ผลของความเครียดแล้งต่อลักษณะทางสรีรวิทยา และการประเมินลักษณะที่สัมพันธ์กับการทนแล้งของงา (*Sesamum indicum* L.)[1/]

Effect of drought stress on physiological traits and evaluation of traits related to drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.)[1/]

ผู้ทำสัมมนา **อัญชลี นามทอง[2/]**

อาจารย์ที่ปรึกษา **อนนท์ จันทร์เกตุ[3/]**

บทคัดย่อ

การขาดน้ำส่งผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตงา จากการศึกษาพบว่า การขาดน้ำส่งผลทำให้งามีปริมาณคลอโรฟิลด์ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ค่าชักนำปากใบ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ปริมาตรราก ปริมาณผิวราก น้ำหนักแห้งราก ผลผลิต และปริมาณน้ำมันลดลง ทั้งนี้กลับพบว่าการขาดน้ำจะทำให้งามีปริมาณความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในใบ ศักย์ของน้ำในใบ และปริมาณโพลีนในใบที่เพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้ระดับการลดลง หรือเพิ่มขึ้นของลักษณะที่กล่าวมานั้นจะขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำ และพันธุ์ และพบว่าพันธุ์งาที่สามารถรักษาระดับผลผลิตเมล็ด และฝักไว้ได้ดีในสภาพแล้งนั้น จะเป็นพันธุ์ที่สามารถรักษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ค่าชักนำปากใบ และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินไว้ได้ดีในสภาพขาดน้ำ ซึ่งพันธุ์ดังกล่าวนั้นจะมีกลไกการปรับตัวของราก ได้แก่ การเพิ่มความยาวและความหนาแน่นของรากเพื่อช่วยในการหาน้ำในดิน นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตงา ได้แก่จำนวนกิ่ง พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ จำนวนฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว ซึ่งจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ พบว่าลักษณะดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตงาทั้งสภาพขาดน้ำ และไม่ขาดน้ำ

คำสำคัญ: งา; สรีรวิทยา; ผลของความเครียดแล้ง

[1/]เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

[2/]นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

[3/]อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

1. บทนำ

งา (*Sesamum indicum* L.) เป็นพืชน้ำมันที่มีอายุเก่าแก่ชนิดหนึ่งของโลก ได้ชื่อว่าเป็นพืชแห่ง “ราชนีน้ำมัน” ที่มีถิ่นกำเนิดในภาคตะวันออกของทวีปแอฟริกา งาเป็นพืชที่ชอบอากาศร้อนแดดจัด อุณหภูมิประมาณ 27-30 องศาเซลเซียส งาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิดที่มีการระบายน้ำดี ไม่มีน้ำขัง หรือชื้นแฉะ ไม่เป็นดินเค็ม มีค่าความเป็นกรดด่างอยู่ ระหว่าง 5.5-6.5 การปลูกงามีมานานมากกว่า 4,000 ปีมาแล้ว โดยมีการเพาะปลูกมากที่สุดแถบทวีปเอเชีย รองลงมาคือทวีปแอฟริกา ทั้งนี้ประเทศอินเดีย และประเทศจีนเป็นผู้ผลิตงารายใหญ่ที่สุดของโลก รองลงมา คือ พม่า ซูดาน อูกานดา และไนจีเรีย (Terefe *et al*., 2012)

พื้นที่เพาะปลูกพืชส่วนใหญ่ของโลกอยู่ในเขตที่ต้องอาศัยน้ำฝน พื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการกระทบแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำฝนน้อย การกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ก่อให้เกิดปัญหาการขาดน้ำในช่วงการเจริญเติบโต ทำให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตพืชลดลง แม้ว่างาเป็นพืชที่ทนทานต่อความเครียดจากความแห้งแล้งเมื่อเทียบกับพืชน้ำมันชนิดอื่นๆ แต่การขาดแคลนน้ำอย่างต่อเนื่องหรือเป็นเวลานาน จะส่งผลต่อการเจริญเติบโต พัฒนาการ และองค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตอย่างมาก (Kermani *et al.,* 2019) การแก้ปัญหาดังกล่าวจึงมุ่งเน้นการคัดเลือกการปรับปรุงพันธุ์งาให้ทนแล้งเพื่อสามารถคงระดับคุณภาพและผลผลิตไว้ได้

อย่างที่ได้กล่าวมาข้างต้น ลักษณะผลผลิตมักเป็นเป้าหมายหลักของการปรับปรุงพันธุ์งา ทั้งนี้ขั้นตอนแรกของการปรับปรุงพันธุ์พืช คือการคัดเลือกพันธุ์ในกลุ่มเชื้อพันธุกรรม เพื่อนำพันธุ์ที่คัดเลือกได้นำมาใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์สำหรับการสร้างลูกผสม เพื่อใช้ได้ลูกผสมที่ตรงตามวัตถุประสงค์การปรับปรุงพันธุ์ อย่างไรก็ตามลักษณะผลผลิตเป็นลักษณะทางปริมาณ ซึ่งจะเป็นลักษณะที่ยีนควบคุมหลายคู่ และมักมีความแปรปรวนสูงตามสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีอัตราการถ่ายทอดทางพันธุกรรมต่ำ (heritability) ต้องใช้ระยะเวลานานในการคัดเลือก ทำให้มีความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์ที่ช้า (Janket *et al.,* 2020) ปัจจุบันนักปรับปรุงพันธุ์พืชจึงให้ความสำคัญกับการใช้ลักษณะทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตมาใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือก ฉะนั้นสัมมนาฉบับนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของงาต่อความแห้งแล้ง และประเมินความสัมพันธ์กับผลผลิตงาการทำความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อความแห้งแล้งนี้ สามารถใช้ประโยชน์ในการออกแบบพันธุ์ใหม่ในอุดมคติ และสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกพันธุ์งาที่มีความสามารถในการทนแล้งทางอ้อม ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการปรับปรุงพันธุ์งาได้

2. งา และความสำคัญทางเศรษฐกิจ

งาเป็นพืชน้ำมันที่สำคัญทางเศรษฐกิจพืชหนึ่งของประเทศ และมีแนวโน้มที่จะทวีความสำคัญขึ้นทุกปี เนื่องจากเป็นพืชที่มีศักยภาพในการผลิตและการตลาดสูง การผลิตงาของประเทศไทยพบว่ามีพื้นที่ปลูกงาประมาณ 381,000 ไร่ ผลผลิตรวม 35,000 ตัน โดยผลผลิตส่วนใหญ่ประมาณ 55 เปอร์เซ็นต์ ส่งออกไปมูลค่าประมาณ 400 ล้านบาทส่วนที่เหลืออีก 45 เปอร์เซ็นต์ใช้ภายในประเทศ

การผลิตงาของประเทศไทย ยังไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ซึ่งมีความต้องการเพิ่มมากขึ้นทุกปี (อภิชาติ, 2531) สำหรับประเทศไทยมีการปลูกงามาอย่างยาวนาน โดยในระยะแรกปลูกในบริเวณพื้นที่สูงชายแดนไทย-พม่าพื้นที่ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันตก ต่อมาแพร่กระจายปลูกในหลายภูมิภาค (สมใจ, มปป.) งาในประเทศไทยมีแหล่งปลูกใหญ่อยู่ที่ภาคเหนือ โดยมีพื้นที่ปลูก และผลผลิตมากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ มีการเพาะปลูกมากที่จังหวัดเพชรบูรณ์ นครสวรรค์ พิษณุโลก สุโขทัย และแม่ฮ่องสอน รองลงมาคือภาคกลาง มีพื้นที่ปลูกประมาณ 14 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ ปลูกมากที่จังหวัดลพบุรี และสระบุรี ขณะที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ ปลูกมากที่จังหวัดบุรีรัมย์ และนครราชสีมา ในขณะที่ภาคตะวันออก และภาคตะวันตกมีการเพาะปลูกงาเล็กน้อย โดยพบการเพาะปลูกที่จังหวัดปราจีนบุรี (ภาคตะวันออก) และกาญจนบุรี (ภาคตะวันตก) ขณะที่ภาคใต้มีพื้นที่น้อยมาก (นฤทัย และคณะ, 2541)

ปัจจุบันประเทศไทยมีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 105 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่าผลผลิตงาทั่วโลก สำหรับการผลิตงาของโลก พบว่าพื้นที่ปลูกงาประมาณ 70 และ 26 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดอยู่ในเอเชีย และอัฟริกา ตามลำดับ ประเทศที่ผลิตงาได้มาก 5 อันดับแรก ได้แก่ อินเดีย เมียนมาร์ จีน ซูดาน และอูกันดา ผลผลิตเฉลี่ยของงาทั่วโลกประมาณ 74 กิโลกรัมต่อไร่ (สุจินต์, 2558)

ผลผลิตงาของไทยส่งออกในรูปของเมล็ดงาประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ใช้ภายในประเทศ อย่างไรก็ดีการผลิตยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ สำหรับคุณลักษณะที่ดีของเมล็ดงา คือมีเมล็ดโต เนื้อแน่น สีไม่ตก สะอาด ค่ากรดต่ำ คุณภาพดี และเปอร์เซ็นต์น้ำมันสูง (สมใจ, 2549)

3. การขาดน้ำของพืช และโอกาสการกระทบแล้ง

สภาวะแล้ง (drought stress) หรือการขาดน้ำของพืช (water deficit) เป็นสภาวะที่น้ำมีอยู่อย่างปัจจัยจำกัด ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณน้ำฝนหรือชลประทานไม่เพียงพอ ทำให้ในช่วงชีวิตของพืชมีโอกาสกระทบแล้ง ซึ่งส่งผลต่อการเจริญและพัฒนาการของพืช รวมถึงทำให้ผลผลิตลดลง และมีผลต่อคุณภาพของผลผลิตต่ำลงอีกด้วย ทั้งนี้พืชจึงมีกลไกการตอบสนองต่อสภาวะดังกล่าว เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและขยายเผ่าพันธุ์ต่อไปได้ กลไกการตอบสนองของพืชแบ่งได้ 3 ลักษณะ คือ หลบหลีก (escape) หลีกเลี่ยง (avoidance) หรือทนทาน (tolerance)

3.1 การหลบหลีก (escape) คือ การที่พืชที่มีความสามารถหลบหลีกต่อสภาวะความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นเนื่องจากมีช่วงฤดูฝนสั้น เมื่อพืชประสบสภาวะความแห้งแล้งในช่วงฤดูปลูกสั้นดังกล่าวนี้พืชมีกลไกการปรับตัว ให้มีอายุสั้น และสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ก่อนกำหนด หรือพืชบางชนิดจะมีการยืดหยุ่นทางการพัฒนา (developmental plasticity) โดยพืชจะปรับตัวในแต่ละช่วงของการเจริญเติบโตให้เหมาะสม

3.2 การหลีกเลี่ยง (avoidance) เป็นกลไกพืชหลีกเลี่ยงความเครียดที่เกิดขึ้น โดยจะสามารถคงน้ำไว้ในเนื้อเยื่อได้แม้ในสภาวะที่ขาดแคลนน้ำ โดยการลดการสูญเสียน้ำและเพิ่มประสิทธิภาพการดูดซึมน้ำให้ได้มากขึ้น สำหรับกลไกการลดการสูญเสียน้ำ เช่น การปิดของปากใบเพื่อลดการคายน้ำ การลดขนาดพื้นที่ใบ การยับยั้งเจริญของส่วนยอดและเพิ่มอัตราส่วนของรากต่อต้น (root: shoot

ratio) เป็นต้น (Taiz and Zeiger, 2002) สำหรับการเพิ่มความสามารถในการดูดน้ำได้มากขึ้นนั้น พืชจะมีกลไกการปรับตัวของราก โดยจะมีปริมาณและความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และมีการหยั่งรากลึกขึ้นทำให้พืชสามารถหาน้ำที่อยู่ในชั้นดินที่ลึกกว่าได้ดี (Jongrungklang *et al*., 2011)

