

การตอบสนองทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรของงา (*Sesamum indicum* L.)
ต่อความเครียดเค็ม^{1/}

Physiological and agronomic responses of sesame (*Sesamum indicum* L.)
to salinity stress^{1/}

ผู้ทำสัมมนา

อัมเรศ บุญมาศ^{2/}

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ ดร.อนนท์ จันทร์เกตุ^{3/}

บทคัดย่อ

สภาวะเครียดจากความเค็มส่งผลต่อลักษณะทางการเกษตร สรีรวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตของงา จากการค้นคว้าพบว่า งาจะมีการตอบสนองต่อระดับของความเครียดเค็มที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์และระดับความรุนแรงของความเครียดเค็ม จากการศึกษาพบว่าความเครียดเค็มระดับต่ำ และปานกลาง (น้อยกว่า 60 มิลลิโมลของโซเดียมคลอไรด์ และน้อยกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) ไม่ส่งผลต่อการลักษณะทางการเกษตร สรีรวิทยา การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของงา แต่เมื่อระดับความเครียดสูงขึ้น จะทำให้งามีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ ความสูงต้น น้ำหนักแห้งต้น จำนวนฝัก ผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดเค็มที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้จะมีกลไกการปรับตัวต่อความเครียดเค็มโดยการสะสมโพสโมลในใบให้เพิ่มสูงขึ้นเพื่อปรับศักย์ของน้ำในเซลล์ นอกจากนี้พบว่าระดับโซเดียมในใบพืชจะเพิ่มขึ้นตามระดับความรุนแรงของความเค็ม งาพันธุ์ Wadaa เป็นพันธุ์ที่สามารถปรับตัวได้ดีในสภาพเครียดเค็ม และสามารถรักษาระดับการให้ผลผลิตไว้ได้ดี ความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาของงาต่อความเครียดเค็ม จะเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคัดเลือกพันธุ์ และการปรับปรุงพันธุ์งาให้มีผลผลิตสูงในสภาพดินเค็มต่อไป

คำสำคัญ : สรีรวิทยาของงา; เครียดเค็ม; การปรับตัวของพืช

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

งา (*Sesamum indicum* L.) เป็นพืชน้ำมันที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย และเป็นพืชที่มีความต้องการของตลาดสูง (สำนักงานเกษตร และสหกรณ์, 2561) เมล็ดของงาประกอบไปด้วยน้ำมันสูงถึง 60 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 25 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 13.5 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุ 1.5 เปอร์เซ็นต์ (Dar *et al.*, 2015) การใช้ประโยชน์ของเมล็ดงามีความหลากหลายและสามารถนำมาใช้ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นอาหาร สมุนไพร การแพทย์ หรืออุตสาหกรรมเชิงเศรษฐกิจ ทั้งนี้ส่วนใหญ่แล้วเมล็ดงาจะนำมาสกัดเป็นน้ำมันงา (sesame oil) มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และนำผลพลอยได้จากการสกัดน้ำมันมาใช้ประโยชน์ เช่นอาหารสัตว์ ทำปุ๋ย ใช้เป็นเชื้อเพลิง สำหรับประโยชน์ทางการแพทย์เนื่องจากสารสกัดจากงามีสมบัติที่มีสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ เซซามิน (sesamin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ซึ่งช่วยลดการเกิดอนุมูลอิสระภายในร่างกาย ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของเซลล์และความเสียหายที่เกิดขึ้นในระบบต่าง ๆ ในร่างกาย นอกจากนี้เซซามินยังมีคุณสมบัติช่วยลดการสะสมของไขมันในหลอดเลือด และช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เป็นต้น (อริยาภรณ์, 2556)

ดินเค็ม (saline soil) คือดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในสารละลายดินมากเกินไปจนมีผลกระทบต่อเจริญเติบโต กระบวนการทางสรีรวิทยา และผลิตผลของพืช เนื่องจากทำให้พืชเกิดอาการขาดน้ำ มีการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชมากเกินไป และดินเค็มยังทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชด้วย (ปิยะดา, 2559) ดินเค็มในประเทศไทยแบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ดินเค็มบก และดินเค็มชายทะเล ดินเค็มบกมีทั้งดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และดินเค็มภาคกลาง ดินเค็มแต่ละประเภทมีสาเหตุการเกิด ชนิดของเกลือ การแพร่กระจาย ตามลักษณะสภาพพื้นที่ และตามลักษณะภูมิประเทศด้วย (พิชัย, 2540)

การแก้ปัญหาสภาพความเค็มในระบบการปลูกพืชอาจทำได้หลายวิธี เช่น การพัฒนาระบบระบายน้ำให้เหมาะสม การใช้น้ำจืดหรือน้ำที่มีความเค็มต่ำช่วยล้างเกลือออกจากดิน และการใช้น้ำหยดเพื่อป้องกันไม่ให้ความเค็มจากน้ำใต้ดินออกมาสู่บริเวณดินรอบรากพืช นอกจากนี้การพัฒนาพันธุ์พืชใหม่ที่สามารถทนทานต่อความเค็มเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญในการรับมือกับปัญหาดินเค็ม สำหรับขั้นตอนสำคัญในการพัฒนาพันธุ์พืชที่ทนทานต่อความเค็มคือนั้น ขั้นตอนแรกจำเป็นต้องมีการคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีความทนทานต่อความเค็มจากเชื้อพันธุ์กรรมขนาดใหญ่เพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ในการปรับปรุงพันธุ์ อย่างไรก็ตามหากนักปรับปรุงพันธุ์ใช้ลักษณะผลผลิตเป็นเกณฑ์คัดเลือกเพียงอย่างเดียวก็มีความก้าวหน้าช้า เนื่องจากผลผลิตมักมีความแปรปรวนสูงตามสภาพแวดล้อม และมีอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำ (heritability) รวมถึงต้องใช้ระยะเวลานานในการคัดเลือก ฉะนั้นการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรของพืชต่อความเค็ม และใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องดังกล่าวเพื่อเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกลักษณะนั้น น่าจะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และประหยัดเวลาในการคัดเลือกพันธุ์ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของรายงานฉบับนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาการเจริญเติบโต ลักษณะทางการเกษตร และการให้ผลผลิตของงาภายใต้สภาพเค็ม

