Growth and Proline Concentration of Some Wheat Cultivars as Influenced by Different Levels of Proline and Field Capacity

نمو وتركيز ألبرولين لبعض أصناف الحنطة بتأثير مستويات مختلفة من ألبرولين والسعة الحقلية *

عبد عون هاشم علوان مالك عبدالله عذبي
جـــامعة كربـــلاء

* مستل من رسالة ماجستير للباحث الثاني

المستخلص

أجريت هذه الدراسة باستعمال الأصص البلاستيكية في مزرعة خاصة واقعة على جانب طريق كربلاء – بابل (10 كم شرق مدينة كربلاء) لموسم النمو 2010 – 2011 بهدف دراسة تأثير الإجهاد المائي والرش بحامض البرولين في نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري وتركيز البرولين لأربعة أصناف من الحنطة . نفذت التجربة باستعمال التصميم تـــام التعشية Completely Randomized Design (CRD) كتجربة عامليه من ثلاثة عوامل وهي أربعة أصناف من الحنطة (فتح ، عدنانية ، اباء99 ، شام6) ، ثلاث تراكيز من حامض البرولين (0 ، 20 ، 40) ملغم.لتر$^{-1}$ وثلاث مستويات من السعة الحقلية (25% ، 50% ، 100%) وبأربع مكررات ، بحيث تضمنت التجربة 144 أصيصاً (وحدة تجريبية) . ومن نتائج التحليل الإحصائي تبين إن تأثير الأصناف الداخلة في الدراسة لم يكن معنوياً في نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري ، بينما كان معنوياً في تأثيره في تركيز البرولين ، أمّا بالنسبة لمعاملات الرش بحامض البرولين فقد كان التركيز 20 ملغم . لتر$^{-1}$ ذا تأثير معنوي في كل الصفتين المدروستين مقارنة مع التركيزين الآخرين (0 و 40) ملغم لتر$^{-1}$ ، وبينت النتائج أيضاً أن المستوى 100% سعة حقلية الأفضل في تأثيره في هاتين الصفتين مقارنة مع المستويين الآخرين 25% و50% من السعة الحقلية .

أما بالنسبة لتأثير التداخل الثنائي بين الأصناف وتراكيز حامض البرولين فلم يكن تأثيره معنوياً في نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري ، بينما كان تأثيره معنوياً في تركيز ألبرولين ، أمّا التداخل الثنائي بين الأصناف ومستويات السعة الحقلية وتراكيز حامض ألبرولين والسعة الحقلية فقد كان تأثيره معنوياً في هاتين الصفتين .

لم يكن للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً في نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري ، من جهة أخرى كان ذا تأثير معنوي في تركيز ألبرولين ، فقد أعطى التداخل بين الأصناف وتركيز البرولين 0 ملغم . لتر$^{-1}$ وبسعة حقلية 100% أقل معدل لتركيز البرولين ، من جانب آخر أعطت الأصناف عند تركيز البرولين 20 ملغم . لتر$^{-1}$ بسعة حقلية 25% اكبر معدل للصفة سابقة الذكر .

Abstract

Pot experiment was conducted in a private field located on the main road of Kerbala – Babylon , 10 kms eastern of Kerbala during the season of 2010 - 2011 . The aim of this study was to assess the effect of water stress and proline concentration on the the growth and the proline concentration in the flag leaf of four wheat cultivars . Factorial experiment within completely randomized design with four replicates was applied . The experiment included four wheat cultivars (ie. Fateh , Adnania , IPA 99 and Sham 6) , three concentrations of proline (ie. 0 , 20 and 40) mg . l^{-1} and three levels of field capacity (i.e. 25 , 50 and 100%) . The results could be summarized as follow :

The effect of cultivars was not significant on the shoot/root ratio, on the other hand , cultivars significantly affected proline concentration . Proline at 20 mg . l^{-1} was more effective on studied parameters compared with other concentrations (ie. 0 and 40) mg . l^{-1} , and, the field capacity of 100% was the best compared with 25% and 50% field capacities .

The interaction between cultivars and the proline concentrations was not significant on the shoot/root ratio, on the other hand , it was significantly effective on the proline concentration . The interaction between cultivars and the field capacity was also effective on the studied parameters , the interaction between the proline and field capacity was also significant on the studied parameters. No significant effect was found due to the interaction between studied parameters on the root/shoot ratio , whereas , they had a significant effect on the proline concentration .

المقدمة Introduction

يعتبر الإجهاد المائي (الجفاف) احد أهم العوامل البيئية غير الإحيائية (Abiotic) الرئيسية التي تؤثر في نمو النباتات في المناطق المدارية ، فهو يمثل مشكلة محددة للنمو والإنتاج في كافة إنحاء العالم ويسبب خسائر زراعية مهمة خصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة [1] . إنّ الجفاف يؤدي إلى تغيرات في البيئة الطبيعية للنباتات بصورة عامة وينعكس في اختلال العمليات الفسلجية وانخفاض إنتاجية النباتات على وجه الخصوص مما يسهم في تفاقم مشكلة نقص الغذاء في العالم [2] ، وهذا يستدعي العناية بمصادر المياه وعدم الهدر وتقنين استعمال المياه لغرض الحصول على إنتاجية نباتية عالية وبأقل كمية من الماء لان نسبة الأراضي المتأثرة بالجفاف قد تضاعفت منذ عام 1970 إلى أوائل عام 2000 [3] .

