

Root Growth of Wheat Plant as Affected by Cultivars, Proline and Field Capacity.

نمو جذر نبات الحنطة بتأثير الصنف ، البرولين والسعة الحقلية*

عبد عون هاشم علوان الغانمي

مالك عبدالله عذبي المالكي

جامعة كربلاء

*مستل من رسالة ماجستير للباحث الأول

المستخلص

أجريت هذه الدراسة باستخدام الأصص البلاستيكية في مزرعة واقعة على جانب طريق كربلاء – بابل 10 كم شرق مدينة كربلاء لموسم النمو 2010 – 2011 بهدف دراسة تأثير الإجهاد المائي والرش بحامض البرولين في مؤشرات نمو الجذر لأربعة أصناف من نبات الحنطة ، وكانت الصفات المدروسة (قطر الجذر ، طول الجذر ، حجم الجذر ، الوزن الطري للمجموع الجذري ، الوزن الجاف للمجموع الجذري). نفذت التجربة باستخدام التصميم تمام التعشية Completely Randomized Design (CRD) كتجربة عاملية من ثلاثة عوامل هي 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 (3 × 3 × 4) بحيث تضمنت التجربة 144 أصيصاً (وحدة تجريبية) . وقد تم الحصول على النتائج التالية :-

- 1- إن تأثير الأصناف الداخلة في الدراسة كان معنوياً في الصفات المدروسة ، إذ أعطى الصنف فتح أعلى معدل لطول الجذر والوزن الطري للمجموع الجذري ، وأعطى الصنف اباء99 أعلى معدل للوزن الجاف للمجموع الجذري ، كما أعطى الصنف شام6 أعلى معدل للصفات قطر الجذر ، حجم الجذر والوزن الجاف للمجموع الجذري . من جهة أخرى أعطى الصنف فتح أقل معدل للصفات (قطر الجذر ، حجم الجذر والوزن الجاف للمجموع الجذري) ، وأعطى الصنف عدنانية أقل معدل للوزنين الطري والجاف للمجموع الجذري .
- 2- أما بالنسبة لمعاملات الرش بحامض البرولين فقد كان التركيز 20 ملغم . لتر⁻¹ ذو تأثير معنوي في كل الصفات المدروسة مقارنة مع التركيزين الآخرين (0 و 40) ملغم لتر⁻¹ .
- 3- كما بينت نتائج التحليل الإحصائي أن المستوى 100% سعة حقلية الأفضل في تأثيره في الصفات المدروسة مقارنة مع المستويين الآخرين 25% و 50% من السعة الحقلية .
- 4- أما التداخل الثنائي بين الأصناف وتراكيز حامض البرولين فقد كان تأثيره معنوياً في الصفات المدروسة ، فقد أعطت معاملات التداخل بين الأصناف والتركيز 20 ملغم . لتر⁻¹ حامض البرولين أعلى معدل بالنسبة للصفات المدروسة . من جهة أخرى أعطت معاملات التداخل بين التركيز 0 ملغم . لتر⁻¹ حامض البرولين أقل معدل بالنسبة للصفات الداخلة في الدراسة .
- 5- أشارت نتائج التحليل الإحصائي إلى أن التداخل الثنائي بين الأصناف ومستويات السعة الحقلية قد كان تأثيره معنوياً على الصفات المدروسة ، فقد أعطت الأصناف عند مستوى 100% سعة حقلية أعلى معدل للمؤشرات أعلاه . من جهة أخرى أعطت الأصناف عند 25% سعة حقلية أقل معدل للصفات السابق ذكرها .
- 6- بينت النتائج أن التداخل الثنائي بين تركيز البرولين والسعة الحقلية كان تأثيره معنوياً في الصفات المدروسة ، فقد أعطى التركيز 20 ملغم . لتر⁻¹ بسعة حقلية 100% أعلى معدل لجميع الصفات المدروسة ، من جانب آخر أعطى التداخل بين التركيز 0 ملغم . لتر⁻¹ و 25% سعة حقلية أقل معدل لجميع الصفات المدروسة .
- 7- أن للتداخل الثلاثي بين عوامل الدراسة تأثيراً معنوياً في الصفات المدروسة ماعدا الوزن الجاف للمجموع الجذري فلم يكن للتداخل بين عوامل الدراسة تأثير معنوي في هذه الصفة . أما بالنسبة للصفات الأخرى فقد أعطى التداخل بين الأصناف وتركيز البرولين 20 ملغم . لتر⁻¹ وبسعة حقلية 100% أعلى معدل لقطر الجذر ، طول الجذر ، حجم الجذر والوزن الطري للمجموع الجذري . من جانب آخر أعطت الأصناف عند تركيز البرولين 0 ملغم . لتر⁻¹ بسعة حقلية 25% أقل معدل للصفات 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 season 2010 -2011 . The aim of this study was to assess the effect of water stress and proline on the root growth of four wheat cultivars . The root growth parameters were root diameter , root length , root volume and fresh and dry weight of the root . 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

concentration of proline (ie. 0 , 20 and 40) mg . l⁻¹ and three levels of field capacity (ie. 25 , 50 and 100%) .

