تأثير المعاملة بالميلاتونين على خصائص النمو لنبات تبغ البربليب (*Nicotiana tabacum* L.) تحت ظروف الإجهاد الجفافي

أحمد صوفي*

(الإيداع: 12 حزيران 2024، القبول: 18 آب 2024)

الملخص:

نُفذ البحث في قرية الجنكيل التابعة لمحافظة اللاذقية –سورية خلال الموسم الزراعي 2024، بزراعة شتول التبغ صنف البربليب في قطع تجريبية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) وبثلاثة مكررات لكل معاملة، هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير المعاملة بالميلاتونين بالتراكيز (50،100 و150ميكرومول/ل) على بعض الخصائص المورفولوجية والفيزيولوجية لنبات التبغ بربليب تحت ظروف الإجهاد الجفافي المطبق (15، 30 و45 %)، تم قياس العديد من المؤشرات: ارتفاع النبات (سم)، مساحة المسطح الورقي (سم^2)، دليل المساحة الورقية، الوزن النوعي للأوراق (غ/سم^2) ومعدل التمثيل الضوئي (ملغ/سم^2/يوم).

سببت معاملات الإجهاد الجفافي انخفاض ارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي الكلي ودليل المساحة الورقية، كما انخفض معدل التمثيل الضوئي الصافي والوزن النوعي وبشكل مطرد مع زيادة الإجهاد المطبق خاصة عند المعاملة D3، بينما ازدادت جميع المؤشرات المدروسة وذلك عند الرش بالميلاتونين خاصة عند التركيز المنخفض 50 ميكرومول/ل، تفوقت المعاملة M1D1 بالتركيز المخفف من الميلاتونين والإجهاد المطبق على جميع المعاملات والشاهد وذلك لدى جميع المؤشرات المدروسة، ولذلك ينصح باستخدام الميلاتونين وخاصة عند التركيز 50 ميكرومول/ل على نبات التبغ لدوره بتحسين خصائص النمو والموروفيزيولوجية تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

الكلمات المفتاحية: بذور التبغ، بربليب، الميلاتونين، الإجهاد الجفافي، بولي ايتيلين غليكول.

***باحث – اختصاص محاصيل حقلية – كلية الهندسة الزراعية – جامعة تشرين**

Effect of melatonin treatment on growth characteristics of Prilep tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) plants under drought stress conditions

Ahmed Sufi*

(Received: 12 June 2024, Accepted:18 Augst 2024)

Abstract:

The experiment was carried out in Janghil– Lattakia– Syria during the agricultural season 2024, distributed according to the complete randomized block design (C.R.B.D) with three replicates by the cultivation of Prilip tobacco. The aim of research was to study the effect of treatment with melatonin at concentrations (50, 100 and 150 µmol/L) on some morphological and physiological characteristics of Prilep tobacco plants under conditions of applied drought stress (15, 30 and 45%). So, the plant height (cm), Plant Leaf Area (cm^2), leaf area index, specific leaf weight (mg/cm^2) and photosynthesis rate ($mg/cm^2/day$) have been studied.

Drought stress treatments caused plant height, total leaf surface area, and leaf area index and the net photosynthesis rate and specific gravity decreased steadily with increasing applied stress Especially when dealing with D3, while all studied indicators increased when sprayed with melatonin, especially at low concentrations 50 µmol. The treatment M1D1with the reduced concentration of melatonin and the applied stress outperformed all treatments and the control for all indicators studied. Therefore, it is recommended to use melatonin, especially at a concentration of 50 microliters, on tobacco plants because of its role in improving growth and morphological characteristics under conditions of drought stress.

Keywords: Tobacco seeds, Prilep, melatonin, drought stress, polyethylene glycol.

*Researcher – Field Crops Specialist – Faculty of Agricultural Engineering – Tishreen University

المقدمة:

يُعد التبغ أحد أكثر المحاصيل الصناعية المزروعة على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم، ويتم زراعته الآن في أكثر من 125 دولة Kakar وزملاؤه (2020)، ويعتبر التبغ بأصنافه المختلفة من المحاصيل ذات الأهمية الاقتصادية المتميزة، وقطعت زراعته شوطاً لا بأس به على مستوى القطر العربي السوري، وانتشرت زراعته منذ بداية القرن الماضي وتركزت بشكل أساسي في المنطقة الساحلية، إذ أولت الدولة زراعته أهمية خاصة، فتم إحداث المؤسسة العامة للتبغ التي تشرف على زراعته وتسويقه من المناطق المختلفة، ولنبات التبغ دور كبير في التجارة الخارجية، حيث يعد من المحاصيل الاستراتيجية الهامة في القطر العربي السوري، فهو يساهم في دعم ميزانية الدولة عبر تأمينه القطع الأجنبي فضلاً عن دوره في تشغيل قطاع واسع من الأيدي العاملة من فنين، مهندسين، عمال وفلاحين Ahmed و Ahmed (2015).

تشكل النظم المناخية المتغيرة تهديداً للحياة على الأرض، لأن تلبية الطلب المتزايد على الغذاء وتحقيق الزراعة المستدامة لعدد متزايد من السكان أصبحت مهمة شاقة في الوقت الحالي للظروف المناخية المتغيرة Ali وزملاؤه (2022)، والتي تشمل الجفاف والفيضانات الغزيرة والزلازل والتغيرات في درجات الحرارة Hussain وزملاؤه (2022)، يؤثر الجفاف على حوالي نصف المناطق الجافة و شبه الجافة Pepe وزملاؤه (2022).

