تحليل الارتباط القانوني لفهم العلاقة بين صفات المجموع الجذري والهوائي للشعير ضمن ظروف متباينة من الإجهاد المائي خلال المرحلة الأولى من حياة النبات

عدنان قنبر[1]

الملخّص

يعد فهم العلاقة بين كل من النظام الجذري والصفات المرتبطة بالأجزاء الهوائية لنبات الشعير، هدفاً مهماً في برامج تربيته. وقد استُخدم تحليل الارتباط القانوني Canonical correlation analysis بهدف دراسة قوة الارتباط بين صفات كل من المجموع الجذري والمجموع الهوائي ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي في مرحلة البادرة بعمر 40 يوماً من جهة، وحددت الصفات الجذرية الأكثر تأثيراً في صفات المجموع الهوائي من جهة أخرى. أظهرت معظم الصفات المدروسة في هذا البحث انخفاضاً معنوياً ضمن ظروف الإجهاد المائي ما عدا طول الجذور، حيث ازداد طول الجذور للنباتات زيادةً معنويةً تحت الإجهاد المائي. وقد امتلكت كل من صفتي طول الجذور وعددها التأثير الأكبر في الوزن الجاف للجزء الهوائي وطول النبات ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي على حد سواء. كما أظهرت نتائج الإسهام التراكمي أن نحو 45% من التباين الكلي في صفات المجموع الهوائي يعود سببه إلى المجموع الجذري ضمن ظروف الزراعة المروية، وقد انخفضت نسبة الإسهام هذه إلى 41% تقريباً ضمن ظروف الإجهاد المائي.

الكلمات المفتاحية: الارتباط القانوني، الشعير، الجفاف، الجذور، الجزء الهوائي للنبات.

[1] قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

Canonical Correlation Analysis for Understanding The Relationship Between Root and Shoot Morphological Traits in Barley Under Contrasting Moisture Stress Condition During Early Growth Stage

A. Kanbar[(1)]

Summary

Understanding the relationship between root system and shoot related traits is an important objective in crop breeding programs. Canonical correlation analysis has been adopted to study the strength of association between the root morphological traits and shoot morphological traits under low-moisture stress and well-watered conditions and to find the root morphological characters that have the largest influence on shoot-related traits in seedling stage. Most of the traits under study revealed a significant reduction under low-moisture stress condition except root length which showed a significant increasing under the same condition. Root length and root number were had the largest effect on shoot dry weight and plant height under low-moisture stress and well-watered condition. The results of cumulative redundancy showed that about 45% of the total variability in the shoot-related characters is accounted for by the root morphological characters under control condition and this percentage reduced up to 41% under moisture stress.

Keywords: Canonical correlation, Barley, Drought, Root, Shoot.

(1) Department of Field Crops, Faculty of Agriculture, University of Damascus, Syria

المقدمة

يعد الشعير من المحاصيل الزراعية المهمة في سورية، إذْ يمتاز بقدرةٍ تكيفيةٍ عاليـةٍ تسمح بزراعته في منـاطق متنوعـة، تمثـل مـدى بيئيـاً واسـعاً (Harlan, 1966; Ceccarelli *et al*., 1998).

تتباين المساحة المزروعة والإنتاج الكلي من الشعير سنوياً بفعل الجفاف، وذلـك لأن معظم المساحات المزروعة بعلية وأقـل اسـتقراراً فـي معـدلات الهطـول المطريـة (Watanab, 1998)، ويسبب الجفاف تراجعاً في معدل نمو محصول الشعير وتطـوره وإنتاجيته، وتعد مرحلتا النمو الخضري والإزهار من المراحل الحرجة والأكثـر تـأثراً بانخفاض محتوى التربة مـن المـاء (Ceccarelli, *et al*., 1998). ولا يـزال التقـدم الوراثي في برامج التربية والتحسين الوراثي لتطوير أصنافٍ متحملةٍ للإجهاد المائي بطيئاً جداً، ويعزى ذلك إلى كون صفة تحمل الجفاف من الصفات الكمية المعقدة، فـضلاً عـن عدم الفهم الكامل للأسس الوراثية لتحمل الجفاف ولاسـيما ضـمن الظـروف الحقليـة (Bidinger and Witcombe, 1989).