لقد دلت نتائج العديد من الدراسات إلى أن حامض البرولين يتجمع بشكل ملحوظ عند تعرض النبات للجفاف قياساً بالأحماض الأمينية الأخرى [4] ، فقد تناولت دراسات عديدة آلية تجمع حامض البرولين في أنسجة النبات وزيادة تحمل النبات للاجهادات البيئية ومنها الإجهاد المائي على نبات الحنطة [5 , 6] وعلى نبات الشعير [7] . كما تم استعمال حامض البرولين كمعاملة خارجية Exogenous application في تقليل أضرار الإجهاد الاوزموزي على نبات الذرة [8 ، 9] وعلى نبات الحنطة [10] .

تتأثر نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري بالإجهاد المائي وذلك اعتماداً على شدته ووقت حدوثه ومدته [11] . فقد بين [12] أن تعرض النباتات إلى نقص في رطوبة التربة قد أدى إلى زيادة في نسبة الجذور إلى المجموع الخضري . ولاحظ [13] أن أنواع نباتية عديدة متكيفة للجفاف في البيئات الجافة تمتلك أنظمة جذرية متطورة جداً ، وبهذا تكون نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري عالية والتي يمكن أن تعد آلية من آليات تحمل الجفاف . لقد وجد [14] أن هناك زيادة في متوسط هذه الصفة في نباتات الرز تحت تأثير الإجهاد المائي . ووجدت [15] أن أكثر مدد الجفاف تأثيراً في هذه الصفة هي التعرض له في مرحلة البطان Heading stage مقارنة مع المراحل الأخرى .

يعد البرولين احد الأحماض الأمينية الذي يدخل في تركيب البروتين ، وتتناسب كميته في الأنسجة النباتية مع مقدار الإجهاد المائي الذي تتعرض له وطول مدة التعرض ، ويحدث تجمع البرولين نتيجة عدم مقدرة الأنسجة النباتية في بناء البروتين فضلاً عن عمليات هدمه ، كما يتجمع البرولين في جميع أجزاء النبات المعرضة للإجهاد المائي (الجذور والسيقان والأوراق) ولكن تجمعه في الأوراق يكون بشكل اكبر وأسرع [16] . يسبب إجهاد الجفاف زيادة في تركيز النبات من الأحماض الأمينية الحرة خاصة ألبرولين الذي يصل تركيزه في بعض الحالات (10 إلى 25) ضِعفاً وإلى 1 % من الوزن الجاف للأوراق [11] ، لذا اكتسبت ظاهرة تراكم الأحماض الأمينية في مختلف أنسجة النبات أهمية قصوى في دراسات الإجهاد المائي والملحي على نمو النباتات والجوانب الفسلجية والكيماحيوية له ، ومن بين أهم الأحماض حامض البرولين [17] .

وبما إن العراق يعاني بشكل عام من الجفاف وقلة الإمطار خلال موسم نمو الحنطة وكذلك قلة منسوب المياه في نهري دجلة والفرات ، عليه بات من الضروري إيجاد أصناف أكثر تحملا للجفاف وكذلك البحث عن سبل التقليل من التأثير السلبي للجفاف ، ومن هذه الوسائل هو استعمال البرولين رشاً على النباتات ومعرفة التركيز الأمثل للحد من تأثير الجفاف .

المواد و طرائق العمل Materials and Methods

أجريت هذه التجربة في إحدى المزارع الخاصة الواقعة على جانب الطريق كربلاء – بابل (10 كم شرق مدينة كربلاء) للموسم الزراعي 2010 – 2011 في تربة طينية ـ غرينية والجدول (1) يبين بعض صفاتها الكيميائية والفيزيائية ، وتضمنت التجربة أربع أصناف من الحنطة *Triticum aestivum* L. هي (فتح ، عدنانية ، إباء 99 ، شام 6) والتي تم الحصول عليها من كلية الزراعة / جامعة كربلاء وثلاث تراكيز من حامض البرولين هي (0 ، 20 ، 40) ملغم . لتر$^{-1}$ وثلاث مستويات من السعة الحقلية (25% ، 50% ، 100%) . نفذت التجربة باستعمال أصص بلاستيكية وفق التصميم تام التعشية Completely Randomaized Design (CRD) كتجربة عامليه (4 × 3 × 3) وبأربع مكررات وبالتالي يكون عدد الوحدات التجريبية في التجربة (عدد الأصص) هي 144 أصيص سعة كل منها 7 كغم / تربة . إذ ملئت هذه الأصص (قطر 30 سم مع ارتفاع 45 سم) بالتربة بعد أخذها من عمق 0 ـ 30 سم وتجفيفها هوائياً وتمريرها من منخل قطر فتحاته 2 ملم . تم تقدير السعة الحقلية للتربة المستعملة بأخذ ثلاث أصص معبأة بـ 7 كغم / تربة مجففة هوائياً وشمسياً بصورة تامة ورويت إلى حد الإشباع الكامل وتركت لمدة 48 ساعة مع مراعاة تقليل كمية بخار الماء وذلك بوضع غطاء بلاستيكي على كل أصيص وتركت حتى نزول آخر قطرة من الماء ألجذبي عن طريق الثقوب السفلية للأصص ثم وزنت مرة أخرى وكانت طريقة الحساب كالأتي[18]:

وزن الماء المفقود = وزن التربة الرطب – وزن التربة الجاف

النسبة المئوية للماء الموجود في 7 كغم / التربة = وزن الماء المفقود / وزن التربة الجاف × 100

وبعد إجراء حسابات السعة الحقلية وجد أنها 32.8%.

