้น 200.0%, 55.2% และมากถึง 2,113.5% ตามลำดับ (**ภาพที่ 3**) เมื่อใช้กรดซาลิไซลิกภายนอกในความเข้มข้น 0.1, 0.2 และ 0.3 mM ภายใต้สภาวะเครียดดังกล่าว พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณ MDA และ H_2O_2 ได้อย่างมีนัยสำคัญรวมถึงช่วยเพิ่มปริมาณ Proline ทั้งในสายพันธุ์ NIP และ 9311



ที่มา: Shan et al.,(2024)

ภาพที่ 3 ผลของกรดซาลิไซลิกต่อปริมาณ MDA, H_2O_2 และโพรลีนของต้นกล้าข้าวภายใต้ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง A: ปริมาณ MDA ของข้าวพันธุ์ NIP B: ปริมาณ H_2O_2 ของข้าวพันธุ์ NIP C: ปริมาณ Proline ของข้าวพันธุ์ NIP D: ปริมาณ MDA ของข้าวพันธุ์ 9311 E: ปริมาณ H_2O_2 ของข้าวพันธุ์ 9311 F: ปริมาณ Proline ของข้าวพันธุ์ 9311

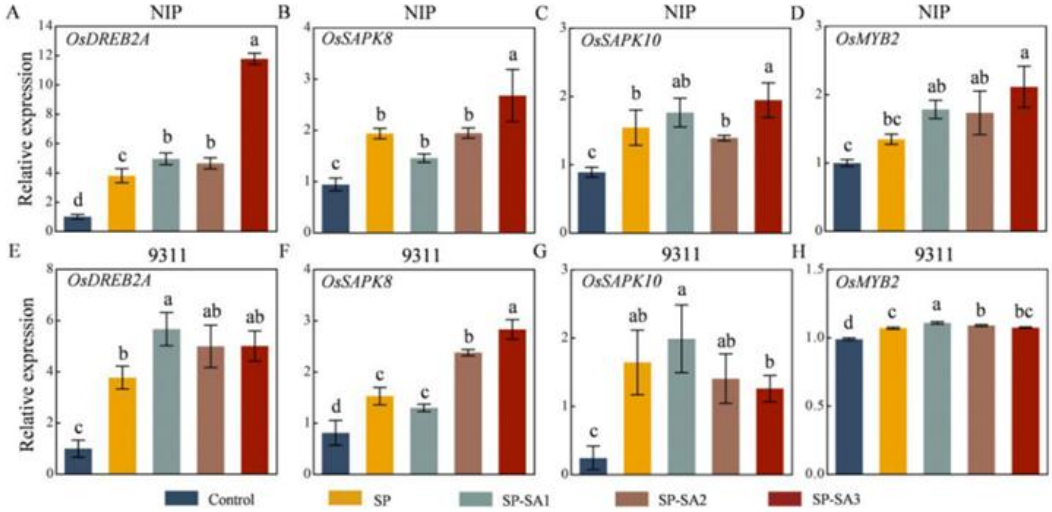
ภายใต้สภาวะความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง กิจกรรมของเอนไซม์ POD, CAT และ SOD ในข้าวสายพันธุ์ NIP เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ 134.2%, 161.4% และ 319.5% ตามลำดับ (ภาพที่ 4) ในขณะที่ในข้าวสายพันธุ์ 9311 พบว่ากิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวเพิ่มขึ้น 199.5%, 123.9% และ 149.3% ตามลำดับ (**ภาพที่ 4**) ชี้ให้เห็นว่า ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้งสามารถกระตุ้นให้ต้นข้าวเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์แอนติออกซิแดนต์ และการใช้กรดซาลิไซลิกช่วยส่งเสริมกระบวนการนี้ ทำให้ระบบป้องกันอนุมูลอิสระในต้นข้าวทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น



ที่มา: Shan et al.,(2024)

ภาพที่ 4 กรดซาลิไซลิกช่วยเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์แอนติออกซิแดนต์ในต้นกล้าข้าวภายใต้ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง A: กิจกรรมของเอนไซม์ POD ของข้าวพันธุ์ NIP B: กิจกรรมของเอนไซม์ CAT ของข้าวพันธุ์ NIP C: กิจกรรมของเอนไซม์ SOD ของข้าวพันธุ์ NIP D: กิจกรรมของเอนไซม์ POD ของข้าวพันธุ์ 9311 E: กิจกรรมของเอนไซม์ CAT ของข้าวพันธุ์ 9311 F: กิจกรรมของเอนไซม์ SOD ของข้าวพันธุ์ 9311