إن آلية التوريث المعقدة لصفة تحمل الجفاف، قد شجعت مربي النبـات علـى تبنـي استراتيجيات بديلة لتحسين تحمل المحصول للجفاف. فقد تبين أن الصفات التـي تـساعد النبات في الوصول إلى احتياطيات إضافيةٍ من المياه أهم من الصفات المرتبطـة بتقليـل كمية الفاقد المائي (Fukai and Cooper, 1995). وتعد الجذور من بين أهم العوامـل المسهمة في زيادة تحمل النباتات للجفاف، فالصفات الجذرية تكون عنصراً حيوياً في آلية تأخير فقد الماء، لأنها تسهم في تنظيم نمو النبات وامتصاص المياه والعناصر الغذائية من طبقات التربة العميقة (Thanh *et al*., 1999). وقد حددت العديد من صـفات الجـذور الشكلية الأكثر إسهاماً في تحمل الجفاف، فصفة طـول الجـذور ووزنهـا الجـاف مـن المؤشرات المهمة التي تساعد على تجنب الإجهاد المائي فـي الـشعير (Goss, 1977; Ceccarelli, *et al*., 1998). وقد وجد أن النباتات التي تتميز بجذور متعمقة تحتل حيزاً أكبر في التربة، مما يساعد في تحسين معدل امتصاص المياه من الطبقات السفلى التي من المتوقع أن تحتوي على مخزونٍ كافٍ من الماء المتاح، وهذا من شـأنه أن يـساعد فـي المحافظة على محتوى مائي جيد في النبات، الذي سينعكس إيجابياً علـى الغلـة الحبيـة للمحصول ضمن ظروف شح الماء (Goss, 1977; Jana and Wilen, 2005).

إن طبيعة العلاقة بين صفات الأجزاء الهوائية وصفات المجموع الجـذري لا تـزال مبهمة وغير واضحة، فقد اقتصرت معظم التجارب الزراعية على دراسة تأثير الإجهـاد المائي في الغلة الحبية ومكوناتها دون أن تشمل صفات المجموع الجـذري (O'Toole and Soemartono, 1981; Rosielle and Hamblin, 1981; Blum, 1988).

وحتى الآن لم ينفّذ سوى القليل من البحوث على نبات الشعير بهدف فهم علاقة الجذور بزيادة المقدرة على تحمل الجفاف، وذلك بسبب صعوبة دراسة المجموع الجذري ضمن الظروف الحقلية. ولتسهيل هذه المهمة قام بعض العلماء والباحثين بدراسة صفات الجذور باستخدام تقانة الزراعة المائية والهوائية (Gomathinayagam *et al.*, 1992)، ومعظم هذه الدراسات اعتمدت على دراسة معامل الارتباط البسيط لتحليل هذه العلاقة بين صفات الأجزاء الهوائية والجذرية. غير أن دراسة علاقات الارتباط البسيطة غير كافيةٍ لفهم هذه العلاقة المعقدة، وذلك لأن مكونات الجذور لا يمكن أن تستقل عن بعضها في تأثيرها في المجموع الهوائي، ولهذا كان من الواجب على الباحثين أن ينظروا في العلاقة بين هاتين المجموعتين من المتغيرات (الجذور والأجزاء الهوائية) في آنٍ واحدٍ. طُورت طريقة تسمى تحليل الارتباط القانوني Canonical correlation analysis بوصفها تقانة متعددة المتغيرات حتى تُمكن الباحثين من قياس علاقة الارتباط بين مجموعتين من المتغيرات المرتبطة. وقد اِعتُمد هذا النوع من التحاليل في هذه التجربة لدراسة قوة الارتباط بين الصفات الشكلية لكل من المجموع الجذري والهوائي في مرحلة البادرة لنبات الشعير ضمن ظروف الإجهاد المائي والزراعة المروية، وحددت أكثر الصفات الجذرية تأثيراً في صفات المجموع الهوائي ضمن كلا الظرفين المائيين.

مواد البحث وطرائقه

نفذت الدراسة في أحد البيوت البلاستيكية التابعة لقسم علم الوراثة وتربية النبات في كلية الزراعة، جامعة طوكيو الزراعية، اليابان، خلال شهري حزيران وتموز من عام 2010، وكانت درجة حرارة البيت البلاستيكي 23 ± 2 ^{o}م خلال مدة تنفيذ التجربة. تقع جامعة طوكيو الزراعية في مدينة Atsugi التي تبعد 40 كيلومتراً عن العاصمة طوكيو، وترتفع عن سطح المحيط الهادي نحو 17 م، وتقع على خط طول 35 درجة و41 دقيقة شمالاً، وخط عرض 139 درجة و45 دقيقة شرقاً. وتمتاز بتربتها الطينية الغنية بالمادة العضوية.