3.3 ความทนทาน (tolerance) คือ การที่พืชสามารถมีชีวิตอยู่ได้ และสามารถดำเนินกระบวนการต่างๆทางสรีรวิทยาได้แม้ขณะที่ต้นพืชมีระดับน้ำน้อยกว่าปกติหรือขาดน้ำ พืชจะมีการปรับตัวโดยการสะสมตัวถูกละลาย (solute) เพื่อให้ให้ค่าศักย์ของน้ำ (water potential) ในเนื้อเยื่อต่างๆ ให้ลดลง (Taiz and Zeiger, 2002) เพื่อให้พืชสามารถดูดน้ำในดินเข้ามาในต้นพืชได้ รวมทั้งการกระตุ้นให้พืชเข้าสู่ระยะพัก (dormancy) และเมื่อพืชได้รับน้ำอีกครั้งก็จะสิ้นสุดระยะพักตัวและดำรงชีวิตตามปกติได้

การปลูกพืชที่ในอาศัยน้ำฝนนั้น ปริมาณและและช่วงเวลาของน้ำฝนเป็นสิ่งที่ไม่แน่นอน พืชจึงมีโอกาสกระทบแล้งได้ Fukai and Cooper (1995) กล่าวว่า ผลของความแล้งเกี่ยวข้องทั้งในด้านช่วงเวลาของความแห้งแล้ง ได้แก่ (1) สภาวะการขาดน้ำในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (early drought stress) (2) สภาวะการขาดน้ำแบบไม่ต่อเนื่อง (intermittent stress) ซึ่งเกิดขึ้นได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของพืช และ (3) สภาวะการขาดน้ำช่วงปลายฤดูปลูก (terminal stress) ทั้งนี้จะเกี่ยวข้องกับระยะการเจริญเติบโตของพืชปลูกนั้นๆ

วีรณา และคณะ (2534) ได้แบ่งระยะการพัฒนาและเจริญเติบโตของงา (phenology of sesame) เป็นระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น (vegetative growth stage) และระยะการเจริญเติบโตทางดอกและผล (reproductive growth stage) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ระยะการพัฒนาและเจริญเติบโตทางลำต้น ดอก และผลของงา

ระยะการเจริญเติบโต	**ลักษณะที่สังเกตได้ด้วยตาเปล่า**
V_E	ต้นกล้างอกโผล่พ้นผิวดินและใบเลี้ยงคลี่ออก
V_1	ใบจริงคู่ที่ 1 ยาว 1.5 เซนติเมตร
V_2	ใบจริงคู่ที่ 2 ยาว 1.5 เซนติเมตร
V_3	ใบจริงคู่ที่ 3 ยาว 1.5 เซนติเมตร
V_4	ใบจริงคู่ที่ 4 ยาว 1.5 เซนติเมตร
R_0	พบตาดอกแรก
R_1	พบตาดอกแรก 50 เปอร์เซ็นต์ของประชากร
R_2	ดอกแรกบาน
R_3	พบดอกแรก 50 เปอร์เซ็นต์ของประชากร
R_4	ฝักแรกแก่
R_5	ดอกสุดท้ายบาน

ที่มา: วีรณา และคณะ (2534)

ความเครียดของการขาดน้ำจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช ทั้งนี้ผลกระทบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ระดับความรุนแรง และเวลาที่เกิดความเครียดของน้ำ (Turner and Kramer, 1980) พืชแต่ละชนิดจะตอบสนองต่อการเกิดความเครียดจากการขาดน้ำไม่เหมือนกัน แม้แต่พืชชนิดเดียวกัน แต่อวัยวะคนละส่วนกันก็มีความทนทานต่อความเครียดไม่เท่ากัน

4. ความเครียดแล้งต่อลักษณะทางสรีรวิทยของงา

4.1 ปริมาณรงควัตถุ และลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง

พืชเป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสร้างอาหารเองได้จากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งเป็นกระบวนการที่พืชเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานเคมีที่อยู่ในโมเลกุลของสารอินทรีย์ พืชจะดูดพลังงานแสงโดยรงควัตถุ (pigment) 3 กลุ่ม คือ คลอโรฟิลล์ คาโรทีนอยด์ และ ไฟโคบิลิน Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021) ได้ศึกษาผลของความเครียดแล้งของงาพันธุ์ที่ต่างกัน 3 พันธุ์ ได้แก่ Yekta, Shiraz และ Naz-takshakhe ต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ โดยวางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment in Randomized Complete Block โดยปัจจัย A เป็นงาพันธุ์ที่ต่างกัน 3 พันธุ์ และปัจจัย B เป็นการให้น้ำที่ต่างกัน 3 ได้แก่ให้น้ำลดลง 60 เปอร์เซ็นต์, 70 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (ASW) ทำการปลูกในกระถางในสภาพเรือนทดลอง เก็บข้อมูลการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Pn) ค่าการชักนำของปากใบ (gs) และปริมาณคาร์บอนไดออกไซค์ภายในใบ (Ci) พบว่าระดับความแห้งแล้งที่ต่างกันส่งต่อ P_n g_s และ C_i ของงา และพันธุ์มีการตอบสนองต่อความแห้งแล้งที่แตกต่างกัน ทั้งนี้พบว่างาทุกสายพันธุ์จะมี Pn และ gs ที่ลดลงเมื่อระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามจะมี Ci ในใบที่เพิ่มมากขึ้น (ตารางที่ 2) และเมื่อทำการเปรียบเทียบปัจจัยร่วม (treatment combination) พบว่างาสายพันธุ์ Yekta ที่ระดับน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์ ASW มี P_n และ gs สูงสุด ขณะที่จะมีปริมาณ Ci ต่ำที่สุด ในขณะที่สายพันธุ์ Naz-takshakhe ที่ระดับ 80 เปอร์เซ็นต์ ASW มี Pn และ gs สูงสุด และมี C_i มากที่สุด (ตารางที่ 2)