1. งาม และความสำคัญทางเศรษฐกิจ

งามจัดอยู่ในวงศ์ (Family) Pedaliaceae มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sesamum indicum* L. มีจำนวนโครโมโซม $2n = 26$ (Weiss, 1971) งาม เป็นพืชน้ำมันที่มีอายุเก่าแก่ชนิดหนึ่งของโลกที่พบโดยทั่วไปในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน ตั้งแต่ประเทศในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อินเดีย เมดิเตอร์เรเนียน แอฟริกา อเมริกากลาง อเมริกาใต้ มีถิ่นกำเนิดในภาคตะวันออกของทวีปแอฟริกา แต่มีนักวิทยาศาสตร์บางท่านสันนิษฐานว่าถิ่นกำเนิดของงามอยู่ในอินเดีย (Pham, 2010) งามเป็นพืชทนแล้งที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีอากาศร้อน แดดจัดมีอุณหภูมิประมาณ 27 - 30 องศาเซลเซียส แต่ถ้าปลูกงามในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส งามจะงอกช้า และชะงักการเจริญเติบโต และถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จะทำให้งามสมเกสรติดยาก และสร้างฝักช้า นอกจากนี้ยังสามารถเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิดที่มีการระบายน้ำดี ไม่มีน้ำขัง หรือชื้นแฉะ ไม่เป็นดินเค็ม และมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ระหว่าง 5.5 - 6.5 สำหรับประเทศไทยมีการปลูกงามมานานโดยในระยะแรกปลูกในบริเวณพื้นที่สูงชายแดนไทย-พม่าพื้นที่ในเขตตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือแพร่กระจายปลูกในหลายภูมิภาค (สมใจ, ม.ป.ป.) งามในประเทศไทยมีแหล่งปลูกใหญ่อยู่ที่ภาคเหนือ โดยมีพื้นที่ปลูก และผลผลิตมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ รองลงมาคือภาคกลาง มีพื้นที่ปลูกประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และภาคตะวันตกมีการเพาะปลูกงามเล็กน้อย ขณะที่ภาคใต้มีพื้นที่ปลูกงามที่น้อยมาก (นฤทัย และคณะ, 2541)

เมล็ดงามมีความหลากหลายในการนำมาใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านอาหาร เกษษกรรม การแพทย์ หรืออุตสาหกรรมเชิงเศรษฐกิจ โดยส่วนใหญ่เมล็ดงามจะนำมาสกัดเป็นน้ำมันงามมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำมันงามเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสุขภาพหัวใจ และระบบหลอดเลือด นอกจากนี้ น้ำมันงามยังมีวิตามินอี และวิตามินบีซึ่งเป็นสารอาหารที่สำคัญสำหรับการเสริมสร้างสุขภาพทั่วไปของร่างกาย และมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยรักษาความสมดุลในร่างกาย ผลพลอยได้จากกระบวนการสกัดน้ำมัน ยังสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ย หรือเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรม เป็นต้น สารสกัดจากเมล็ดงามยังมีสมบัติที่มีประโยชน์ในด้านการแพทย์ ได้แก่ เซซามิน (sesamin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นแอนติออกซิแดนท์ (antioxidant) ซึ่งช่วยลดการเกิดอนุมูลอิสระภายในร่างกาย ซึ่งเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมสภาพของเซลล์และความเสียหายที่เกิดขึ้นในระบบต่าง ๆ ในร่างกาย นอกจากนี้เซซามินยังมีคุณสมบัติช่วยลดการสะสมของไขมันในหลอดเลือด และช่วยควบคุมระดับคอเลสเตอรอลในเลือด เป็นต้น (อริยาภรณ์, 2556)

2. ดินเค็ม และปัญหาดินเค็มในประเทศไทย

ดินเค็ม (saline soil) คือดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ดี (soluble salts) อยู่ในสารละลายดินสูงมากจนมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช เกลือในดินมีหลายชนิดส่วนใหญ่เป็น คาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ไนเตรต ซัลเฟต และคลอไรด์ของโลหะพวก แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ดินเค็ม มากกว่า 18 ล้านไร่ กระจาย

ตามภูมิภาคต่างๆ (Cardon and Mortvedt.2001) ได้จำแนกดินเค็มโดยการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ และเปอร์เซ็นต์ความอิ่มตัวของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1) ดินเค็ม (saline non-sodic soils) คือ ดินที่มีการนำไฟฟ้าของดินมากกว่า 4.0 เดซิซีเมนต่อเมตร (dS/m) ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินน้อยกว่า 8.5 และค่าการแลกเปลี่ยนโซเดียมของดินน้อยกว่า 15

2) ดินโซดิก (sodic soils) คือ ดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าของดินน้อยกว่า 4.0 ds/m ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมากกว่า 8.5 และค่าการแลกเปลี่ยนโซเดียมของดินมากกว่า 15

3) ดินเค็มโซดิก (saline sodic soils) คือ ดินที่มีการนำไฟฟ้าของดินมากกว่า 4.0 ds/m ค่าความเป็นกรด-ด่างของดินน้อยกว่า 8.5 และค่าการแลกเปลี่ยนโซเดียมของดินมากกว่า 15

สภาพอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากสภาวะโลกร้อนยิ่งทำให้พืชต้องประสบกับความเครียดที่รุนแรงขึ้นโดยเฉพาะปัญหารากแห้งที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ทำให้เกิดการขาดแคลนอาหารในหลายประเทศทั่วโลก สำหรับประเทศไทยโดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือต้องเผชิญกับปัญหารากแห้งจากปัญหาฝนตกน้อยแล้ว ยังมีปัญหาหรือเสื่อมโทรมและปัญหาดินเค็มทำให้ผลผลิตต่อไร่ของพืชตกต่ำ

3. ความเครียดเค็มต่อลักษณะทางสรีรวิทยาของงา

3.1 ปริมาณรงควัตถุ และอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (photosynthesis) เป็นกระบวนการที่ประกอบด้วยปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันเป็นลำดับในคลอโรพลาสต์ในเซลล์พืช โดยมีรงควัตถุเป็นตัวรับแสงมาใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์แสง Abdulfatah *et al.* (2021) ได้ศึกษาการตอบสนองต่อความเครียดเกลือของงาพันธุ์ต่างกัน โดยวางแผนการศึกษาแบบ Factorial experiment กำหนดปัจจัย A เป็นระดับความเครียดเกลือ 4 ระดับ ได้แก่ ไม่ใส่เกลือ (S1) ที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต่อเมตร (S2) ที่ระดับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต่อเมตร (S3) และที่ระดับความเค็มที่ 6 เดซิซีเมนต่อเมตร (S4) และปัจจัย B เป็นงา 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Wadaa, Summer และ Local โดยการกำหนดทรีตเมนต์จะทำการรดน้ำที่ผสมเกลือตั้งแต่ 45 วันหลังปลูกจนกระทั่งสุกแก่ทางสรีรวิทยา เก็บข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์รวมทั้งระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ จากการศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นเกลือที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์รวมทั้งระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ซึ่งพบว่าการปลูกงาในสภาพที่ไม่มีความเครียดเค็มมีค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดสูงที่สุด และลดลงทางสถิติเมื่อระดับความเครียดเค็มเพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของงา 3 พันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาพเค็มที่ต่างกัน 4 ระดับที่ พบว่าทั้งสองระยะการเจริญเติบโต งาพันธุ์ Wadaa มีค่าเฉลี่ยของปริมาณคลอโรฟิลล์รวมสูงที่สุด รองลงมาคือ งาพันธุ์ Summer และ Local ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่างาพันธุ์ Wadaa ยังเป็นสายพันธุ์ที่มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมทั้งหมดสูงในสภาพความเครียดเค็ม และในสภาพไม่เครียดเค็มในทั้งสองระยะการเจริญเติบโตอีกด้วย (ตารางที่ 1)