المادة النباتية: أجريت هذه الدراسة على 10 أصناف محلية معتمدة من الشعير هي: فرات 2، فرات 3، فرات 4، فرات 5، فرات6، فرات 7، فرات 9، أكساد 60، عربي أبيض وعربي أسود. تم الحصول على البذار من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.

طرائق تنفيذ التجربة: قُيمت الأصناف العشرة بالنسبة إلى الصفات الشكلية للجذور وبعض صفات الأجزاء الهوائية ضمن ظروف الزراعة المروية (شاهد) وظروف الإجهاد المائي خلال مرحلة البادرة (عند عمر 40 يوماً من الزراعة)، باستخدام أنابيب بلاستيكية ثخينة مفتوحة من الجانبين ومصنوعة من بولي فينيل كلورايد Poly vinyl chloride

بطول مترٍ واحدٍ وقطر 20 سم، وفق التصميم العشوائي الكامل وبثلاثة مكـررات لكـل معاملة. وضعت الأنابيب في حفرة بعمق متر واحد حتى يكون أعلى الأنابيـب مـساوياً لسطح الأرض، ومن ثم ملئت الأنابيب البلاستيكية بخليط متجانس من التربـة ووزعـت بشكل مشابه تقريباً للواقع حيث عبء الثلث السفلي من الأنابيب بتربة مأخوذة على عمق ما بين 70 إلى 100 سم من سطح التربة وضغط بشكل جيد، وعبئ الثلث الأوسـط مـن الأنابيب بتربة أخذت على عمق بين 40 إلى 70 سم عن سطح التربـة وضـغط بـشكل وسطي. أما الثلث العلوي (السطحي) من الأنبوب فقد عبئ من الطبقة الـسطحية للتربـة ضمن عمق 40 سم وضغط بشكل خفيف حتى لا يؤثر في إنبات البذور ونمو البـادرات (Kanbar, *et al*., 2004). وبعد ذلك زرعت أربع بذور في كل أنبوب، وبعد الإنبـات تُرك نباتٌ واحد فقط لينمو في كل أنبوب حتى فترة أخذ العينات (بعد 40 يوماً من تاريخ الزراعة)، وسقيت النباتات مرة واحدة كل يوم ضمن الظروف المروية (الشاهد) للحفـاظ على سعة حقلية لرطوبة التربة بحدود بين 95-100%. أما ضمن ظروف الإجهاد المائي فإن ري النباتات قد أوقف بعد الزراعة بـ 28 يوماً حتى يوم الحصاد (40 يومـاً بعـد الزراعة).

أُخذت القراءات المطلوبة للجزء الهوائي للنبات ثم أزيلت الأنابيب البلاسـتيكية مـن أماكنها باستخدام رافعة خاصة وغطست داخل حوض اسمنتي مملوء بالماء وتركت مدة 4 ساعات، وبعد ذلك أُزيل النبات كاملاً مع جذوره من كل أنبوبٍ وبحذرٍ شـديد، ونظفـت الجذور بماء متدفق نظيف لإزالة بقايا الأتربة العالقة، وأخذت بعد ذلك القراءات الخاصة بالمجموعة الجذرية. وقد قِيس كل من المؤشرات الآتية كل نبات بعمر 40 يوماً ومن كل معاملة: ارتفاع النبات (سم)، طول الجذور (سم)، وعدد الجذور، وعدد الأوراق، والوزن الرطب والجاف للمجموع الهوائي (غ)، والوزن الرطب والجاف للمجموع الجذري (غ)، والمساحة الورقية الفعلية (سم^2) وتساوي مجموع (طول الورقـة × عـرض الورقـة × معامل التصحيح 0.70) (Wahid and Shabbir, 2005).

التحليل الإحصائي

تحليل التباين التجميعي Combined ANOVA: حلّلت البيانات الحقلية باسـتخدام تحليل التباين التجميعي لظروف الزراعتين المروية والجافة في الأنابيب البلاستيكية، وذلك لتقدير مكونات التباين والتفاعل بين رطوبة التربة والأصـناف لمتوسـطات المعـاملات باستخدام PROC ANOVA في برنـامج التحليـل الإحـصائي SAS (SAS, Inst, 1996).

