استجابة شتلات شجرة السنط العسلي *Acacia mellifera* لمستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي

محمود البهلول الشنطة، إبراهيم أحمد شكاب، هشام ناجي الواعر، رضاء الصادق الشريف
قسم المراعي والغابات – كلية الزراعة – جامعة طرابلس- ليبيا

المستخلص

يعتبر الإجهاد الجفافي من الإجهادات البيئية الرئيسية التي تحد بشكل كبير من نمو النباتات ووفرتها وتوزيعها. في هذه التجربة تم دراسة تأثير الإجهاد الجفافي على بعض خصائص النمو (ارتفاع الشتلات، قطر الشتلات، عدد الوريقات، الكتلة الجافة للمجموع الخضري والجذري، نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري) لشتلات السنط العسلي *Acacia mellifera* ، وكذلك التعرف على بعض آليات مقاومة الجفاف لديها. معاملات الإجهاد الجفافي التي تم تطبيقها كانت كالآتي: الشاهد (DC0)، دورة جفاف لمدة 7 (DC_7)، 14 (DC_{14}) و 21 يوم (DC_{21}). أشارت النتائج إلى أن المعاملات المطبقة قد أحدثت تدرجا واسعا في المحتوى المائي النسبي للأوراق. بوجه عام أظهرت النتائج - أيضا - أن جميع خصائص النمو التي درست قد تأثرت سلبا بالإجهاد الجفافي. لوحظ أن العديد من خصائص النمو لم تتأثر بشكل معنوي عند تعرضها لدورة جفاف لمدة 7 أيام، مما يدل على توافر ظروف كافية لإمدادات الماء وأنها أقل حساسية للنقص المحدود للماء. كما لوحظ أن زيادة حدة الإجهاد الجفافي من 14 إلى 21 يوماً لم ينتج عنه انخفاضا معنويا في جميع خصائص النمو التي درست عدا قطر الشتلات، مما يدل على قدرة الشتلات على مواجهة النقص الشديد في الماء والقدرة على تطوير آليات تكيفية لمقاومة ظروف الجفاف. كما تبين أن نسبة المجموع الجذري. الخضري لم تختلف معنويا بين المعاملات. بالإضافة إلى ذلك تشير البيانات التي تم الحصول عليها إلى وجود علاقة عكسية بين الإجهاد الجفافي وخصائص النمو المقاسة. لوحظ - أيضا - أن شتلات السنط العسلي تمتلك خصائص تشير إلى مقدرتها على التكيف مع ظروف الإجهاد الجفافي، من بينها تساقط الأوراق وانخفاض عددها وكذلك طي الأوراق وبالتالي الحد من مساحة الورقة.

الكلمات الدالة: الإجهاد الجفافي، السنط العسلي، *Acacia mellifera*، المحتوى المائي النسبي للأوراق، خصائص النمو.

المقدمة

يعد الإجهاد البيئي انحرافا كبيرا عن الظروف المثلى للحياة مما يؤدي إلى تغيرات واستجابات على كافة المستويات الوظيفية للكائن الحي (Larcher, 2004; Kranner *et al.*, 2010). فعندما تتجاوز العوامل البيئية مستويات التحمل للنبات فإن تأثيرات الإجهاد يمكن أن تظهر في الشكل الظاهري للنبات وفي العمليات الفسيولوجية والكيموحيوية (Farooq *et al.*, 2009). وقد ذكر Natale *et al.*, (2010) إن النباتات تكون أكثر حساسية للظروف البيئية غير المناسبة خاصة في مرحلتي الإنبات وبداية النمو والتأسيس، ويلاحظ تحت هذه الظروف ضعف نمو

للاتصال: محمود البهلول الشنطة. قسم المراعي والغابات - كلية الزراعة - جامعة طرابلس - طرابلس - ليبيا.
هاتف: 218927669038+. البريد الالكتروني: Mah.Shanta@uot.edu.ly
استلمت بتاريخ: 2019/3/07 أجيزت بتاريخ: 2019/12/04

النبات وارتفاع معدلات موت البادرات والشتلات (Kitajima and Fenner, 2000). هذه العوامل قد تكون حية أو غير حية وعادة ما تكون في شكل إجهادات تسبب تأثيرات ضارة لنمو النبات ومراحل تطوره (Kranner *et al.*, 2010; Taiz and Zeiger, 2012)، الأمر الذي يؤثر في النهاية على توزيع ووفرة الأنواع النباتية سواء كانت عشبية أو شجرية. من العوامل البيئية غير الحية الرئيسية للإجهاد، الجفاف(Sausenand and Rosa, 2010) ، الملوحة (Ahmad *et al.*, 2010)، درجات الحرارة المتطرفة (Keleş and Öncel, 2002) ، أما العوامل الحية فهي تتمثل في التداخلات الحيوية مثل التنافس والتطفل والتعشب {Herbivory} (Grime, 2001; Fraser and Grime, 1998).

في الكثير من البيئات، تتعرض النباتات للإجهاد المائي في حالة ما تكون إمدادات المياه للجذور غير كافية أو في حالة الإمداد المفرط للماء (Levitt, 1980: Lisar *et al.*, 2012). في الحالة الأولى يحدث الإجهاد كنتيجة لعجز الماء water deficit أو الجفاف drought ويسمى إجهاد عجز الماء water deficit stress ويختصر بالإجهاد المائيwater stress أو الإجهاد الجفافي drought stress. ويعرّف الإجهاد المائي على أنه انخفاض في الجهد المائي وضغط الامتلاء turgidity للنبات إلى الحد الذي تواجه فيه النباتات صعوبات في القيام بالعمليات الفسيولوجية مثل النتح والتمثيل الضوئي والتنفس بشكل طبيعي (Chaves *et. al.*, 2003; Amdt *et al.*, 2001) . والجدير بالذكر أن مصطلحي الإجهاد المائي والإجهاد الجفافي عادة ما يتم استخدامهما للإشارة لذات المفهوم غير أن مصطلح الإجهاد الجفافي له ميزة على الإجهاد المائي بخلوه من اللبس؛ إذ يشير فقط إلى عجز الماء وليس الإمداد المفرط له (Levitt 1980).

يؤثر الإجهاد المائي أو الجفافي سلبيا على نمو النبات ومراحل تطوره وإنتاجيته (Boyer *et al.*, 2013)؛ حيث يعد الانخفاض في المحتوى المائي والجهد المائي والضغط الإمتلائي من بين التأثيرات الأولية التي تتعرض لها النباتات تحت ظروف الإجهاد الجفافي (Nayyar and Gupta 2006; Yang and Miao, 2010)، مما يؤثر بالتالي على حركة الماء ووصوله لمواقع انقسام الخلايا الجديدة (Escobar- Gutierrez *et al.*, 1998). كما تشير المراجعات (Farooq *et al.*, 2009; Anjum *et al.*, 2011) والدراسات السابقة إلى أن للإجهاد الجفافي تأثيرات على الكثير من الخصائص الفسيولوجية والمورفولوجية والكيموحيوية للنباتات. فقد وجد إنه يؤدي إلى خفض مساحة سطح الورقة ونمو المجموع الخضري وتقليص استطالة الساق وانتشار الجذور (Pagter *et al.*, 2008; Álvarez *et al.*, 2009; Bañón *et al.*, 2006) ، قفل الثغور (Chartzoulakis *et al.*, 2002; Chaves *et al.*, 2009; Hoshika *et al.*, 2013) ، والتقليل من معدلات التمثيل الضوئي (Hu *et al.*, 2010; Lovisolo *et al.*, 2010) وخفض محتوى كلوروفيل الأوراق (Guerfel *et al.*, 2009; Fini *et al.*, 2013) ، تثبيط تمدد الخلايا ونموها (Nonami, 1998; Hussain *et al.*, 2008) ، وتقليص الكتلة الحية الكلية للنبات (Khan *et al.*, 2001) ، كما يسرّع شيخوخة الأوراق وتساقطها وتقليل حجم الورقة (Shao *et. al.*, 2008) ، وفي الحالات القصوى يؤدي الإجهاد الناجم عن الجفاف إلى موت النبات (Bray 2002). وتختلف تأثيرات إجهاد الجفاف اختلافا كبيرا تبعا لطول فترة التعرض وشدة الإجهاد ومرحلة نمو النبات (Claeys and Inzé, 2013)، كما تختلف النباتات في استجابتها وتحملها لهذا الإجهاد من نوع لآخر وحتى داخل الأنواع (قتيبة، 1990 ,Jaleel *et al.*, 2009).