تمت زراعة بذور الحنطة بتاريخ 2010/11/15 [19] ، إذ زرعت 15 بذرة في كل أصيص على عمق 1 سم مع مراعاة اختيار البذور السليمة ذات الإحجام المتقاربة . تم تغطية جميع الأصص بغطاء بلاستك حماية لها من الأمطار والرياح والطيور خلال مرحلة الإنبات حتى مرحلة النضج ، وتم الري بماء النهر (EC=1.2 ds.cm^{-1} ، pH = 5.5 ، TDS =1237 mg.L^{-1}) حتى الوصول إلى 50% من السعة الحقلية . وبعد 15 يوم من الزراعة تم ري الوحدات التجريبية حسب المعاملات المطلوبة (25% ، 50% ، 100%) من السعة الحقلية المحسوبة ، وذلك بوزن الأصص وإكمال الوزن إلى السعة الحقلية المطلوبة ، وتم متابعة العمليات الزراعية من ري وإزالة الأدغال حتى عملية الحصاد ، وخفت البادرات إلى 5 بادرات . أصيص$^{-1}$ بعد مرور 25

يوماً من الزراعة . وكانت عملية الري تتم حسب الحاجة عن طريق وزن الأصص وإضافة الماء إليها لغرض الحصول على السعة الحقلية المطلوبة .

حضِّر محلول أساس Stock solution من حامض البرولين (الذي تم الحصول عليه من جامعة بغداد – كلية التربية / ابن الهيثم) وذلك بوزن 1 غم منه وإذابتـه في 1000 مل مـن المـــاء المقـطر ، ثم تحضيـــر التراكيـــز المطلـــوبة منـــه (20 ، 40) ملغم . لتر$^{-1}$ حسب قانون التخفيف إضافة إلى معاملة السيطرة وهي صفر ملغم . لتر$^{-1}$. تم الرش بحامض البرولين في الصباح الباكر بعد مرور 45 يوماً من زراعة البـذور (مرحلة التفريع) وبتاريخ 2010/12/30 وكان الرش بصورة متساوية وحتى الابتلال الكامل ، ورشت معاملات السيطرة بالماء المقطر مع استمرار الري حسب السعات الحقلية المطلوبة وهذه تمثل الرشة الأولى. وبعد ثلاثين يوما من الرشة الأولى تم إجراء عملية الرش الثانية وبتاريخ 2011/1/30 (كانت الرشة الثانية في مرحلة بزوغ الورقة العلمية) وحسب التراكيز المذكورة أعلاه مع الاستمرار بالري حسب السعة الحقلية المطلوبة (25% ، 50% ، 100%) من السعة الحقلية المحسوبة . وبعد وصول نباتات الحنطة إلى مرحلة النضج الكامل وجفاف السنابل بالإضافة إلى المجموع الخضري تم حصادها بتاريخ (4/5 ، 4/12 ، 2011/4/19) وذلك حسب معاملات الري (25% ، 50% ، 100%) من السعة الحقلية المحسوبة ، على التوالي ، وقد تم حساب المؤشرات قيد الدراسة وهي :-

(1) نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري .

(2) تركيز ألبرولين في النسيج الجاف للورقة العلمية .

تم تقدير تركيز حامض البرولين وفق طريقة [20] المحورة عن طريقة [21] وهي كالأتي :-

تم وزن 100 ملغم من الوزن الجاف للأوراق العلمية لكل عينة ، ثم أضيف لها 5 مل من مزيج MCW (ميثانول : كلوروفورم : ماء مقطر) وبالنسب 12: 5: 1 مل ، على التوالي ، ثم سحقت بواسطة هاون خزفي ووضعت في جهاز الطرد المركزي وبسرعة 10000 دورة.دقيقة$^{-1}$ لمدة 10 دقائق وبدرجة حرارة 4ْم ، بعد ذلك تم سحب 125 مايكرولتر من الراشح ونقل إلى أنابيب اختبار نظيفة وخفف عن طريق إضافة 875 مايكرولتر من الماء المقطر ثم أضيف له 1.5 مل من محلول النننهايدرين Ninhydrin ، ثم وضع المزيج في حمام مائي بدرجة حرارة 100ْم لمدة 60 دقيقة ، وبعدها ترك لمدة 30 دقيقة بدرجة حرارة الغرفة وتم قراءة الامتصاص بواسطة جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer وعلى الطول ألموجي 520 نانومتر ، جرى حساب تركيز حامض البرولين بالمقارنة مع المنحني القياسي لحامض البرولين [20] .