الارتباط القـانوني: أخضعت البيانات إلى تحليل الارتباط القانوني باسـتخدام عمليـة CANCORR في SAS لأن الصفات الشكلية للجذور بوصفها عاملاً مستقلاً والـصفات الشكلية للأجزاء الهوائية بوصفها عاملاً معتمداً. طُبق اختبار عام للمعنوية الإحصائية لكل

من علاقات الارتباط القانونية الخمس الممكنة من القيمة صفر باستخدام اختبـار Wilk's Lambda وبتطبيق المعادلة الآتية (Gittins, 1985):

$$\Lambda = \prod_{i=1}^{s} \left(1 - C_i^2\right)$$

إذْ: C_i = علاقة الارتباط القانوني للقراءات i^{th}. S= min(p,q)، تمثـل p و q عـدد صفات المجموعتين الجذرية والهوائية المدروسة، على التوالي.

اِستُخدم اختبار *F* لتقدير المعنوية الإحصائية لـ Wilk's Lambda. كمـا حـسبت علاقات البناء من المعادلة الآتية (Johnson and Wichern, 1998):

$$S_{i(j)k} = \frac{e_{ki(j)}\sqrt{\lambda_{i(j)}}}{\sqrt{\sigma_{kk}}}$$

إذْ: $i(j)k$=1,2,…p(q) ويعتمد على عدد الصفات المدروسة. σ_{KK} = تباين المتغيـر K^{th}.

($\lambda_{i(j)}$ $e_{i(j)}$) = زوج القيمة والناقل لمصفوفات التباين المتغاير.

حسِب مقياس الإسهاب Redundancy measure (RM) حسب معادلـة Sharma (1996) باستخدام المعادلة الآتية:

$$RM_{Vi\backslash Wi} = AV\left(Y / V_i\right) \times C_i^2$$

إذْ: $AV(Y/V_i)$ = التباين المستخرج ويمثل معدل التباين في Y من المتغيرات التـي حسبتْ بالمتغير القانوني V_i من خلال المعادلة الآتية:

$$AV\left(Y / V_i\right) = \sum_{i=1}^{q} S_{jk}^2 / p$$

إذْ: S_{jk}^2 = تحميل العدد k^{th} من المتغير Y على المتغير القانوني V_i. أما P = عـدد الصفات المدروسة للمجموع الهوائي.

كما حسِب الإسهاب الكلي للمتغيرات المعتمدة ($RM_{y/x}$) من المعادلة الآتية:

$$RM_{Y/X} = \sum_{i=1}^{q} RM_{Vi/Wi}$$

إذْ: $RM_{Vi/Wi}$ = مقياس الإسهاب كما شرح سابقاً.

النتائج والمناقشة

تشير نتائج تحليل التباين التجميعي أن للإجهاد المائي تأثيراً كبيراً في نمـو بـادرات الشعير. كما كان التفاعل بين (أصناف × بيئات) معنوياً للصفات المدروسة جميعها عنـد مستوى احتمال 1%. وأما اختبار دونكان، فقد أظهر وجود اختلافات معنوية بين الظرفين البيئيين عند كل الصفات المدروسة (جدول 1). أظهـرت معظـم الـصفات المدروسـة انخفاضاً معنوياً ضمن ظروف الإجهاد المائي ما عـدا طـول الجـذور، إذْ ازداد طـول الجذور للنباتات زيادةً معنويةً تحت الإجهاد المائي. إن عدد الأوراق وعدد الجذور ووزن الأجزاء الهوائية والجذرية كلها صفات مرتبطة بالكتلة الحيوية مما يبين أن النبات ينـتج كتلة حيوية أقل ضمن ظروف الجفاف (Bidinger and Wilfcombe, 1989). يـسبب الجفاف تراجعاً في المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التركيب الـضوئي، ممـا يؤدي إلى تراجع معدل هذه العملية الذي سينعكس سلباً على إنتاج المادة الجافة في النبات (Bidinger and Wilfcombe, 1989; Blum, 1999; Fuki and Cooper, 1995; Lu, *et al*., 1999). فضلاً عن ذلك؛ فإن الجزء الأكبر من منتجات التركيب الـضوئي تنتقل إلى الجذور من الأجزاء الهوائية (المصدر) وذلك لزيـادة طـول الجـذور ضـمن ظروف شح المياه، مما يسمح باستمرار تدفق الماء وامتصاصه من الطبقات العميقة للتربة (Hoffman and Bregitzer, 1996).