ولمواجهة الإجهاد الجفافي تظهر النباتات إما آليات (1) هروب من الجفاف Drought Escape أو (2) مقاومة الجفاف Drought Resistance: والتي تقسم إلى (a) تجنب الجفاف Drought Avoidance و(b) تحمل الجفاف Drought Tolerance (Levitt, 1980; Jones,

(2004; Yin *et al.*, 2005) . الهروب من الجفاف هو قدرة النباتات على إكمال دورة الحياة قبل نشوء ظروف الإجهاد المائي الشديدة، تجنب الجفاف هو الحفاظ على جهد مائي عالي في الأنسجة على الرغم من العجز في مياه التربة؛ وذلك عن طريق زيادة امتصاص الماء من خلال مجموع جذري كثيف وعميق، وكذلك تقليل فقد الماء من خلال قفل الثغور وخفض امتصاص الإشعاع وتقليل التبخر من سطح الورقة. أما تحمل الجفاف هو القدرة على تحمل نقص الماء وقيام النبات بعمليات الأيض أثناء انخفاض الجهد المائي للأنسجة عن طريق التعديل الإسموزي والتنظيم الهرموني (Kozlowski and Pallardy, 2002; Liu *et al.*, 2011).

هناك العديد من أنواع الأشجار التي تنمو في الأراضي القاحلة أو الجافة في بعض الدول الأفريقية والشرق الأوسط (Arbonnier, 2004) التي تتشابه ظروفها البيئية مع الظروف بليبيا. هذه الأنواع تمتلك خصائص تكيفية تمكنها من النجاح في هذه البيئات القاسية (Garau *et al.*, 2008). بعض هذه الأنواع مثل أشجار السنط تتميز باستخداماتها المتعددة مثل استعمالها كعلف ووقود إلى جانب الخدمات البيئية المهمة التي تقدمها مثل تثبيت الكثبان الرملية والحد من التصحر وزيادة خصوبة التربة وتحسين المناخ الموضعي (Boland *et al.*, 2006). من بين هذه الأنواع الواعدة للتشجير وتنمية الغطاء النباتي في المناطق القاحلة أو الجافة **شجرة السنط العسلي*Acacia mellifera*.**

السنط العسلي: Acacia mellifera (M. Nahl) Benth. (Subsp. Detinens (Burch). تنتمي إلى العائلة البقولية Fabaceae وتحت عائلة Mimosoideae وهي عبارة عن شجيرة أو شجرة قد يصل ارتفاعها 9 أمتار. تتواجد هذه الشجرة في المناطق ذات هطول مطري سنوي لا يقل عن 100 ملم، وهي تنمو في ترب مختلفة القوام مثل التربة الرملية والطينية (FAO, 2014; Nonyane, 2013; Orwa *et al.*, 2009). تتميز بمجموع جذري كثيف يمتد لأعماق كبيرة في التربة. أوراقها مركبة ريشية متضاعفة زوجية، الوريقات بيضاوية الشكل، الأزهار لها رائحة عطرية مميزة لونها أبيض قشدي تأخذ مسحة بنية عندما تبدأ في التساقط. عادة تزهر الشجرة قبل ظهور الأوراق مما يضفي عليها لمسة جمالية الأمر الذي يشجع على زراعتها على الطرق وداخل المدن. الثمار عبارة عن قرون بيضوية الشكل تحتوي على ثلاثة بذور عدسية الشكل مضغوطة لونها بين الزيتوني الأخضر إلى بني (FAO, 2014; Nonyane, 2013; Orwa *et al.*, 2009; Ross, 1979). الأوراق والقرون والأغصان الغضة مستساغة من قبل المواشي والحيوانات البرية (Fatima and Mamoun, 2013) ، كما توفر أزهارها مرعا مناسبا لإنتاج عسل ذو جودة عالية، ولهذا اكتسبت الاسم "ميلليفيرا" أي السنط العسلي (Orwa *et al.*, 2009). الأخشاب صلدة تستخدم في أعمال البناء وإنشاء الأسيجة وفي التحطيب وإنتاج الفحم (FAO, 2014; Nonyane, 2013) يستخدم القلف في الطب الشعبي والأغصان كسواك لتنظيف الأسنان فيما تنتج سيقانها صمغا صالحا للأكل ومستساغا للإنسان والحيوان (Rulangaranga, 1989 ; Hines and Eckman, 1993)، وبسبب قدرتها على تثبيت النيتروجين فإنها تزرع بغرض تحسين خصائص التربة وزيادة خصوبتها (Schulze *et al.*, 1991).

يعد الإجهاد الجفافي خطرا جديا يهدد نمو وحياة الشتلات خاصة في مراحل التأسيس في البيئات الجافة مما يحد من فرص نجاح برامج التشجير في هذه المناطق (Liu *et al.*, 2011) ، مما يتسبب في خسائر كبيرة وتأثير ضار على تجدد النباتات، وبالتالي التأثير السلبي على الإنتاجية. ولنجاح هذه البرامج، هنالك حاجة كبيرة لاختيار الأنواع الشجرية المناسبة التي لها القدرة على تحمل هذه الظروف البيئية القاسية والمتغيرة. تهدف هذه الدراسة إلى تقييم استجابة شتلات السنط العسلي لمستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي خلال مرحلة التأسيس والتعرف على بعض آليات مقاومته.

المواد وطرائق البحث

المواد النباتية وظروف النمو

تم الحصول على بذور النوع تحت الدراسة (السنط العسلي؛ Acacia mellifera) من جمهورية السودان. قبل البدء في التجربة تم كسر طور السكون الخارجي للبذور باستخدام الخدش الميكانيكي (Baskin and Baskin 1998). أجريت عملية الإنبات تحت ظروف المعمل (مختبر المراعي الغابات، كلية الزراعة، جامعة طرابلس، ليبيا). بعد الانتهاء من عملية الإنبات تم تنمية البادرات في أوعية بادرات (Modular trays) وذلك للحصول على عدد كاف من الشتلات. عند الانتهاء من هذه المرحلة تم اختيار العدد المطلوب من الشتلات المتجانسة في الشكل والحجم قدر المستطاع. هذه الشتلات زرعت منفردة في أصص بلاستيكية سعة 2 لتر لفترة امتدت 4 أسابيع. هذه الأصص معبئة بكمية متساوية بخليط مجفف هوائيا وبنسبة (1:2 حجم/حجم) من تربة رملية (جدول1) وبيتموس (مزيج من سفاقنيوم Sphagnum متحلل جزئيا و عناصر غذائية: نيتروجين 260 -50 mg/L - فوسفات 260 -50 mg/L – بوتاسيوم 340 –50 mg/L ، الأس الهيدروجيني = 5.0 – 6.5). خلال هذه الفترة كانت النباتات تروى يوم بعد يوم للحفاظ على ظروف رطوبة التربة المثلى. عند بدء التجربة في بداية شهر يونيو 2016 (تقييم استجابة الشتلات لمستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي) تم الري حسب ما يتطلبه التصميم التجريبي. أجريت التجربة تحت الظروف المناخية الخارجية بمزرعة كلية الزراعة – طرابلس واستغرقت 20 أسبوعاً.

جدول 1. بعض الخصائص الكيماوية والطبيعية للتربة المستعملة في التجربة

العمق (سم)	قوام التربة	الأس الهيدروجيني (1:1)	درجة التوصيل الكهربائي ($dS\ m^{-1}$) (1:1)	نسبة المادة العضوية (%)	السعة التبادلية الكاتيونية ($meq\ 100\ g^{-1}$)	النيتروجين الكلي (%)	الفسفور المتيسر ($mg/\ kg^{-1}$)
60 -30	رملي	7.6	0.36	0.01	1.12	0.02	2.52

*وفقا U.S. Department of Agriculture Classification (1988)

قياس خصائص النمو

عند انتهاء التجربة أخذت قياسات خصائص النمو التالية: ارتفاع الشتلات، قطر الشتلات، عدد الوريقات، الكتلة الجافة للمجموع الخضري والجذري، نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري. كما تم التعرف على بعض آليات مقاومة الجفاف للشتلات داخل كل معاملة من معاملات الإجهاد الجفافي المستخدمة. تم قياس ارتفاع الشتلات من سطح التربة إلى البرعم الطرفي للشتلة (سم/نبات) باستخدام شريط متري، فيما تم قياس قطر الشتلات عند طوق الجذر diameter at root collar باستخدام القدمة ذات الورنية caliper (ملم)، كما تم أيضا تسجيل العدد الكلي للوريقات. وللحصول على الأوزان الجافة للمجموع الخضري والمجموع الجذري للشتلات لكل معاملة. تم حصد الشتلات وغسل الجذور وإزالة التربة الملتصقة بها بعناية لتجنب فقدان الجذور. بعد ذلك وضعت الأجزاء الخضرية والجذرية في أكياس ورقية بشكل منفصل في فرن كهربائي على درجة 70م^{o} لمدة 72 ساعة ثم تم تحديد الأوزان باستخدام ميزان إلكتروني. كما تم حساب نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري.