The results could be summarized as follow :

- 1- The effect of cultivars was significant on the previous mentioned traits . Fateh cultivar gave the highest root length and shoot fresh weight , ipa 99 cultivar gave the highest root dry weight , whereas Sham 6 gave the highest diameter , volume and dry weight of root . On the other hand , Fateh gave lower values of diameter , length and volume of root , Adnania gave lower fresh weight of root
- 2- Concerning proline treatment , proline at 20 mg . l⁻¹ was more effective on all studied parameters compared with other concentrations (ie. 0 and 40) mg . l⁻¹ .
- 3- The field capacity of 100% was the best compared with 25% and 50% field capacities .
- 4- The interaction between cultivars and the proline was significantly effective on the studied parameters where cultivars treated with 20 mg . l⁻¹ proline gave the highest values compared with the control treatment (ie. 0 mg . l⁻¹) .
- 5- The interaction between cultivars and the field capacity was also effective on the root growth parameters . cultivars grown with 100% field capacity gave higher values of the root growth parameters . on the other hand , those cultivars grown with 25% field capacity gave the lowest values of the previous mentioned parameters .
- 6- The interaction between the proline and field capacity was also significant on the studied parameters . the proline at 20 mg . l⁻¹ and 100% field capacity treatment gave the highest values of studied parameters whereas plants grown with 0 mg . l⁻¹ and 25% field capacity gave the lowest values of root growth parameters .
- 7- Apart from the root dry weight , the interaction between cultivars , proline and field capacity was also significantly effective . Cultivars grown with 20 mg . l⁻¹ proline and 100% field capacity gave the highest values , on the other hand, those cultivars grown without proline application , and 25% field capacity gave the lowest values of root diameter , length , volume and the fresh weight .

المقدمة Introduction

يعد محصول الحنطة (*Triticum aestivum* L.) من أهم محاصيل الحبوب التي عرفها وزرعها الإنسان باعتبارها المادة الأساس في غذائه والمصدر الرئيس للطاقة التي يحتاجها [1] ، أن العالم سوف يحتاج في عام (2020) إلى بليون طن من الحنطة لسد الاحتياج العالمي بينما لا يتعدى الإنتاج الحالي (600) مليون طن [2] . أوضحت آخر الإحصائيات أن الإنتاج الكلي للحنطة في العراق بلغ (1027.13) ألف طن ويحتاج العراق إلى 3.25 مليون طن من حبوب الحنطة لتغذية سكانه ويستورد منها أكثر من مليوني طن وبما يعادل 60 – 70% من حاجته الفعلية ، ويعود انخفاض الإنتاج المحلي من محصول الحنطة إلى عوامل عدة أهمها مشكلة الجفاف [3] .

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 أنحاء العالم وتسبب خسائر زراعية مهمة خصوصا في المناطق الجافة وشبه الجافة [4] . إن 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 [5] 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 [6] .

لقد دلت نتائج العديد من الدراسات إلى أن حامض البرولين يتجمع بشكل ملحوظ عند تعرض النبات للجفاف قياساً بالأحماض الأمينية الأخرى [7] ، فقد تناولت دراسات عديدة آلية تجمع حامض البرولين في أنسجة النبات وزيادة تحمل النبات للاجهادات البيئية ومنها الإجهاد المائي على نبات الحنطة [8 , 9] وعلى نبات الشعير [10] . كما تم استعمال حامض البرولين كمعاملة خارجية Exogenous application في تقليل أضرار الإجهاد الاوزموزي على نبات الذرة [11 ، 12] وعلى نبات الحنطة [13] .

يعتبر الجذر اقل أجزاء النبات تأثراً بالإجهاد المائي قياساً بالجزء الخضري ، وذلك لقربه من ماء التربة ، وكذلك لقلة المقاومة قياساً بالمقاومة الكلية التي تبديها أجزاء النبات المختلفة حتى وصول الماء إلى الأوراق ومناطق النمو في الجزء الخضري [14] ، ومع ذلك فإن استمرار الجفاف يؤدي الى قلة نمو الجذور نتيجة عدم وصول المواد الحيوية المجهزة من عملية البناء الضوئي إلى الجذور [15] . وان معدل نمو وتعمق الجذور داخل التربة يختلف باختلاف أصناف الحنطة [16]، ويظهر أن هناك تبايناً في كفاءة الجذور بين الأصناف اعتماداً على اختلاف معدلات امتصاص العناصر حيث إن امتصاص ونقل العناصر الغذائية يعتمد على طول وحجم وقطر الجذور وهذا بدوره يؤثر في كفاءة الجذور على امتصاص العناصر الغذائية [17] .

