استخدام معايير الجفاف وتحليل المكون الرئيس PCA في تشخيص تراكيب وراثية من حنطة الخبز (*Triticum aestivum* L.) المتحملة للجفاف

علـياء خيون محمـد* فوزي عبد الحسين كاظم**

الملخص

الجفاف هو مشكلة واسعة الانتشار التي تؤثر في إنتاج المحاصيل الحقلية ومنها الحنطة ليس في العراق فحسب بل في اغلب دول العالم التي تقع في المناطق الجافة وشبه الجافة.ان عدم وجود معايير فعالة للانتخاب يعرقل تطوير التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف. يهدف البحث الى إنتخاب تراكيب وراثية متحملة للجفاف . تمت زراعة سبعة وعشرين صنفاً محلياً وتركيباً وراثياً مدخلاً مختلفة في قدرتها الإنتاجية تحت ظروف الري الطبيعي YPوتحت ظروف الإجهاد الرطوبي YSفي اثناء موسم النمو 2014 و 2015 ، إذ مثلت مستويات الري العامل الرئيس بينما تمثل الأصناف العامل الثانوي. استخدم ترتيب الألواح المنشقة وبتصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD وبثلاثة مكررات. أظهرت النتائج وجود إرتباط عالي وموجب بين حاصل التراكيب الوراثية تحت الإجهاد (Ys) وتحت الري الطبيعي (Yp) و الأدلة STI, GMP, YI, MP كذلك اشارت نتائج تحليل المكون الرئيس (PCA) المعتمد على معامل إرتباط المكون الاساس الأول (PC1=80.6%) ، والمكون الاساس الثاني (PC2=18.1%) يمثل تقريباً 98.7% من التغييرات بين الأدلة.وقسم من هذه المعايير تعطي النتائج نفسها في تحديد تحمل الجفاف. وبناءً على ما تقدم،فقد بينت النتائج بان المعاييرMean Productivity MP، Geometric mean, Productivity GMP Yield Index و Stress Tolerance Index STI معايير كفوءة في تحديد التراكيب الوراثية المنتخبة في ظروف الري الطبيعي وظروف الإجهاد وتحديد التراكيبين الوراثيين G1 و G10, هما التراكيبان المتحملان والتراكيبين الوراثيين G25 و G26 حساستين للجفاف.

المـقدمة

تعد حنطة الخبز من المحاصيل الأكثر أهمية في العالم، وتوفر أكثر من 20% من السعرات الحرارية اللازمة، وتعد مصدراً أساساً للبروتين لسكان العالم ،إجهاد الجفاف هو اكثر العوامل التي تحد و تؤثر في نمو وإنتاجية المحاصيل بصورة عامة ومنها الحنطة (9). ان عدم كفاية وفرة المياه لري المحاصيل (الجفاف) كثيراً ما يتزامن مع أوقات إرتفاع درجة الحرارة في المراحل الحرجة من موسم نمو الحنطة في معظم مناطق العالم وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، بسبب شحة هطول الأمطار وعدم انتظامها في اثناء موسم النمو وتزامنها مع ارتفاع درجات الحرارة مع مرحلة امتلاء الحبوب . ان تحمل الجفاف هو احد مفاتيح ثباتية واستقرار الحاصل للمحاصيل الزراعية ويمثل تحدياً كبيراً للمختصين في تربية وتحسين النبات. لتقويم استجابة التراكيب الوراثية للإجهاد ومنها الجفاف.فقد اقترحت بعض المعايير على أساس العلاقة الرياضية بين ظروف الإجهاد والظروف الإعتيادية المثلى التي تسمى باسم مؤشرات او معايير الجفاف أو الإجهاد غالباً ما تحدد التراكيب الوراثية المتحملة او الحساسة للإجهاد. اقترح مؤشر الجفاف النسبي (RDI) من قبل Fischer وجماعته (4) وهو من المؤشرات الإيجابية للإشارة إلى تحمل الإجهاد. عرف كل من Rosielle و Hamblin (11) مؤشر تحمل الإجهاد (TOL) على اساس الفرق في الإنتاج بين

جزء من اطروحة دكتوراه للباحث الأول.