تحديد المحتوى المائي للتربة

لتحديد المحتوى المائي للتربة (كمية الرطوبة الموجودة داخل مسام التربة وحول سطح حبيباتها منسوبة إلى كتلة

التربة الجافة تماماً); عند انتهاء التجربة تم أخذ 5 عينات تربة من الأصص في نهاية دورات الجفاف لكل معاملة ووضعها في أكياس بلاستيكية لمنع فقد الرطوبة عن طريق التبخر. تم تقدير المحتوى الرطوبي للتربة باستخدام الطريقة الوزنية gravimetric method (Kramer, 1969).

$$\text{المحتوى الرطوبي للتربة \%} = \frac{\text{وزن عينة التربة الرطب} - \text{وزن عينة التربة الجاف}}{\text{وزن عينة التربة الجاف}} \times 100$$

تحديد المحتوى المائي النسبي للورقة

تم تحديد المحتوى المائي النسبي للورقة Leaf Relative Water Content في نهاية دورات الجفاف لكل معاملة، وذلك عند انتهاء التجربة في الأوراق الأكثر ارتفاعا من الأفرع الرئيسية، وذلك وفقا للطريقة والصيغة الرياضية التي أوردها (Barrs and Weatherley, 1962; Teulat *et al.*, 2003). حيث تم أخذ عينات الأوراق لعدد أربعة مكررات لكل معاملة خلال فترة منتصف اليوم وتم حفظها كل على حدة في أكياس بلاستيكية بشكل مؤقت لمدة لا تتجاوز نصف ساعة. تم تسجيل الوزن الرطب Fresh weight لعينات الأوراق وبعد ذلك تم غمرها في الماء المقطر في أطباق بتري زجاجية. تم إزالة الأوراق من الأطباق وتجفيف أسطحها بعناية ليتم بعد ذلك تسجيل الوزن الإمتلائي Turgid weight. وللحصول على الأوزان الجافة Dry weight، تم تجفيف العينات في فرن كهربائي عند 70م° لمدة 72 ساعة. الأوزان سجلت بواسطة ميزان الكتروني بدقة تصل إلى 0.01 جم. تم حساب المحتوى المائي النسبي للأوراق باستخدام الصيغة التالية:

$$LRWC\ (\%) = [(FW - DW) / (TW - DW)] \times 100$$

حيث: LRWC = المحتوى المائي النسبي للورقة، FW = الوزن الرطب، DW = الوزن الجاف، TW = الوزن الإمتلائي.

التصميم التجريبي والتحليل الإحصائي

في التجربة تم استخدام أربعة مستويات من الري كما هو موضح في (الجدول 1). عند نهاية كل دورة جفاف تم ري الشتلات بمعدل 850 ملم لكل أصيص لتبدأ بعدها مباشرة دورة جفاف أخرى وذلك على امتداد فترة التجربة. أجريت التجربة بنظام التصميم العشوائي الكامل CRD بخمس مكررات. حللت البيانات المتحصل عليها بواسطة تحليل التباين (ANOVA) لتجربة ذات عامل واحد باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (Minitab 16). وقد تمت المقارنة بين المتوسطات باستخدام (Tukey's Honestly Significant Differences Test) عند مستوى معنوية ($P \leq 0.05$).

جدول 3 . يوضح معاملات الإجهاد الجفافي المختلفة المطبقة في هذه التجربة.

ر.م	المعاملة	الوصف
1	DC_0	الشاهد، ري منتظم كل يومين.
2	DC_7	دورة جفاف لمدة 7 أيام (ربة واحدة كل 7 أيام).
3	DC_{14}	دورة جفاف لمدة 14 يوماً (ربة واحدة كل 14 يوماً).
4	DC_{21}	دورة جفاف لمدة 21 يوماً (ربة واحدة كل 21 يوماً).

النتائج والمناقشة

التغيرات في رطوبة التربة SWC % والوضع المائي للأوراق LRWC % في شتلات السنط العسلي:

أظهر التحليل الإحصائي أن لمعاملات الإجهاد الجفافي المستخدمة في التجربة تأثيرا معنويا على المحتوى الرطوبي النسبي للتربة ($P < 0.001$). من الجدول 4 يمكن ملاحظة أن هنالك انخفاضا معنويا في المحتوى الرطوبي النسبي للتربة لكل المعاملات مقارنة بالشاهد DC_0. من النتائج يتضح

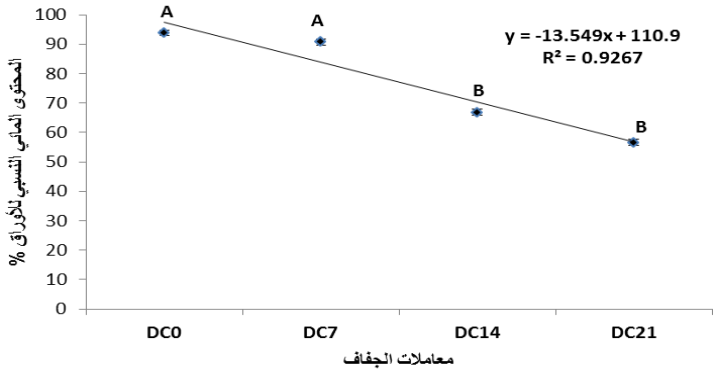
كذلك أن أعلى محتوى رطوبي نسبي للتربة قد سجل في الشاهد (91.50 %)، فيما كان المحتوى الرطوبي النسبي للمعاملة 53.5%) DC_7) وهي أعلى معنويا من كل DC_{14} و DC_{21}. من الجدير بالملاحظة عدم وجود فروق معنوية بين كل من DC_{14} و DC_{21} ؛ حيث بلغ المحتوى الرطوبي النسبي للتربة في هاتين المعاملتين 44.14 ، 42.12%، على التوالي.

جدول 4 . المحتوى الرطوبي النسبي للتربة تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي

م	المعاملة	الوصف	المحتوى الرطوبي الوزني للتربة %	الخطأ المعياري
1	DC_0	الشاهد، ري منتظم كل يومين.	A 91.50	1.68
2	DC_7	دورة جفاف لمدة 7 أيام (رية واحدة كل 7 أيام).	B 53.5	2.3
3	DC_{14}	دورة جفاف لمدة 14 يوماً (رية واحدة كل 14 يوماً).	C 44.14	0.40
4	DC_{21}	دورة جفاف لمدة 21 يوماً (رية واحدة كل 21 يوماً).	C 42.12	0.98

المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%

فيما يتعلق بالمحتوى المائي النسبي لأوراق شتلات السنط العسلي، بوجه عام هنالك تأثير معنوي لمعاملات الجفاف على المحتوى المائي النسبي للأوراق (الشكل 1). يُشير التحليل الإحصائي إلى أن المحتوى المائي النسبي للأوراق التي سجلت في المعاملة DC_7 لم تتأثر معنويا مقارنة بالشاهد، فيما سجل انخفاضا معنويا مع زيادة طول دورة الجفاف. ومن الجدير بالملاحظة أن الانخفاض في المحتوى المائي النسبي للأوراق المسجل في المعاملة DC_{21} لم يكن معنويا مقارنة بالمعاملة DC_{14}. وقد بلغ المحتوى المائي النسبي للأوراق في المعاملات DC_7، DC_{14} و DC_{21} حوالي 90.8 ، 66.9 ، 56.6٪ على التوالي، مقارنة بالشاهد. وفقا لـ (قتيبة 1990) فإن حركة الماء من التربة إلى النبات تعتمد على الفروق في جهد الماء وأن انخفاض هذا الجهد في محلول التربة يؤدي إلى انخفاضه في أوراق النبات. وعند استمرار انخفاض رطوبة التربة تقل جاهزية الماء ويواجه النبات صعوبة في امتصاصه، وبالتالي فإن الانخفاض في المحتوى المائي للأوراق الذي لوحظ في أوراق شتلات السنط العسلي يمكن أن يعزى إلى عدم قدرة الشتلات على امتصاص الماء إما لنقصه في المنطقة الجذرية للتربة أو نتيجة للفرق في الجهد الأسموزي بين محلول التربة و النبات (Okcu *et al*,. 2005).