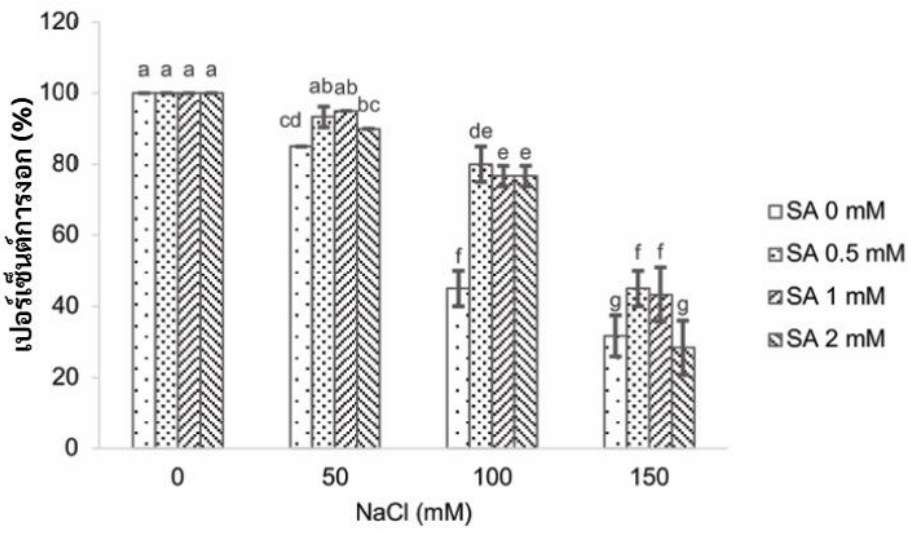
การแสดงออกของยีน พบว่า ยีน OsDREB2A, OsSAPK8, OsSAPK10 และ OsMYB2 มีระดับการแสดงออกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญภายใต้ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง (SP) เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยในพันธุ์ NIP ยีนเหล่านี้เพิ่มขึ้น 277%, 105%, 73% และ 4% ตามลำดับ ขณะที่ในพันธุ์ 9311 เพิ่มขึ้น 277%, 89%, 564% และ 8% ตามลำดับ (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ผลของกรดซาลิไซลิกต่อการแสดงออกของยีนที่ตอบสนองต่อความเครียดในต้นกล้าข้าวภายใต้ความเครียดจากเกลือและความแห้งแล้ง A–D: การวิเคราะห์การแสดงออกของยีน OsDREB2A, OsSAPK8, OsSAPK10, และ OsMYB2 ในข้าวพันธุ์ NIP โดยใช้เทคนิค qRT-PCR E–H: การวิเคราะห์การแสดงออกของยีน OsDREB2A, OsSAPK8, OsSAPK10, และ OsMYB2 ในข้าวพันธุ์ 9311 โดยใช้เทคนิค qRT-PCR

ผลของกรดซาลิไซลิกในข้าวดำเซมบาดาฮิตัมภายใต้ความเค็ม(NaCl)

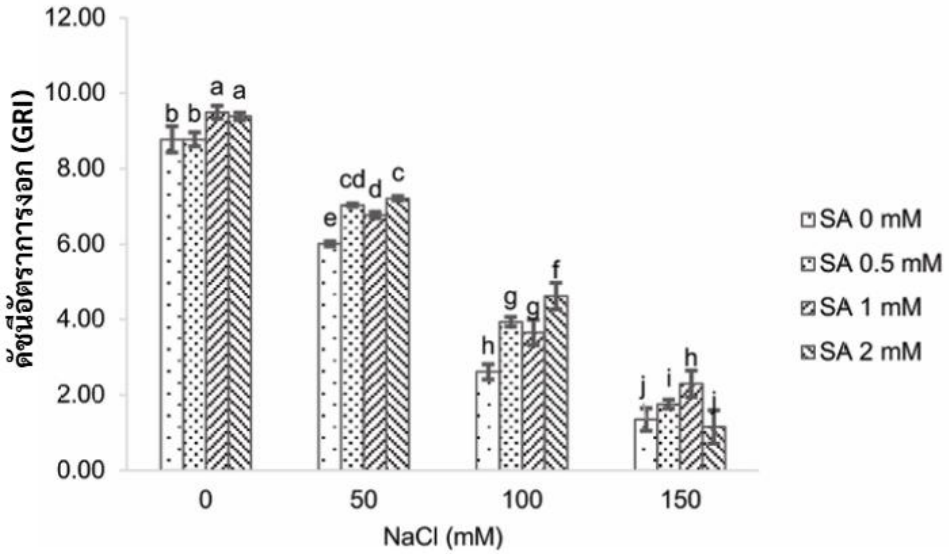
Widiawati et al.,(2024) ได้ทำการศึกษาผลของกรดซาลิไซลิกของข้าวดำเซมบาดาฮิตัมภายใต้ความเครียดเค็ม(NaCl) โดยการทดลองประกอบด้วยปัจจัย 2 ปัจจัย คือ สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 50, 100 และ 150 มิลลิโมลาร์ (mM) และกรดซาลิไซลิก (SA) ที่ระดับความเข้มข้น 4 ระดับ ได้แก่ 0, 0.5, 1 และ 2 มิลลิโมลาร์ (mM) โดยก่อนการทดลองเมล็ดข้าวดำพันธุ์เซมบาดาฮิตัมถูกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ 5% เป็นเวลา 5 นาทีแล้วล้างด้วยน้ำกลั่นสองครั้ง (ddH_2O) เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นนำเมล็ดไปวางบนกระดาษทิชชูเพื่อให้ความชื้นลดลง จากนั้นแช่เมล็ดในสารละลายกรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 0 (ควบคุม โดยใช้น้ำกลั่น ddH_2O), 0.5, 1 หรือ 2 mM โดยเตรียมสารละลายในบีกเกอร์แก้วขนาด 100 มิลลิลิตร ทำการแช่เมล็ดในอุณหภูมิห้อง (25°C) เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปผึ่งลมบนกระดาษทิชชูที่อุณหภูมิห้อง เพื่อให้เมล็ดแห้ง โดยผลของการแช่เมล็ดด้วยกรดซาลิไซลิก (SA) ตามด้วยความเค็มจากเกลือ (salt stress) ต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ความเค็มจากเกลือทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดที่แช่ด้วยน้ำกลั่น (ddH_2O) ลดลง ในระดับ NaCl 50 mM เมล็ดที่แช่ด้วย SA ที่ความเข้มข้น 0.5 หรือ 1 mM มีเปอร์เซ็นต์การงอกที่ 93.33% และ 95% ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดที่ไม่ได้แช่ด้วย SA มีเปอร์เซ็นต์การงอกประมาณ 85% (ภาพที่ 1) การแช่ด้วย SA ที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1 mM ยังแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในความสูงของต้นกล้าเมื่อถูกความเค็มในระดับ 50, 100, และ 150 mM NaCl เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม