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

المواد و طرائق العمل Materials and Methods

أجريت هذه التجربة في إحدى المزارع الواقعة على جانب طريق (كربلاء – بابل) 10 كم شرق مدينة كربلاء للموسم الزراعي 2010 – 2011 في تربة طينية – غرينية الذي يبين الجدول (1) بعض صفاتها الكيميائية والفيزيائية ، وتضمنت التجربة أربع أصناف من الحنطة *Triticum aestivum L.* هي (فتح ، عدنانية ، إباء ، 99 ، شام 6) التي 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 Randomized Design CRD) كتجربة عاملية (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 – 30 سم وتجفيفها هوائياً وتمريها من منخل قطر فتحاته 2 ملم . تم تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة بأخذ ثلاث أصص معبأة بـ 7 كغم / تربة مجففة هوائياً وشمسياً بصورة تامة ورويت إلى حد الإنباع 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 الجذبي عن طريق الثقوب السفلية للأصص ثم وزنت مرة أخرى وكانت طريقة الحساب كالآتي [18] :

$$\text{وزن الماء المفقود} = \text{وزن التربة الرطب} - \text{وزن التربة الجاف} \times 100$$

وبعد إجراء حسابات السعة الحقلية وجد أنها 32.8%.

تمت زراعة بذور الحنطة بتاريخ 2010/11/15 [19] ، إذ زرعت 15 بذرة لكل أصيص على عمق 1 سم مع مراعاة اختيار البذور السليمة ذات الأحجام المتقاربة . تم تغطية جميع الأصص بغطاء بلاستيك حماية لها من الأمطار والرياح والطيور خلال مرحلة الإنبات وصولاً إلى 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 قبل عملية الحصاد ، وتم خف البادرات إلى 5 بادرة . أصيص⁻¹ بعد مرور 25 يوماً من الزراعة . واستمر الإرواء حسب السعة الحقلية المطلوبة حتى عملية الحصاد وكانت هذه العملية تتم حسب الحاجة عن طريق وزن الأصص وإضافة الماء إليها لغرض الحصول على الوزن الرطب الأول الذي بدأت به التجربة.

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

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

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

حضر محلول أساس Stock solution من حامض البرولين (الذي تم الحصول عليه من جامعة بغداد – كلية التربية / ابن الهيثم) وذلك بوزن 1 غم منه وإذابته في 1000 مل من الماء المقطر ، ثم تحضير التراكيز المطلوبة منه (20 ، 40) جزءاً بالمليون حسب قانون التخفيف إضافة إلى معاملة السيطرة وهي صفر جزءاً بالمليون . تم الرش بحامض البرولين في الصباح الباكر بعد مرور 45 يوماً من زراعة البذور (مرحلة التفريع) وبتاريخ 2010/12/30 وكان الرش بصورة متساوية حتى

الابتلال الكامل ، ورشت معاملات السيطرة بالماء المقطر مع استمرار الري حسب السعات الحقلية المطلوبة وهذه تمثل الرشوة الأولى. وبعد ثلاثون يوماً من الرشوة الأولى تم إجراء عملية الرش الثانية بتاريخ 2011/1/30 (كانت الرشوة الثانية في مرحلة بزوغ الورقة العلمية) وحسب التراكيز المذكورة أعلاه مع الاستمرار بالري حسب السعة الحقلية المطلوبة (25% ، 50% ، 100%) من السعة الحقلية المحسوبة . وعند الحصاد تم اخذ القراءات التالية

(1) معدل قطر الجذر (ملم) وتم حسابه حسب معادلة [20] وهي :

$$D = 2 \sqrt{\frac{V}{l} \cdot \pi}$$

حيث إن :- D = قطر الجذر (ملم) ، V = حجم الجذر (ملم³) ، L = طول الجذر (ملم) ، JI = النسبة الثابتة (7/22) .
 (2) معدل طول الجذر (سم) (3) معدل حجم الجذر (سم³) . باستعمال مخبر مدرج بحجم معلوم من الماء باستخدام المعادلة حجم الجذر (سم³) = حجم المجموع الجذري (سم³) / عدد النباتات بالأصيص الواحد
 (4) معدل الوزن الرطب للمجموع الجذري (غم) . (5) معدل الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم) .
 تم تحليل النتائج إحصائياً ومقارنة المتوسطات باستخدام أقل فرق معنوي Least Significant Difference L.S.D. على مستوي احتمال 0.05 حسب [21].

النتائج والمناقشة Results and Discussion

بينت النتائج أن للأصناف تأثيراً معنوياً في معدل قطر الجذر ، إذ أعطى الصنف شام6 أعلى معدل للصفة بلغ 13.1 ملم ، بينما أعطى الصنف فتح أقل معدل بلغ 11.6 ملم (جدول 2). كما أن تأثير الأصناف كان معنوياً أيضاً في صفة طول الجذر إذ أعطى الصنف فتح أعلى معدل بلغ 47.8 سم بينما أعطى الصنف اباء99 أقل معدل لطول الجذر بلغ 45.1 سم (جدول 3) . أما بالنسبة لتأثير الأصناف في حجم الجذر فقد كان معنوياً هو الآخر حيث أعطى الصنف شام6 أعلى معدل بلغ 6.2 سم³ بينما أعطى الصنف فتح أقل معدل بلغ 5.2 سم³ (جدول 4). كما أن تأثير الأصناف كان معنوياً أيضاً في تأثيره على صفة الوزن الطري للمجموع الجذري إذ أعطى الصنف فتح أعلى معدل بلغ 3.2 غم . نبات¹ بينما أعطى الصنف عدنانية أقل معدل لهذه الصفة بلغ 2.9 غم . نبات¹ (جدول 5) . يعود اختلاف الأصناف في تأثيرها في الصفات سابقة الذكر إلى التباين في كفاءة الجذور بين صنف وآخر وذلك اعتماداً على اختلاف معدلات امتصاص العناصر التي تعتمد على طول وحجم وقطر الجذور والتي تؤثر بدورها في كفاءة الجذور في امتصاصها للعناصر الغذائية والماء [17] . اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه [16] من أن معدل نمو وتعمق الجذور وزيادة قطرها داخل التربة يختلف باختلاف أصناف الحنطة . أما بالنسبة لصفة الوزن الجاف للمجموع الجذري فلم يكن للأصناف تأثير معنوي فيها (جدول 6) مما يجعل هذه النتيجة متفقة مع ما توصلت إليه [18] بعدم وجود أي تأثير معنوي بين الأصناف في تأثيرها في الصفة أعلاه .