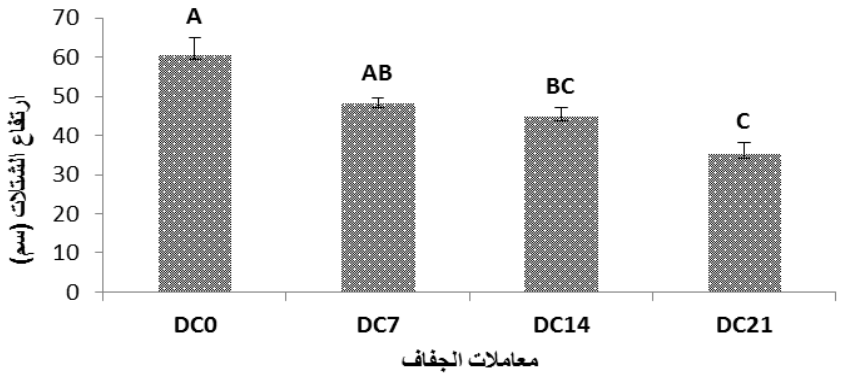
شكل 1. المحتوى المائي النسبي للأوراق تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي.

المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%. شريط الخطأ = الخطأ المعياري.

تأثير الإجهاد الجفافي على خصائص النمو:

تأثير الإجهاد الجفافي على المجموع الخضري:

أظهرت النتائج أن هناك تأثيرا معنويا لمعاملات الإجهاد الجفافي على كل من ارتفاع وقطر وعدد وريقات الشتلات وذلك عند مستوى معنوية ($P\leq 0.05$) الشكل 2 و 3 و4 على التوالي. يوضح الشكل 2 أن انخفاضا معنويا في ارتفاع الشتلات قد سجل تحت تأثير الإجهاد الجفافي الناتج عن المعاملتين DC_{14} و DC_{21} مقارنة بالشاهد، حيث كان مقدار الانخفاض فيهما 26.2 و 41.4٪، على التوالي، من ارتفاع الشتلات المسجل في الشاهد. ومن الجدير بالذكر أنه لا توجد فروق معنوية بين كل من الإجهاد الجفافي الناتج عن دورة الجفاف DC_7 والشاهد وكذلك بين المعاملتين DC_{14} و DC_{21}. كما أظهر التحليل الإحصائي وجود علاقة عكسية معنوية بين الإجهاد الجفافي وارتفاع الشتلات (R= -0.81).



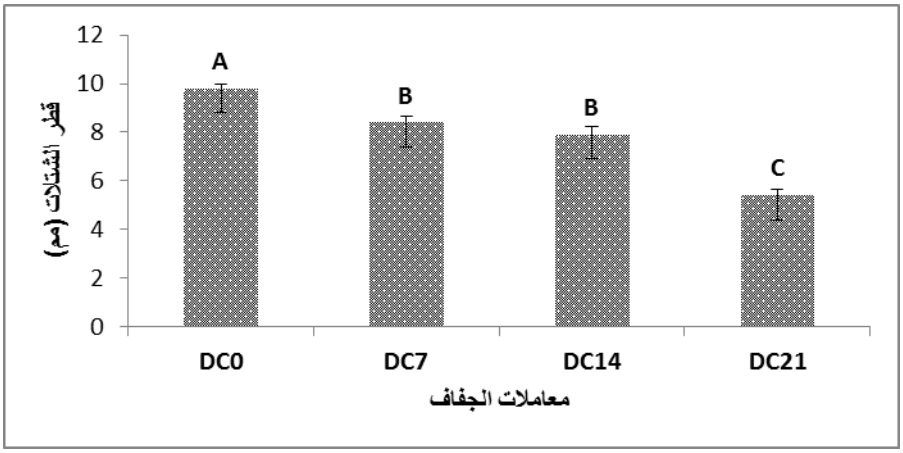
شكل 2. متوسط ارتفاع الشتلات تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي.

المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%. شريط الخطأ = الخطأ المعياري.

كما يلاحظ من الشكل (3) أن أعلى انخفاض قد تم تسجيله في قطر الشتلات المعرضة لأطول مدة جفاف (DC_{21})، بينما لا توجد اختلافات معنوية في تلك التي نمت تحت ظروف دورة الإجهاد الجفافي لمدة سبعة أيام (DC_7) وأربعة عشر يوما (DC_{14}). وقد كان مقدار الانخفاض في قطر الشتلات المسجل في معاملات الإجهاد الجفافي DC_7، DC_{14} و DC_{21} حوالي 14.3، 19.4 و 45٪ على التوالي، من قيمة الشاهد. إضافة إلى ذلك لوحظ أن هناك علاقة عكسية قوية بين الإجهاد الجفافي وقطر الشتلات (R= - 0.92) .

التأثير السلبي للإجهاد الجفافي الذي لوحظ في هذه التجربة على ارتفاع الشتلات قد سجل في دراسات سابقة مع العديد من الأنواع. على سبيل المثال أدى الإجهاد الجفافي إلى انخفاض ارتفاع شتلات أشجار كل من Acacia seyal، Acacia negrii، Acacia asak (Aref and Juhany, 2005) وشجرة *Erythrina variegate* (Muthuchelian *et al.*, 1997). كما أن انخفاض قطر الشتلات المسجل في هذه الدراسة الناجم عن معاملات الإجهاد الجفافي تتفق كذلك مع نتائج Tseng *et al.*, (1988) الذي خلص إلى أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض كبير في قطر سيقان شتلات شجرة(PurshPoir) *Albies fraseri*. إن انقسام الخلايا واستطالتها وتمايزها المسئولة عن نمو الخلايا وتكشف مراحلها تكون حساسة جدا للإجهاد الجفافي بسبب انخفاض الضغط الامتلائي (Jones and Lazenby, 1988; Taiz and Zeiger, 2006) ، وهذه الحساسية يبدو أنها قد أدت إلى انخفاض النمو في الشتلات. علاوة على ذلك فإن الخلايا المرستيمية القمية المسئولة على نمو المجموع الخضري تكون حساسة جدا للإجهاد المائي (Husain and

(Aspinall, 1969). كما أشار (Abe and Nakai, 1999) إلى أن انخفاض الجهد المائي في النبات خلال المرحلة المبكرة من الإجهاد الجفافي يؤثر مباشرة على استطالة الخلايا، بينما في المراحل اللاحقة ينخفض معدل انقسام خلايا الكمبيوم المسئول عن نمو قطر النباتات بسبب التأثير الهرموني الذي يساعد النباتات في التكيف مع الإجهاد الجفافي (Wilkinson *et al.*, 2012). من بين هذه الهرمونات حمض أبسيسيك الذي يتم تخليقه في الجذور وينتقل إلى الأوراق لبدء تكيف النباتات مع الإجهاد الجفافي من خلال إغلاق الثغور (Wilkinson and Davies, 2010). فمع زيادة الإجهاد الجفافي تقوم النباتات بإغلاق الثغور جزئيا لمنع فقدان الماء عن طريق النتح كآلية تكيفية، مما يؤدي إلى تقييد دخول ثاني أكسيد الكربون إلى الأوراق (Pagter *et al.*, 2005)، مما يقلل من معدلات التمثيل الضوئي (Taiz and Zeiger, 2012). وبالتالي انخفاض النمو من خلال تقليص إنتاج الكتلة الحية.

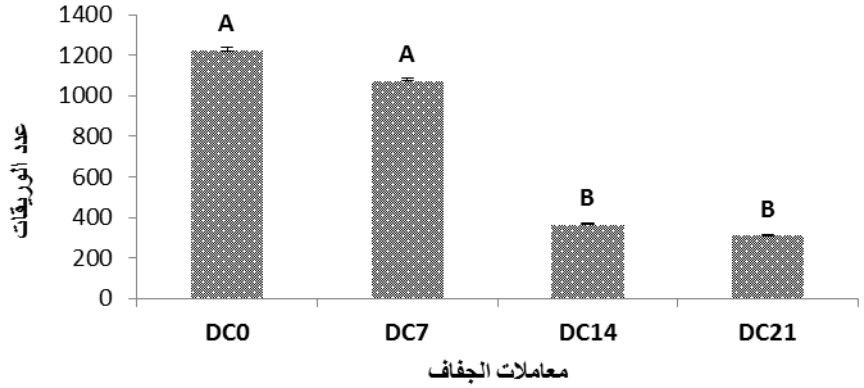


شكل 3. متوسط قطر الشتلات تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي.

المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%. شريط الخطأ = الخطأ المعياري.