*دائرة البحوث الزراعية، وزارة الزراعة ، بغداد، العراق.

**كلية الزراعة، جامعة بغداد، بغداد، العراق.

الظروف الإعتيادية (Yp) وظروف الجفاف(Ys). اقترح Hossain وجماعته (7) مؤشر متوسط الإنتاجية (MP) على أساس متوسط الإنتاج بين Yp وYs. واقترح Fischer و Mauner (3) مؤشر حساسية الإجهاد (SSI) ، وبناءً على المؤشرات السابقة فإن القيمة العالية الناتجة من TOL و SSI تؤشر حساسية أكثر للجفاف، لذا فان القيمة الدنيا لهذين المؤشرين تدلان الى ان التراكيب الوراثية الاقل تحسساً او تأثراً بالجفاف، والتراكيب الوراثية باعلى هذين المؤشرين بالاعتماد على هذين المؤشرين تمتاز بحاصل قليل تحت ظروف الإجهاد وعالي تحت الظروف الإعتيادية. وبَينَ Guttieri وجماعته (6)بانه إذا كانت قيمة SSI اكبر من 1 فتشير الى ان التركيب الوراثي متحسس أكثر من المعدل العام ، واذا كانت قيمته اقل من 1 فيشير الى اقل من المعدل من ناحية التحسس لظروف الإجهاد المائي. كما عرف Fernandez(2) مؤشر تحمل الاجهاد (STI) ا لذي يستعمل لتشخيص التراكيب الوراثية التي تتميز بالإنتاج العالي في ظرفي الاجهاد وغيره الإجهاد.اقترح Gavuzzi وجماعته (5) مؤشر الحاصل (YI)،كما اقترح كل من Bouslama و Schapaugh (1) مؤشر ثبات الحاصل (YSI) لتقويم ثباتية الحاصل في ظرفي الاجهاد وعدمه الاجهاد .كذلك اقترح Moosavi وجماعته (10)معيار النسبة المئوية لحساسية الإجهاد (SSPI) لغربلة التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف في ظرفي الإجهاد من عدمه.

تهدف هذه الدراسة الى:

1- تشخيص التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف في ظروف المنطقة الوسطى من العراق.
2- تحديد كفاءة معايير او مؤشرات الجفاف المستخدمة في تشخيص التراكيب الوراثية المتحملة او المتحسسة للجفاف.
3- تفسير العلاقة بين معايير الجفاف المستخدمة من خلال تحليل المكون الرئيس(PrincipleComponent Analysis) .

المواد وطرائق البحث

المادة الوراثية

استخدم 7 صنفاً محلياً وتركيباً وراثياً مدخلاً من منظمة CIMMITY (جدول 1)

جدول 1: التراكيب الوراثية المستخدمة في الدراسة ومصادرها

Code	Genotype	Pedigree	Origin
G1	Bohooth 10	IPA 99 x IPA95	IRAQ
G2	38	MX110-11M20SAWYT141	CIMITY-MEXICO
G3	18	MX110-11M20SAWYT36	CIMMITY-MEXICO
G4	28	MX110-11M20SAWYT113	CIMMITY-MEXICO
G5	32	MX110-11M20SAWYT115	CIMMITY-MEXICO
G6	31	MX110-11M20SAWYT113	CIMMITY-MEXICO
G7	Iraq	(Local variety) Irradiation Var. Mexipak by cobalt gamma-ray	IRAQ
G8	20	MX110-11M20SAWYT52	CIMMITY-MEXICO
G9	24	MX110-11M20SAWYT64	CIMMITY-MEXICO
G10	26	MX110-11M20SAWYT76	CIMMITY-MEXICO
G11	36	MX110-11M20SAWYT135	CIMMITY-MEXICO
G12	Tahadi	Local Variety	IRAQ
G13	Abu-Ghraib 3	(Local variety) AJeepaxInia66RX Mexico24	IRAQ
G14	10	MX110-11M20SAWYT17	CIMITY-MEXICO
G15	21	MX110-11M20SAWYT55	CIMMITY-MEXICO
G16	25	MX110-11M20SAWYT70	CIMMITY-MEXICO