في هذا السياق، أشار Nezhadahmadi وزملاؤه (2013) إلى أن معدل استطالة الخلايا حساسٌ جداً للجفاف، فالجفاف يعمل على تثبيط النمو نتيجة نقص ضغط امتلاء الخلايا ويسبب نقص وصول الماء إلى الأنسجة النامية نظراً لعدم قدرة الجذور على النمو وامتصاص الماء والأملاح المعدنية، وفي دراسة درويش (2023) سببت معاملات الإجهاد الجفافي، وبشكل خاص عند التركيزين 30 و40 PEG % انخفاضاً معنوياً في أغلب صفات ومؤشرات النمو والإنتاجية المدروسة لنبات التبغ.

تم اكتشاف الميلاتونين في العديد الأنواع النباتية Reiter وزملاؤه (2015)، ويعد أحد مضادات الأكسدة واسعة الطيف، كما يحفز الانزيمات المضادة للأكسدة وتخليق الجلوتاثيون، وينشط مضادات الأكسدة الأخرى Balabusta وزملاؤه (2016).

قد يعزى دور حمض الميلاتونين في زيادة تحمل النباتات للإجهادات البيئية إلى قدرته على تقليل الأضرار التأكسدية الناجمة عن الإجهاد Campos وزملاؤه (2019)، وتمّ استخدام هذا الحمض من قبل العديد من الباحثين وذلك على نبات البندورة Liu وزملاؤه (2019)، وقد يعزى أيضاً إلى دور حمض الميلاتونين إلى تحسين خصائص النمو، تنظيم عمليات الاستقلاب وزيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي Sun وزملاؤه (2021).

يحسن الميلاتونين (M) بشكل فعال مقاومة النباتات لمختلف الإجهادات البيئية، حيث يؤدي الإجهاد إلى تثبيط النمو ونشاط مضادات الأكسدة وتثبيط عملية التمثيل الضوئي، وعلى النقيض من ذلك، أدى الرش الورقي بالميلاتونين إلى زيادة كبيرة في مقاومة نباتات التبغ للإجهادات البيئية من خلال التخلص من أنواع الأكسجين التفاعلية Gao وزملاؤه (2022).

أدت المعاملة رشاً بالميلاتونين على نباتات التبغ إلى تحسين خصائص النمو تحت ظروف الجفاف وفق ما توصلت إليه دراسة Liu وزملاؤه (2021)، أمّا في دراسة Li وزملاؤه (2021) على نبات التبغ فقد عمل الميلاتونين بالتركيز المنخفض على زيادة ملحوظة في ارتفاع النبات، نشاط عملية التمثيل الضوئي، إضافةً إلى زيادة تحمل نبات التبغ للجفاف، وفي دراسة Imran وزملاؤه (2021) أكد أن المعاملة بالتركيز المنخفض من الميلاتونين أدت إلى تخفيف الآثار السلبية للإجهاد الجفافي للنباتات، كما أشار Kołodziejczyk وزملاؤه (2016) أنَ كلاً من عدد الأوراق ومساحتها تزداد عند المعاملة بالميلاتونين بالتراكيز المنخفضة بسبب تنشيط المواد الفسيولوجية، بينما التراكيز العالية للميلاتونين، تؤخر الانقسام الخلوي عن طريق إيقاف انقسام الخلايا الانقسامية والتسبب في آثار سيئة على الأكسينات والذي يؤدي بدوره إلى انخفاض خصائص النمو في النبات.

أهمية البحث وأهدافه:

تعود أهمية هذا البحث إلى دور حمض الميلاتونين في تحسين نمو نباتات التبغ المجهدة، وذلك لإمكانيّة زراعته في مناطق جافة وشبه جافة، لذلك كان الهدف من البحث:

1. دراسة خصائص النمو لنبات التبغ (بريليب) تحت ظروف الإجهاد الجفافي المحدث بمادة بولي ايتيلين غليكول.
2. تحديد التركيز الأفضل من مادة الميلاتونين التي ستساهم في رفع قدرة النبات على تحمل الإجهاد الجفافي عند المعاملة بالرش الورقي.

مواد البحث وطرائقه:

المادة الأولية المستخدمة: استخدم في هذا البحث شتول صنف التبغ (بريليب)، إذ يمتاز هذا الصنف بإنتاجية جيدة وبمحتوى متوسط من النيكوتين وتجفف أوراقه في الظل.

أجريت التجربة الحقلية خلال موسم النمو 2024 بقرية الجنكيل التابعة ل اللاذقية –سورية لبحث تأثير الرش الورقي للميلاتونين (M) عند التراكيز (50، 100 و150 ميكرومول/ل) على نباتات التبغ المزروعة تحت ظروف الإجهاد الجفافي. تم زراعة بذور التبغ على وسط زراعي يحتوي على كومبوست، بعد أربعين يومًا من الإنبات، عندما نمت شتلات التبغ إلى مرحلة الأربع أوراق، تم زرع شتلات التبغ القوية في أكياس بلاستيكية (قطر 60 سم × عمق 40 سم). سعة (25) كغ تربة تحتوي على خليط من الرمل والطين بنسبة (1:2) من تربة الحقل وكان كل كيس يحتوي على شتلة واحدة كما هو موضح في الجدول 1.

الجدول رقم (1): خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية في موقع الزراعة.

تحليل ميكانيكي (ملغ/كغ) تربة جافة					المحتوى الكلي %		EC ds/m	PH	السعة التبادلية ميلي مكافئ/100غ تربة
طين	سلت	رمل	N	P_2O_5	K_2O	O.M.	$CaCo_3$			
17	12	71	0.3	20	120	1.66	50	0.32	8.2	28

تتميز التربة بأنها رملية فقيرة بالآزوت والمادة العضوية وذات محتوى جيد من البوتاسيوم وغنية بالفوسفور، كما أن سعتها التبادلية منخفضة نظراً لغناها بالرمل.