فيما يتعلق بعدد الوريقات فقد أظهر التحليل الإحصائي أن معاملة الإجهاد الجفافي DC_7 لم تؤثر بشكل معنوي على عدد الوريقات، بينما كان تأثير الإجهاد الجفافي الناتج عن المعاملة DC_{14}و DC_{21} معنويا. ومن المثير للاهتمام أن زيادة حدة الإجهاد الجفافي من DC_{14} إلى DC_{21} لم يؤدِ إلى انخفاض معنوي في عدد الوريقات. كما يُشير التحليل الإحصائي - أيضا - إلى وجود علاقة سلبية قوية بين الإجهاد الجفافي وعدد الوريقات (R= -0.86). الانخفاض المعنوي في عدد وريقات الشتلات نتيجة لتساقط الأوراق قد سجل في دراسات سابقة مع العديد من النباتات. فقد وجد (Khalil and Grace, 1992) و (Arji and Arzani, 2002) أن الإجهاد المائي الشديد خفض عدد أوراق شتلات شجرة *Acer pseudoplatanus* L. و *Olea europaea*، على التوالي. وكذلك (Zokaee-khosroshahi *et al.*, 2014) وجد أن الإجهاد المائي أدى إلى انخفاض كبير في عدد ومساحة سطح الأوراق في أشجار *Prunus dulcis, Prunus eburnea, Prunus eleagnifolia* وفقا (Taiz and Zeiger, 2012) إن تساقط الأوراق ونقص عددها وبالتالي الحد من مساحة الورقة تعتبر آلية تكيفية تمنع فقدان الماء من النباتات وتحافظ على رطوبة أنسجتها. هذه الآلية تسمح باستخدام إمدادات المياه المحدودة في التربة لفترة أطول (Fort *et al.*, 1997)، وبالتالي مواجهة الإجهاد المائي (Smart and Coombe, 1983). لذلك فإن انخفاض عدد الوريقات الذي لوحظ في هذه التجربة وما ترتب عليه من خفض في مساحة سطح الورقة من المحتمل أنه قد ساعد الشتلات في

الحفاظ على الماء ومن تم استمرار نموها تحت هذه الظروف القاسية.



شكل 4. متوسط عدد الوريقات للشتلات تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي.

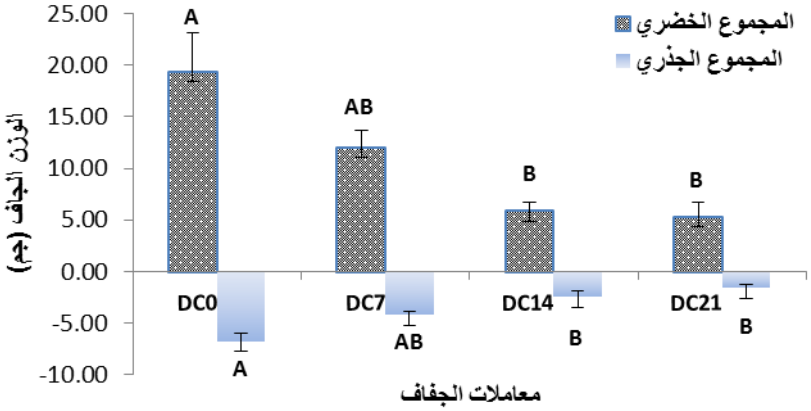
المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%. شريط الخطأ = الخطأ المعياري.

لقد أظهرت الشتلات تغيرات ظاهرية تكيفية تمثلت في طيها للأوراق كاستجابة للإجهاد الجفافي. هذه التغيرات تعد آلية وقائية فعالة ضد تأثيرات شدة الإضاءة العالية؛ حيث تحمي النباتات المعرضة للإجهاد المائي من تلف منظومة عمل التمثيل الضوئي. وينجم عن عملية الطي التقليل من مساحة سطح الأوراق وبالتالي خفض فقد الماء عن طريق النتح (Clarke, 1986). غير أنه على الرغم من أن هذه الخصائص التحفظية أو الوقائية تسمح للنباتات بمواجهة الجفاف والبقاء على قيد الحياة، إلا أنها تحد من نموها نتيجة لخفض قدرة النبات على القيام بعملية التمثيل الضوئي بسبب انخفاض استقبال الطاقة الضوئية. لذلك فإن تكلفة تجنب تأثيرات الجفاف السلبية على شتلات السنط العسلي هو تقليص النمو. في هذه الدراسة لوحظ كذلك أن زيادة تكثيف الإجهاد الجفافي من خلال تمديد فترة التعرض من 14 إلى 21 يوما لم يؤدِ إلى زيادة معنوية في انخفاض المحتوى المائي النسبي لأوراق الشتلات. وهذا قد يشير إلى مقدرة النباتات النامية تحت الجفاف الشديد على القيام بالتعديل الأسموزي (Boyer *et al.*, 2008). حيث أوضح (Sánchez *et al.*, 1998) أن التعديل الأسموزي يعد عاملا فعالا في مقاومة الجفاف، وهو يشمل صافي تراكم المذيبات في الخلية كاستجابة للانخفاض في الجهد المائي في محيط الخلية يصاحبه انخفاض في الجهد الأسموزي داخل الخلية، وبالتالي جذب الماء إليها والوصول إلى امتلاء إيجابي. فالحفاظ على وضع مائي مناسب في النبات واستعادة القيام بالوظائف الحيوية المختلفة مثل (استطالة الخلايا وفتح الثغور) تحت ظروف انخفاض الجهد المائي بفعل عملية التعديل الأسموزي يعتبر من أهم العمليات الفسيولوجية التي تساهم في الحفاظ على استمرار النمو خلال فترات الجفاف المتكرر (Blum, 2017).

تأثير الإجهاد الجفافي على الكتلة الحية للشتلات:

يتضح من التحليل الإحصائي أن الوزن الجاف لكل من المجموع الخضري والمجموع الجذري قد تأثرا بشكل معنوي بمستويات معاملات الإجهاد الجفافي المختلفة، وذلك عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$) الشكل 5. في كلا الخاصيتين، مقارنة بالشاهد، وجد أن جميع المعاملات باستثناء تلك التي تعرضت فيها الشتلات لدورة الجفاف (DC_7) قد نتج عنها انخفاضا معنويا في الكتلة الجافة. من

الجدير بالملاحظة أنه على الرغم من الانخفاض في الوزن الجاف للمجموع الخضري والمجموع الجذري مع زيادة حدة الجفاف من DC_7 إلى DC_{14} ثم DC_{21} إلا أن هذا الانخفاض لم يكن معنويا. وكان مقدار الانخفاض في الكتلة الجافة للمجموع الخضري في معاملات الإجهاد الجفافي المسجل في DC_{14} و DC_{21} حوالي 70 و 73٪ على التوالي من قيمة الشاهد، بينما بلغ الانخفاض في الكتلة الجافة للجذور حوالي 63 و 76٪ على التوالي من قيمة الشاهد. كما يُشير التحليل الإحصائي- أيضا - إلى وجود علاقة عكسية قوية بين الإجهاد الجفافي وكلا من الوزن الجاف للمجموع الخضري (R=-0.84) والمجموع الجذري (R=-0.82).



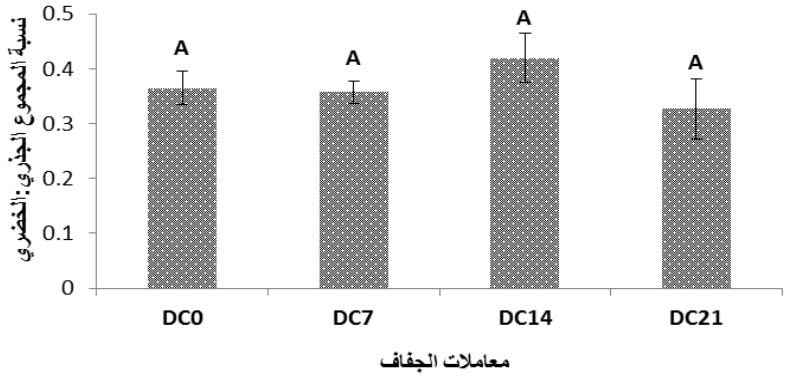
شكل 5. متوسط الكتلة الحية الجافة للمجموع الخضري والجذري لشتلات تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي.

المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%. شريط الخطأ = الخطأ المعياري.