كما بينت النتائج الموضحة في الجداول (2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6) إن هناك فروقات معنوية بين تراكيز حامض البرولين في تأثيرها في معدل الصفات قيد الدراسة ، إذ تبين أن التركيز 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين كان الأفضل في تأثيره في تلك الصفات مقارنة بالتركيزين الآخرين (0 ، 40) ملغم . لتر⁻¹ إذ أعطى زيادة في معدل قطر الجذر قدرها 4.9 % ، 2.4 % على التوالي (جدول 2)، كما تفوق على التركيزين الآخرين في تأثيره في معدل طول الجذر بزيادة قدرها 7.7% ، 4.1% على التوالي (جدول 3) ، كما أعطى زيادة في معدل حجم الجذر قدرها 18.5 % ، 10.3 % على التوالي مقارنة مع التركيزين الآخرين أيضاً (جدول 4)، كما بينت النتائج في (الجدول 5) أن الرش بتركيز 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين كان الأفضل في تأثيره في صفة الوزن الطري للمجموع الجذري إذ تفوق على التركيزين الآخرين (0 و 40) ملغم . لتر⁻¹ بزيادة مقدارها 13.8 % ، 10.0 % على التوالي . كما أعطى التركيز نفسه زيادة في الوزن الجاف للمجموع الجذري قدرها 20.0 % ، 14.3 % على التوالي (الجدول 6) وهذا يدل على أن الرش بحامض البرولين قد أدى إلى زيادة معنوية في الصفات السابقة الذكر ، دلت هذه النتائج على أن الرش بحامض البرولين يؤدي إلى زيادة في نمو النبات وهذا يعود إلى دوره الإيجابي في تنظيم الجهد الأوزموزي من خلال تنظيم الجهد الضغطي والجهد المائي مما يزيد من قابلية الخلية على سحب الماء من وسط النمو ومن ثم زيادة في نمو النبات وإدامة استطالة الخلايا وإدامة فتح الثغور وعملية التركيب الضوئي [22] مما يؤدي إلى وصول نواتج هذه العمليات الحيوية إلى المجموع الجذري فيزداد بذلك نمو الجذر وهذا يتفق مع ما توصل إليه [13 و 23] من أن الرش بحامض البرولين له دور إيجابي في زيادة نمو النبات وذلك لدوره الفعال في تعديل الجهد الأوزموزي للخلية النباتية .

كما أشارت النتائج الموضحة في الجداول (2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6) إلى وجود فروقات معنوية بين مستويات السعة الحقلية في تأثيرها في الصفات الداخلة في الدراسة ، إذ تفوق المستوى 100 % سعة حقلية على المستويين الآخرين 25 % و 50 % سعة حقلية في تأثيره في تلك الصفات ، إذ أعطى زيادة في معدل قطر الجذر قدرها 8.3% ، 4.0% على التوالي مقارنة بالمستويين الآخرين (جدول 2) أن الجذور تتأثر بالإجهاد المائي تبعاً لشدة وطول فترة التعرض له مما يؤدي إلى انخفاض طول الجذر الذي يؤثر بالنهاية على قطر الجذر وذلك عن طريق خفض عمليات الانقسام الخلوي واستطالة ونمو الخلايا [24] ، كما أعطى زيادة في معدل طول الجذر قدرها 12.8 % ، 9.5 % على التوالي مقارنة بالمستويين الآخرين (جدول 3) ، اتفقت نتائج هذه الدراسة مع ما توصل إليه [25] على نبات الرز من أن طول الجذر ينخفض مع زيادة الإجهاد المائي وربما يعود ذلك إلى إن الدراسات قد أجريت باستخدام أصص بلاستيكية وهذا يعني تربة محدودة ومساحة انتشار محدودة أيضاً . كذلك أعطى المستوى نفسه زيادة في معدل حجم الجذر والتي بلغت 23.2 % ، 13.1 % على التوالي مقارنة بالمستويين الآخرين (جدول 4) ، ربما يعزى ذلك نتيجة لتأثير العمليات الحيوية ومنها عملية البناء الضوئي بالإضافة إلى قلة امتصاص العناصر المهمة في العمليات الحيوية للخلية هذا بالإضافة

إلى التأثير المباشر لانخفاض محتوى التربة من الماء الجاهز مما يؤدي إلى إعاقة النمو الطبيعي للجذر [26] ، كذلك أعطى زيادة في معدل الوزن الطري للمجموع الجذري قدرها 17.9 % ، 3.1 % على التوالي مقارنة مع المستويين الآخرين (جدول 5) تتفق هذه النتائج مع نتائج [26] من أن الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الحنطة ينخفض مع انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة ، كما أعطى زيادة في معدل الوزن الجاف للمجموع الجذري قدرها 20.0 % ، 14.3 % على التوالي مقارنة مع المستويين الآخرين (جدول 6) ، وقد يعزى السبب في ذلك إلى دور الماء الايجابي في مختلف العمليات الحيوية للنبات وهذا يتفق مع ما وجدته [27] من حصول زيادة في الوزن الجاف للمجموع الجذري مع زيادة المحتوى الرطوبي للتربة .