Gholinezhad and Darvishzadeh (2021) ได้ศึกษาผลความเครียดจากการขาดน้ำ และผลของการประยุกต์ใช้เชื้อราไมคลอไรซ่า isolate ที่ต่างกันต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ วางแผนการทดลองแบบ Split plot design in Randomized Complete Block ปัจจัยหลักกำหนดการให้น้ำเป็น 3 ระดับได้แก่ การให้น้ำปกติ ขาดน้ำปานกลาง และขาดน้ำรุนแรง และปัจจัยรองเป็นชนิดของชนิดของเชื้อราไมคลอไรซ่าที่ต่างกัน 2 isolates และกรรมวิธีควบคุม ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองทั้งหมด 2 ปี (ปี 2015 และ 2016) และเก็บข้อมูลปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าระดับความแล้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อปริมาณคลอโรฟิลด์รวมที่ลดลงทั้งกรรมวิธีที่ใส่ และไม่ใส่เชื้อราไมคลอไรซ่า (ตารางที่ 3) ของการทดลองทั้ง 2 ปี นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อราไมคลอไรซ่าสามารถช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลด์ในทุกระดับความแห้งแล้ง โดยที่การใส่ *Funnelifformis mosseae* สามารถช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์ได้มากที่สุด (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 2 อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (P_n) ค่าชักนำปากใบ (gs) ความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในใบ (Ci) ของงาสายพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน

Genotype	Yekta			Shiraz			Naz-takshakhe		
%depletion of ASW	60	70	80	60	70	80	60	70	80
Pn (μ mol $CO_2 m^{-2}s^{-1}$)	20.5^a	19.6^b	15.8^d	19.0^b	17.1^c	14.7^e	16.3^d	12.6^f	10.4^g
gs (mol $H_2O m^{-2} s^{-1}$)	0.19^a	0.15^c	0.10^d	0.16^b	0.08^e	0.05^f	0.15^c	0.09^e	0.04^f
Ci (μmol CO_2 mol^{-1})	133^h	173^f	206^c	163^g	193^d	227^b	182^e	211^c	239^a

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเดียวกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD

ที่มา: Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021)

ตารางที่ 3 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (mg g^{-1} FW) ของงาที่ปลูกภายใต้การให้น้ำ 3 ระดับ ที่มีการใส่เชื้อไมคลอไรซ่าสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน

	Irrigation	Mycorrhiza	Total chlorophyll (mg g^{-1} FW)
2015	Normal irrigation	Non-mycorrhiza (control)	1.92 d
		Funnelifformis mosseae	2.99 a
		Rhizphagus intraradices	2.26 b
	Mild drought stress	Non-mycorrhiza (control)	1.55 fg
		Funneliformis mosseae	2.10 c
		Rhizphagus intraradices	1.86 d
	Severe drought stress	Non-mycorrhiza (control)	0.92 i
		Funnelifformis mosseae	1.54 fg
		Rhizphagus intraradices	1.34 h
2016	Normal irrigation	Non-mycorrhiza (control)	1.67 ef
		Funnelifformis mosseae	2.18 bc
		Rhizphagus intraradices	1.92 d
	Mild drought stress	Non-mycorrhiza (control)	1.00 i
		Funnelifformis mosseae	1.78 de
		Rhizphagus intraradices	1.4 8g
	Severe drought stress	Non-mycorrhiza (control	0.54 j
		Funneliformis mosseae	1.23 h
		Rhizphagus intraradices	1.23 h

ค่าเฉลี่ยในแต่คอลัมน์ที่ตามตัวอักษรเดียวกัน หมายถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ที่มา: Gholinezhad and Darvishzadeh (2021)

4.2. ศักย์ของน้ำในใบ และปริมาณโพรลีน

การเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ของน้ำในใบ และปริมาณโพรลีน เป็นดัชนีหนึ่งที่บ่งบอกถึงความสามารถในการหาน้ำ และปรับศักย์ของน้ำในใบพืช Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021) ได้ศึกษาผลของความเครียดแล้งของงาพันธุ์ที่ต่างกัน 3 พันธุ์ ได้แก่ Yekta, Shiraz และ Naz-takshakhe วางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment in Randomized Complete Block โดยปัจจัย A เป็นงานพันธุ์ที่ต่างกัน 3 พันธุ์ และปัจจัย B เป็นการให้น้ำที่ต่างกัน 3 ได้แก่ให้น้ำลดลง 60 เปอร์เซ็นต์, 70 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (ASW) ทำการปลูกในกระถางในสภาพเรือนทดลอง เก็บข้อมูลปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) ศักย์ของน้ำในใบ ปริมาณโพลีนในใบ พบว่าระดับความแห้งแล้งที่ต่างกันส่งต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ ศักย์ของน้ำในใบ และปริมาณโพลีนในใบของงา และพันธุ์มีการตอบสนองต่อความแห้งแล้งที่คล้ายกัน โดยที่งาทุกสายพันธุ์จะมี ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ที่ลดลงเมื่อระดับรุนแรงของความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ค่าศักย์ของน้ำในใบ และปริมาณโพลีนในใบของงา จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบปัจจัยร่วม (treatment combination) พบว่าสายพันธุ์ Yekta ที่ระดับน้ำ 70 เปอร์เซ็นต์ ASW มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ของใบสูงที่สุด และมีปริมาณโพลีนที่ต่ำที่สุด ขณะที่การให้น้ำที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ASW จะมีปริมาณโพลีนที่สูงที่สุด (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) ศักย์ของน้ำในใบ (LWP) ปริมาณโพลีนในใบ (LPC) ของงาสายพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Genotype	Yekta			Shiraz			Naz-takshakhe		
% depletion of ASW	60	70	80	60	70	80	60	70	80
RWC (%)	85.1 ^{a}	82.3 ^{b}	79.7 ^{c}	82.5 ^{b}	79.8 ^{c}	76.9 ^{e}	78.3 ^{d}	74.6 ^{f}	70.7 ^{g}
LWP (-MPa)	12.0 ^{f}	14.9 ^{d}	17.3 ^{c}	13.8 ^{e}	17.5 ^{c}	19.8 ^{b}	14.3 ^{de}	20.2 ^{b}	21.8 ^{a}
LPC (μ moles g^{-1})	12.3 ^{c}	15.1 ^{b}	18.2 ^{a}	10.2 ^{d}	12.8 ^{c}	14.2 ^{b}	6.8 ^{e}	5.8 ^{e}	9.2 ^{d}