إن الانخفاض المسجل في الوزن الجاف للمجموع الخضري في الشتلات تحت ظروف الإجهاد الجفافي قد يعزى بشكل رئيسي إلى انخفاض عدد الوريقات بسبب التساقط مما انعكس على الوزن الجاف الكلي للشتلات. تناقص الوزن الجاف للمجموع الخضري تحت ظروف الإجهاد الجفافي الذي لوحظ في هذه الدراسة قد سجله كل من (El-atta *et al.*, 2012) في شتلات Acacia *ehrenbergiana* و *Acacia tortilis ssp. Raddiana* وكذلك (Abbas *et al.*, 2016a) في *Acacia nilotica* و *Acacia ampliceps*. من ناحية أخرى الانخفاض في الوزن الجاف للجذور في الشتلات المعرضة للجفاف في هذه الدراسة يتطابق كذلك مع نتائج أخرى لبعض أنواع أشجار السنط أوردها كل من (Pokhriyal *et al.*, 1997) مع *Acacia nilotica* و (Awodola, 1991) مع *Acacia albida* و*Acacia seyal*، وكذلك (Aref and El-Juhany, 1999) مع *Acacia asak* و *Acacia tortilis* و *Acacia gerrardii* ssp. Negevensis. الانخفاض في نمو جذور الشتلات المعرضة للإجهاد الجفافي قد يعزى إلى تناقص قدرة تمدد أنسجة الجذور الطرفية واستطالتها بسبب تصلب جدران خلاياها (Neumann *et al.*, 1994)، أو قد يكون بسبب صغر حجم الأصص المستخدمة. فالحاويات أو الأصص الأصغر حجما وما تحتويه من حجم محدود من التربة يمكن أن يكون له تأثير سلبي على نمو الجذور وتطورها. فقد ذكر (Mathers *et al.*, 2007) أن تنمية النباتات في حاويات يحور من نمط نمو الجذور ووظيفتها ويمكن أن يغير الشكل الظاهري للجذور علاوة على إمكانية تعرضها إلى تطرف في درجات الحرارة والرطوبة. على الرغم من أن زيادة مستوى الإجهاد الجفافي قد أعاق نمو جذور شتلات السنط العسلي إلا أنها بقت إلى حدا ما

فعالة في حصولها على الماء مما ساهم في دعم المجموع الخضري ضد تأثيرات زيادة شدة الإجهاد الجفافي.

كما أوضحت النتائج إلى أنه لم يكن هناك تأثير معنوي للإجهاد الجفافي على نسبة المجموع الجذري إلى الخضري root : shoot ratio (الشكل 6). تشير العديد من الدراسات إلى ازدياد تخصيص النباتات كتلة حية أكثر للجذور وزيادة كمية وطول الجذور الفعالة على حساب نمو المجموع الخضري تحت ظروف الإجهاد المائي (Larcher, 1995; Kozlowski and Pallardy, 2002)، مما يؤدي إلى زيادة ملحوظة في نسبة المجموع الجذري / الخضري. ومن خلال زيادة نسبة الكتلة الحية للجذور (سطح امتصاص الماء) مقارنة بالكتلة الحية للأوراق (سطح فقدان الماء)، يمكن للنبات أن يستغل الموارد المائية المحدودة بطريقة أكثر فعالية (Rodrigues *et al.*, 1995; Villagra and Cavagnaro, 2006) ، غير أن هذه الآلية التكيفية لم يتم ملاحظتها في هذه الدراسة. هذه النتائج تتفق مع تلك التي أوردها (Splunder *et al.*, 1996) في شجرتي Salix alba L. و Populus nigra.



شكل6. نسبة المجموع الجذري إلى الخضري للشتلات تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد الجفافي.

المعاملات التي تشترك في حرف واحد لا توجد بينها فروق معنوية عند مستوى ثقة 95%. شريط الخطأ = الخطأ المعياري.شريط الخطأ = الخطأ المعياري.

إن نوعية وكمية نمو النبات عند التعرض للإجهاد هو محصلة تفاعل الخصائص الوراثية والفسيولوجية والمورفولوجية والتأثيرات البيئية المعقدة. ففي ظل ظروف النقص الشديد في الماء يتناقص انقسام واستطالة الخلايا (Nonami, 1998)، مما يؤدي إلى خفض ارتفاع النبات ومساحة سطح الورقة والكتلة الجافة الكلية وبالتالي خفض نمو النبات (Kaya *et al.*, 2006; Hussain *et al.*, 2008). فالحجم الصغير الذي لوحظ في الشتلات المعرضة للإجهاد الجفافي وخاصة في المعاملة DC_{21} قد قلص من طلب النباتات على الماء الأمر الذي من المرجح أنه قد زاد من فرص بقاءها تحت هذه الظروف القاسية. حيث يعتبر تخفيض النمو في النباتات سمة مرتبطة بمقاومة الإجهاد المائي (Lecoeur *et al.*, 1995).

الاستنتاج

بينت نتائج هذا البحث أن خصائص النمو لشتلات السنط العسلي لم تتأثر معنويا عند تعريضها للإجهاد الجفافي المسجل في المعاملة DC_7 مما يدل على توفر ظروف كافية لإمدادات الماء وأنها أقل حساسية للنقص المحدود للماء. وهذا يشير إلى أن كفاءة التمثيل الضوئي للأوراق لم تتأثر بشكل كبير عند هذا المستوى من الإجهاد. كما أوضحت النتائج - أيضا - أن معاملة الإجهاد الجفافي DC_{21} والذي يعني تكثيف الإجهاد المائي من خلال زيادة مدة التعرض للجفاف لم ينجم عنها مزيدا من الانخفاض في هذه الخصائص مقارنة بمعاملة الإجهاد الجفافي DC_{14} مما يدل على قدرة الشتلات على مواجهة النقص الشديد في الماء والقدرة على تطوير آليات تكيفية لمقاومة ظروف الجفاف

الشديدة. لوحظ كذلك أن الشتلات تمتلك خصائص أخرى تشير إلى مقدرتها على التكيف تحت هذه الظروف القاسية. من بين تلك الخصائص، تساقط الأوراق وانخفاض عددها وبالتالي الحد من مساحة الورقة وهي آلية تكيفية تمنع فقدان الماء من النباتات وتحافظ على رطوبة أنسجتها وتسمح باستخدام إمدادات المياه المحدودة في التربة لفترة أطول وبالتالي مواجهة الإجهاد المائي. كما قامت الشتلات بطي وريقاتها عند تعرضها للإجهاد الجفافي وخاصة عند المعاملة DC_{21} وهي عملية تقلل من مساحة سطح الأوراق. هذه التحورات المورفولوجية على الأرجح أنها ساعدت شتلات السنط العسلي في خفض فقد الماء عن طريق النتح وبالتالي زيادة قدرتها على مقاومة التأثيرات المدمرة للإجهاد الجفافي.

المراجع

حسن ، قتيبة محمد 1990 . علاقة التربة بالماء والنبات. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، كلية الزراعة - جامعة بغداد. دار الحكمة للطباعة والنشر.

Abbas, G.; Saqib, M. and Akhtar, J. 2016a. Differential response of two acacia species to salinity and water stress. Pakistan J. Agric. Sci. 53.

Abe, H. and Nakai, T. 1999. Effect of the water status within a tree on tracheid morphogenesis in Cryptomeria japonica D. Don. Trees 14, 124–129.

Ahmad, P.; Jaleel, C. A.; Salem, M. A.; Nabi, G. and Sharma, S. 2010. Roles of enzymatic and nonenzymatic antioxidants in plants during abiotic stress. Crit. Rev. Biotechnol. 30, 161–175.

Álvarez, S.; Navarro, A.; Banón, S. and Sánchez-Blanco, M. J. 2009. Regulated deficit irri– gation in potted Dianthus plants: effects of severe and moderate water stress on growth and physiological responses. Sci. Hort. 122, 579–585.

Amdt, S. K. ; Clifford, S. C. ; Wanek, W. ; Jones, H .G. ; and Popp, M. 2001. Physiological and morphological adaptations of the fruit tree Ziziphus rotundifolia in response to progressive drought stress, Tree Physiol. 21, 705–715.

Anjum, S. A. ; Wang, L. ; Farooq, M. ; Khan, I. and Xue, L. 2011. Methyl jasmonate-induced alteration in lipid peroxidation, antioxidative defence system and yield in soybean under drought. J. Agron. Crop Sci. 197, 296–301.

Arbonnier, M. 2004. Trees, shrubs and lianas of West African dry zones.

Aref, I. M. and El-juhany, L. I. 2005. Growth response of Acacia seyal , Acacia negrii and Acacia asak trees to water stress under field conditions. academia.edu 75–83.

Aref, I. M. and El-Juhany, L. I. 1999. Effects of drought stress on the growth of Acacia asak (Forssk.), A. tortilis (Forssk.) and A. gerrardii (Benth) ssp. negevensis (Zoh.). Monsura Univ. J. Agric. Sci. 24, 5627–5636.

Arji, I. and Arzani, K. 2002. The response of young potted olive plants cv.'zard' to water stress and deficit irrigation, in: Acta Horticulturae. pp. 419–422.

Awodola, A. M. 1991. Effect of soil moisture on the growth of seedlings of Acacia albida (Del.) and Acacia seyal (Del.). Niger. J. For. 21, 35–37.

Bañón, S. ; Álvarez, S. ; Navarro, A. and Sánchez-Blanco, M. J. 2009. Regulated deficit irrigation in potted Dianthus plants: Effects of severe and moderate water stress on growth and physiological responses. Sci. Hortic. (Amsterdam). 122, 579–585.