ที่มา: Widiawati et al.,(2024)

ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์การงอก (%) ของเมล็ดข้าวดำพันธุ์ ‘เซมบาดาฮิตัม’ หลังจากได้รับการแช่ด้วยกรดซาลิไซลิก (SA) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ (0, 0.5, 1 หรือ 2 mM) ภายใต้สภาวะความเค็ม (0, 50, 100 หรือ 150 mM NaCl) ตัวอักษรที่แตกต่างกันบนแถบกราฟแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

ผลของการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า ความเค็มมีผลยับยั้งการงอกของข้าวดำพันธุ์เซมบาดาฮิตัมโดยเปอร์เซ็นต์การงอกและค่าดัชนีอัตราการงอก ของข้าวดำลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่ออยู่ภายใต้ความเค็มระดับสูง (100 และ 150 mM NaCl) ผลของการแช่เมล็ดด้วยกรดซาลิไซลิก (SA) และความเค็มจากเกลือ (NaCl) ต่อดัชนีอัตราการงอก (GRI) ของข้าวดำพันธุ์เซมบาดาฮิตัมซึ่งพบว่าภายใต้สภาวะความเค็ม ดัชนี GRI ลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยในสภาวะควบคุมการแช่เมล็ดด้วย กรดซาลิไซลิก ที่ความเข้มข้น 1 และ 2 mM ในสภาวะควบคุมสามารถเพิ่มค่าดัชนีอัตราการงอก แสดงให้เห็นว่า SA ช่วยส่งเสริมอัตราการงอกของเมล็ดในสภาวะปกติในสภาวะเค็ม การแช่เมล็ดด้วย กรดซาลิไซลิก ส่วนใหญ่ช่วยเพิ่มค่าดัชนีอัตราการงอก เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้แช่กรดซาลิไซลิก ยกเว้นในกรณีที่ใช้กรดซาลิไซลิก 2 mM ภายใต้ความเค็มสูง 150 mM ซึ่งกลับทำให้ค่า GRI ลดลง (ภาพที่ 2)



ที่มา: Widiawati et al.,(2024)

ภาพที่ 7 ดัชนีอัตราการงอก (Germination Rate Index: GRI) ของเมล็ดข้าวดำพันธุ์เซมบาดาฮิตัม หลังจากได้รับการแช่ด้วยกรดซาลิไซลิกที่ระดับความเข้มข้น 0, 0.5, 1 หรือ 2 mM ภายใต้สภาวะความเค็ม (0, 50, 100 หรือ 150 mM NaCl) ตัวอักษรที่แตกต่างกันบนแถบกราฟแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P<0.05$