أوضحت التداخلات الثنائية المبينة في الجداول (2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6) بين كل من الصنف وتركيز البرولين أن هناك فروقاً معنوية في تأثيرها في هذه الصفات ، حيث أعطى الصنفان اباء99 وشام6 المستلمان 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين أعلى معدل لقطر الجذر بلغ 13.4 ملم ، بينما أعطى الصنف فتح الذي لم يعامل بالبرولين أقل معدل لقطر الجذر بلغ 11.2 ملم ، كما أعطى الصنف فتح المستلم 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين أعلى معدل لطول الجذر حيث بلغ 50.2 سم ، بينما أعطى الصنف شام 6 والذي لم يعامل بالبرولين أقل معدل لطول الجذر بلغ 43.5 سم ، بينما أعطى الصنف شام 6 المستلم 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين أعلى معدل لحجم الجذر حيث بلغ 6.7 سم³ ، بينما أعطى الصنف فتح الذي لم يعامل بالبرولين أقل معدل لحجم الجذر بلغ 4.7 سم³ ، وأعطى الصنف فتح المستلم 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين أعلى معدل للوزن الطري للمجموع الجذري حيث بلغ 4.3 غم . نبات⁻¹ ، بينما أعطى الصنف عدنانية والذي لم يعامل بالبرولين أقل معدل لهذه الصفة بلغ 2.7 غم . نبات⁻¹ ، وأعطى الصنفان اباء 99 وشام 6 المستلمان 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين أعلى معدل للوزن الجاف للمجموع الجذري حيث بلغ 2.4 غم . نبات⁻¹ ، بينما أعطت جميع الأصناف عند عدم معاملتها بالبرولين أقل معدل لهذه الصفة بلغ 2.0 غم . نبات⁻¹ . اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه [12] في دراسته على نبات الذرة من أن الأصناف تختلف في مدى استجابتها للرش بحامض البرولين وذلك تبعاً للتركيب الوراثي للصنف .

أوضحت التداخلات الثنائية المبينة في الجداول (2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6) بين كل من الصنف والسعة الحقلية أن هناك فروقاً معنوية في تأثيرها في هذه الصفات أيضاً ، إذ أعطت الأصناف اباء 99 وشام 6 بسعة حقلية 100 % أعلى معدل لهذه الصفة بلغ 13.5 ملم لكل منهما ، بينما أعطى الصنف فتح بسعة حقلية 25 % أقل معدل لهذه الصفة بلغ 10.5 ملم (جدول 2) ، كما أعطى الصنف عدنانية بسعة حقلية 100 % أعلى معدل لطول الجذر بلغ 51.1 سم ، بينما أعطى الصنف شام 6 بسعة حقلية 25 % أقل معدل لهذه الصفة بلغ 42.3 سم (جدول 3) ، وأعطى الصنف اباء 99 بسعة حقلية 100 % أعلى معدل لحجم الجذر بلغ 7.0 سم³ ، بينما أعطى الصنف فتح بسعة حقلية 25 % أقل معدل لهذه الصفة بلغ 4.1 سم³ (جدول 4) ، كما أعطى الصنفان فتح و اباء99 بسعة حقلية 100 % أعلى معدل للوزن الطري للمجموع الجذري بلغ 3.5 غم . نبات⁻¹ لكل منهما ، بينما أعطى الصنف عدنانية بسعة حقلية 25 % أقل معدل لهذه الصفة بلغ 2.5 غم . نبات⁻¹ (جدول 5) ، كما ان الصنف شام 6 بسعة حقلية 100 % قد أعطى أعلى معدل للوزن الجاف للمجموع الجذري بلغ 2.5 غم . نبات⁻¹ ، بينما أعطى الصنف فتح بسعة حقلية 25 % أقل معدل لهذه الصفة بلغ 1.9 غم . نبات⁻¹ (جدول 6) . يمكن الاستدلال من النتائج السابقة أن الأصناف تختلف فيما بينها في استجابتها للإجهاد المائي وذلك حسب درجة تحمل وحساسية الصنف للجفاف وهذا يعود إلى اختلاف الأصناف فيما بينها في تركيبها الوراثي [28] ، وهذا يتفق مع النتائج التي توصل إليها [29] في دراستهم على نبات الحنطة .