Chaves, M. M. ; Maroco, J. P. and Periera, S. 2003 Understanding plant responses to drought from genes to the whole plant, Funct. Plant Biol. 30,239–264.

Chaves, M. M. ; Flexas, J. and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Ann. Bot. 103, 551–560.

Claeys, H. and Inzé, D. 2013. The agony of choice: how plants balance growth and survival under water-limiting conditions. Plant Physiol. 162, 1768–1779.

Clarke, J. M. 1986. Effect of leaf rolling on leaf water loss in Triticum spp. Can. J. Plant Sci. 66, 885–891.

El-Atta, H. A. ; Aref, I. M. ; Ahmed, A. I. and Khan, P. R. 2012. Morphological and anatomical response of Acacia ehrenbergiana Hayne and Acacia tortilis (Forssk) Haynes subspp. raddiana seedlings to induced water stress. African J. Biotechnol. 11, 10188–10199.

Escobar-Gutiérrez, A. J. ; Zipperlin, B. ; Carbonne, F. ; Moing, A. and Gaudillere, J. P. 1998. Photosynthesis, carbon partitioning and metabolite content during drought stress in peach seedlings. Funct. Plant Biol. 25, 197–205.

FAO, 2014. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO, Rome, Italy.

Farooq, M, Wahid, A. ; Kobayashi, N. ; Fujita, D. and Basra, S. 2009. Plant drought stress: effects , mechanisms and management Review articl. Agron. Sustain. Dev. 1, 185–212.

Fatima, A. H. and Mamoun, A. M. 2013. The relationship between seed polymorphism and

Barrs, H. and Weatherley, P. 1962. A Re-Examination of the Relative Turgidity Technique for Estimating Water Deficits in Leaves. Aust. J. Biol. Sci. 15, 413.

Baskin, C. C. and Baskin, J. M. 1998. Seeds: ecology, biogeography, and, evolution of dormancy and germination. Elsevier.

Blum, A. 2017. Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. Plant Cell Environ. 40, 4–10.

Boland, D. ; Brooker, M. ; Chippendale, G. ; Hall, N. ; Hyland, B. ; Johnston, R. ; Kleinig, D. ; McDonald, M. and Turner, J. 2006. Forest Trees of Australia, 5th ed, CSIRO publishing.

Boyer, J. S. ; Byrne, P. ; Cassman, K. G. ; Cooper, M. ; Delmer, D. ; Greene, T. ; Gruis, F. ; Habben, J. ; Hausmann, N. and Kenny, N. 2013. The US drought of 2012 in perspective: A call to action. Glob. Food Sec. 2, 139–143.

Boyer, J. S. ; James, R. A. ; Munns, R. ; Condon, T. and Passioura, J. B. 2008. Osmotic adjustment leads to anomalously low estimates of relative water content in wheat and barley. Funct. Plant Biol. 35, 1172–1182.

Bray, E. A. 2002. Classification of genes differentially expressed during water-deficit stress in Arabidopsis thaliana: An analysis using microarray and differential expression data. Ann. Bot. 89, 803–811.

Chartzoulakis, K. ; Patakas, A. ; Kofidis, G. ; Bosabalidis, A. and Nastou, A. 2002. Water stress affects leaf anatomy, gas exchange, water relations and growth of two avocado cultivars. Sci. Hortic. (Amsterdam). 95, 39–50.

economic benefits for people Table of Contents.

Hoshika, Y., Omasa, K., and Paoletti, E., 2013. Both ozone exposure and soil water stress are able to induce stomatal sluggishness. Environ. Exp. Bot. 88, 19–23.

Hu, L. ; Wang, Z. ; Du, H. and Huang, B. 2010. Differential accumulation of dehydrins in response to water stress for hybrid and common bermudagrass genotypes differing in drought tolerance. J. Plant Physiol. 167, 103–109.

Husain, I. and Aspinall, D. 1970. Water stress and apical morphogenesis in barley. Ann. Bot. 34, 393–407.

Hussain, M. ; Malik, M. A. ; Farooq, M. ; Ashraf, M. Y. and Cheema, M. A. 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. J. Agron. Crop Sci. 194, 193–199.

Jaleel, C. A. ; Manivannan, P. ; Wahid, A., Farooq, M. ; Al-Juburi, H. J. ; Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. Int. J. Agric. Biol 11, 100–105.

Jones, L. and McQueen-Mason, S. 2004. A role for expansins in dehydration and rehydration of the resurrection plant Craterostigma plantagineum. FEBS Lett. 559, 61–65.

Jones, M.B. and Lazenby, A.1988. The Grass Crop: the Physiological Basis of Production. Chapman and Hall, London, 396 pp.

Kaya, M. D. ; Okçu, G. ; Atak, M. ; Çikili, Y. ; Kolsarici, Ö. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower germination of *Acacia mellifera* (Vahl) Benth. seeds. Int. J. Sci. Res. Publ. 3, 1–2.

Fini, A. ; Bellasio, C. ; Pollastri, S. ; Tattini, M. and Ferrini, F. 2013. Water relations, growth, and leaf gas exchange as affected by water stress in Jatropha curcas. J. Arid Environ. 89, 21–29.

Fort, C. ; Fauveau, M. L. ; Muller, F. ; Label, P. ; Granier, A. and Dreyer, E. 1997. Stomatal conductance, growth and root signaling in young oak seedlings subjected to partial soil drying. Tree Physiol. 17, 281–289.

Fraser, L. H. and Grime, J. P. 1998. Top-down control and its effect on the biomass and composition of three grasses at high and low soil fertility in outdoor microcosms. Oecologia, 113, 239 – 246.

Garau, A. M. ; Lemcoff, J. H. ; Ghersa, C. M. and Beadle, C. L. 2008. Water stress tolerance in Eucalyptus globulus Labill. subsp. maidenii (F. Muell.) saplings induced by water restrictions imposed by weeds. For. Ecol. Manage. 255, 2811–2819.

Guerfel, M. ; Baccouri, O. ; Boujnah, D. ; Chaïbi, W. and Zarrouk, M. 2009. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (Olea europaea L.) cultivars. Sci. Hortic. (Amsterdam). 119, 257–263.

Grime J. P. 2001. Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties. John Wiley & Sons, Chichester.

Hines, D. and Eckman, K. 1993. Indigenous multipurpose trees of Tanzania : Uses and

Functional Groups., Springer-Verlag. Springer Science & Business Media, Springer, Berlin.

Lecoeur, J. ; Wery, J. ; Turc, O. and Tardieu, F. 1995. Expansion of pea leaves subjected to short water deficit: cell number and cell size are sensitive to stress at different periods of leaf development. J. Exp. Bot. 46, 1093–1101.

Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses, vol. I. 2nd edition I. Chilling, freezing and high temperature stresses. Endeavour 5, 134.

Lisar, S. Y. S. ; Motafakkerazad, R. ; Hossain, M. M. and Rahman, I. M. M. 2012. Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses. In:Rahman, I. M. M. & Hasegawa, H. Water Stress, InTech, Croatia, p. 01-14.

Liu, C. ; Liu, Y. ; Guo, K. ; Fan, D. ; Li, G. ; Zheng, Y. ; Yu, L. and Yang, R. 2011. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China. Environ. Exp. Bot. 71, 174–183.

Lovisolo, C. ; Perrone, I. ; Carra, A. ; Ferrandino, A. ; Flexas, J. ; Medrano, H. and Schubert, A. 2010. Drought-induced changes in development and function of grapevine (Vitis spp.) organs and in their hydraulic and non-hydraulic interactions at the whole-plant level: a physiological and molecular update. Funct. plant Biol. 37, 98–116.

Mathers, H. M. ; Lowe, S. B. ; Scagel, C. ; Struve, D. K. and Case, L. T. 2007. Abiotic factors influencing root growth of woody nursery plants in containers. Horttechnology 17, 151–162.

Minitab 16 Statistical Software (2010). [Computer

(Helianthus annuus L.). Eur. J. Agron. 24, 291–295.

Keles, Y. and Oncel, I. 2002. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. Plant Sci. 163, 783–790.

Khalil, A. A. M. and Grace, J., 1992. Acclimation to drought in acer pseudoplatanus L. (sycamore) seedlings. J. Exp. Bot. 43, 1591–1602.

Khan, M. B. ; Hussain, N. and Iqbal, M. 2001. Effect of water stress on growth and yield components of maize variety YHS202. J. Res. (Science), Bahauddin Zakariya Univ. Multan, Pakistan 12, 15–18.

Kitajima, K. and Fenner, M. 2000. Ecology of seedling regeneration. In: Fenner, M, ed. Seeds: the ecology of regeneration in plant communities. Wallingford, UK: CABI Publishing, 331–359.