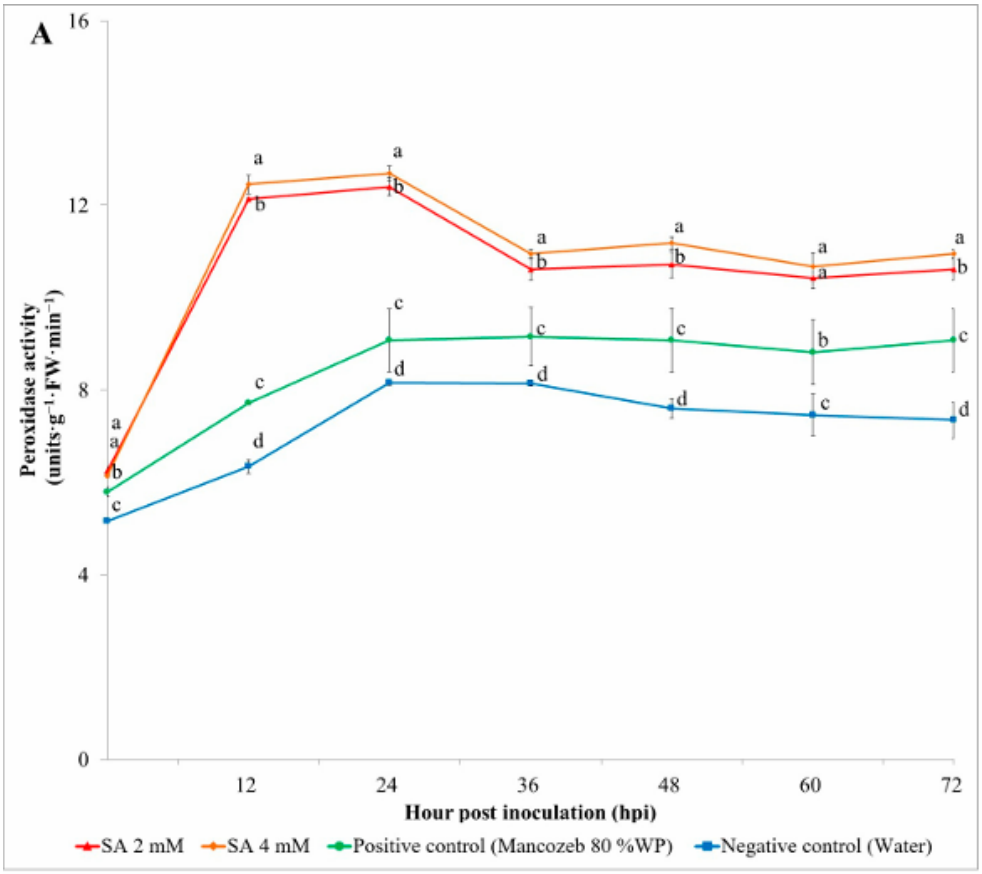
การทดลองแสดงให้เห็นว่า ความเค็มยับยั้งการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยความเข้มข้นของ NaCl ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอก และการเติบโตของต้นกล้าลดลง แต่ผลกระทบนี้ลดลงในเมล็ดที่ผ่านการแช่ด้วยกรดซาลิไซลิก โดยเมล็ดที่แช่ กรดซาลิไซลิก 0.5 mM ภายใต้ NaCl 100 mM มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงสุด และกรดซาลิไซลิก 1 mM ภายใต้ NaCl 50 mM ส่งผลให้ความยาวลำต้นและน้ำหนักสดสูงสุด

ผลของกรดซาลิไซลิกช่วยเพิ่มผลผลิตพืชผ่านการต้านทานเชื้อรา Magnaporthe Oryzae

Thepbandit et al.,(2024) ได้ศึกษาผลของการใช้กรดซาลิไซลิกควบคู่ไปกับวิธีการจัดการตามปกติของเกษตรกร โดยมีการใช้สารควบคุมเชิงบวก (Mancozeb 80% WP) และสารควบคุมเชิงลบ (น้ำ) ในต้นข้าว (*Oryza sativa L.*) โดยมุ่งเน้นที่การทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ระดับของไฟโตฮอร์โมน ความต้านทานโรค และองค์ประกอบของผลผลิตภายใต้สภาวะโรงเรือนและแปลงปลูก ในการทดลองในโรงเรือนพบว่า การใช้กรดซาลิไซลิก สามารถเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ peroxidase (POX), polyphenol oxidase (PPO), catalase (CAT) และ

superoxide dismutase (SOD) ได้อย่างมีนัยสำคัญ ภายใน 12–24 ชั่วโมงหลังจากติดเชื้อ *Magnaporthe oryzae* พบว่าต้นข้าวที่ได้รับกรดซาลิไซลิกมีความรุนแรงของโรคไหม้ข้าวลดลงอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับการควบคุมเชิงลบ (น้ำ)