كما أوضحت التداخلات الثنائية المبينة في الجداول (2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6) بين كل من تركيز البرولين والسعة الحقلية ان هناك فروقاً معنوية في تأثيرها في هذه الصفات أيضاً ، إذ أعطت المعاملة بتركيز البرولين 20 ملغم . لتر⁻¹ وبسعة حقلية 100 % أعلى معدل للصفات (قطر الجذر جدول ، طول الجذر جدول ، حجم الجذر جدول ، الوزن الطري للمجموع الجذري جدول ، الوزن الجاف للمجموع الجذري) بلغ (13.5 ملم ، 51.2 سم ، 7.4 سم³ ، 3.6 غم . نبات⁻¹ ، 2.6 غم . نبات⁻¹) على التوالي . بينما أعطت المعاملة بتركيز 0 ملغم . لتر⁻¹ و 100% سعة حقلية أقل معدل للصفات المذكورة بلغ (11.7 ملم ، 41.8 سم ، 4.6 سم³ ، 2.5 غم . نبات⁻¹ ، 1.8 غم . نبات⁻¹) على التوالي ، دلت هذه النتائج على ان الرش بحامض البرولين قد حسن من الصفة أعلاه في كل مستويات السعة الحقلية وهذا يتفق مع نتائج دراسة [13] على نبات الحنطة من ان الرش بحامض البرولين قد حسن من نمو النبات في كافة درجات الإجهاد الأوزموزي .

أما بالنسبة للتداخل بين عوامل الدراسة الثلاث فقد كان هو الآخر مؤثراً معنوياً في هذه الصفات ماعدا الوزن الجاف للمجموع الجذري إذ لم يكن له تأثير معنوي في هذه الصفة . حيث أعطت الأصناف عند تركيز 20 ملغم . لتر⁻¹ برولين وبسعة حقلية 100 % أعلى معدل للصفات (قطر الجذر ، طول الجذر ، حجم الجذر ، الوزن الطري للمجموع الجذري) ، فقد أعطى الصنف اباء99 أعلى معدل لقطر الجذر بلغ 13.9 ملم ، وأعطى الصنف عدنانية أعلى معدل لطول الجذر بلغ 53.4 سم ، وأعطى الصنف اباء99 أعلى معدل لحجم الجذر بلغ 7.6 سم³ ، كما أعطى الصنفان فتح و اباء99 أعلى معدل للوزن الطري للمجموع الجذري بلغ 3.6 غم . نبات⁻¹ . من جهة أخرى أعطى التداخل الثلاثي بين الأصناف وتركيز 0 ملغم . لتر⁻¹ برولين و 25% سعة حقلية أقل معدل للصفات المذكورة أعلاه ، حيث أعطى الصنف فتح أقل معدل لقطر الجذر بلغ 9.9 ملم ، وأعطى الصنف عدنانية أقل معدل لطول الجذر بلغ 40.4 سم ، كما أعطى الصنف فتح أقل معدل لحجم الجذر بلغ 3.6 سم³ ، وأعطى الصنف عدنانية أقل معدل للوزن الطري للمجموع الجذري بلغ 2.3 غم . نبات⁻¹ .

جدول (2) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخل بينهم في معدل قطر الجذر ملم. نبات¹⁻ لنبات الحنطة .

الصنف × تركيز البرولين	السعة الحقلية (%)			تركيز البرولين ملغم. لتر ⁻¹	الصنف
	100	50	25		
11.2	12.3	11.4	9.9	0	فتح
12.0	13.0	12.1	10.9	20	
11.6	12.6	11.7	10.6	40	
12.3	12.6	12.3	12.0	0	عدنانية
12.9	13.3	12.7	12.5	20	
12.6	12.9	12.6	12.3	40	
12.7	13.2	12.7	12.3	0	إباء 99
13.4	13.9	13.3	13.1	20	
13.0	13.4	12.9	12.6	40	
12.9	13.4	12.8	12.6	0	شام 6
13.4	13.8	13.3	13.1	20	
13.0	13.4	13.0	12.7	40	
0.229	0.396				LSD (0.05)
معدل تأثير الصنف	13.1	12.6	12.1	معدل تأثير السعة الحقلية	
	0.144			LSD (0.05)	
11.6	12.6	11.7	10.5	فتح	الصنف × السعة الحقلية
12.6	12.9	12.5	12.3	عدنانية	
13.0	13.5	12.9	12.6	إباء 99	
13.1	13.5	13.0	12.8	شام 6	
0.132	0.229				LSD (0.05)
معدل تأثير تركيز البرولين					
12.3	12.8	12.3	11.7	0	تركيز البرولين × السعة الحقلية
12.9	13.5	12.8	12.4	20	
12.6	13.1	12.5	12.0	40	
0.144	0.198				LSD (0.05)

جدول (3) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخل بينهم في طول الجذر (سم) لنبات الحنطة .