تم تحضير محلول الميلاتونين عن طريق إذابة الميلاتونين في الإيثانول (50 ملغ من الميلاتونين في 1 مل من الإيثانول)، بعد تحضير محلول المخزون، تم تخفيفه بالماء منزوع الأيونات للحصول على تراكيز (0، 50، 100 و150 ميكرومول/ل/ل) لاستخدامه في الرش الورقي Liu وزملاؤه (2019).

معاملات الإجهاد الجفافي:

تم استخدام مادة البولي إيتيلين غليكول (PEG-6000) كنسب مئوية (%) لإحداث الإجهاد الجفافي المصطنع، وما يعادلها من ضغط أسموزي Muscolo وزملاؤه (2014)، عبر الرّي بمعدل ريتين بمقدار 200 مل لكل نبات عند كل معاملة، وتم الري إلى أسفل ساق النبات وبفارق بين الرية والثانية أسبوعين خلال فترة النمو الحرجة للنبات والتي توافق مرحلة النمو الخضري النشط وذلك بعد التشتيل بحوالي شهر، حيث تم تطبيق الإجهاد الجفافي في الجيل الأول والثاني، لتكون معاملات الإجهاد والرش بالميلاتونين كما يلي:

- M_0D_0: رويت النباتات بالماء العذب فقط.
- D_1: تم ري النباتات بمحلول بتركيز 15% ما يعادل ضغط أسموزي 0.7- ميغا باسكال بدون رش بالميلاتونين.
- D_2: تم ري النباتات بمحلول بتركيز 30% ما يعادل ضغط أسموزي 1.4– ميغا باسكال بدون رش بالميلاتونين.
- D_3: تم ري النباتات بمحلول بتركيز 45% ما يعادل ضغط أسموزي 2.1– ميغا باسكال بدون رش بالميلاتونين.

- M_1: رش بالميلاتونين تحت تركيز 50 ميكرومول/ل فقط.
- M_2 رش بالميلاتونين تحت تركيز 100 ميكرومول/ل فقط.
- M_3 رش بالميلاتونين تحت تركيز 150 ميكرومول/ل فقط.
- M_1D_1: رش بالميلاتونين تحت تركيز 50 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 15%
- M_1D_2 رش بالميلاتونين تحت تركيز 50 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 30%
- M_1D_3 رش بالميلاتونين تحت تركيز 50 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 45%
- M_2D_1 رش بالميلاتونين تحت تركيز 100 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 15%
- M_2D_2 رش بالميلاتونين تحت تركيز 100 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 30%
- M_2D_3 رش بالميلاتونين تحت تركيز 100 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 45%
- M_3D_1 رش بالميلاتونين تحت تركيز 150 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 15%
- M_3D_2 رش بالميلاتونين تحت تركيز 150 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 30%
- M_3D_3 رش بالميلاتونين تحت تركيز 150 ميكرومول/ل ورويت النباتات بمحلول يحوي بولي ايتيلين غليكيول بتركيز 45%.

الخصائص والصفات المدروسة:

المؤشرات المورفولوجية:

1. ارتفاع النبات Plant Height (سم/ نبات):

قياس ارتفاع النبات (سم) لكل معاملة تجريبية بدءاً من مستوى سطح التربة حتى القمة النامية وذلك قبل دخول النباتات مرحلة تشكيل النورة الزهرية أي بعد التشتيل بحوالي 6 أسابيع.

المؤشرات المورفوفيزيولوجية:

2. مساحة المسطح الورقي الكلي Plant Leaf Area (PLA) (سم^2):

تم حساب مساحة الورقة (سم^2) من المعادلة الآتية:

مساحة الورقة الواحدة لصنف البرلي 21 (سم^2)= أقصى طول للورقة (سم) × أقصى عرض للورقة (سم) × (0.6523).

(0.6523): ثابت تصحيح مساحة الورقة لنبات التبغ Bozhinova (2006).

ومن ثم تم حساب مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات:

(PLA (سم^2/نبات)= مجموع مساحة جميع أوراق النبات).

3. دليل المساحة الورقية Leaf Area Index:

تم حساب دليل المساحة الورقية بعد معرفة مساحة المسطح الورقي الكلي والمساحة التي يشغلها النبات على التربة وفقاً لمعادلة الباحث Williams (1946):

دليل المساحة الورقية LAI = المساحة الورقية للنبات (سم^2)/المساحة التي يشغلها النبات من الأرض (سم^2)

4. الوزن النوعي للأوراق Specific Leaf Weight (غ/سم^2):

تم تحديد الوزن النوعي للأوراق (SLW) بعد قياس الوزن الجاف للأوراق مع بداية النضج الفني للأوراق وفقاً للباحث Pearce وزملاؤه (1968):

SLW = وزن الأوراق الجافة (غ/نبات)/المساحة الورقية (سم^2/نبات).

5. معدل التمثيل الضوئي الصافي Net Photosynthesis Rate (ملغ/سم^2/يوم):

ويُحسب من المعادلة الآتية Williams (1946):

$$(NPR = \frac{(Log\ eL2\ - Log\ eL1\ )(W2 - W1)}{(T2 - T1)(L2 - L1)})$$

NPR: صافي إنتاج التمثيل الضوئي، ملغ/سم^2/يوم، *L2* و*L1*: مساحة الأوراق (سم^2) في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب، *W2* و*W1*: وزن النبات الجاف في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب، *T2* و*T1*: عدد الأيام بين المرحلتين (عند بداية مرحلة النمو الخضري النشيط ونهاية هذه المرحلة أي عند 30 و60 يوم من التشتيل).