ตรงกันข้ามกับการศึกษาของ Dangué *et al.* (2022) ที่ได้ศึกษาปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl a) คลอโรฟิลล์ บี (Chl b) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Chl) ของงาดำแอฟริกา 4 สายพันธุ์ภายใต้สภาพเครียดเค็ม 3 ระดับ ได้แก่ที่ระดับ 0, 17, และ 34 มิลลิโมล (mM) ของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) พบว่าระดับความเครียดเค็มที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl a) คลอโรฟิลล์ บี (Chl b) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Chl) ของงาดำแอฟริกา 4 สายพันธุ์เพิ่มสูงขึ้น และเมื่อทำการวิเคราะห์ treatment combination พบว่าพันธุ์ AS15 ที่ความเข้มข้น NaCl 34 mM ให้ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl a) คลอโรฟิลล์ บี (Chl b) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Chl) สูงที่สุด (ตารางที่ 2)

หนึ่งฤทัย และคณะ (2566) ได้ศึกษาผลของความเครียดเค็ม 4 ระดับ ได้แก่ที่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลของ NaCl ของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ในดินที่รดด้วยสารละลายเกลือความเข้มข้นต่างกันต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง พบว่าที่ความเข้มข้น NaCl ที่ 0, 20 และ 40 มิลลิโมลต่อลิตร ไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงที่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่ระดับความเข้มข้น NaCl 60 มิลลิโมลต่อลิตรทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1)

ตารางที่ 1 ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อกรัม) ของงาดำพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกภายใต้สภาพเครียดเค็มที่ต่างกัน 4 ระดับที่ระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน

Variety name	Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹) in vegetative growth stage				Average
	S1 (D.W)	S2 (2 ds.m ⁻¹)	S3 (4ds.m ⁻¹)	S4 (6ds.m ⁻¹)	
Wadaa	0.853	0.382	0.290	0.478	0.501 ^a
Sumer	0.406	0.468	0.300	0.197	0.343 ^b
Local	0.478	0.465	0.277	0.340	0.390 ^b
LSD P≤0.05			0.2190		
Average	0.579 ^a	0.438 ^b	0.289 ^c	0.338 ^{bc}	
LSD P≤0.05			0.1264		0.1095
Variety name	Total Chlorophyll (mg.g ⁻¹) in reproductive growth stage				Average
	S1 (D.W)	S2 (2 ds.m ⁻¹)	S3 (4ds.m ⁻¹)	S4 (6ds.m ⁻¹)	
Wadaa	0.604	0.433	0.424	0.160	0.405 ^a
Sumer	0.510	0.321	0.106	0.104	0.260 ^b
Local	0.408	0.388	0.000 [*]	0.000 [*]	0.199 ^c
LSD P≤0.05			0.1151		
Average	0.507 ^a	0.381 ^b	0.177 ^c	0.088 ^c	
LSD P≤0.05			0.0665		0.0576

^{*} Dead plants affected by the treatment

ที่มา: Abdulfatah *et al.* (2021)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

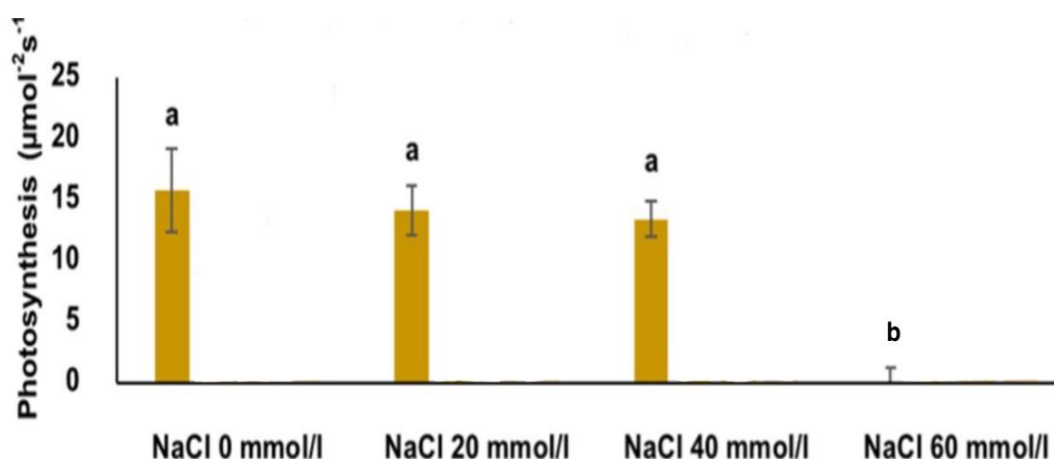
ตารางที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (Chl a) คลอโรฟิลล์ บี (Chl b) และคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Chl) ของงาดำแอฟริกา 4 สายพันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาพเครียดเค็ม 3 ระดับ

Sesame varieties	NaCl	Chl a (mg/g FW)	Chl b (mg/g FW)	Chl (mg/g FW)
AS09	0 mM	1,35 ± 0,01 ^{fg}	0,42 ± 0,01 ^{ef}	1,77 ± 0,02 ^e
	17mM	1,38 ± 0,01 ^f	0,42 ± 0,0 ^{ef}	1,79 ± 0,02 ^{de}
	34mM	1,62 ± 0,02 ^c	0,50 ± 0,03 ^{cd}	2,12 ± 0,06 ^c
AS14	0 mM	1,28 ± 0,01 ^b	0,39 ± 0,01 ^{efg}	1,67 ± 0,02 ^{ef}
	17mM	1,17 ± 0,01 ^{ij}	0,34 ± 0,01 ^g	1,50 ± 0,02 ^g
	34mM	1,48 ± 0,01 ^e	0,44 ± 0,02 ^{de}	1,92 ± 0,03 ^d
AS15	0 mM	1,84 ± 0,00 ^b	0,57 ± 0,01 ^{bc}	2,41 ± 0,01 ^b
	17mM	1,31 ± 0,01 ^{gh}	0,41 ± 0,02 ^{ef}	1,72 ± 0,02 ^e
	34mM	2,49 ± 0,02 ^a	0,72 ± 0,02 ^a	3,21 ± 0,04 ^a
AS25	0 mM	1,13 ± 0,01 ^j	0,34 ± 0,01 ^g	1,46 ± 0,01 ^g
	17mM	1,20 ± 0,01 ⁱ	0,36 ± 0,02 ^{fg}	1,56 ± 0,03 ^{fg}
	34mM	1,84 ± 0,04 ^b	0,58 ± 0,05 ^b	2,41 ± 0,09 ^b
p-value		<2e-16 ***	4,65e-15 ***	<2e-16 ***