الصنف × تركيز البرولين	السعة الحقلية (%)			تركيز البرولين ملغم/لتر ¹	الصنف
	100	50	25		
45.9	49.3	45.1	44.5	0	فتح
50.2	52.7	49.1	48.9	20	
47.6	50.4	46.3	46.1	40	
44.2	49.3	42.8	40.4	0	عدنانية
48.1	53.4	45.9	44.9	20	
45.7	50.7	44.0	42.5	40	
43.7	46.8	42.5	41.9	0	إباء 99
46.4	49.8	45.6	43.8	20	
45.1	48.1	44.3	42.8	40	
43.5	46.0	43.9	40.6	0	شام 6
47.1	48.8	47.1	45.5	20	
45.2	47.1	45.2	43.4	40	
1.08	1.88				LSD (0.05)
معدل تأثير الصنف	49.4	45.1	43.8	معدل تأثير السعة الحقلية	
	0.54			LSD (0.05)	
47.8	50.8	46.5	46.5	فتح	الصنف × السعة الحقلية
46.0	51.1	44.2	42.6	عدنانية	
45.1	48.2	44.1	42.8	إباء 99	
45.3	47.3	45.4	42.3	شام 6	
0.63	1.08			LSD (0.05)	
معدل تأثير تركيز البرولين	.				
44.4	47.8	43.3	41.8	0	تركيز البرولين × السعة الحقلية
47.8	51.2	46.9	45.8	20	
45.9	49.1	44.9	43.7	40	
0.54	0.94			LSD (0.05)	

جدول (4) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخل بينهم في معدل حجم الجنور (سم³) لنبات الحنطة .

الصنف × تركيز البرولين	السعة الحقلية (%)			تركيز البرولين ملغم.لتر ⁻¹	الصنف
	100	50	25		
4.7	5.9	4.6	3.6	0	فتح
5.8	7.1	5.7	4.7	20	
5.2	6.4	5.1	4.1	40	
5.3	6.2	5.1	4.7	0	عدنانية
6.4	7.5	5.9	5.6	20	
5.8	6.7	5.6	5.1	40	
5.6	6.5	5.5	5.0	0	إباء 99
6.6	7.6	6.4	5.9	20	
6.0	6.9	5.8	5.4	40	
5.8	6.5	5.7	5.1	0	شام 6
6.7	7.4	6.6	6.2	20	
6.1	6.8	6.0	5.6	40	
0.21	0.37				LSD (0.05)
معدل تأثير الصنف	6.9	6.1	5.6	معدل تأثير السعة الحقلية	
	0.11			LSD (0.05)	
5.2	6.5	5.1	4.1	فتح	الصنف × السعة الحقلية
5.8	6.8	5.5	5.1	عدنانية	
6.1	7.0	5.9	5.4	إباء 99	
6.2	6.9	6.1	5.6	شام 6	
0.12	0.21			LSD (0.05)	
معدل تأثير تركيز البرولين					
5.4	6.3	5.2	4.6	0	تركيز البرولين × السعة الحقلية
6.4	7.4	6.2	5.6	20	
5.8	6.7	5.6	5.1	40	
0.11	0.19			LSD (0.05)	

جدول (5) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخل بينهم في الوزن الطري للمجموع الجذري (غم . نبات¹) (عند الحصاد) لنبات الحنطة .

الصنف × تركيز البرولين	السعة الحقلية (%)			تركيز البرولين ملغم.لتر ⁻¹	الصنف
	100	50	25		
2.9	3.4	3.0	2.5	0	فتح
4.3	3.6	3.6	2.9	20	
3.1	3.5	3.2	2.6	40	
2.7	3.1	2.8	2.3	0	عدنانية
3.0	3.5	2.9	2.7	20	
2.9	3.3	2.8	2.5	40	
3.0	3.4	2.9	2.6	0	إباء 99
3.3	3.6	3.4	2.8	20	
3.1	3.5	3.2	2.7	40	
2.9	2.7	3.0	2.6	0	شام 6
3.3	3.4	3.4	3.0	20	
3.1	2.9	3.2	2.8	40	
0.16	0.28				LSD (0.05)
معدل تأثير الصنف	3.3	3.2	2.8	معدل تأثير السعة الحقلية	
	0.08			LSD (0.05)	
3.2	3.5	3.3	2.6	فتح	الصنف × السعة الحقلية
2.9	3.3	2.8	2.5	عدنانية	
3.1	3.5	3.1	2.7	إباء 99	
3.0	3.3	3.2	2.8	شام 6	
0.09	0.16				LSD (0.05)
معدل تأثير تركيز البرولين					
2.9	3.2	2.9	2.5	0	تركيز البرولين × السعة الحقلية
3.3	3.6	3.3	2.8	20	
3.0	3.4	3.1	2.6	40	
0.08	0.14				LSD (0.05)

جدول (6) : تأثير الصنف ، تركيز البرولين ، السعة الحقلية والتداخل بينهم في معدل الوزن الجاف للمجموع الجذري (عند الحصاد) (غم . نبات⁻¹) لنبات الحنطة .