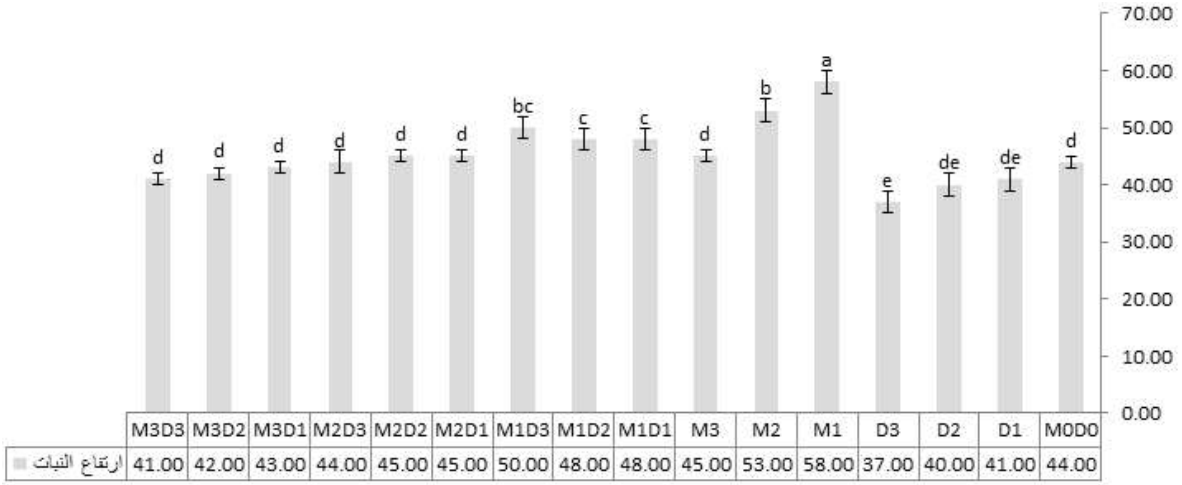
التحليل الإحصائي:

تم إجراء تحليل التباين للبيانات عبر البرنامج R statistical software باستخدام الاختبار ANOVA مع Tukey وعرضت النتائج بشكل متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE) والفروقات ذات معنوية عند مستوى الاحتمالية ($P<0.05$).

النتائج والمناقشة:

1. تأثير المعاملة بالميلاتونين (M) في ارتفاع النبات (سم) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

نلاحظ من خلال معطيات الشكل (1) وجود فروق معنوية بين معاملات التجربة، فقد أدت معاملات الميلاتونين إلى تحسين ارتفاع النبات وخاصة عند التركيز المنخفض (58 سم) مقارنة بباقي بالتراكيز والشاهد (44 سم)، وأدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض ارتفاع نبات التبغ معنوياً وبشكل مطرد مع زيادة الإجهاد المطبق، فقد بلغ عند التركيز المرتفع (37 سم) وذلك مقارنة بالشاهد، كما تفوقت المعاملة M_1D_1 بالتركيز المنخفض من الميلاتونين والإجهاد المنخفض على جميع التراكيز، والشاهد من حيث صفة ارتفاع النبات فقد بلغت (48 سم).



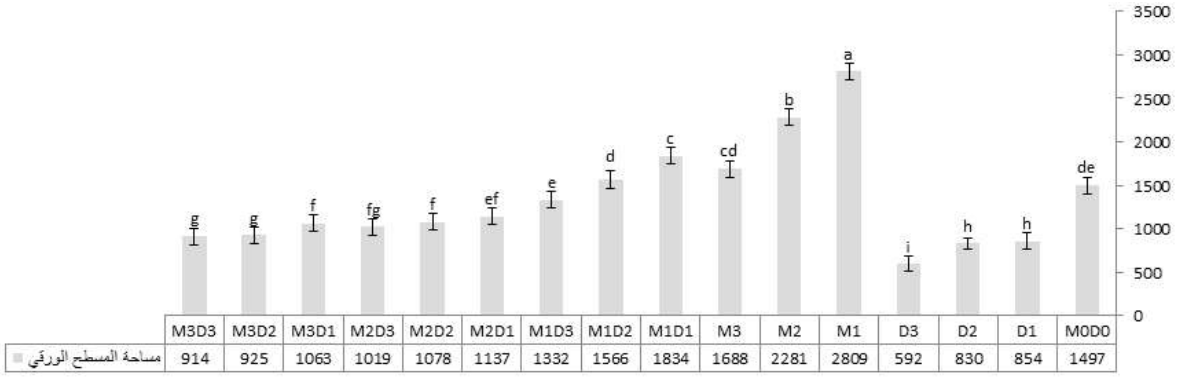
الشكل رقم (1): ارتفاع نبات التبغ التي تم معاملتها بالميلاتونين تحت ظروف الإجهاد المائي، تُشير الرموز (D) لمعاملات إجهاد الجفافي، (M) المعاملة بالميلاتونين (50، 100 و 150ميكرومول/ل)، n=3، ($P<0.05$, ANOVA–Tukey test).

إن ارتفاع النبات يزداد مع طول فترة نموه والتي بدورها تتأثر بالظروف البيئية المحيطة بالنبات بما فيها ظروف التغذية Ristvey وزملاؤه (2019)، وربما يعود سبب اختزال ارتفاع نباتات التبغ عند تعرضها للإجهاد الجفافي إلى قلة انقسام خلايا الساق والأوراق وصغر حجمها نتيجةً لانخفاض الجهد المائي فيهما بسبب نقص جاهزية ماء التربة مما يؤدي إلى انخفاض كفاءة تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية وإنتاج المادة الجافة.