ที่มา: Dangué *et al.* (2022)

*** แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99.99 เปอร์เซนต์

ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี Tukey ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์



ที่มา: ดัดแปลงจากหนึ่งฤทัย และคณะ (2566)

ภาพที่ 1 การสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ($\mu\text{mol}^{-2} \text{s}^{-1}$) ของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ที่ปลูกภายใต้

ระดับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

3.2 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ

ดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำอยู่ในสารละลายดินมากเกินไป จะส่งผลกระทบต่อกระบวนการเติบโตและผลผลิตของพืชเนื่องจากมีผลต่อกระบวนการดูดน้ำของรากพืช การวัดปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ใช้วัดความเครียดของพืชจากความเครียดเค็ม Abdulfatah *et al.* (2021) ได้ศึกษา

การตอบสนองต่อความเครียดเกลือของงาพันธุ์ต่างกันต่อปริมาณปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (Relative water content) โดยวางแผนการศึกษาแบบ Factorial experiment กำหนดปัจจัย A เป็นระดับความเครียดเกลือ 4 ระดับ ได้แก่ ไม่ใส่เกลือ (S1) ที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (S2) ที่ระดับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (S3) และที่ระดับความเค็มที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (S4) และปัจจัย B เป็นงา 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Wadaa, Summer และ Local โดยการกำหนดทรีตเมนต์จะทำการโดยการรดน้ำที่ผสมเกลือตั้งแต่ 45 วันหลังปลูกจนกระทั่งสุกแก่ทางสรีรวิทยา ผลการทดลองพบว่าความเค็มที่แตกต่างกันส่งผลต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3) ทั้งที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และที่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ซึ่งพบว่างาที่ปลูกในดินที่ผสมพีทมอสที่มีค่าความเค็มต่ำ (S1 และ S2) มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติทั้งสองระยะการเจริญเติบโต ขณะที่งาที่ปลูกในดินที่มีค่าความเค็มปานกลาง (S3) มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก S1 และ S2 ขณะที่ในภาพที่เค็มจัด (S4) ทำให้มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่น้อยที่สุดทั้งสองระยะการเจริญเติบโต งา 3 สายพันธุ์มีผลต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่ต่างกันทางสถิติ ซึ่งพบว่างาพันธุ์ Summer และ Local มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบสูงที่สุดที่ระดับ S1 และ S2 ที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ขณะที่ S3 และ S4 งาทั้ง 3 พันธุ์มีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ พบว่าที่ระดับความเค็ม S1 และ S2 งาทั้ง 3 พันธุ์มีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่างาพันธุ์ Wadaa มีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบสูงที่สุดที่ S3 แต่งาพันธุ์ Local ไม่สามารถทนต่อความเค็มได้ที่ระดับ S3 และ S4 (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (%) ของงาพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้ระดับความเค็มที่ต่างกัน 4 ระดับ

Variety name	RWC% in vegetative growth stage				
	S1 (D.W)	S2 (2 ds.m ⁻¹)	S3 (4ds.m ⁻¹)	S4 (6ds.m ⁻¹)	Average
Wadaa	41.7	40.8	38.6	27.3	37.1 ^b
Sumer	82.1	72.6	36.5	31.1	55.6 ^a
Local	77.9	79.4	25.0	22.3	51.2 ^a
LSD P≤0.05			27.38		
Average	67.2 ^a	64.3 ^a	33.4 ^b	26.9 ^b	
LSD P≤0.05			15.81		13.69
RWC% in reproductive growth stage					
Wadaa	74.7	79.2	88.6	38.2	70.2 ^a
Sumer	71.8	73.9	37.3	31.7	53.7 ^b
Local	75.5	72.8	0.0 ^c	0.0 ^c	37.1 ^c
LSD P≤0.05			17.45		
Average	74.0 ^a	75.3 ^a	41.9 ^b	23.3 ^c	
LSD P≤0.05			10.07		8.72

^a Dead plants affected by the treatment

ที่มา: Abdulfatah *et al.* (2021)

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

3.3 ปริมาณโพสลิน

การที่ดินเค็มมีเกลือที่ละลายได้ในความเข้มข้นสูงทำให้ค่าศักย์ของน้ำ (water potential) ของสารละลายดินลดลง ซึ่งพืชดูดน้ำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง ฉะนั้นพืชจะมีกลไกในการปรับตัวเพื่อปรับศักย์ของน้ำในเซลล์ให้สามารถดูดน้ำได้ โดยการสะสมสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น โพสลิน น้ำตาล ซูโครส และกลูโคส เป็นต้น การวัดปริมาณโพสลินจึงเป็นลักษณะหนึ่งที่น่าสนใจใช้ในการตรวจสอบการปรับตัวของพืชต่อสภาวะเครียดจากการขาดน้ำ และเครียดเค็ม Abdulfatah *et al.* (2021) ได้ศึกษาการตอบสนองต่อความเครียดเกลือของงาพันธุ์ต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment กำหนดปัจจัย A เป็นระดับความเครียดเกลือ 4 ระดับ ได้แก่ ไม่ใส่เกลือ (S1) ที่ระดับความเค็ม 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (S2) ที่ระดับความเค็ม 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (S3) และที่ระดับความเค็มที่ 6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (S4) และปัจจัย B เป็นงา 3 สายพันธุ์ ได้แก่ Wadaa, Summer และ Local เก็บข้อมูลปริมาณโพสลินรวมที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ จากการศึกษาพบว่าระดับความเข้มข้นเกลือที่ต่างกันส่งผลต่อปริมาณโพสลินรวมทั้งระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ และการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ ซึ่งพบว่าที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบการปลูกงาในสภาพที่ไม่มีความเครียดเค็ม และความเค็มที่ระดับ S1 มีค่าปริมาณโพสลินต่ำที่สุด และปริมาณโพสลินจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเครียดเค็มมากขึ้น (ตารางที่ 4) ขณะที่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์กลับพบว่าที่ระดับความเค็ม S2 มีปริมาณโพสลินสูงที่สุด และที่ระดับความเค็ม S3, S4 และไม่เค็ม (S1) มีค่าที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดของงา 3 พันธุ์ที่ปลูกภายใต้สภาพเครียดเค็มที่ต่างกัน 4 ระดับที่ พบว่าทั้งสองระยะการเจริญเติบโต งาพันธุ์ Wadaa มีค่าเฉลี่ยของปริมาณโพสลินสูงที่สุด โดยเฉพาะในสภาพที่มีความเครียดเค็ม S3 และ S4 ที่ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ ซึ่งสูงกว่าพันธุ์ Summer และ Local ขณะที่ไม่สภาพไม่เครียดเค็มงาทั้ง 3 พันธุ์มีปริมาณโพสลินที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และที่ระยะการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ปริมาณโพสลินของงาทั้ง 3 พันธุ์มีค่าไม่แตกต่างกันเกือบทุกระดับความเค็ม ยกเว้นที่ S3 และ S4 ที่งาพันธุ์ Local ตายจากความเครียดเค็มและไม่สามารถตรวจวัดได้ (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณโพลิน (ไมโครโมลต่อกรัมต้น) ของงาพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้ระดับความเค็มที่ต่างกัน 4 ระดับ