حضر محلول النننهايدرين القياسي بمزج 1.25 غم من النننهايدرين مع 30 مل من حامض الخليك و 20 مل من حامض الفسفوريك 6 مولاري ، وسخن المزيج مع التحريك المستمر على جهاز التسخين الهزاز حتى الذوبان ، وأستعمل هذا المحلول خلال 24 ساعة من تحضيره لأنه يتحلل بعدها ويصبح غير صالح للاستعمال ويحفظ باردا في الثلاجة بدرجة 4ْم .

وتم تحليل النتائج إحصائيا ومقارنة المتوسطات باستعمال أقل فرق معنوي(Least Significant Difference (L.S.D. عند مستوي احتمال 0.05 حسب [22] .

جدول(1) : بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة * .

E C	ديسي سيمنز . م$^{-1}$	3.2
pH		7.7
المادة العضوية	غم . كغم$^{-1}$	10.0
النتروجين الجاهز	ملغم . كغم$^{-1}$	101.3
الفسفور الجاهز	ملغم . كغم$^{-1}$	8.2
البوتاسيوم الجاهز	ملغم . كغم$^{-1}$	215.0
الكلس	غم . كغم$^{-1}$	220.0
مفصولات التربة		
رمل	غم . كغم$^{-1}$	70.0
طين	غم . كغم$^{-1}$	520.0
غرين	غم . كغم$^{-1}$	410.0
نسجة التربة	Silty clay طينية غرينية	

* تمت التحاليل في مختبرات تحليل التربة في كلية الزراعة – جامعة الكوفة .

النتائج والمناقشة Results and Discussion .

1- نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري لنبات الحنطة .

يظهر من النتائج المبينة في الجدول (2) انه لا يوجد تأثير معنوي للأصناف في معدل نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري ، مما يجعل هذه النتائج مخالفة لما وجده [14] إذ وجد أن الأصناف تتباين فيما بينها في تأثيرها في الصفة أعلاه .

كما أشارت النتائج في الجدول نفسه بان تركيز 20 ملغم . لتر$^{-1}$ برولين كان الأفضل في تأثيره في معدل نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري ، إذ تفوق على التركيزين الآخرين (0 و 40) ملغم.لتر$^{-1}$ بزيادة مقدارها 10.0% ، 4.8 % ، على التوالي ، وهذا يدل على أن الرش بحامض البرولين له التأثير الايجابي في تحسين صفات النمو عند تعرض النباتات للإجهاد المائي مما يجعل هذه النتائج متفقة مع ما توصل إليه [23] من أن الرش بحامض البرولين قد حسن من تحمل نبات الذرة الصفراء للاجهادات البيئية ومنها الإجهاد المائي وذلك عن طريق تحسين كل من مؤشرات المجموع الجذري والمجموع الخضري .

أوضحت النتائج المبينة في الجدول نفسه أن مستوى 100 % سعة حقلية كان اقل تأثيراً في الصفة أعلاه مقارنة بالمستويين الآخرين 25 % و 50 % بانخفاض قدره 9.1 % ، 4.8 % ، على التوالي ، هذا يدل على انه كلما كان الإجهاد المائي شديداً زادت نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري وذلك لان المجموع الجذري اقل تأثراً بالإجهاد المائي مقارنة مع المجموع الخضري لقربة من مصدر الرطوبة وقلة الشد بين خلايا المجموع الجذري والوسط المحيط بها ، اتفقت هذه النتائج مع نتائج دراسة [24] على نبات الرز .

كما أوضحت التداخلات الثنائية الموضحة في الجدول (12) انه لا يوجد تأثير معنوي بين الصنف وتركيز البرولين في معدل نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري ، أما بالنسبة لتأثير التداخل الثنائي بين الصنف والسعة الحقلية فقد بينت النتائج الموضحة في الجدول نفسه انه لا يوجد اختلاف بين الأصناف الداخلة في الدراسة بالنسبة لتأثيرها في الصفة أعلاه عند 100% سعة حقلية ، إذ أعطت نفس المعدل وهو 0.20 ، بينما أعطى الصنف شام6 بسعة حقلية 25 % أكبر معدل بلغ 0.23 ، وهذا قد يعود إلى أن جميع الأصناف تكون متساوية في استجابتها للري بينما تختلف في استجابتها للإجهاد المائي وذلك حسب درجة تحملها أو حساسيتها له.

كما أعطت المعاملة بتركيز البرولين 0 ملغم . لتر$^{-1}$ وبسعة حقلية 25 % أكبر معدل للصفة أعلاه بلغت 0.23 ، في حين أعطت معاملة التداخل بين التراكيز (0 و 40) ملغم . لتر$^{-1}$ برولين و100% سعة حقلية اقل معدل والذي بلغ 0.20 (جدول 2) ، نستنتج من هذه النتائج أن الرش بحامض البرولين مع توفر كمية مناسبة من رطوبة التربة سوف يؤدي إلى انخفاض الصفة أعلاه وذلك بسبب تحسن نمو النبات وزيادة نمو المجموع الخضري مقارنة بالمجموع الجذري . وهذا يتفق مع نتائج دراسة [23] على نبات الذرة الصفراء .