أشارت عدة دراسات إلى أن M المطبق خارجيًا يمكن أن يحفز نمو النبات تحت ضغط الجفاف في العديد من أنواع النباتات، بما في ذلك فول الصويا Campos وزملاؤه (2019)، حيث يمكن أن تعزى هذه التأثيرات إلى تعزيز التعبير عن الجينات المشاركة في انقسام الخلايا والتمثيل الضوئي والتمثيل الغذائي Wei وزملاؤه (2014).

2. تأثير المعاملة بالميلاتونين (M) في مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات (سم^2) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

نلاحظ من خلال معطيات الشكل (2) وجود فروق معنوية بين معاملات التجربة، فقد أدت معاملات الميلاتونين إلى تحسين مساحة المسطح الورقي وخاصة عند التركيز المنخفض (2809 سم^2) مقارنة بباقي بالتراكيز والشاهد (1497 سم^2)، وأدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض مساحة المسطح الورقي التبغ معنوياً وبشكل مطرد مع زيادة الإجهاد المطبق، فقد بلغ عند التركيز المرتفع (592 سم^2) وذلك مقارنة بالشاهد، كما تفوقت المعاملة M_1D_1 بالتركيز المنخفض من الميلاتونين والإجهاد المنخفض على جميع التراكيز، والشاهد من حيث صفة مساحة المسطح الورقي فقد بلغت (1834 سم^2).

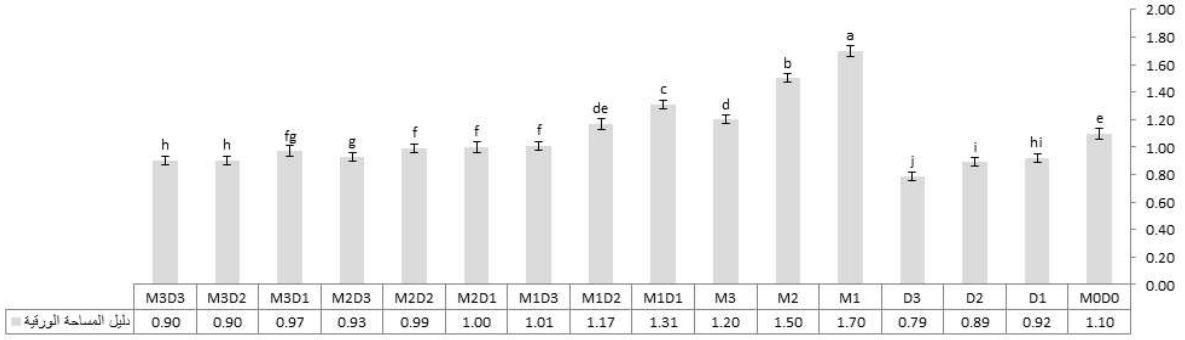


الشكل (2): مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات (سم2) لنباتات التبغ التي تم معاملتها بالميلاتونين تحت ظروف الإجهاد الجفافي، تُشير الرموز (D) لمعاملات اجهاد الجفافي، (M) المعاملة بالميلاتونين (50، 100 و 150ميكرومول/ل)، n=3، ($P<0.05$, ANOVA–Tukey test).

تُعد المساحة الورقية ومساحة المسطح الورقي الكلي للنبات من مؤشرات النمو الدالة على شدة وقوة الإجهاد التي يتعرض لها النبات تحت أحوال العديد من المجهدات الأحيائية واللاأحيائية، ومنها الإجهاد الجفافي والملحي، وهذا يتفق مع نتائج Potopová وزملاؤه (2016).

3. تأثير المعاملة بالميلاتونين (M) في صفة دليل المساحة الورقية للنبات تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

نلاحظ من خلال معطيات الشكل (3) وجود فروق معنوية بين معاملات التجربة، فقد أدت معاملات الميلاتونين إلى تحسين دليل المساحة الورقية وخاصة عند التركيز المنخفض (1.70) مقارنة بباقي بالتراكيز والشاهد (1.10)، وأدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض دليل المساحة الورقية التبغ معنوياً وبشكل مطرد مع زيادة الإجهاد المطبق، فقد بلغ عند التركيز المرتفع (1.20) وذلك مقارنة بالشاهد، كما تفوقت المعاملة M_1D_1 بالتركيز المنخفض من الميلاتونين والإجهاد المنخفض على جميع التراكيز، والشاهد من حيث صفة دليل المساحة الورقية فقد بلغت (1.31).