الجدول (1) المتوسط الحسابي والخطأ القياسي للصفات المدروسة في نبـات الـشعير ضـمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي.

الصفات	الشاهد		الإجهاد المائي	
	المتوسط	الخطأ القياسي	المتوسط	الخطأ القياسي
طول النبات	21.852 a	0.554	18.61 b	0.387
عدد الأوراق	5.102 a	0.120	4.166 b	0.118
المساحة الورقية	17.081 a	1.183	11.821 b	0.683
الوزن الرطب للمجموع الهوائي	0.446 a	0.027	0.343 b	0.021
الوزن الجاف للمجموع الهوائي	0.094 a	0.005	0.068 b	0.003
طول الجذر	39.18 a	1.603	66.152 b	3.446
عدد الجذور	7.431 a	0.228	6.002 b	0.166
الوزن الرطب للجذر	0.244 a	0.017	0.181 b	0.010
الوزن الجاف للجذر	0.0422 a	0.002	0.031 b	0.001

المتوسطات التي تأخذ الحروف نفسها ضمن كلا الظرفين المائيين لا تختلف عن بعضها معنوياً عند 0.05.

الجدول (2) الارتباطات القانونية الأربعة الأولى بين صفات المجموع الجذري والهوائي والارتباط القانوني المربع والنسبة التراكمية وقيمة F ومستوى المعنوية لعشرة أصناف من الشعير ضمن الزراعة المروية والإجهاد المائي.

متسلسل	الارتباط القانوني		الارتباط القانوني المربع		النسبة التراكمية		قيمة F التقريبية		قيمة P	
	الشاهد	الإجهاد المائي	الشاهد	الإجهاد المائي	الشاهد	الإجهاد المائي	الشاهد	الإجهاد المائي	الشاهد	الإجهاد المائي
1	0.934	0.898	0.872	0.807	0.675	0.679	7.763	5.261	0.0001	0.0001
2	0.854	0.754	0.729	0.568	0.942	0.892	4.743	3.326	0.0001	0.0010
3	0.574	0.611	0.332	0.374	0.991	0.988	2.125	2.353	0.0683	0.0458
4	0.285	0.254	0.081	0.064	1.000	1.000	1.068	0.829	0.359	0.4486

تبين نتائج تحليل الارتباط القانوني المنفذة بين الصفات الشكلية للأجزاء الهوائية والجذرية أن الارتباطات القانونية الثلاثة الأولى كانت معنوية ضمن كلا الظرفين البيئيين (الشاهد والإجهاد المائي) (جدول 2). فقد سجل معامل الارتباط القانوني الأول القيمة 0.934 ضمن الزراعة المروية والقيمة 0.898 ضمن الإجهاد المائي. في حين سجل الارتباط القانوني الثاني القيمة 0.754 ضمن الإجهاد المائي. كما أظهرت قيمة مربع معامل الارتباط القانوني (معمل التحديد) أن 87.2% (ضمن ظروف الزراعة المروية) و80.7% (ضمن ظروف الإجهاد المائي) من التباين في الصفات المرتبطة بالأجزاء الهوائية قد عبر عنها بالتوافق الخطي الأول للصفات الشكلية للجذور. كما أن إسهام المكونات الخطية هذه في المتغير القانوني الثاني كانت 72.9% و56.8% ضمن ظرفي الزراعة المروية والإجهاد المائي، على التوالي.

إن نتائج علاقات البناء ضمن المجموعة الواحدة الذي يعطي حجم واتجاه مساهمة المتغيرات في تباين الصفات الشكلية للمجموعتين الهوائية والجذرية قد دونت في الجدولين (3) و(4)، على التوالي. وقد أظهرت صفة الوزن الجاف للجزء الهوائي الإسهام الأكبر (0.666) للمتغير الأول ضمن ظروف الزراعة المروية وأتبع بصفة عدد الأوراق (0.227). في حين كانت صفة طول النبات الأكثر فعالية في تشكل المتغير القانوني الثاني (0.609-) متبوعاً بصفة الوزن الرطب للمجموع الهوائي (0.605-). أما ضمن ظروف الإجهاد المائي، فقد كان لصفة الوزن الجاف للمجموع الهوائي التأثير الأكبر (0.823) في هذا الارتباط متبوعاً بصفة الوزن الرطب للمجموع الهوائي (0.109). أما في تشكل المتغير القانوني الثاني فإن صفتي المساحة الورقية (0.681) وطول النبات (0.456) كانتا الأكثر إسهاماً.