Variety name	Proline ($\mu\text{mole.g plant}^{-1}$) in vegetative growth stage				
	S1 (D.W)	S2 (2 ds.m ⁻¹)	S3 (4ds.m ⁻¹)	S4 (6ds.m ⁻¹)	Average
Wadaa	5.79	7.64	13.63	20.90	11.99 ^a
Sumer	5.36	9.57	8.53	5.94	7.35 ^b
Local	5.34	5.52	4.30	14.74	7.48 ^b
LSD P≤0.05			5.523		
Average	5.50 ^c	7.58b ^c	8.82 ^b	13.86 ^a	
LSD P≤0.05			3.189		2.762
	Proline ($\mu\text{mole.g plant}^{-1}$) in reproductive growth stage				
	S1 (D.W)	S2 (2 ds.m ⁻¹)	S3 (4ds.m ⁻¹)	S4 (6ds.m ⁻¹)	Average
Wadaa	5.13	7.79	7.17	7.40	6.87 ^a
Sumer	5.43	14.34	8.02	6.50	8.57 ^a
Local	6.03	9.81	0.00 [*]	0.00 [*]	3.96 ^b
LSD P≤0.05			5.355		
Average	5.53 ^b	10.65 ^a	5.06 ^b	4.63 ^b	
LSD P≤0.05			3.092		2.677

*Dead plants affected by the treatment

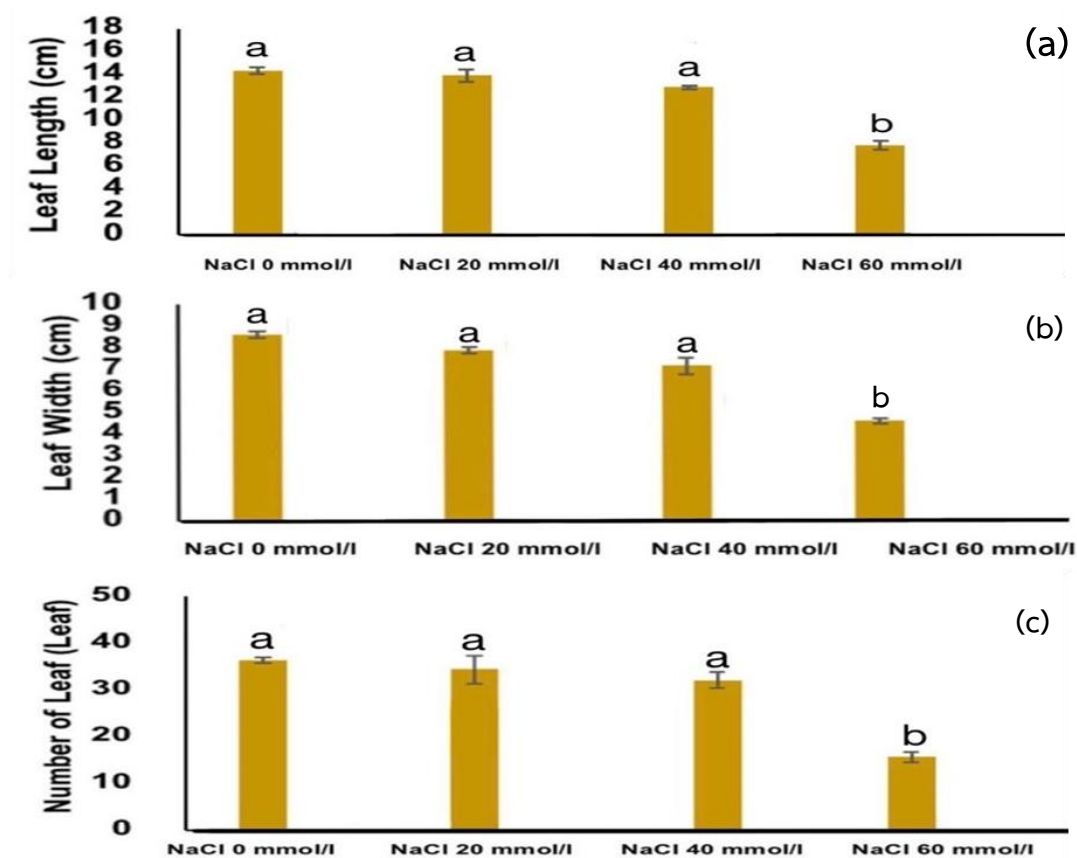
ที่มา: Abdulfatah *et al.* (2021)

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็น

4. ความเครียดเค็มต่อการพัฒนาการ และการเจริญเติบโตของงา

4.1 ขนาดใบ และจำนวนใบ

หนึ่งฤทัย และคณะ (2566) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อขนาดใบ และจำนวนใบของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 โดยกำหนดระดับความเค็มเป็น 4 อัตรา ได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทดลองภายใต้กระถางดินในสภาพโรงเรือนพลาสติกป้องกันน้ำฝน โดยแต่ละทรีตเมนต์จะให้ต่อเนื่อง 2 สัปดาห์เริ่มจากหลังย้ายต้นกล้า 1 สัปดาห์ โดยเก็บข้อมูลที่อายุ 120 วัน พบว่าความเข้มข้น NaCl 0, 20 และที่ 40 มิลลิโมลต่อลิตรไม่มีต่อความยาวใบ (ภาพที่ 2a) ความกว้างใบ (ภาพที่ 2b) และจำนวนใบ (ภาพที่ 2c) ที่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ความเข้มข้น NaCl 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทำให้ความยาวใบ ความกว้างใบ และจำนวนใบลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น NaCl 0, 20 และที่ 40 มิลลิโมลต่อลิตร (ภาพที่ 2a-c)