أما بالنسبة للتداخل بين هذه العوامل الثلاثة فقد كان تأثيره غير معنوي على معدل نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري .

جدول (2) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخلات بينها في نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري لنبات الحنطة .

الصنف	تركيز البرولين ملغم.لتر$^{-1}$	السعة الحقلية (%)			الصنف × تركيز البرولين
		25	50	100	
فتح	0	0.20	0.20	0.20	0.20
	20	0.23	0.20	0.20	0.21
	40	0.20	0.20	0.20	0.20
عدنانية	0	0.20	0.20	0.20	0.20
	20	0.23	0.20	0.20	0.21
	40	0.23	0.20	0.20	0.21
اباء 99	0	0.20	0.20	0.20	0.20
	20	0.23	0.23	0.20	0.22
	40	0.20	0.20	0.20	0.20
شام 6	0	0.23	0.18	0.20	0.20
	20	0.25	0.23	0.20	0.23
	40	0.23	0.23	0.20	0.22
LSD (0.05)		N.S.			N.S.
معدل تأثير السعة الحقلية		0.22	0.21	0.20	معدل تأثير الصنف
LSD (0.05)		0.011			
الصنف × السعة الحقلية	فتح	0.21	0.20	0.20	0.20
	عدنانية	0.22	0.20	0.20	0.21
	اباء 99	0.21	0.21	0.20	0.21
	شام 6	0.23	0.21	0.20	0.22
LSD (0.05)		0.023			N.S.
معدل تأثير تركيز البرولين					
تركيز البرولين × السعة الحقلية	0	0.21	0.21	0.20	0.20
	20	0.23	0.22	0.21	0.22
	40	0.21	0.21	0.20	0.21
LSD (0.05)		0.020			0.011

2- تركيز البرولين (ملغم . لتر$^{-1}$) لنبات الحنطة .

أشارت النتائج الموضحة في الجدول (3) إلى وجود فروق معنوية بين الأصناف بالنسبة إلى تأثيرها في معدل تركيز البرولين ، إذ أعطى الصنف إباء 99 أكبر معدل لتركيز البرولين بلغ 13.7 ملغم . لتر$^{-1}$ ، في حين أعطى الصنف شام 6 اقل معدل للصفة أعلاه بلغ 11.8 ملغم . لتر$^{-1}$ ، مما يدل على أن أصناف الحنطة تختلف في تركيز البرولين تبعاً للاختلاف في التركيب الوراثي فيما بينها ، اتفقت هذه النتائج مع نتائج [25] في دراستهم على نبات الحنطة من إن أصناف الحنطة تختلف في قدرتها على تجميع البرولين تبعاً للاختلاف في التركيب الوراثي لها .

كما بينت النتائج الموضحة في الجدول نفسه بان تركيز 20 ملغم . لتر$^{-1}$ برولين كان الأفضل في تأثيره في معدل تركيز البرولين ، إذ تفوق على التركيزين الآخرين (0 و 40) ملغم . لتر$^{-1}$ بزيادة مقدارها 30.9 % ، 10.8% ، على التوالي . اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع نتائج [10] من أن الرش بحامض البرولين أدى إلى زيادة في تركيز حامض البرولين الداخلي للمجموع الخضري لنبات الحنطة . ويعزى السبب إلى امتصاص الأوراق لحامض البرولين ومن ثم زيادة تراكمه فيها وبذلك ازداد تركيز

حامض البرولين الداخلي وكذلك ازدياد تركيز الأحماض الأمينية الأخرى التي تدخل في تخليق البروتين [23] . إن لتراكم حامض البرولين دور مهم في التعديل الاوزموزي بين السايتوبلازم والفجوات داخل الخلية وضمان استمرار دخول الماء إلى النبات وهذا من شانه الحفاظ على انتفاخ الخلية ، كما ويعمل كعامل وقائي للإنزيمات ويحافظ على تركيب أغشية العضيات الخلوية، وكذلك له دور في إنتاج الطاقة ويعتبر مخزن للنتروجين إذ تزداد نسبة المركبات النتروجينية الضارة في النباتات المعرضة للإجهاد نتيجة قلة فعالية الخلايا في بناء البروتين ، وان هذا التجمع يؤثر في عمل الإنزيمات ، لذلك لا يمتلك النبات إلاّ أن يحولها إلى مركبات نتروجينية ذائبة كالأحماض الأمينية وأهمها حامض البرولين ، لذلك يكون للنبات القدرة على التكيف الذاتي من اجل موازنة تركيز الخلايا من الماء [26] .