الصنف × تركيز البرولين	السعة الحقلية (%)			تركيز البرولين ملغم.لتر ⁻¹	الصنف
	100	50	25		
2.0	2.2	1.9	1.8	0	فتح
2.3	2.6	2.2	2.1	20	
2.1	2.3	2.0	1.9	40	
2.0	2.2	1.8	1.9	0	عدنانية
2.3	2.6	2.2	2.1	20	
2.1	2.4	2.0	2.0	40	
2.0	2.2	2.1	1.8	0	إباء 99
2.4	2.6	2.5	2.2	20	
2.2	2.4	2.2	1.9	40	
2.0	2.3	1.8	1.8	0	شام 6
2.4	2.7	2.4	2.2	20	
2.2	2.5	2.1	2.0	40	
0.16	N.S.				LSD (0.05)
معدل تأثير الصنف	2.4	2.1	2.0	معدل تأثير السعة الحقلية	
	0.08			LSD (0.05)	
2.1	2.4	2.1	1.9	فتح	الصنف × السعة الحقلية
2.1	2.4	2.0	2.0	عدنانية	
2.2	2.4	2.3	2.0	إباء 99	
2.2	2.5	2.1	2.0	شام 6	
N.S.	0.16				LSD (0.05)
معدل تأثير تركيز البرولين					
2.0	2.2	1.9	1.8	0	تركيز البرولين × السعة الحقلية
2.4	2.6	2.3	2.1	20	
2.1	2.4	2.1	1.9	40	
0.08	0.14				LSD (0.05)

المصادر :

- 1- اليونس ، عبد الحميد احمد ومحفوظ عبد القادر محمد وزكي عبد الياس (1987) . محاصيل الحبوب . مديرية الكتب للطباعة والنشر - جامعة الموصل .
- 2- Rajaram, S. ; Singh, R.P. and Gnkel, M. (2000) . Breeding wheat for wide adaptation, rust resistance and drought tolerance-Research signpost Trivendum, India :139-163.
- 3- المنظمة العربية للتنمية الزراعية (2001) . الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية العربية ، جامعة الدول العربية . المجلد 21
- 4- Boyer, J. S. (1982) . Plant Productivity and Environment, Science J., 218 (4571) : 443 – 448 .
- 5- 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.
- 6- Isendahl, N. and Schmidt, G. (2006). Drought in the Mediterranean-WWF Policy Proposals, A. WWF Report, Madrid.

- 7- Balibera , M. M. ; Bolarin, C. and Franciso, P. A. (1999). Osmotic treatment in tomato seedling induces salt-adaptation in adult plant .Aust. Plant Physiol., 26 : 781 – 786 .
- 8- 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.
- 9- 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.
- 10- Boggess, S. F. and Stewart, C. R. (1976). Effect of water stress on proline synthesis from radioactive precursore . Plant Physiol., 58: 398-401.
- 11- 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.
- 12- 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.
- 13- القزاز ، أمل غانم محمود (2010) . تأثير الرش بحامض البرولين في تحمل نبات الحنطة (*Triticum aestivum L.*) المروري بمياه مالحة .رسالة ماجستير ، كلية التربية (ابن الهيثم) ، جامعة بغداد - العراق .
- 14- Kramer , P. J. (1983). Water Relations of Plants. Academic Press , New York.
- 15- Viswanathan , C. and Chopra, K.C. (2001) . Effect of heat stress on grain growth , starch synthesis and protein synthesis in grains of wheat (*Triticum aestivum L.*) cultivars differing in grain weight stability . J. Agric and Crop Sci., 186:1-8.
- 16- فاتح ، عبد سيد حسن (1986) . تأثير الجفاف والتسميد في النمو وتجمع البرولين والتركيب الكيماوي لنبات الحنطة . رسالة ماجستير ، كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل – العراق .
- 17- الساعدي، عباس جاسم حسين (1996) . دراسة تأثير الجبس في النمو والحالة الغذائية لمحصول الحنطة في منطقة محدودة الأمطار . أطروحة دكتوراه ، كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل - العراق .
- 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 أصناف من الحنطة (*Triticum aestivum L.*) . رسالة ماجستير ، كلية التربية – جامعة كربلاء – العراق .
- 20- Schenk, M.K. and Barber, S.A. (1980) . Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes grown in the field as influenced by root characteristics. Plant and Soil, 54:65-76.
- 21- الراوي ، خاشع محمود و عبد العزيز محمد خلف الله ، 1980. تصميم وتحليل التجارب الزراعية . مؤسسة دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، العراق .
- 22- ياسين ، بسام طه (1992) . فسلفة الشد المائي في النباتات . دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل – العراق .
- 23- 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.
- 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- Sikuku, P. A. ; Netondo, G.W. ; Onyango, J.C. and Musyimi, D.M. (2010) . Effects of water deficit on physiology and morphology of three cultivars of nericis rainfed rice (*Oryza sativa, L.*) . Arpn. J. of Agric. and Boil. Sci., 5(1): 23-28.
- 26- شهاب ، الهام محمود و بشرى خليل شاكر (2001) . تأثير الشد المائي على إنبات و نمو صنفين من حنطة الخبز (*Triticum aestivum L.*) ، مجلة علوم الرافدين ، 12 (1) : 42 – 50 .
- 27- الدليمي ، بشير حمد عبد الله ، نصر حامد عبود و عبد الصمد هاشم (2003) . دراسة بعض الصفات المظهرية والفسلجية لثمانى أصناف من حنطة الخبز (*Triticum aestivum L.*) . مجلة تكريت للعلوم الزراعية ، المجلد 3 ، العدد (7) .
- 28- Ghamarnia, H. and Gowing, J. (2005) . Effect of water stress on three wheat cultivars . ICID 21st European Regional Conference, 4(2):15-19 .
- 29- 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.