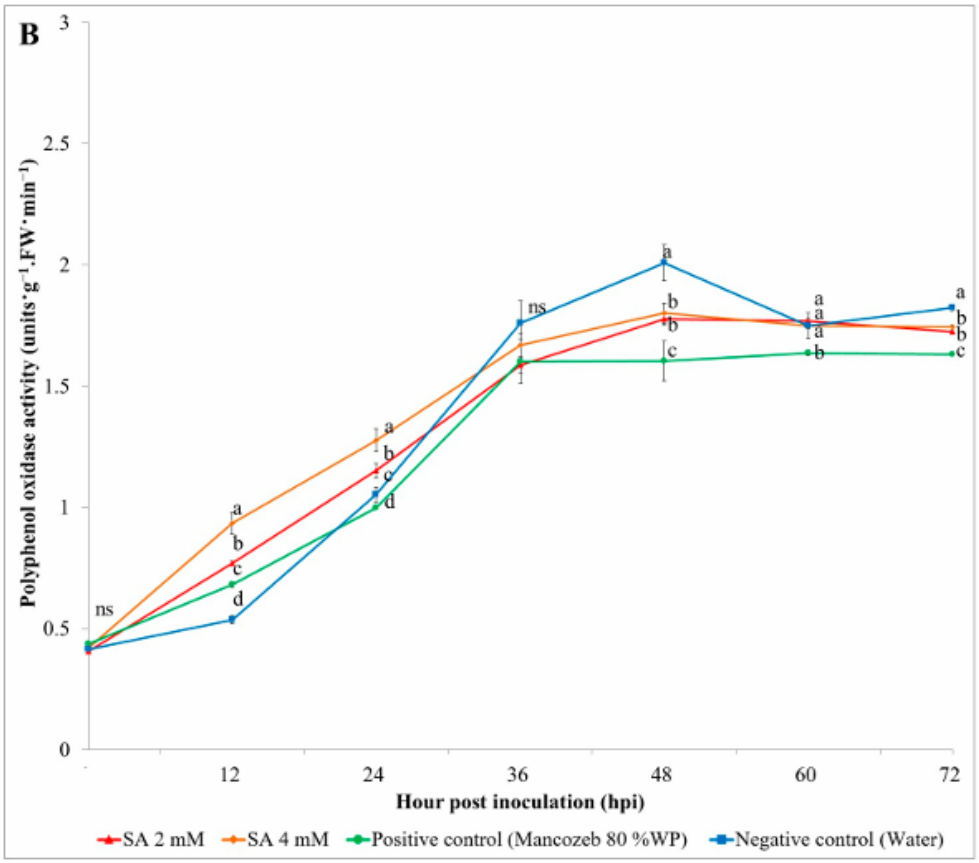
ผลของการจัดการต่าง ๆ ต่อการทำงานของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระในพืช ทั้งก่อนการติดเชื้อ (0 ชั่วโมง) และหลังการติดเชื้อด้วย *Magnaporthe oryzae* เป็นเวลา 72 ชั่วโมง



ที่มา: Thepbandit et al.,(2024)

ภาพที่ 8 (A) กิจกรรมของเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส (POX) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบ Duncan's multiple range test ที่ระดับ $p \leq 0.05$