كما بينت النتائج الموضحة في الجدول (3) أن مستوى 100 % سعة حقلية كان اقل تأثيراً في معدل تركيز البرولين مقارنة بالمستويين الآخرين 25 % و 50 % سعة حقلية بانخفاض قدره 60.1% ، 38.5% ، على التوالي ، يلاحظ من خلال هذه النتائج أن هناك زيادة معنوية في تركيز البرولين بزيادة شدة الإجهاد المائي الذي يتعرض له النبات والذي يعزى إلى حصول تكون جديد للبرولين نتيجة لتحول حامض الكلوتاميك إلى برولين حر تحت ظروف الإجهاد المائي ، إذ أشار [27] في دراستهما على نبات الشعير إلى حصول عملية تحول لحامض الكلوتاميك إلى برولين حر تحت ظروف نقص الماء كما وجد أن هناك علاقة مباشرة ما بين زيادة الشد المائي وانخفاض أكسدة البرولين [28] وان هذه العملية تزيد من ظاهرة تجمع البرولين تحت ظروف الشد المائي . كذلك فان تجمع البرولين يمكن أن يعزى إلى انحلال وتحطم البروتين الغني بالبرولين [29] ، وقد يعزى سبب زيادة تركيز الأوراق من البرولين لكون الإجهاد المائي يزيد من نشاط الإنزيمات المحللة للبروتين كأنزيم Protease وهبوطاً في قيمة الرقم الهيدروجيني pH المؤدي إلى زيادة تركيز ألبرولين [30] . ويذكر أن تراكم البرولين يعد مظهراً تكيفياً في حالات الإجهاد المائي لكونه وسيلة التنظيم الازموزي Osmoregulation وذلك من خلال خفض قيمة الجهد المائي لخلايا الورقة مسببة دخول الماء إليها [31] . اتفقت نتائج هذه الدراسة مع النتائج التي توصل إليها [32] من أن تعرض نباتات الحنطة إلى الإجهاد المائي اظهر زيادة معنوية في تركيز البرولين الكلي في الأوراق .

كما أوضحت التداخلات الثنائية المبينة في الجدول نفسه بين كل من الصنف وتركيز البرولين ، الصنف والسعة الحقلية وتركيز البرولين والسعة الحقلية أن هناك فروقاً معنوية بالنسبة للتأثير في هذه الصفة أيضاً ، إذ أعطى الصنف اباء99 والمستلم 20 ملغم . لتر$^{-1}$ برولين أكبر معدل لتركيز البرولين بلغ 15.6 ملغم .لتر$^{-1}$ ، بينما أعطى الصنف شام6 والذي لم يعامل بالبرولين اقل معدل لهذه الصفة بلغ 10.2 ملغم . لتر$^{-1}$ ، مما يعني أن رش نبات الحنطة بحامض البرولين قد زاد من محتواه في أنسجة النبات ويعتمد ذلك على درجة استجابة الصنف والتركيز المستعمل [33] ، وهذا يدل على أن الأصناف تتباين فيما بينها في درجة استجابتها للرش بحامض البرولين وذلك بسبب الاختلاف في التركيب الوراثي بينها ، اتفقت هذه النتائج مع نتائج دراسة [23] على نبات الذرة الصفراء .

إضافة إلى ما ذكر أعلاه فقد أعطى الصنف إباء 99 بسعة حقلية 25 % أكبر معدل لهذه الصفة والذي بلغ 19.7 ملغم . لتر$^{-1}$ ، بينما أعطى الصنف شام 6 وبسعة حقلية 100 % اقل معدل للصفة أعلاه بلغ 7.2 ملغم . لتر$^{-1}$ ، وهذا يدل على أن الصنف اباء99 يعتبر الأكثر تحملاً للإجهاد المائي مقارنة بالأصناف الأخرى ، وان الصنف شام6 اقلها تحملاً للإجهاد مقارنة ببقية الأصناف ، إذ يمكن الاعتماد على ظاهرة تجمع البرولين كمؤشر لتحمل الإجهاد المائي ، إذ يمكن اعتبار الأصناف الأكثر قدرةً على تجميع كمية اكبر من حامض البرولين أكثر تحملاً للإجهاد المائي وبالعكس [34] ، مما يعني أن الأصناف تختلف فيما بينها في درجة استجابتها لمستويات السعة الحقلية وهذا يتفق مع ما توصل إليه [35] من أن أصناف الحنطة تتباين فيما بينها في درجة استجابتها للإجهاد المائي تبعا للتركيب الوراثي لها .

أعطت المعاملة بتركيز البرولين 0 ملغم . لتر$^{-1}$ وبسعة حقلية 100 % اقل معدل لتركيز البرولين بلغ 6.4 ملغم . لتر$^{-1}$ ، من جانب آخر أعطت معاملة التداخل بين التركيز 20 ملغم . لتر$^{-1}$ برولين و 25% سعة حقلية أكبر معدل للصفة بلغ 21.2 ملغم.لتر$^{-1}$، تدل هذه النتائج على أن الرش بحامض البرولين قد حسَّن من الصفة أعلاه في كافة مستويات السعة الحقلية وهذا يتفق مع ما توصلت إليه [10] من ان رش نباتات الحنطة بحامض البرولين قد حسن من نموها سواء المعرضة أو غير المعرضة للإجهاد . يعزى تجمع حامض البرولين تحت ظروف الإجهاد إلى حصول تحورات في مسارات التخليق الحيوي الخاصة بتصنيع حامض البرولين والتي أدت إلى تكوين كميات أكثر من هذا الحامض الاميني ، إذ أن زيادة تراكم الذائبات قد زادت من فعالية الأنزيم المختزل Pyrroline-5-Carboxylate Reductase (P5CR) الذي يختزل الحامض Pyrroline-5-Carboxyleic Acid (P5C) إلى حامض برولين ، وان زيادة تجمع حامض البرولين يعود إلى زيادة سرعة بناءه وقلة سرعة استعماله نتيجة لبطء عمليات التثبيط (Feed back mechanism) لعملية تخليق حامض البرولين ، كما يزداد تجمعه لعدم قدرة النبات على البناء الحيوي للبروتين فتزداد كمية الأحماض الأمينية داخل النبات ومن ضمنها حامض البرولين بالإضافة إلى حامض الاسبارتك وحامض الكلوتاميك ذات التأثير الضار ، وان تحول هذه الأحماض الأمينية إلى حامض البرولين هو احد الوسائل الدفاعية للتقليل من تأثيرها الضار ، وتزداد كميته أيضاً من تحلل وهدم البروتين [28].