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเดียวกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD

ที่มา: Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021)

5. ความเครียดแล้งต่อพัฒนาการการเจริญเติบโตของงาและผลผลิต

5.1.การพัฒนาและการเจริญเติบโต

Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021) ได้ศึกษาผลของความเครียดแล้งของงาพันธุ์ที่ต่างกัน 3 พันธุ์ ได้แก่ Yekta, Shiraz และ Naz-takshakhe วางแผนการทดลองแบบ Factorial experiment in Randomized Complete Block โดยปัจจัย A เป็นงานพันธุ์ที่ต่างกัน 3 พันธุ์ และปัจจัย B เป็นการให้น้ำที่ต่างกัน 3 ได้แก่ให้น้ำลดลง 60 เปอร์เซ็นต์, 70 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์ของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (ASW) ทำการปลูกในกระถางในสภาพเรือนทดลอง เก็บข้อมูลความสูงต้น น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่าระดับความแห้งแล้งที่เพิ่มขึ้นส่งผลทำให้ความสูงต้น น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นลดลงในทุกพันธุ์

และเมื่อทำการเปรียบเทียบปัจจัยร่วม (treatment combination) พบว่างาสายพันธุ์ Yekta ที่ระดับน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์ ASW จะมีความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงที่สุด และที่ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งสูงที่สุด (80 เปอร์เซ็นต์ ASW) ยังพบว่างาสายพันธุ์นี้ยังความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือนดิน และน้ำหนักเมล็ดต่อต้นสูงที่สุดอีกด้วย (ตารางที่ 5)

5.2 ความยาวราก และความหนาแน่นของราก

จากการศึกษาของ Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021) ยังได้ศึกษาถึงการปรับตัวของรากเพื่ออธิบายกลไกการหลีกเลี่ยงแล้งของงา โดยเก็บข้อมูลความยาวรากสะสม (CRL) ปริมาตรราก (RV) ผิวราก (RS) น้ำหนักแห้งราก (RDM) และความหนาแน่นของราก (RLD) ของงาสายพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ (ลดลงของน้ำที่ให้กับพืช 60 เปอร์เซ็นต์, 70 เปอร์เซ็นต์ และ 80 เปอร์เซ็นต์) ของน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ (ASW) ซึ่งพบว่าเมื่อระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งเพิ่มมากขึ้นส่งผลทำให้ปริมาณราก (ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อต้น) ปริมาณผิวราก (ตารางเซนติเมตรต่อต้น) และน้ำหนักแห้งราก (กรัมต่อต้น) ลดลงในทุกพันธุ์ ขณะที่ความยาวรากสะสม (เซนติเมตรต่อต้น) และความหนาแน่นของราก (เซนติเมตรต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) จะมีการตอบสนองที่แตกต่างกันในแต่ละพันธุ์งา (ตารางที่ 6) โดยพบว่างาพันธุ์ Yekta จะมีความยาวของรากสะสม และความหนาแน่นของรากที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อได้รับความแห้งแล้งที่มีความรุนแรงมากขึ้น ขณะที่งาสายพันธุ์ Sriraz และ Naz-takshakhe จะมีแนวโน้มของความยาวของรากสะสม และความหนาแน่นของรากที่ลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ 80 เปอร์เซ็นต์ ASW และเมื่อทำการเปรียบเทียบปัจจัยร่วม (treatment combination) พบว่างาพันธุ์ Naz-takshakhe ที่ระดับน้ำ 60 เปอร์เซ็นต์ ASW มีความยาวรากสะสม ปริมาตรราก ปริมาณผิวราก น้ำหนักแห้งรากสูงสุด และสายพันธุ์ Yekta ที่ระดับน้ำ 80 เปอร์เซ็นต์ ASW มีความหนาแน่นของรากสูงสุด (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 5 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน (กรัมต่อต้น) ความสูงต้น (เซนติเมตร) และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น (กรัมต่อต้น) ของงาสายพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Genotype	Yekta			Shiraz			Naz-takshakhe		
%depletion of ASW	60	70	80	60	70	80	60	70	80
SDM	21.1 [a]	18.1 [c]	16.8 [d]	17.2 [d]	14.3 [e]	12.3 [g]	19.1 [b]	13.3 [f]	11.6 [h]
PH (cm)	107 [a]	86 [cd]	69 [f]	98 [b]	78 [e]	67 [f]	90 [c]	80 [de]	53 [g]
SW	4.63 [a]	4.19 [b]	3.77 [c]	3.81 [c]	2.94 [d]	2.50 [e]	2.38 [f]	1.45 [g]	1.07 [h]

SDM=น้ำหนักแห้งส่วนเหนือนดิน (กรัมต่อต้น), PH=ความสูงต้น (เซนติเมตร) และ SW=น้ำหนักเมล็ดต่อต้น (กรัมต่อต้น) ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเดียวกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD

ที่มา: Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh (2021)

ตารางที่ 6 ความยาวรากสะสม (CRL) ปริมาตรราก (RV) ผิวราก (RS) น้ำหนักแห้งราก (RDM) และความหนาแน่นของราก (RLD) ของงาสายพันธุ์ที่ต่างกันภายใต้การให้น้ำที่แตกต่างกัน 3 ระดับ