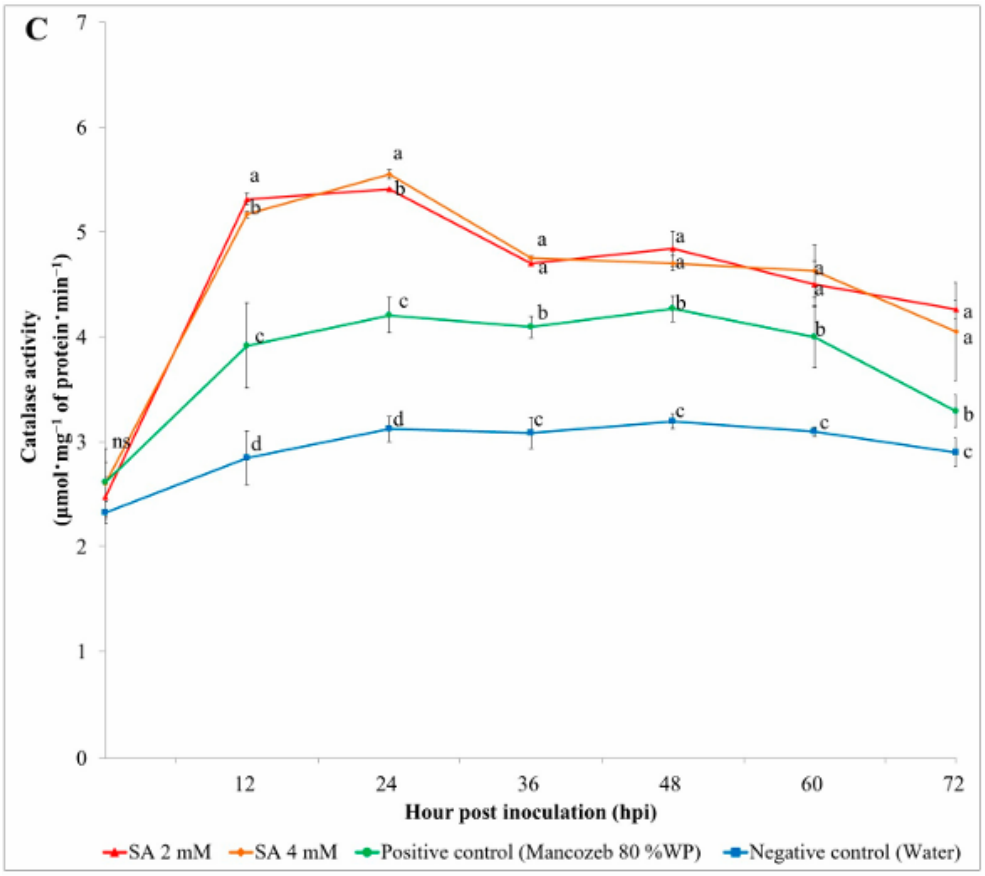
การใช้กรดซาลิไซลิกที่ความเข้มข้น 2 และ 4 mM ส่งผลให้กิจกรรม POX เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับการควบคุมทั้งบวกและลบ โดยเฉพาะที่ 12 ชั่วโมงหลังติดเชื้อ (hpi) พบว่ากลุ่ม 4 mM SA มีค่ากิจกรรมสูงสุด (12.70 units·g^{-1} FW·min^{-1}) สูงกว่าควบคุมมาก (น้ำ = 6.35, Mancozeb = 7.72) และสูงกว่าค่าเริ่มต้นถึง 3 เท่า หลังจากนั้นกิจกรรมลดลงเรื่อย ๆ แต่ยังคงสูงกว่ากลุ่มควบคุมจนถึง 72 hpi



ที่มา: Thepbandit et al.,(2024)

ภาพที่ 9 (B) โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามการทดสอบ Duncan's multiple range test ที่ระดับ $p \leq 0.05$

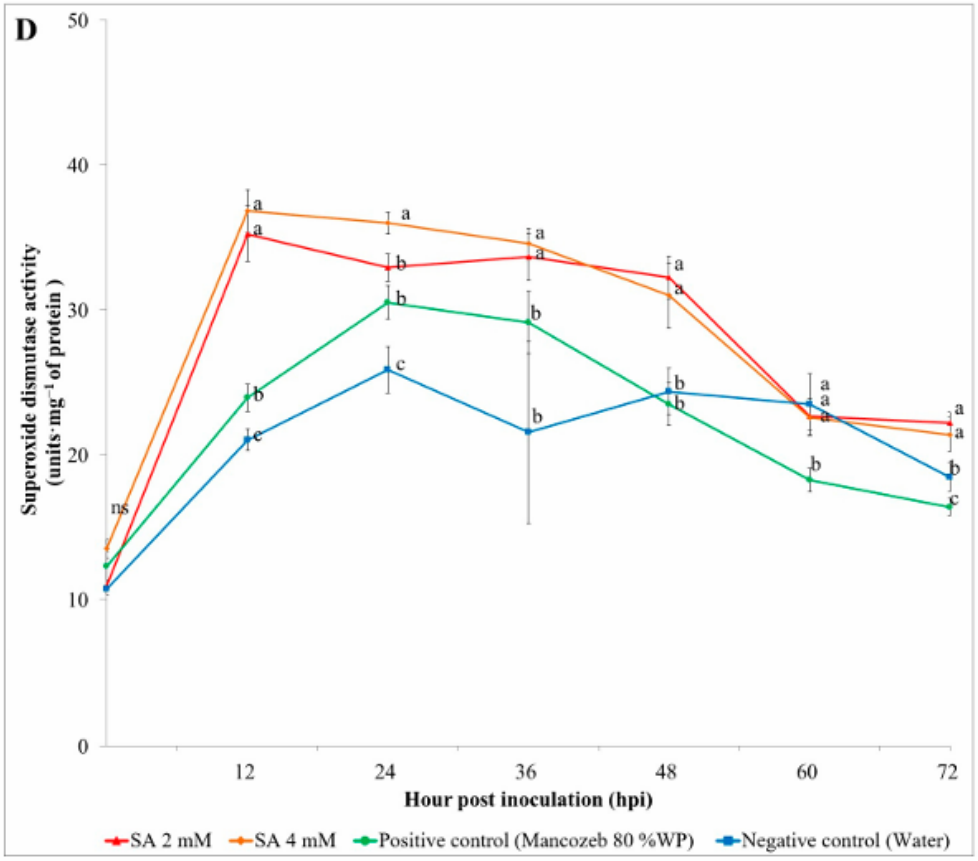
กลุ่มที่พ่นกรดซาลิไซลิกเริ่มมีการเพิ่มขึ้นของ PPO ที่ 12 hpi และสูงสุดที่ 24 hpi (4 mM SA = 1.28 units·g^{-1} FW·min^{-1}, 2 mM SA = 1.15) ขณะที่กลุ่ม Mancozeb และน้ำเพิ่มช้ากว่า โดยสูงสุดที่ 48 hpi (Mancozeb = 1.64, น้ำ = 2.01) แสดงว่า กรดซาลิไซลิกกระตุ้นการตอบสนองได้เร็วกว่า