الجدول (3) علاقات البناء بين صفات المجموع الهوائي والمتغيرات القانونية الأربعة الأولى لعشرة أصناف من الشعير ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي.

الصفات	الشاهد				الإجهاد المائي			
	V1	V2	V3	V4	V1	V2	V3	V4
طول النبات	-0.252	-0.609	0.491	0.337	-0.093	0.456	0.808	-0.344
عدد الأوراق	0.227	-0.272	0.628	-0.359	-0.094	-0.191	0.832	0.459
المساحة الورقية	-0.017	-0.272	0.931	0.133	-0.073	0.681	-0.160	0.652
الوزن الرطب للمجموع الهوائي	0.191	-0.605	0.736	0.233	0.109	0.134	0.042	0.791
الوزن الجاف للمجموع الهوائي	0.666	-0.064	0.395	0.504	0.823	-0.176	0.479	0.211

الجدول (4) علاقات البناء بين صفات المجموع الجذري والمتغيرات القانونية الأربعة الأولى لعشرة أصناف من الشعير ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي.

الصفات	الشاهد				الاجهاد المائي			
	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
طول الجذور	-0.799	0.484	0.340	0.103	-0.427	0.867	0.182	0.181
عدد الجذور	0.219	-0.341	0.614	0.676	0.729	0.061	0.489	0.473
الوزن الرطب للجذور	-0.122	-0.394	0.838	-0.355	-0.356	0.178	-0.156	0.903
الوزن الجاف للجذور	-0.117	0.383	0.885	-0.235	0.196	0.505	-0.642	0.541

أما الصفات الجذرية، فقد كانت صفة طول الجذور الأكثر إسهاماً (-0.799) في المتغير الأول، ولكن بالاتجاه المعاكس متبوعاً بصفة عدد الجذور (0.219)، وصفة الوزن الرطب للجذور (-0.122) ضمن ظروف الزراعة المروية. في حين ضمن ظروف الإجهاد المائي، فإن صفة عدد الجذور (0.729) وصفة طول الجذور (-0.427) كانتا أكثر الصفات الجذرية إسهاماً في التنوع الموجود في بنية الجذور من خلال المتغير القانوني الأول. وبقي طول الجذر الأكثر تأثيراً في إحداث هذا التباين من خلال المتغير القانوني الثاني وبنسبة 86.7%. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Ingran وزملاؤه (1994) في أن صفة طول الجذور هي من أهم الصفات الجذرية المرتبطة ارتباطاً قوياً بالجفاف في دراسة أجروها على نبات الأرز.

بين علماء الإحصاء الحيوي وجود نوعين من الإسهامات التي تحدد العلاقة بين مجموعتين من الصفات المدروسة (صفات المجموعة الهوائية والصفات الجذرية كما في دراستنا). النوع الأول هو الدالة الخطية للصفات الجذرية وأهميتها في تباين صفات المجموعة الهوائية كل على حدة، والنوع الآخر هو الإسهام الفردي لكل صفة من صفات المجموع الجذري في تباين صفات المجموع الهوائي. إن إسهام الدالة الخطية لكل صفات

المجموع الجذري في تباين صفة الوزن الجاف للمجموع الهوائي ضمن ظروف الزراعة المروية كان 38.8% في المتغير القانوني الأول وازداد إلى 44.3% في الدالات الخطية الثلاث الأولى (جدول 5). وقد بقي تأثير الصفات الجذرية المدروسة رئيسياً في تباين صفة الوزن الجاف للمجموع الهوائي ضمن ظروف الإجهاد المائي وبنسبة 54.8% في الدالة الخطية الأولى.

الجدول (5) النسبة التراكمية لصفات المجموع الهوائي المسهمة في المتغيرات القانونية الأربعة الأولى لصفات المجموع الجذري لعشرة أصناف من الشعير ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي.