Genotype	Yekta			Shiraz			Naz-takshakhe		
% depletion of ASW	60	70	80	60	70	80	60	70	80
CRL (cm $plant^{-1}$)	521.5 ^{ef}	695.3 ^{c}	710.5 ^{c}	745.8 ^{b}	617.5 ^{d}	507.0 ^{f}	890.7 ^{a}	522.8 ^{e}	542.3 ^{e}
RV (cm^3 $plant^1$)	16..3 ^{b}	14.3 ^{cd}	12.5 ^{f}	14.2 ^{d}	12.3 ^{f}	10.7 ^{g}	19.0 ^{a}	15.0 ^{c}	13.3 ^{e}
RS (cm^2 $plant^1$)	326 ^{c}	354 ^{b}	334 ^{c}	364 ^{b}	309 ^{d}	260 ^{e}	461 ^{a}	323 ^{c}	301 ^{d}
RDM (g $plant^1$)	4.42 ^{b}	4.35 ^{c}	4.27 ^{e}	4.31 ^{d}	4.24 ^{f}	4.13 ^{h}	4.90 ^{a}	4.43 ^{b}	4.18 ^{g}
RLD (cm cm^{-3})	32.1 ^{f}	48.5 ^{c}	57.1 ^{a}	52.8 ^{b}	50.1 ^{b}	47.7 ^{c}	46.9 ^{c}	36.9 ^{e}	40.8 ^{d}

ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเดียวกันในแถวเดียวกัน แสดงถึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยวิธี LSD

ที่มา: Yousefzadeh-Najafabadi and Ehsanzadeh, (2021)

5.3 ผลผลิต และคุณภาพน้ำมัน

Gholinezhad and Darvishzadeh (2021) ได้ศึกษาอิทธิพลของความเครียดจากภัยแล้งและชนิดของเชื้อราไมคลอไรซ่าต่อผลเมล็ดเมล็ดงา และผลผลิตน้ำมันงา วางแผนการทดลองแบบ Split plot design in Randomized Complete Block ปัจจัยหลักกำหนดการให้น้ำเป็น 3 ระดับ ได้แก่ การให้น้ำปกติ ขาดน้ำปานกลาง และขาดน้ำรุนแรง และปัจจัยรองเป็นชนิดของชนิดของเชื้อราไมคลอไรซ่าที่ต่างกัน 2 isolates และกรรมวิธีควบคุม ดำเนินการทดลองในแปลงทดลองทั้งหมด 2 ปี (ปี 2015 และ 2016) และเก็บข้อมูลผลผลิต และคุณภาพน้ำมัน พบว่าระดับความแล้งที่เพิ่มขึ้นส่งทำให้ผลผลิต และปริมาณน้ำมันลดลงทั้งกรรมวิธีที่ใส่ และไม่ใส่เชื้อราไมคลอไรซ่า (ตารางที่ 7) ซึ่งให้ผลเหมือนกันทั้งสองปี โดยระดับของผลผลิต และปริมาณน้ำมันจะต่ำที่สุดที่ระดับความรุนแรงของความแห้งแล้งสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่มีการใส่เชื้อราไมคลอไรซ่าทั้ง 2 isolates สามารถเพิ่มผลผลิตเมล็ด และปริมาณน้ำมันได้ในทั้งที่ให้น้ำปกติ ขาดน้ำปานกลาง และขาดน้ำรุนแรง โดยที่การใส่ *Funneliformis mosseae* สามารถช่วยเพิ่มผลผลิตเมล็ด และปริมาณน้ำมันได้สูงที่สุดในทุกระดับน้ำ เป็นที่น่าสนใจว่าการใส่เชื้อไมโคไรซ่าในสภาพที่ขาดน้ำปานกลาง สามารถให้ผลผลผลิต และปริมาณน้ำมันสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อไมคคลอไรซ่าได้รับน้ำปกติ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ผลผลิตเมล็ดงา และผลผลิตน้ำมัน (กิโลกรัมต่อเฮกแตร์) ของงาที่ปลูกภายใต้การให้น้ำ 3 ระดับ ที่มีการใส่เชื้อไมคลอไรซ่าสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน

	Irrigation	Mycorrhiza	Seed yield (kg ha $^{-1}$)	Oil yield (kg ha $^{-1}$)
2015	Normal irrigation	Non-mycorrhiza (control)	1675.00 d	735.73 d
		Funnelifformis mosseae	2632.13 a	1182.41 a
		Rhizphagus intraradices	2108.01 b	939.95 b
	Mild drought stress	Non-mycorrhiza (control)	1366.55 ef	574.35 ef
		Funneliformis mosseae	2145.18 b	918.55 b
		Rhizphagus intraradices	1768.98 cd	762.70 d
	Severe drought stress	Non-mycorrhiza (control)	566.68 i	231.42 h
		Funnelifformis mosseae	1050.72 gh	434.82 g
		Rhizphagus intraradices	918.54 h	386.49 g
2016	Normal irrigation	Non-mycorrhiza (control)	1428.36 e	610.22 e
		Funnelifformis mosseae	1890.43 c	826.81 c
		Rhizphagus intraradices	1718.39 d	745.51 d
	Mild drought stress	Non-mycorrhiza (control)	1069.19 gh	442.82 g
		Funnelifformis mosseae	1199.60 fg	506.52 f
		Rhizphagus intraradices	1280.75 ef	544.57 ef
	Severe drought stress	Non-mycorrhiza (control)	351.49 j	142.79 l
		Funneliformis mosseae	582.11 i	239.67 h
		Rhizphagus intraradices	474.78 ij	198.59 hi

ค่าเฉลี่ยในแต่คอลัมน์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันแสดงถึงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