ที่มา: Thepbandit et al.,(2024)

ภาพที่ 10 (C) กิจกรรมของเอนไซม์คะตาเลส (CAT) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตามการทดสอบ Duncan's multiple range test ที่ระดับ $p \leq 0.05$

ในกลุ่ม 4 mM มีการเพิ่มขึ้นของ CAT อย่างรวดเร็วตั้งแต่ 12 hpi และสูงสุดที่ 24 hpi (5.55 µmol·mg^{-1} โปรตีน·min^{-1}) กลุ่ม 2 mM SA มีค่าใกล้เคียง (5.41) ส่วน Mancozeb และน้ำมีค่าเพียง 4.21 และ 3.12 ตามลำดับ หลัง 24 hpi ค่าทั้งหมดลดลง แต่กรดซาลิไซลิกยังคงสูงกว่าควบคุม

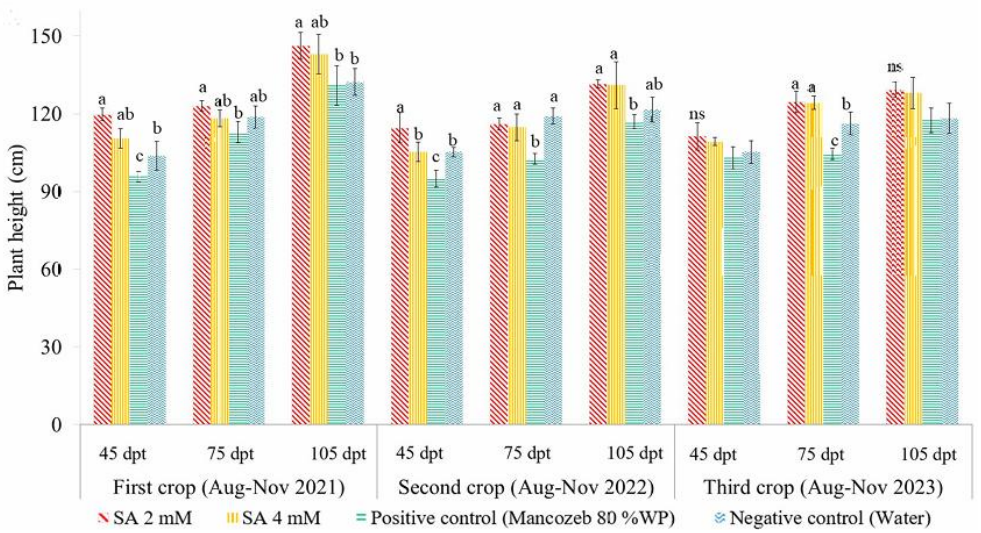


ที่มา: Thepbandit et al.,(2024)

ภาพที่ 11 (D) ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD)ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามการทดสอบ Duncan's multiple range test ที่ระดับ $p \leq 0.05$

พบการตอบสนองเร็วในกลุ่มกรดซาลิไซลิก โดย 4 mM กรดซาลิไซลิกมีค่ากิจกรรมสูงสุดที่ 12 hpi (36.84 units·mg^{-1} โปรตีน) ส่วน 2 mM กรดซาลิไซลิก = 35.26 ขณะที่ Mancozeb = 30.54 และควบคุม = 25.89