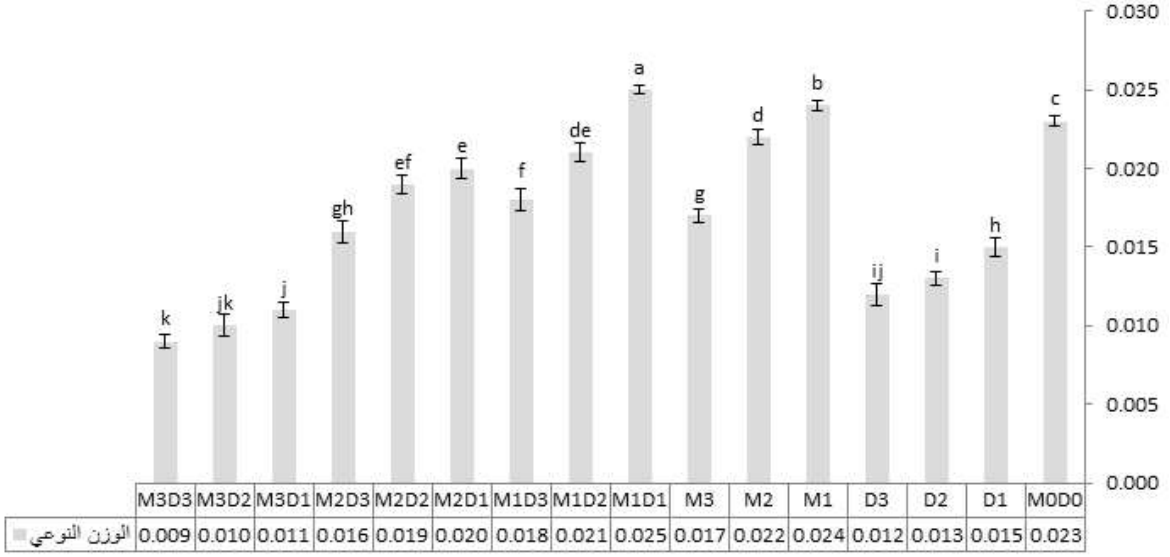
الشكل (3): دليل المساحة الورقية لنباتات التبغ التي تم معاملتها بالميلاتونين تحت ظروف الإجهاد المائي، تُشير الرموز (D) لمعاملات إجهاد الجفافي ، (M) المعاملة بالميلاتونين (50، 100 و 150ميكرومول/ل)، n=3، ($P<0.05$, ANOVA–Tukey test).

إن الانخفاض الحاصل في المساحة الورقية تحت تأثير الإجهاد الجفافي يمكن أن يُعزى إلى قلة محتوى الماء النسبي في النبات والذي يؤدي إلى انخفاض معدل نمو الأجزاء الخضرية، ودور الماء المهم في عملية انقسام الخلايا واستطالتها ووفرة

العناصر الغذائية في التربة وسهولة امتصاصها والذي يقود بدوره إلى انخفاض عملية التمثيل الضوئي وانخفاض المساحة الورقية Gill وTuteja (2010).

4. تأثير المعاملة بالميلاتونين (M) في الوزن النوعي (غ/سم^2) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

نلاحظ من خلال معطيات الشكل (4) وجود فروق معنوية بين معاملات التجربة، فقد أدت معاملات الميلاتونين إلى تحسين الوزن النوعي وخاصة عند التركيز المنخفض (0.024 غ/سم2) مقارنة بباقي بالتراكيز والشاهد (0.023 غ/سم2)، وأدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض الوزن النوعي معنوياً وبشكل مطرد مع زيادة الإجهاد المطبق، فقد بلغ عند التركيز المرتفع (0.012 غ/سم2) وذلك مقارنة بالشاهد، كما تفوقت المعاملة M_1D_1 بالتركيز المنخفض من الميلاتونين والإجهاد المنخفض على جميع التراكيز، والشاهد من حيث صفة الوزن النوعي فقد بلغت (0.025 غ/سم2).



	M3D3	M3D2	M3D1	M2D3	M2D2	M2D1	M1D3	M1D2	M1D1	M3	M2	M1	D3	D2	D1	M0D0
الوزن النوعي	0.009	0.010	0.011	0.016	0.019	0.020	0.018	0.021	0.025	0.017	0.022	0.024	0.012	0.013	0.015	0.023

الشكل (4): الوزن النوعي لنباتات التبغ التي تم معاملتها بالميلاتونين تحت ظروف الإجهاد المائي، تُشير الرموز (D) لمعاملات إجهاد الجفافي، (M) المعاملة بالميلاتونين (50، 100 و 150ميكرومول/ل)، n=3، ($P<0.05$, ANOVA–Tukey test).

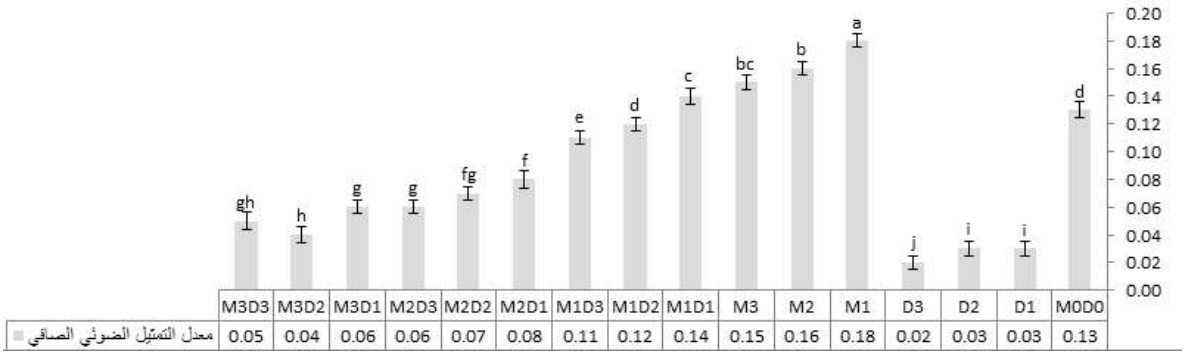
يمكن أن يُفسر هذا الانخفاض الملحوظ في الوزن النوعي لأوراق التبغ تحت ظروف الإجهاد الجفافي، للتأثير السلبي للإجهاد في معدل التمثيل الضوئي وبالتالي قلة تراكم المادة الجافة في الأوراق، فقد أظهرت نتائج Cha-um *et al* (2010) باستخدام جهود حلولية مختلفة من البولي إيتيلين غليكول، انخفاضاً في مساحة المسطح الورقي، الوزن الجاف والوزن الرطب للنبات.