Kozlowski, T. T. and Pallardy, S. G. 2002. Acclimation and adaptive responses of woody plants to environmental stresses. Bot. Rev. 68, 270–334.

Kramer, P. J. 1969. Plant and soil water relationships: a modern synthesis. McGraw-Hill, New York.

Kranner, I. ; Minibayeva, F. V. ;Beckett, R. P. and Seal, C. E. 2010. What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science. New Phytol.

Larcher, W. 2004. Physiological plant ecology. 4th edn. Ann. Bot. 93, 616–617.

Larcher, W. ; Wieser, J. ; Dawson, T. ; Harvey, C. ; Stork, A. ; Traw, B. ; Gregg, J. ; Perkins, C. ; Vidiella, P. and Pausch, R. 1995. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of

Pagter, M. ; Bragato, C. and Brix, H. 2005. Tolerance and physiological responses of Phragmites australis to water deficit. Aquat. Bot. 81, 285–299.

Pagter, M. ; Petersen, K.K. ; Liu, F. and Jensen, C.R. 2008. Drought adaptation in Fuchsia magellanica and its effect on freezing tolerance. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 133, 11–19.

Pokhriyal, T. C. ; Singh, U. and Chaukiyal, S. P. 1997. Effect of water stress treatments on growth parameters and nitrogenase activity in Acacia nilotica. Indian J. Plant Physiol. 2, 72–74.

Rodrigues, M. L. ; Pacheco, C. M. A. and Chaves, M. M. 1995. Soil-plant water relations, root distribution and biomass partitioning in Lupinus albus L. under drought conditions. J. Exp. Bot. 46, 947–956.

Ross, J. H. 1979. A conspectus of African acacia species. Mem. Bot. Surv. South Africa.

Teulat, B. ; Rotter, B. ; Zoumarou-wallis, N. ; Salem, M. ; Ben, This, D., H, B. 2003. QTL for relative water content in field-grown barley and their stability across Mediterranean environments. Theor. Appl. Genet. 108, 181–188.

Rulangaranga, Z. K. 1989. Some important indigenous medicinal and aromatic plants in the wild flora of Tanzania mainland. Trop. For. Action Plan, Work. Pap. 24, 398–405.

Sánchez, F. J. ; Manzanares, M. ; De Andres, E. F. ; Tenorio, J. L. and Ayerbe, L., 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. F. Crop. Res. software]. State College, PA: Minitab, Inc. (www.minitab.com).

Muthuchelian, K. ; Murugan, C. ; Nedunchezhian, N. and Kulandaivelu, G. 1997. Photosynthesis and gowth of Erytrhina veriegata as affectes by water stress and triacontanol. Photosynthetica. 33, 241–248.

Natale, E. ; Zalba, S. M. ; Oggero, A. ; Reinoso, H. 2010. Establishment of Tamarix ramosissima under different conditions of salinity and water availability: Implications for its management as an invasive species. J. Arid Environ. 74, 1399–1407.

Nayyar, H. and Gupta, D. 2006. Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants. Environ. Exp. Bot. 58, 106–113.

Neumann, P.M. ; Azaizeh, H. and Leon., D. 1994. Hardening of root cell walls: a growth inhibitory response to salinity stress. Plant. Cell Environ. 17, 303–309.

Nonami, H. 1998. Plant water relations and control of cell elongation at low water potentials. J. Plant Res. 111, 373–382.

Nonyane, F. 2013. *Acacia mellifera*. South African National Biodiversity Institute (SANBI).

Okcu G. ; Kaya M. D. and Atak M. 2005 Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (Pisum sativum L.), Turk. J. Agr. For. 29, 237–242

Orwa, C. ; Mutua, A. ; Kindt, R. ; Jamnadass, R. and Anthony, S. 2009. Agroforestree Database: a tree reference and selection guide version 4.0. World Agrofor. Centre, Kenya 15.

species of Salicaceae to drought. Can. J. Bot. 74, 1988–1995.

Villagra P.E. and Cavagnaro J. B. 2006 Water stress effects on the seedling growth of Prosopis argentina and Prosopis alpataco. J. Arid Environ. 64: 390–400.

Wilkinson, S. and Davies, W. J. 2010. Drought, ozone, ABA and ethylene: new insights from cell to plant to community. Plant, Cell Environ. 33, 510–525.

Wilkinson, S. ; Kudoyarova, G. R. ; Veselov, D. S. ; Arkhipova, T. N. and Davies, W. J. 2012. Plant hormone interactions: Innovative targets for crop breeding and management. J. Exp. Bot.

Yang, F. and Miao, L. F. 2010. Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. Silva Fenn. 44, 23–37.

Yin, C. ; Wang, X. ; Duan, B. ; Luo, J. and Li, C. 2005. Early growth, dry matter allocation and water use efficiency of two sympatric Populus species as affected by water stress. Environ. Exp. Bot. 53, 315–322.

Zokaee-Khosroshahi, M. ; Esna-Ashari, M. ; Ershadi, A. and Imani, A. 2014. Morphological changes in response to drought stress in cultivated and wild almond species. Int. J. Hort. Sci. Technol. 1(1): 79-92.

59, 225–235.

Sausen, T. L. and Rosa, L. M. G. 2010. Growth and limitations to carbon assimilation in Ricinus communis (Euphorbiaceae) under soil water stress conditions. Acta Bot. Brasilica 24, 648–654.

Schulze, E. D. ; Gebauer, G. ; Ziegler, H. and Lange, O. L. 1991. Estimates of nitrogen fixation by trees on an aridity gradient in Namibia. Oecologia 88, 451–455.

Shao, H. B. ; Chu, L. Y. ; Jaleel, C. A. and Zhao, C. X. 2008. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. Comptes Rendus - Biol. 331, 215–225.

Smart, R. E. and Coombe, B. G. 1983. Water relations of grapevines. In: kozlowski, T.T. (ed.). Water deficits and plant growth, Vol. VII. Academic Press, New York. pp. 137-196.

Taíz, E., and Zeiger, L. 2006. Plant Physiology, Plant Physiol. Sinauer Associates.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2012. Plant Physiolopy. Plant Physiol. 522–550.

Tseng, E. C. ; Seiler, J. R. and Chevone, B. I. 1988. Effects of ozone and water stress on greenhouse-grown fraser fir seedling growth and physiology. Environ. Exp. Bot. 28, 37–41.

Van Splunder, I. ; Voesenek, L.A.C.J. ; Coops, H. ; De Vries, X. J. A., and Blom, C. W .P. M. 1996. Morphological responses of seedlings of four

THE LIBYAN JOURNAL OF AGRICULTURE
Volume (24), No. (2), 2019: 27-44

Responses of *Acacia mellifera* Seedlings to Different levels of Drought Stress

Mahmood B. Shanta, Ibrahim A. Eshkab, Hisham N. Elwaer and Rida S. Sherif

Range and Forestry Department - Faculty of Agriculture - University of Tripoli, Libya.

ABSTRACT

Drought is one of the major environmental stresses that greatly limit plant growth, abundance and distribution. In this study, the effect of drought stress on some growth characteristics of *Acacia mellifera* seedlings (seedling height, seedling diameter, number of leaflets, shoot and root dry mass and root to shoot ratio) was investigated. Some of its drought resistance mechanisms were also identified. The drought stress treatments applied were as follows: Control (DC_0), drought cycle for 7 (DC_7), 14(DC_{14}) and 21days (DC_{21}). Results indicated that the drought stress treatments resulted in a wide variation in relative water content of leaves. Generally, results showed that all growth characteristics were negatively affected by drought stress. Moreover, It was observed that many of these characteristics were not significantly affected by (DC_7) drought stress, indicating sufficient water supply conditions and less sensitivity to limited water shortage. It was also noted that increasing the intensity of drought stress from (DC_{14}) to (DC_{21}) did not lead to a significant reduction in these traits except seedling diameter, indicating the ability of *Acacia mellifera* seedlings to withstand severe water shortage and the ability to develop adaptive mechanisms to resist severe drought conditions. The root to shoot ratio remained unchanged under drought stress regimes. In addition, data obtained indicate an inverse relationship between drought stress and the measured growth characteristics. It was also noted that *Acacia mellifera* seedlings were able to develop several adaptive strategies to resist drought stress, including leaf shedding, low leaflet number as well as leaf rolling.

Key Words: Drought stress, *Acacia mellifera*, leaf relative water content, growth characteristics.

Corresponding Author Mahmood B. Shanta, Range and Forestry. Dep., Fac. of Agri., Univ. of Tripoli, Tripoli, Libya
Phone. +218927669038. Email Mah.Shanta@uot.edu.ly.
Received: 07/03/2019 Accepted: 04 / 12/ 2019