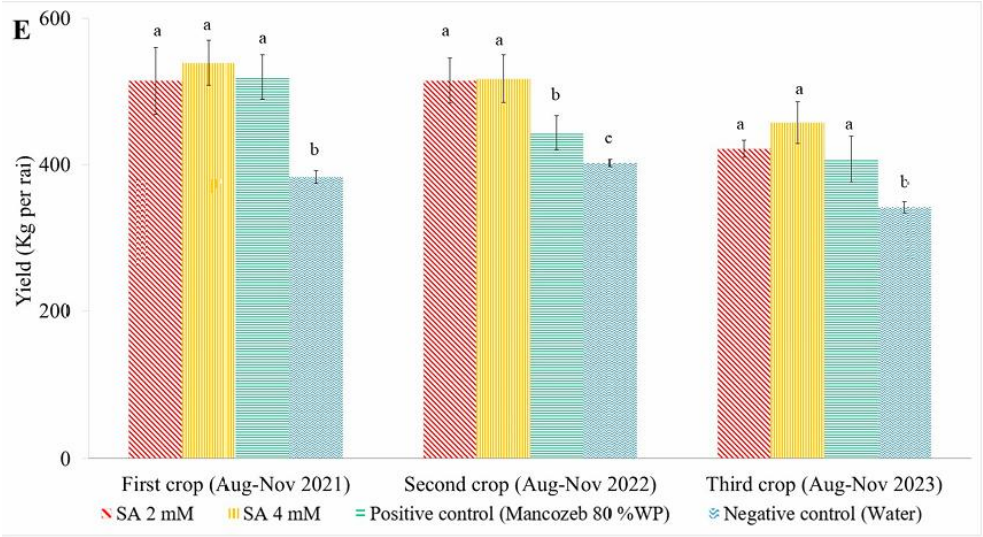
ประสิทธิภาพของสารกระตุ้นกรดซาลิไซลิก (salicylic acid elicitors) ต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว



ที่มา: Thepbandit et al.,(2024)

ภาพที่ 12 ความสูงของต้น ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามการทดสอบ Duncan's multiple range test ที่ระดับ $p \leq 0.05$

กรดซาลิไซลิก ทั้ง 2 และ 4 mM ช่วยเพิ่มความสูงของต้นข้าวอย่างต่อเนื่องในทั้ง 3 ฤดูปลูก โดยกลุ่ม 2 mM มักสูง



ที่มา: Thepbandit et al.,(2024)

ภาพที่ 13 ประสิทธิภาพของการใช้กรดซาลิไซลิก (SA) จากภายนอกต่อ ผลผลิตรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น $p \leq 0.05$กรดซาลิไซลิก

การใช้กรดซาลิไซลิก (SA) จากภายนอกในความเข้มข้น 4 mM ทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในทุกฤดูการปลูก โดยให้ผลผลิต 539 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่หนึ่ง, 517 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่สอง และ 457 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่สาม ซึ่งเป็นค่าผลผลิตที่สูงที่สุดเมื่อเทียบกับการทดลองอื่น ๆผลผลิตเหล่านี้สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับ กลุ่มควบคุมลบ (ไม่ได้รับ SA) ซึ่งให้ผลผลิตเพียง 383, 402 และ 341 กก./ไร่ สำหรับการปลูกครั้งที่หนึ่ง สอง และสาม ตามลำดับ ในขณะที่ กลุ่มควบคุมบวก (ได้รับสาร Mancozeb 80% WP) ให้ผลผลิต 519 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่หนึ่ง, 443 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่สอง และ 407 กก./ไร่ ในการปลูกครั้งที่สาม โดยผลผลิตจากกลุ่มควบคุมบวกไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากกลุ่มที่ได้รับ SA ในการปลูกครั้งที่หนึ่งและสาม แต่มีค่าต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญในการปลูกครั้งที่สอง

สรุป

กรดซาลิไซลิกมีบทบาทสำคัญช่วยให้พืชสามารถทนต่อความเครียดและโรคได้ดียิ่งขึ้นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตโดยทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น ที่ช่วยให้พืชสามารถทนต่อความเครียดและโรคโดยการกระตุ้นเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ (SOD, POD, CAT) และในการทดลองของ ข้าวพันธุ์ดำ พบว่า กรดซาลิไซลิที่มีบทบาทสำคัญช่วยเพิ่มการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้อย่างมีประสิทธิภาพภายใต้ความเค็ม นอกมีส่วนช่วยลดความรุนแรงของโรคไหม้ข้าวส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม จะเห็นได้ว่ากรดซาลิไซลิกเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่ดีที่สามารถช่วยให้พืชลดความเครียดได้

เอกสารอ้างอิง

H. Widiawati, S. Sukirno, A. Purwantoro, S. Koerniati and K. Dewi.(2024).Effect of seed priming with salicylic acid on germination and early seedling growth of ‘Sembada Hitam’ black rice subjected to saline conditions. *Thai Journal of Agricultural Science,* 57(4), 208–223.

Mosa, K. A., Ismail, A., & Helmy, M. (2017). Introduction to Plant Stresses.Plant *.Stress Tolerance*,1–19.

Shan, L., Xu, Y., Wu, D., Hu, J., Yu, T., Dang, C., Fang, Y., Zhang, X., Tian, Q., and Xue, D. (2024). Effects of salicylic acid on growth, physiology, and gene expression in rice seedlings under salt and drought stress. *Plant Stress, 11*, 100413.

Thepbandit, W., Srisuwan, A., and Athinuwat, D. (2024). Priming of exogenous salicylic acid under field conditions enhances crop yield through resistance to *Magnaporthe oryzae* by modulating phytohormones and antioxidant enzymes. *Antioxidants, 13*(9), 1055.