الصفات	الشاهد				الإجهاد المائي			
	1	2	3	4	1	2	3	4
طول النبات	0.055	0.326	0.406	0.415	0.007	0.125	0.369	0.377
عدد الأوراق	0.044	0.099	0.230	0.241	0.007	0.028	0.287	0.300
المساحة الورقية	0.000	0.054	0.342	0.344	0.004	0.268	0.277	0.305
الوزن الرطب للمجموع الهوائي	0.031	0.299	0.479	0.483	0.009	0.020	0.020	0.061
الوزن الجاف للمجموع الهوائي	0.388	0.391	0.443	0.463	0.548	0.566	0.652	0.655

وبشكلٍ مشابه، أظهرت النتائج أن صفة طول الجذور كانت الأكثر تأثيراً في مجموع الصفات الواقعة فوق سطح التربة مقارنة بباقي الصفات الجذرية المدروسة؛ وذلك ضمن كلا الظرفين المائيين المدروسين وخلال مرحلة البادرة بعمر 40 يوماً. وقد أسهم طول الجذور بما مقداره تقريباً 76.6% و58.7% من تباين صفات المجموع الهوائي ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي على التوالي، وذلك في الدالات الخطية الثلاث الأولى (جدول 6). وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه الباحث O'toole (1982) الذي أجرى العديد من البحوث لدراسة النظام الجذري للمحاصيل الحبية وقد توصل إلى استنتاجات عديدة ومهمة، فقد بين أن الزيادة في طول الجذور وكثافتها، ونسبة طول الجذور إلى طول الجزء الهوائي يؤدي إلى زيادة في معدل امتصاص الماء من التربة. في حين أكد الباحث Passioura (1982) أن لكثافة الجذور العالية في الأعماق أهميةً كبيرةً في الترب التي يتوافر فيها الماء عميقاً، وذلك حتى يتمكن النبات من امتصاص أكبر كمية من الماء من تلك الطبقات الأرضية. وتنعكس عملية النمو الطولي للجذور نحو أعماق التربة ضمن ظروف الجفاف في الإقلال من الإشارات الكيميائية المرسلة من قبل الجذور، التي بدورها تؤدي إلى الحد من نمو الأوراق واستطالة النبات (Turner, 1986). أظهرت نتائج الإسهام التراكمية أن نحو 45% من التباين الكلي في صفات المجموع الهوائي يعود سببه إلى المجموع الجذري ضمن ظروف الزراعة

المروية، وقد انخفضت نسبة الإسهام هذه إلى 41% تقريباً ضمن ظروف الإجهاد المـائي (جدول 6).

الجدول (6) النسبة التراكمية لصفات المجموع الجذري المسهمة في المتغيرات القانونية الأربعة الأولى لصفات المجموع الهوائي لعشرة أصناف من الشعير ضمن ظروف الزراعة المروية والإجهاد المائي.

الصفات	الشاهد				الإجهاد المائي			
	1	2	3	4	1	2	3	4
طول الجذور	0.557	0.728	0.766	0.767	0.147	0.574	0.587	0.589
عدد الجذور	0.042	0.126	0.252	0.289	0.429	0.432	0.521	0.536
الوزن الرطب للجذور	0.013	0.126	0.360	0.370	0.102	0.120	0.129	0.182
الوزن الجاف للجذور	0.012	0.119	0.380	0.384	0.031	0.176	0.331	0.350
المساهمة التراكمية	0.156	0.275	0.439	0.453	0.177	0.326	0.392	0.414

من خلال استعراض ما سبق، نستطيع أن نخلص إلى أهمية الصفات الشكلية للمجموع الجذري في زيادة مقدرة تحمل نباتات محصول الشعير للجفاف في مرحلة البادرة، كمـا بينت الدراسة وجود علاقة ارتباط قوية بين الصفات الجذرية (طول الجذور ووزنها وعدد الجذور) والمجموعة الهوائية (الوزن الجاف للمجموع الهوائي والمساحة الورقية) ضـمن ظرفي الإجهاد المائي ووفرة الماء.

REFERENCES المراجع

Bidinger, F. R. and Wilfcombe, J. R. (1989). Evaluation of specific drought avoidance as selection criteria for improvement of drought resistance. In: Drought resistance in cereals. (Eds.) Baker, F. W. G., CAB International, Wallingford, U.K, pp. 151-164.