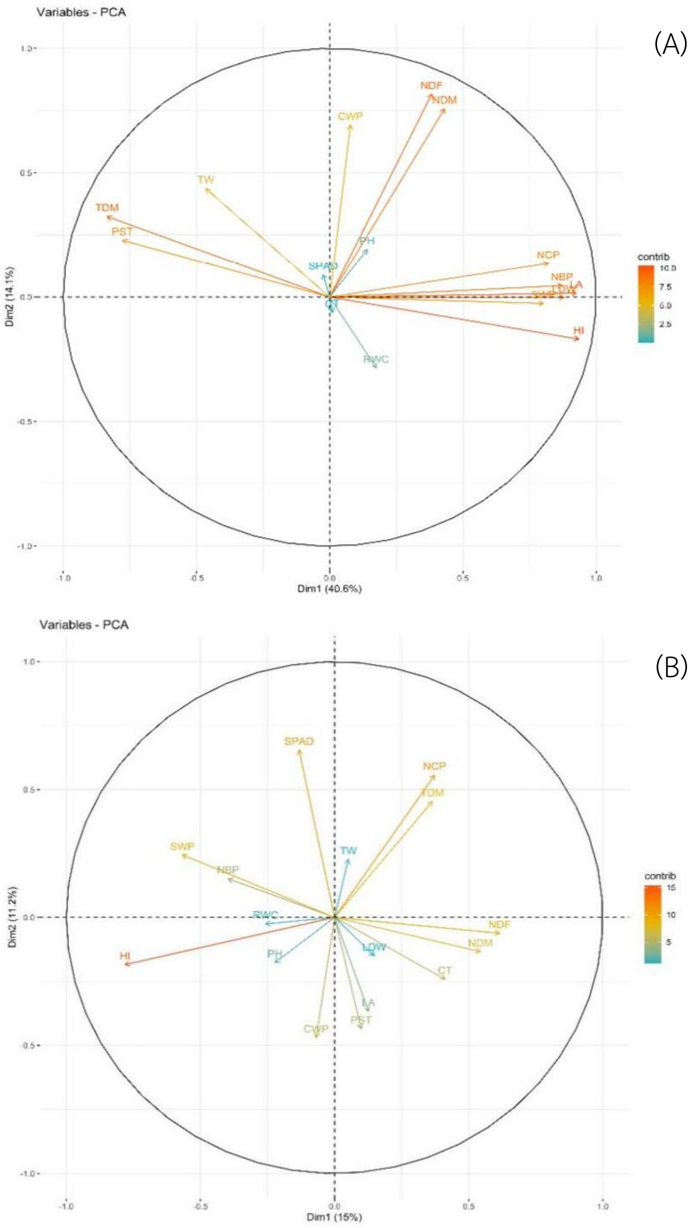
ที่มา: Gholinezhad and Darvishzadeh (2021)

6. การประเมินลักษณะทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง

ความเข้าใจเกี่ยวกับการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสภาพแล้ง และลักษณะทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับการทนแล้ง สามารถใช้ประโยชน์ในการออกแบบพันธุ์ใหม่ในอุดมคติ และเพิ่มประสิทธิภาพการคัดเลือกพันธุ์ได้ Pandey *et al.* (2021) ได้ทำการศึกษาเพื่อระบุลักษณะทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการทนแล้งของงา วางแผนการทดลองแบบ Strip-plot design โดยกำหนดการให้น้ำเป็น 2 ระดับ คือให้น้ำเต็มที่ กับขาดน้ำ ทำการทดสอบในงาทั้งหมด 76 สายพันธุ์ ทำการทดลอง 2 ปี และเก็บข้อมูลความสูง พื้นที่ใบ (LA) น้ำหนักใบแห้ง (LDW) ดัชนีความเขียวของใบ (SPAD) วันออกดอก (NDF) วันเก็บเกี่ยว (NDM) จำนวนกิ่ง (NBP) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (RWC) ดัชนีการเก็บเกี่ยว (HI) จำนวนฝัก (NCP) น้ำหนักฝัก (CWP) น้ำหนักแห้งแห้งทั้งหมด (TDM) และอุณหภูมิทรงพุ่ม (CT) การควบคุมระดับน้ำในดินจะควบคุมด้วยเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งในแปลง โดยกรรมวิธีให้น้ำเต็มที่จะควบคุมน้ำไม่ต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ของความจุสนาม (Field capacity) ซึ่งเป็นระดับน้ำที่พร้อมเป็นประโยชน์ต่อพืช และกรรมวิธีที่มีการขาดน้ำจะงดการให้น้ำที่ระยะออกดอก (40-45 วัน

หลังปลูก) จนกระทั่งสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยที่จะรักษาระดับความชื้นดินที่ 35-40 เปอร์เซ็นต์ของความจุสนาม และวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) ซึ่งเป็รเป็นวิธีที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร เพื่อหาความสัมพันธ์ของตัวแปรเหล่านั้น พบว่าดัชนีเก็บเกี่ยว (HI) และพื้นที่ใบ (LA) จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกในสภาพไม่ขาดน้ำ (PC1) ขณะที่ค่าดัชนีความเขียวของใบ (SPAD) จะมีความสัมพันธ์เชิงลบ ขณะที่วันออกดอก (NDF) วันเก็บเกี่ยว (NDM) จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ PC2 (ภาพที่ 1A) สำหรับในสภาพขาดน้ำพบว่าวันออกดอก (NDF) วันเก็บเกี่ยว (NDM) ที่ความสัมพันธ์เชิงบวกที่ PC1 และ จำนวนฝัก (NCP) และ SPAD มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่ PC2 และค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบมีความสัมพันธ์เชิงลบที่ PC2 (ภาพที่ 1B)

เมื่อพิจารณาร่วมกันกับค่าสหสัมพันธ์ พบว่าลักษณะทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตงา ได้แก่จำนวนกิ่ง พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ จำนวนฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าหากลักษณะดังกล่าวเพิ่มมากขึ้นจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามด้วยทั้งสภาพขาดน้ำ (ข้อมูลไม่ได้แสดง)



ภาพที่ 1 การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) ของการมีส่วนร่วมของลักษณะทางสรีรวิทยา และลักษณะทางการเกษตรต่างๆภายใต้การได้รับน้ำชลประทานเต็มที่ (A) และในสภาพขาดน้ำ (B)

ที่มา: Pandey *et al.* (2021)