تقاوم النباتات جفاف أنسجة أوراقها عن طريق تراكم العديد من المواد العضوية والأسموليتات، وتلعب هذه الجزيئات دورًا حيويًا في التعديل الاسموزي وامتصاص الماء في ظل ظروف الجفافي وبالتالي يعمل الميلاتونين على تحسين نمو النبات وزيادة ادخاره المادة الجافة Hare وزملاؤه (1998).

5. تأثير المعاملة بالميلاتونين (M) في معدل التمثيل الضوئي الصافي (ملغ/سم^2/يوم) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

نلاحظ من خلال معطيات الشكل (5) وجود فروق معنوية بين معاملات التجربة، فقد أدت معاملات الميلاتونين إلى تحسين معدل التمثيل الضوئي الصافي وخاصة عند التركيز المنخفض (0.18 ملغ/سم^2/يوم) مقارنة بباقي بالتراكيز والشاهد (0.13 ملغ/سم^2/يوم)، وأدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض معدل التمثيل الضوئي الصافي معنوياً وبشكل مطرد

مع زيادة الإجهاد المطبق، فقد بلغ عند التركيز المرتفع (0.02 ملغ/سم^2/يوم) وذلك مقارنة بالشاهد، كما تفوقت المعاملة M_1D_1 بالتركيز المنخفض من الميلاتونين والإجهاد المنخفض على جميع التراكيز، والشاهد من حيث معدل التمثيل الضوئي الصافي فقد بلغت (0.14 ملغ/سم^2/يوم).



الشكل رقم (5): معدل التمثيل الضوئي الصافي لنباتات التبغ الجافة التي تم معاملتها بالميلاتونين تحت ظروف الإجهاد الجفافي، تُشير الرموز (D) لمعاملات الإجهاد الجفافي، (M) المعاملة بالميلاتونين (50، 100 و 150ميكرومول/ل)، n=3، ($P<0.05$, ANOVA–Tukey test).

تبين بأن النباتات المجهدة جفافياً تقوم بغلق مساماتها لتجنب المزيد من فقد الماء وبالتالي تتناقص تراكيز (CO_2) الداخلة عبر الثغور وهذا يؤدي إلى تناقص صافي إنتاجية التمثيل الضوئي Ullah وزملاؤه (2021).

يوجد حمض الميلاتونين في الخلايا النباتية ضمن العديد من النباتات الراقية، وله العديد من الوظائف أهمّها قدرته على حماية النباتات من الجذور الحرة وبالتالي زيادة قدرة هذه النباتات على تحمل الإجهاد التأكسدي الناتج عنها وبالتالي زيادة معدل التمثيل الضوئي Arnao وHernandez-Ruiz (2015).

الاستنتاجات:

1. أدت معاملات الإجهاد الجفافي إلى تأثيرات سلبية على الصفات المورفولوجية والفيزيولوجية المدروسة، وازداد هذا التأثير سلباً مع زيادة تركيز البولي ايتيلين غليكول.
2. حسنت المعاملة بالميلاتونين جميع المؤشرات المدروسة وخاصة عند التركيز 50 ميكرومول/ل، ومنها: ارتفاع النبات (58 سم)، مساحة المسطح الورقي الكلي (2809 سم^2) ودليل المساحة الورقية (1.70)، حيث كان أكثر فعالية في تخفيف إجهاد الجفاف. يمكن أن تسلط النتائج التي توصلنا إليها الضوء على التأثير الإيجابي للميلاتونين في نباتات التبغ في تحسين خصائص النمو والمورفيزيولوجية للمحاصيل الاستراتيجية.

لذلك نوصي برش أوراق نباتات التبغ المعرضة للجفاف بالميلاتونين بالتركيز 50 ميكرومول/ل، وذلك لدوره في تحسين خصائص النمو للنباتات، ومتابعة الدراسة على أصناف وأنواع أخرى في ظروف الحقل.

المراجع:

1. درويش، مجد (2023). أثر الرش الورقي بالماء الأوكسجيني (H2O2) في تحمل التبغ البلدي (*nicotiana tabacum* L.) للإجهاد الجفافي المحدث بالبولي إيتلين غليكول (PEG). المجلة السورية للبحوث الزراعية، المجلد (10) العدد (4).

1. Ahmed, T. and Ahmed, W. (2015). Studying the Impact the profitability of the tobacco types produced in the Syrian coast on the Agriculture Domestic product during the period (2000-2011). Tishreen University Journal- Economic and Legal Sciences Series. 37(2).

2. Ali, B., Azeem, M.A., Qayyum, A., Mustafa, G., Ahmad, M.A., Javed, M.T. and Chaudhary, H.J. (2022). Bio-Fabricated Silver Nanoparticles: A Sustainable Approach for Augmentation of Plant Growth and Pathogen Control. In Sustainable Agriculture Reviews 53; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp. 345–371.

3. Arnao, M. B., and Hernandez-Ruiz, J. (2015). Functions of melatonin in plants: a review. J. Pineal Res. 59, 133–150. doi: 10.1111/jpi. 12253.

4. Balabusta, M., Szafranska, K., and Posmyk, M. M. (2016). Exogenous melatonin ´ improves antioxidant defence in cucumber seeds (Cucumis sativus L.) germinated under chilling stress. Front. Plant Sci. 7:575. doi: 10.3389/fpls.2016. 00575.

5. Bozhinova, P. (2006). Coefficients for determination of the leaf area in three Burley tobacco varieties. *Journal of Central European Agriculture*.

6. Campos, C.N., Ávila, R.G., de Souza, K.R.D., Azevedo, L.M. and Alves, J.D. (2019). Melatonin reduces oxidative stress and promotes drought tolerance in young Coffea arabica L. plants. Agricultural water management, 211 (n/a) .37-47.