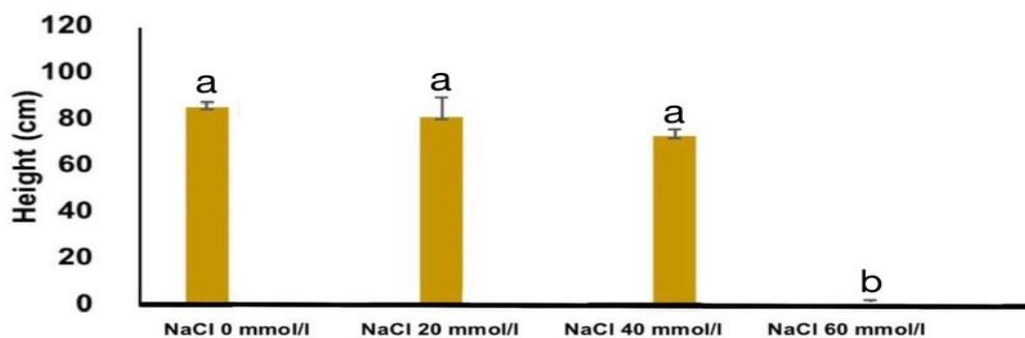


ที่มา: ดัดแปลงจากหนึ่งฤทัย และคณะ (2566)

ภาพที่ 2 ความยาวใบ (เซนติเมตร) (a) ความกว้างใบ (เซนติเมตร) (b) และจำนวนใบของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 (c) ที่ปลูกภายใต้ระดับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95เปอร์เซ็นต์

4.2 ความสูง

หนึ่งฤทัย และคณะ (2566) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อความสูงของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ที่อายุงา 120 วัน โดยกำหนดระดับความเค็มเป็น 4 อัตรา ได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทดลองภายใต้กระถางดินในสภาพโรงเรือนพลาสติกป้องกันน้ำฝน โดยแต่ละทรีตเมนต์จะให้ต่อเนื่อง 2 สัปดาห์เริ่มจากหลังย้ายต้นกล้า 1 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้น NaCl 0, 20 และที่ 40 มิลลิโมลมีความสูงต้นที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ความเข้มข้น NaCl 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทำให้ความสูงต้นน้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น NaCl 0, 20 และที่ 40 มิลลิโมลต่อลิตร (ภาพที่ 3)

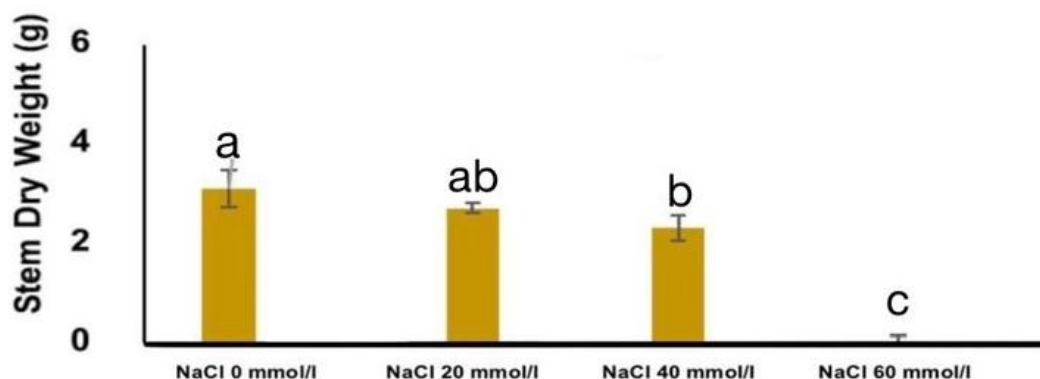


ที่มา: ดัดแปลงจากหนึ่งฤทัย และคณะ (2566)

ภาพที่ 3 ความสูงต้น (เซนติเมตร) ของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ที่ปลูกภายใต้ระดับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

4.3 น้ำหนักแห้งต้น

หนึ่งฤทัย และคณะ (2566) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อ น้ำหนักแห้งต้นที่อายุ 120 วัน ของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 โดยกำหนดระดับความเค็มเป็น 4 อัตรา ได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทดลองภายใต้กระถางดินในสภาพโรงเรือนพลาสติก ป้องกันน้ำฝน โดยแต่ละทรีตเมนต์จะให้น้ำที่ผสมโซเดียมคลอไรด์ต่อเนื่อง 2 สัปดาห์ตามระดับของทรีตเมนต์เริ่มจากหลังย้ายต้นกล้า 1 สัปดาห์ พบว่าความเข้มข้น NaCl 0 และ 20 มิลลิโมลต่อลิตรมี น้ำหนักแห้งต้นที่ไม่ต่างกันทางสถิติ และที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 มิลลิโมลต่อลิตรมีน้ำหนักแห้งที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้พบว่าระดับความเค็มที่ 40 มิลลิโมลต่อลิตรให้ค่าแตกต่างทางสถิติ กับไม่เคี้ยวเค็ม และระดับความเค็มที่ 60 มิลลิโมลต่อลิตรทำให้งาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 มีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (ภาพที่ 4)