7. สรุป

การขาดน้ำส่งผลกระทบต่อลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และผลผลิตงา จากการค้นคว้าพบว่า การขาดน้ำส่งผลทำให้งามีปริมาณคลอโรฟิลด์ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ค่าชักนำปากใบ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ ความสูง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ปริมาตรราก ปริมาณผิวราก น้ำหนักแห้งราก ผลผลิต และปริมาณน้ำมันลดลง ทั้งนี้กลับพบว่าการขาดน้ำจะทำให้งามีปริมาณความเข้มข้นของปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในใบ ศักย์ของน้ำในใบ และปริมาณโพลีนในใบที่เพิ่มสูงขึ้น ขณะที่การตอบสนองต่อความแห้งแล้งของความยาวราก และความหนาแน่นของรากจะแตกต่างกันในงาแต่ละสายพันธุ์ ทั้งนี้ระดับการลดลง หรือเพิ่มขึ้นของลักษณะที่กล่าวมานั้นจะขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของการขาดน้ำ และพันธุ์ จากการศึกษาพบว่าพันธุ์งาที่สามารถรักษาผลผลิตเมล็ด และฝักไว้ได้ดีในสภาพแล้งนั้น และมีการลดลงของผลผลิตต่ำนั้น จะเป็นพันธุ์ที่สามารถรักษาอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ค่าชักนำปากใบ และน้ำหนักแห้งส่วนเหนือนดินไว้ได้ดีในสภาพแล้ง ซึ่งพันธุ์ดังกล่าวจะมีกลไกการปรับตัวของรากเพื่อหาน้ำ โดยการเพิ่มความยาว และความหนาแน่นของราก นอกจากนี้ยังมีลักษณะทางสรีรวิทยา จากการศึกษาพบว่างาพันธุ์ Yekta และพันธุ์ Naz-takshakhe เป็นพันธุ์ที่มีกลไกการปรับตัวที่ดีในสภาพแห้งแล้งปานกลาง และรุนแรง และลักษณะทางการเกษตรที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิตงา ได้แก่จำนวนกิ่ง พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งใบ จำนวนฝัก และดัชนีเก็บเกี่ยว โดยพบว่าลักษณะดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กับผลผลิตงาทั้งสภาพขาดน้ำ และไม่ขาดน้ำ

8. เอกสารอ้างอิง

นฤทัย วรสถิตย์, สรศักดิ์ มณีขาว, สายสุนีย์ รังสิปิยกุล, พรพรรณ สุทธิแย้ม, จำลอง กกรัมย์ และพเยาว์ พรหมพันธุ์ใจ. 2541. งาพืชทรงคุณค่า. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด จตุจักร กรุงเทพฯ 44 หน้า.

วีรณา สินสวัวดิ์, บุญเกื้อ ภูศรี, สมพงษ์ ชมพูนุกูลรัตน์, และพรพรณ สุทธิแย้ม. 2534. การจัดลำดับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของงา. หน้า 93-97. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2534. ศูนย์วิจัยพืชไร่ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.

สมใจ โควสุรัตน์, สรศักดิ์ มณีขาว, สายสุนีย์ รังสิปิยกุล, บุญเหลือ ศรีมุงคุณ. 2549. การศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาและลักษณะทางพฤษศาสตร์ของงาทนแล้ง. หน้า 57-65 ในรายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548 งา และพืชไร่อื่นๆ ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี สำนักวิจัยและพัฒนาการเกตรเขตที่ 4 กรมวิชาการเกษตร.

สมใจ โควสุรัตน์. ม.ป.ป. ลักษณะทางสรีรวิทยากับการปรับปรุงพันธุ์งา. ศูนย์วิจัยพืชไร่อุบลราชธานี. สำนักงานวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4. กรมวิชาการเกษตร. 79 หน้า.

สุจินต์ เจนวีรวัฒน์. 2558. งาพันธุ์ดีของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และเทคโนโลยีการผลิตงา. ข่าวสารเกษตรศาสตร์. 1. 1-12

อภิชาติ ผลเกิด. 2543. การปลูกงาและการดูแลรักษา. แหล่งที่มา: https://www.baanjomyut.com/library 5/agricultural_knowledge/farm_products/42.html สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2566.

Gholinezhad, E., and R. Darvishzadeh. 2021. Influence of arbuscular mycorrhiza fungi and drought stress on fatty acids profile of sesame (*Sesamum indicum* L.). Field Crops Research (262):1-12.

Fukai, S., and M. Cooper. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. Field Crops Research 40(2):67-86.

Janket, A., N. Vorasoot, B. Toomsan, W. Kaewpradit, P. Theerakulpisut, C. Holbrook, C.K. Kvien, S. Jogloy and P. Banterng. 2020. Accumulation dynamics of starch and its granule size distribution of cassava genotypes at different growing seasons. Agriculture 10(9):380.

Jongrungklang, N., B. Toomsan, N. Vorasoot, S. Jogloy, K.J. Boote, G. Hoogenboom and A. Patanothai. 2011. Rooting traits of peanut genotypes with different yield responses to pre-flowering drought stress. Field Crops Research 120(2):262-270.

Kermani, S.G., G. Saeidi, M.R. Sabzalian and A. Gianinetti. 2019. Drought stress influenced sesamin and sesamolin content and polyphenolic components in sesame (*Sesamum indicum* L.) populations with contrasting seed coat colors. Food Chemistry 289:360-368.

Pandey, B.B., P. Ratnakumar, B. Usha Kiran, M.Y. Dudhe, G.S. Lakshmi, K. Ramesh and A. Guhey. 2021. Identifying traits associated with terminal drought tolerance in sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. Frontiers in Plant Science 12:1-12.

Taiz, L. and E. Zeiger. 2002. Photosynthesis: physiological and ecological considerations. Plant Physiology 9:172-174.

Terefe, G., A. Wakjira, M. Berhe, and H. Tadesse. 2012. Sesame Production Manual. Ethiopia: Ethiopian Institute of Agricultural Research Embassy of the Kingdom of the Netherlands.

Turner, N.C. and P. J. Kramer. 1980. Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. Wiley-Interscience, John. USA.

Yousefzadeh-Najafabadi, M. and P. Ehsanzadeh. 2001 Correlative associations of photosynthetic and rooting attributes of sesame: Drought-induced reversed associations are corrected upon salicylic acid exposure. Southern Africa Journal of Botany 142:266-273.