أمّا بالنسبة للتداخل بين عوامل الدراسة الثلاثة فقد كان هو الآخر مؤثراً بصورة معنوية في هذه الصفة أيضاً ، إذ أعطى الصنف إباء 99 عند مستوى برولين 20 ملغم . لتر$^{-1}$ وبسعة حقلية 25% أكبر المعدلات بالنسبة لهذه الصفة بلغ 22.2 ملغم . لتر$^{-1}$، من جانب آخر أعطى نفس الصنف عند مستوى برولين 0 ملغم . لتر$^{-1}$ عند سعة حقلية 100 % اقل معدل لتركيز البرولين بلغ 5.8 ملغم . لتر$^{-1}$.

جدول (3) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخل بينهم في تركيز البرولين (ملغم . لتر$^{-1}$) لنبات الحنطة .

الصنف	تركيز البرولين ملغم.لتر$^{-1}$	السعة الحقلية (%)			الصنف × تركيز البرولين
		25	50	100	
فتح	0	15.1	10.3	6.6	10.6
	20	21.0	14.1	8.1	14.4
	40	19.2	12.1	7.3	12.9
عدنانية	0	17.2	10.9	6.9	11.6
	20	22.1	12.9	8.8	14.6
	40	19.3	12.2	7.9	13.1
اباء 99	0	17.4	11.1	5.8	11.4
	20	22.2	15.9	8.8	15.6
	40	19.8	13.8	7.5	13.7
شام 6	0	14.8	9.2	6.5	10.2
	20	19.4	12.1	7.8	13.1
	40	18.0	11.2	7.3	12.1
LSD (0.05)	0.775				0.447
معدل تأثير السعة الحقلية		18.8	12.2	7.5	معدل تأثير الصنف
LSD (0.05)	0.224				
الصنف × السعة الحقلية	فتح	18.4	12.2	7.3	12.7
	عدنانية	19.5	12.0	7.8	13.1
	اباء 99	19.7	13.6	7.4	13.7
	شام 6	17.4	10.8	7.2	11.8
LSD (0.05)	0.447				0.259
					معدل تأثير تركيز البرولين
تركيز البرولين × السعة الحقلية	0	16.1	10.4	6.4	11.0
	20	21.2	13.7	8.4	14.4
	40	19.1	12.3	7.5	13.0
LSD (0.05)	0.387				0.224

المصادر:

1- Boyer, J. S. (1982) . Plant productivity and environment . Science J., 218 (4571): 443 – 448 .

2- Oweis, T. ; Zhang, H. and Pala, M. (2000) . Water use efficiency of rainfed and irrigated bread wheat in Mediterranean environments. Agron. J., 92: 231-238.

3- Isendahl, N. and Schmidt, G. (2006). Drought in the Mediterranean-WWF Policy Proposals, A. WWF Report, Madrid.

4- Balibera , M. M. ; Bolarin, C. and Franciso, P. A. (1999). Osmotic treatment in tomato seedling induces salt-adaptation in adult plant .Aust. J. Plant Physiol., 26 : 781 – 786 .

5- Tatar, O. and Gevrek, M.N. (2008) . Influence of water stress on proline accumulation , lipid peroxidation and water content of wheat. Asian J. Plant Sci., 7(4): 409-412.

6- Johari-Pirevatlou, M. ; Qasimov, N. and Maralia, H. (2010) . Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines . African J. of Biotechnology, 9(1):36-40.

7- Boggess, S. F. and Stewart, C. R. (1976). Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursore . Plant Physiol., 58: 398-401.

8- Ali, Q. ; Ashraf, M. ; Shahbaz, M. and Humera, H. (2008). Ameliorating effect of foliar applied proline on nutrient uptake in water stressed maize (*Zea mays* L.*)* plants . Pak. J. Bot., 40(1): 211-219.

9- Abd El-Samad, H. M. ; Shaddad, A. K. and Barakat, N. (2010) . The role of amino acids in improvement in salt tolerance of crop plants . J. of Stress Physiol. and Biochem., 6(3) : 26-37.

10- القزاز ، أمل غانم محمود (2010) . تأثير الرش بحامض البرولين في تحمل نبات الحنطة (*Triticum aestivum* L.) المروي بمياه مالحة .رسالة ماجستير ، كلية التربية (ابن الهيثم) ، جامعة بغداد - العراق .