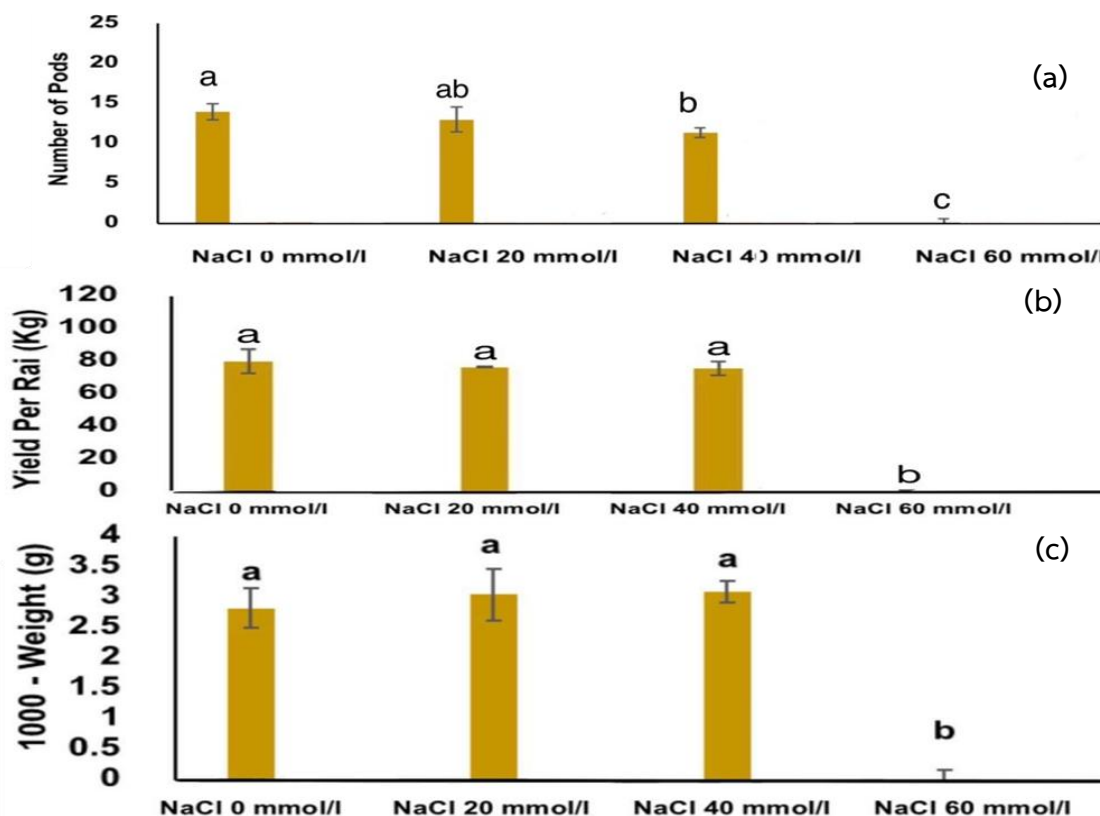


ที่มา: ดัดแปลงจากหนึ่งฤทัย และคณะ (2566)

ภาพที่ 4 น้ำหนักแห้งต้น (กรัม) ของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ที่ปลูกภายใต้ระดับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

5. ความเครียดเค็มต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของงา

ความเค็มมีผลต่อองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของงา หนึ่งฤทัย และคณะ (2566) ได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ต่อความสูงของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 โดยกำหนดระดับความเค็มเป็น 4 อัตรา ได้แก่ 0, 20, 40 และ 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทดลองภายใต้กระถางดินในสภาพโรงเรือนพลาสติกป้องกันน้ำฝน โดยแต่ละทรีตเมนต์จะให้ต่อเนื่อง 2 สัปดาห์เริ่มจากหลังย้ายต้นกล้า 1 สัปดาห์ เก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของงาที่อายุ 120 วัน ประกอบด้วย จำนวนฝัก ผลผลิตต่อไร่ และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด พบว่าที่ระดับความเข้มข้น NaCl 0 และ 20 มิลลิโมลต่อลิตรมีจำนวนฝักที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ระดับความเข้มข้น 20 และ 40 มิลลิโมลต่อลิตรมีจำนวนฝักที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ความเข้มข้น NaCl 60 มิลลิโมลต่อลิตรทำให้จำนวนฝักน้อยที่สุด ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้น NaCl 0, 20 และที่ 40 มิลลิโมลต่อลิตร (ภาพที่ 5a) สำหรับผลผลิตฝัก (ภาพที่ 5b) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (ภาพที่ 5c) ของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 พบว่าความเข้มข้น NaCl 0, 20 และที่ 40 มิลลิโมลมีค่าที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่ความเข้มข้น NaCl 60 มิลลิโมลต่อลิตร ทำให้ผลผลิต และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดน้อยที่สุด



ที่มา: ดัดแปลงจากหนึ่งฤทัย และคณะ (2566)

ภาพที่ 5 จำนวนฝัก (ฝัก) (A) ผลผลิตฝัก (กิโลกรัมต่อไร่) (B) และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด (C) ของงาดำ พันธุ์อุบลราชธานี 3 ที่ปลูกภายใต้ระดับโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติด้วยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

6. ความเครียดเค็มต่อปริมาณโซเดียม โพแทสเซียมในใบ

สภาวะความเค็มเป็นสภาวะที่ชักนำให้เกิดการสะสมไอออนของเกลือโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โซเดียมไอออน (Na^+) ซึ่งเป็นไอออนที่มีความสามารถในการเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืชได้อย่างรวดเร็ว และเป็นปฏิปักษ์กับการดูดซึมไอออนที่นำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ โพแทสเซียมไอออน (K^+) ทำให้เกิดการรบกวนสมดุลของไอออนภายในเซลล์ส่งผลให้อัตราส่วนระหว่างโซเดียมไอออนและโพแทสเซียมไอออน (Na^+/K^+) เพิ่มขึ้น (Siringam *et al.*, 2009) จากการทดลองของ Abdulfatah *et al.* (2021) ได้ศึกษาปริมาณโซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+) และสัดส่วนระหว่างโซเดียมและโพแทสเซียมในใบ (Na^+/K^+) ของงา 3 สายพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้ความเครียดเค็ม 4 ระดับ พบว่าระดับความเครียดเค็มที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้สะสมปริมาณโซเดียม (Na^+) สูงขึ้นตามไปด้วย โดยพบว่าความเครียดเค็มที่ระดับ S3 (4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) และ S4 (6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) มีปริมาณโซเดียมในใบสูงที่สุด ขณะที่ S1 คือที่ไม่เครียดเค็ม (D.W) และที่ระดับความเครียดเค็ม S2 (2 เดซิ

ซีเมนต์ต่อเมตร) มีปริมาณโซเดียมสะสมในใบน้อยที่สุด (ตารางที่ 5) ในทางตรงกันข้ามปริมาณโพแทสเซียมในใบ (K^+) จะพบว่าจะมีค่าลดลงเมื่อระดับความเค็มเพิ่มสูงขึ้น โดยในสภาพที่ไม่ได้รับความเครียดจากความเค็มจะมีค่าสูงที่สุด และจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อได้รับความเครียดเค็ม ขณะที่สัดส่วนระหว่างปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียมในใบ จะมีค่าสูงที่สุดที่ระดับความเค็ม S2 (2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)

หากพิจารณาพันธุ์ที่ต่างกัน และที่ปลูกภายใต้ระดับความเค็มที่ต่างกัน (treatment combination) พบว่าพันธุ์ summer จะมีการสะสมโซเดียมในใบ และสัดส่วนระหว่างปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียมในใบที่ระดับ S4 (6 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) สูงที่สุด (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ปริมาณโซเดียม (Na^+) โพแทสเซียม (K^+) และสัดส่วนระหว่างโซเดียมและโพแทสเซียมในใบ (Na^+/K^+) ของงาสายพันธุ์ที่ต่างกันที่ปลูกภายใต้ความเครียดเค็ม 4 ระดับ