Blum, A. (1999). Towards standard assays of drought resistance in crop plants. In: Molecular approaches for the genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments. International workshop, June 1999, Cimmyt, Mexico, pp. 29–35.

Blum, A. (1988). Plant breeding for stress environments, CRC Press, Florida.

Ceccarelli S., Grando S. and Impiglia A. (1998). Choice of selection strategy in breeding barley for stress environments. Euphytica 103: 307–318

Fukai, S. and Cooper, M. (1995). Development of drought resistant cultivars using Physio-morphological traits in rice. *Field Crops Res*., 40: 67-87.

Gittins, R. (1985). Canonical Analysis, A Review with Applications in Ecology. Springer-Verlag, Berlin, pp. 56–85.

Gomathinayagam, P., Ingram, K. T. and Maguling, M. A. (1992). Screening upland rice cultivars for early drought. Madras Agric. J., 79 (11): 658-662.

Goss, M. J. (1977). Effects of mechanical impedance on root growth in barley. 1. Effects on the elongation and branching of seminal root axes. J. Exp. Bot., 28: 96–111.

Harlan, J. R. (1966). Plant introduction and biosystematics in K. J. Frey (ED). Plan breeding pp: 55 – 83 IOWA State Uni.Press Ames IOWA.

Hoffman, D. L. and Bregitzer, P. (1996). Identification of reproducible PCR-RAPD markers that enable the identification of closely related six-rowed malting barley (*H. vulgare* L.) cultivars. J. Am. Soc. Brew. Chem., 54: 172-176.

Ingram, K. T., Bueno, F. O., Namuco, O. S., Yambao, E. B. and Beyrouty, C. A. (1994). Rice root traits for drought resistance and their genetic variation. In: Rice Roots: Nutrient and Water use (Eds.) Kirk, G. J. O., IRRI, Los Banos, Philippines, pp. 67-77.

Jana, S. and Wilen R. W. (2005). Breeding for abiotic stress tolerance in barley. In: M. Ashraf, P.J.C. Harris (eds), Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches. Haworth Press, pp. 491–511.

Johnson, R. A. and Wichern, D.W. (1998). Applied multivariate statistical methods (4th edition). London–Prentice Hall, Englewood Cliffs, pp. 65–85.

Kanbar, A., Shashidhar, H.E. and Hitalmani, S. (2004). Correlation and path analysis for root morphological taits in indica x indica population of rice (*Oryza sativa* L.). Crop Res., 27(1):94–98.

Lu Z., Tamar K., Neumann P. M. and Nevo E. (1999). Physiological characterization of drought tolerance in wild barley (*H. spontaneum*) from the Judean Desert. Barley Genetics Newsletter, 29: 36–39.

O'Toole, J. C. and Soemartono, N. (1981). Evaluation of a simple technique for characterizing rice root systems in relation to drought resistance. Euphytica, 30: 283-290.

O'Toole, J. C. (1982). Adaptation of rice to drought prone environments In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI, Los Bonos, Philippines. pp. 195-213.

Passioura, J. B. (1982). The role of root system characteristics in the drought resistance for crop plants. In: Drought resistance in cereals crops with emphasis on rice, IRRI, Los Bonos, Philippines. PP. 71-82.

Rosielle, A. A. and Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci., 21: 243-246.

SAS Institute, Inc. (1996). SAS Language Guide for Personal Computers. Edition 6.12, Cary, NC, USA.

Sharma, S. (1996). Applied Multivariate Techniques. John Wiley & Sons, New York, pp. 245–256.

Thanh, N. O., Zheng, H. G., Dong, N. V., Trinh, L. N., Ali, M. L. and Nguyen, H. T. (1999). Genetic variation in root morphology and microsatellite DNA loci in upland rice (Oryza sativa L.) from Vietnam. Euphytica., 105: 43-51.

Turner, N. C. (1986). Adoption to water deficits: A changing perspective. Aust. J. Plant Physiol., 13: 175-190.

Wahid, A. and Shabbir, A. (2005). Induction of Heat Stress Tolerance in Barley Seedlings by Pre-Sowing Seed Treatment with Glycinebetaine. Plant Growth Regulation. 46:133–141.

Watanab, N. (1998). A method to distenguish leaf colour variation in Syrian barley (*H. vulgare* L.). Journal of Genetics and Breeding, 52 (4): 289-293.

Received	2011/01/10	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2011/04/26	قبول البحث للنشر