11- الهلالي ، علي بن عبد المحسن (2005) . فسيولوجيا النبات تحت اجهادي الجفاف والاملاح . النشر العلمي و المطابع ، جامعة الملك سعود – المملكة العربية السعودية . ص 246- 247 .

12- Boyer, J. S. (1982) . Plant productivity and environment, Science J., 218: 443 – 448 .

13- Roldan, A.P. ; Diaz-Vivancos, J.A. ; Hernandez, L.; Carrasco and Caravaco, F. (2008) . Superoxide dismutase and total peroxidase activities in relation to drought recovery performance of mycorrhizal shrub seedlings grown in an amended semiarid soil. J. of Plant Physio., 165(7): 715-722.

14- Sikuku, P. A. ; Netondo, G.W. ; Onyango, J.C. and Musyimi, D.M. (2010) . Effects of water deficit on physiology and morphology of three varieties of nerics rainfed rice (*Oryza sativa* L.) . Arpn. J. of Agric. and Boil. Sci., 5(1): 23-28.

15- Abo - Ghalia, H. H. and Khalafallah, A. A. (2008) . Responses of wheat plants associated with arbuscular mycorrhizal fungi to short-term water stress followed by recovery at three growth stages. J. of Applied Sci. Res., 4:570-580 .

16- أحمد ، رياض عبد اللطيف . (1984) . الماء في حياة النبات. كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل.

17- Chauhan , K. P. ; Chauhan, C. P. and Kumar, D. (1980) . Free Proline accumulation in cereals in relation to salt tolerance . Plant and Soil J., 57 : 167 – 175.

18- Sutcliffe, J. (1979). Plants and Water . Studies in Biology no. 14. 2nd ed. Pp. 122 .

19- الصيمري ، خنساء عبد العالي شهيد (2009) . دراسة بيئية عن تأثير نسجة التربة وموعد الزراعة في النمو والحالة الغذائية لخمسة اصناف من الحنطة (*Triticum aestivum* L.) . رسالة ماجستير ، كلية التربية – جامعة كربلاء – العراق .

20- Hyun, D. Y. ; Lee, I. S. ; Kim, D. S. ; Lee, S. J. ; Seo, Y. W. ; and Lee, Y. I. (2003). Selection azetidine-2-carboxylic acid resistant cell lines by in vitro mutagenesis rice (*Oryza sativa* L.) . J. Plant Biotech., 5(1):43-49 .

21- Bates, L. ; Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

22- الراوي ،خاشع محمود و عبد العزيز محمد خلف الله ،1980 .تصميم وتحليل التجارب الزراعية .مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، العراق .

23- Abd El-Samad, H. M. ; Shaddad, A. K. and Barakat, N. (2010) . The role of amino acids in improvement in salt tolerance of crop plants . J. of Stress Physiol. and Biochem., 6(3) : 26-37.
24- Roy, D. ; Basu, N. ; Bhunia, A. and Banerjee, S.K. (2009) . Counteraction of exogenous L-proline with NaCl in salt sensitive cultivar of rice . Biol. Plant, 35:69-72.
25- Johari-Pirevatlou, M. ; Qasimov, N. and Maralia, H. (2010) . Effect of soil water stress on yield and proline content of four wheat lines . African J. of Biotechnology, 9(1):36-40.
26- ياسين ، بسام طه (1992) . فسلجة الشد المائي في النباتات . دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل – العراق .
27- Stewart, C.R. and Boggess, S.F. (1978) . Metabolism of (5-3h) proline by barley leaves and it's use in measuring the effect of water stress on proline oxidation . Plant Physiol., 16 : 654-657.
28- Stewart , C.R. (1983) . In Physiolgy and Biochemistry of Drought Resistance in Plant . Paleg, L.G. and Spinall, D.Eds . Acad. Press Australia, Pp 271- 276.
29- Diaz, P. ; Monza,J. And Marquez, A. (2005) . Drought and Saline Stress . A. J. (Editorial Director). pp. 39-50 .
30- Goring, H. and Plescher, F. (1986) . Proline accumulation induced by weak acid and IAA. in coleoptiles of wheat seedling plants. Biol. Plant, 28 (6): 401- 406.
31 damage to plant mitochonderia leading to inhibition of Glycine decarboxylase. J. Biol. Chem., 277(45): 663-668 .
32- Abd EL-Gawaad, A.A. ; Noureidin, N.A. ; Ashoun, M.A. and Kashabal, M.A. (1993) . Studies on consumptive use and irrigation scheduling in relation to nitrogen fertilization on wheat III-Water relation in wheat plant in Egypt. Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38(1): 183-192.
33- Ali, Q. ; Ashraf, M. and Athar, H. U. (2007) . Exogenously applied proline at different growth stages enhances growth of two maize cultivars grown under water deficit conditions . Pak. J. Bot., 39(4): 1133-1144 .
34- Singh, L.G. and Aspinall, D. (1973) . Stress mitabolism variation in response to water deficit in the barley Plant . Aust. J. Biol. Sci., 26:65-76.
35- Sial, M.A. ; Dahot, M.U. ; Arain, M.A. and Mirbahar, A.A. (2009) . Effect of water stress on yield and yield component of semi-dwarf bread wheat (*Triticum aestivum* , L.) . Pak. J. Bot., 41(4): 1715-1728.