Variety name	Na ⁺ (mg.100g ⁻¹)				Average
	S1 (D.W)	S2 (2 ds.m ⁻¹)	S3 (4ds.m ⁻¹)	S4 (6ds.m ⁻¹)	
Wadaa	6.8	15.9	42.1	56.7	30.4 ^{ns}
Sumer	5.5	15.3	49.1	72.0	35.5 ^{ns}
Local	6.6	22.3	40.8	49.1	29.7 ^{ns}
LSD P≤0.05			32.57		
Average	6.3 ^b	17.8 ^b	44.0 ^a	59.3 ^a	
LSD P≤0.05			18.81		16.29
K ⁺ (mg.100g ⁻¹)					
Wadaa	58.6	46.5	31.3	29.6	41.5 ^{ns}
Sumer	59.9	32.5	31.9	30.5	38.7 ^{ns}
Local	36.3	38.9	30.9	30.8	34.2 ^{ns}
LSD P≤0.05			23.05		
Average	51.6 ^a	39.3 ^{ab}	31.3 ^b	30.3 ^b	
LSD P≤0.05			13.31		11.53
Na ⁺ /K ⁺					
Wadaa	0.12	0.33	1.41	1.92	0.95 ^{ns}
Sumer	0.10	0.56	1.79	2.36	1.20 ^{ns}
Local	0.19	0.57	1.30	1.59	0.92 ^{ns}
LSD P≤0.05			1.314		
Average	0.14 ^b	0.49 ^b	1.50 ^a	1.96 ^a	
LSD P≤0.05			0.759		0.657

ที่มา: Abdulfatah *et al.* (2021)

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

สรุป

ความเครียดเค็ม ส่งผลต่อลักษณะทางการเกษตร สรีรวิทยา การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของงา โดยงาจะมีการตอบสนองต่อระดับของความเครียดเค็มที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของความเครียดเค็ม และพันธุ์ จากการศึกษพบว่าความเครียดเค็มระดับต่ำ และปานกลาง (น้อยกว่า 60 มิลลิโมลของโซเดียมคลอไรด์ และน้อยกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร) ไม่ส่งผลต่อการลักษณะทางการเกษตร สรีรวิทยา การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของงา และเมื่อระดับความเครียดสูงขึ้น จะทำให้งามีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ ความสูงต้น น้ำหนักแห้งต้น จำนวนฝัก ผลผลิตต่อไร่ และ น้ำหนัก 1,000 เมล็ดที่ลดลงตามระดับความรุนแรงของความเครียดเค็มที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้จะมีกลไกการ

ปรับตัวต่อความเครียดเค็มโดยการสะสมโพลีโนไบให้เพิ่มสูงขึ้นในระยะพัฒนาการทางลำต้นและใบ เพื่อปรับสมดุลของน้ำในเซลล์ และลดความเครียดเค็ม และพบว่าระดับโพลีโนไบพืชจะเพิ่มขึ้นตามระดับความรุนแรงของความเค็ม งาพันธุ์ Wadaa เป็นพันธุ์ที่สามารถมีกลไกปรับตัวที่ดีต่อความเครียดเค็ม และรักษาระดับการให้ผลผลิตไว้ได้ดี

เอกสารอ้างอิง

- นฤทัย วรสถิตย์, สรศักดิ์ มณีขาว, สายสุนีย์ รังสิปิยกุล,พรพรรณ สุทธิแย้ม, จำลอง กกรัมย์ และนงเยาว์ พรหมพันธุ์ใจ. 2541. งาพืชทรงคุณค่า. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี.สถาบันวิจัยพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร. 43 หน้า.
- ปิยะดา อีระกุลพิศุทธิ์. 2559. สรีรวิทยาของพืชในสภาพเครียดเค็ม. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิชัย วิชัยดิษฐ์. 2540. การอ่านและการแผนที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารคู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่องดินเค็ม กลุ่มปรับปรุงดิน กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน หน้า 99-114.
- สมใจ โควสุรัตน์. ม.ป.ป. ลักษณะทางสรีรวิทยากับการปรับปรุงพันธุ์งา. กลุ่มวิจัย ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4. กรมวิชาการเกษตร. 79 หน้า.
- สำนักงานเกษตร และสหกรณ์. 2561. *Sesamum indicum* L. (อุบลราชธานี 3). แหล่งที่มา :https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology/article_86715.สืบค้นเมื่อวันที่ 1 กรกฎาคม 2566.
- หนึ่งฤทัย ศรีกาญจน์ และ พงษ์ ชุตินานกุล. 2566. ผลของซิลิกอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของงาดำพันธุ์อุบลราชธานี 3 ภายใต้สภาพเครียดจากความเค็ม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย 12 (1): 12-25
- อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์. 2556. งาการผลิต การปรับปรุงพันธุ์และการแปรรูป. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- Abdulfatah. H.F. D.S. Hassawi. and S. Abu-Romman. 2021. Physiological responses of sesame genotypes (*Sesamum indicum* L) to salinity. Indian Journal of Ecology 48 (17): 403-409.
- Cardon, G.E. and J.J. Mortvedt. 2001. Salt affected soils “Quite Facts”. Cooperative Extension. แหล่งที่มา: <http://www.ext.colostat.edu>, April, 2020.
- Dangue, A. O.Y. Ali, D. Diaw, M.A.F. Ndiaye and T.A. Diop. 2022. Physiology and adaptation strategy of sesame (*Sesamum indicum* L.) to salinity. GSC Advanced Research and Reviews 11 (2): 029-036.
- Dar A.A, N.K. Verma, and N. Arumugam. 2015. An updated method for isolation, purification and characterization of clinically important antioxidant lignans-

- Sesamin and sesamol, from sesame oil. *Industrial Crops and Products*: 201-208.
- Pham T.D. 2010. Analyses of Genetic Diversity and Desirable Traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) Implication for Breeding and Conservation. Ph.D. Thesis. The University of Swedish University. Sweden.
- Siringam, K., N. Juntawong, S. Cha-um, and C. Kirdmanee. 2009, Relationships between sodium ion accumulation and physiological characteristics in rice (*Oryza sativa* spp. indica) seedlings grown under iso-osmotic salinity stress. *Pakistan Journal of Botany* 41: 1837-1850.
- Weiss E.A. 1917. Castor, Sesame and Safflower. Leonard Hill, London. 901 p