7. Cha-um, S., Takabe, T. and Kirdmanee, C. (2010). Osmotic potential, photosynthetic abilities and growth characters of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) seedlings in responses to polyethylene glycol-induced water deficit. African Journal of Biotechnology. 9: 6509–6516.

8. Gao, H., Huang, L., Gong, Z., Wang, X., Qiao, X., Xiao, F., Yang, Y., Yu, B., Guo, X., Yu, C. and Zhang, H. (2022). Exogenous melatonin application improves resistance to high manganese stress through regulating reactive oxygen species scavenging and ion homeostasis in tobacco. Plant Growth Regulation, 98(2), pp.219-233.

9. Gill, S.S. and Tuteja, N. (2010) Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiol Biochem. 48:909–930.

10. Hare, P.D.; Cress, W.A.; Van Staden, J. (1998). Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. Plant Cell Environ. 21, 535–553.

11. Hussain, S.Q., Rasheed, M., Saleem, M.H., Ahmed, Z.I., Hafeez, A., Jilani, G., Alamri, S., Hashem, M. and Ali, S. (2022). Salt tolerance in maize with melatonin priming to achieve sustainability in yield on salt affected soils. Pak. J. Bot. 55, 1.

12. Imran, M., Latif Khan, A., Shahzad, R., Aaqil Khan, M., Bilal, S., Khan, A. and Lee, I. J. (2021). Exogenous melatonin induces drought stress tolerance by promoting plant growth and antioxidant defence system of soybean plants. *AoB Plants*, *13*(4), plab026.

13. Kakar, K. U., Nawaz, Z., Cui, Z., Ahemd, N. and Ren, X. (2020). Molecular breeding approaches for production of disease-resilient commercially important tobacco. Brief. Funct. Genomics. 19 10–25. 10.

14. Kołodziejczyk, I., Dzitko, K., Szewczyk, R., and Posmyk, M. M. (2016). Exogenous melatonin improves corn (Zea mays L.) embryo proteome in seeds subjected to chilling stress. J. Plant Physiol. 193, 47–56. doi: 10.1016/j.jplph.2016. 01.012.

15. Li, D., Shen, H. T., Wang, Y. F., Wang, Y. H., Wang, L. J., Zhao, S. M.and Liu, L. (2021). Effects of exogenous melatonin on photosynthetic carbon assimilation and endogenous hormones in tobacco seedlings under drought stress. Acta Prataculturae Sinica, 30(1), 130.

16. Liu L, Li D, Ma YL, Wang LJ, Zhao SM, Zhou JX, Shen HT, Wang YF (2019) Alleviation of drought stress and the physiological mechanisms in tobacco seedlings treated with exogenous melatonin. Acta Prataculturae Sinica 28:95–105.

17. Liu, L., Li, D., Ma, Y., Shen, H., Zhao, S. and Wang, Y. (2021). Combined application of arbuscular mycorrhizal fungi and exogenous melatonin alleviates drought stress and improves plant growth in tobacco seedlings. Journal of Plant Growth Regulation, 40, 1074-1087.

18. Muscolo A., Sidari, M., Anastasi, U., Santonoceto, C. and Maggio, A. (2014). Effect of PEG-induced drought stress on seed germination of four lentil genotypes. Journal of Plant Interactions; 9 (1), 354–363.

19. Nezhadahmadi, A., Prodhan, Z.H. and Faruq, G. (2013). Drought tolerance in wheat. Sci World J. 17.

20. Pearce, R.B., Brown, R.H. and Blaser, R.E. (1968). Photosynthesis of alfalfa leaves as influenced by age and environment. Crop Science, 8, 677-680.

21. Pepe, M., Crescente, M.F. and Varone, L. (2022). Effect of Water Stress on Physiological and Morphological Leaf Traits: A Comparison among the Three Widely-Spread Invasive Alien Species Ailanthus Altissima, Phytolacca Americana, and Robinia Pseudoacacia. Plants, 11, 899.

22. Potopová, V., Boroneant, C., Boincean, B. and Soukup, J. (2016). Impact of agricultural drought on main crop yields in the republic of moldova. Int. J. Climatol. 36, 2063–2082.

23. Reiter, R. J., Tan, D. X., Zhou, Z., Cruz, M. H., Fuentes-Broto, L., and Galano, A. (2015). Phytomelatonin: assisting plants to survive and thrive. Molecules 20, 7396–7437. doi: 10.3390/molecules20047396.

24. Ristvey, A.G., Belayneh, B.E. and Lea-Cox, J.D.A. (2019). Comparison of irrigation-water containment methods and management strategies between two ornamental production systems to minimize water security threats. Water, 11, 2558.

25. Sun, C., Liu, L., Wang, L., Li, B., Jin, C. and Lin, X. (2021). Melatonin: A master regulator of plant development and stress responses. Journal of Integrative Plant Biology, 63(1), 126-145.

26. Ullah, A., Al-Rajhi, R.S., Al-Said, A.M. and Farooq, M. (2021). Wheat genotypes with higher intrercellular CO2 concentration, rat of photosynthesis, and antioxidant potential can better tolerate drought stress. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 21: 2378-2391.

27. Wei, W.; Li, Q.-T.; Chu, Y.-N.; Reiter, R.J.; Yu, X.-M.; Zhu, D.-H.; Zhang, W.-K.; Ma, B.; Lin, Q.; Zhang, J.-S. (2014). Melatonin enhances plant growth and abiotic stress tolerance in soybean plants. J. Exp. Bot, 66, 695–707.

28. Williams, R.F. (1946). The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. Annals of Botany, 37, 41-71.