تابع جدول 1

G17	29	MX110-11M20SAWYT99	CIMMITY-MEXICO
G18	30	MX110-11M20SAWYT111	CIMMITY-MEXICO
G19	Bohooth158	(Local variety) 118-S2/S7-CR7S2	IRAQ
G20	Bohooth 22	Local variety	IRAQ
G21	5	MX110-11RFUG99R10-1124	CIMMITY-MEXICO
G22	23	MX110-11M20SAWYT63	CIMMITY-MEXICO
G23	27	MX110-11M20SAWYT77	CIMMITY-MEXICO
G24	17	MX110-11M20SAWYT35	CIMMITY-MEXICO
G25	15	MX110-11M20SAWYT28	CIMMITY-MEXICO
G26	33	MX110-11M20SAWYT116	CIMMITY-MEXICO
G27	IPA 99	(Local variety) Ures/Bow"s"/3/Jup/B/^{2}S$^{/}$//ures	IRAQ

نفذت التجربة في حقل محطة الأبحاث الحقلية /ابي غريب التابعة لوزارة الزراعة '44º12 شرقاً '33º20 شمالاً وارتفاع 34.1 م فوق مستوى سطح البحر. صنفت تربة الحقل بأنها ذات نسجة مزيجة طينية غرينية. تمت تهيئة أرض التجربة بحراثتها بصورة متعامدة بالمحراث المطرحي القلاب ثم تنعيمها وتسويتها. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبترتيب الألواح المنشقة وبثلاثة مكررات.وزعت معاملات الري (وهي سقي المحصول عند استنفاذ 25 % (Yp) و 75%(Ys)من الماء الجاهز للنبات)على الالواح الرئيسة والتراكيب الوراثية وزعت على الألواح الثانوية بصورة عشوائية. ابعاد الوحدة التجريبية 2 ×8 م والمسافة بين وحدة تجريبية واخرى 2 م وبين مكرر وآخر 2.5 م. وتمت الزراعة على شكل خطوط المسافة بين خط وآخر 20 سم اضيفت البذور بمعدل 140 كغم بذور.هـ$^{-1}$. حصدت نباتات التجربة عند وصولها الى النضج التام .

جدول 2: بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة التجربة المستخدمة قبل الزراعة للموسمين 2014–2015

الصفات	الوحدة	2015–2014	2016–2015
درجة تفاعل التربة PH		7.21	7.2
EC للتربة	ديسي سيمينز. م$^{-1}$	2.6	2.4
EC مياه الري	ديسي سيمينز.م$^{-1}$	1.70	1.91
النايتروجين الجاهز N	ملغم. كغم$^{-1}$	25.1	26.0
الفسفور الجاهزP	ملغم. كغم$^{-1}$	16.61	18.51
البوتاسيوم الجاهزK	ملغم .كغم$^{-1}$	360	410
المادة العضوية%		0.771	0.895
الكثافة الظاهرية	ميكا غرام.م$^{-3}$	1.31	
طين	ملغم. كغم$^{-1}$ تربة	320	329
غرين	ملغم. كغم$^{-1}$ تربة	464	435
رمل	ملغم. كغم$^{-1}$ تربة	216	236
النسجة		مزيجية طينية	

بعد حصاد الأربعة خطوط الوسطية وبصافي المساحة المحصودة 1.6 م^{2} (اربعة خطوط ×0.2 م ×2م طول)،جففت وفرطت ووزنت حسب حاصل البذور الكلي وحول الى حاصل طن هكتار$^{-1}$.حللت النتائج احصائياً باستخدام تحليل التباين،بالإضافة الى حساب أدلة الجفاف المستخدمة (جدول 2)، تم تحليل المكون الرئيس باستخدام برامجية GenStat 12 ، لغرض تشخيص وتصنيف التراكيب الوراثية الى حساسة و متحملة للجفاف.

قياس المحتوى الرطوبي للتربة

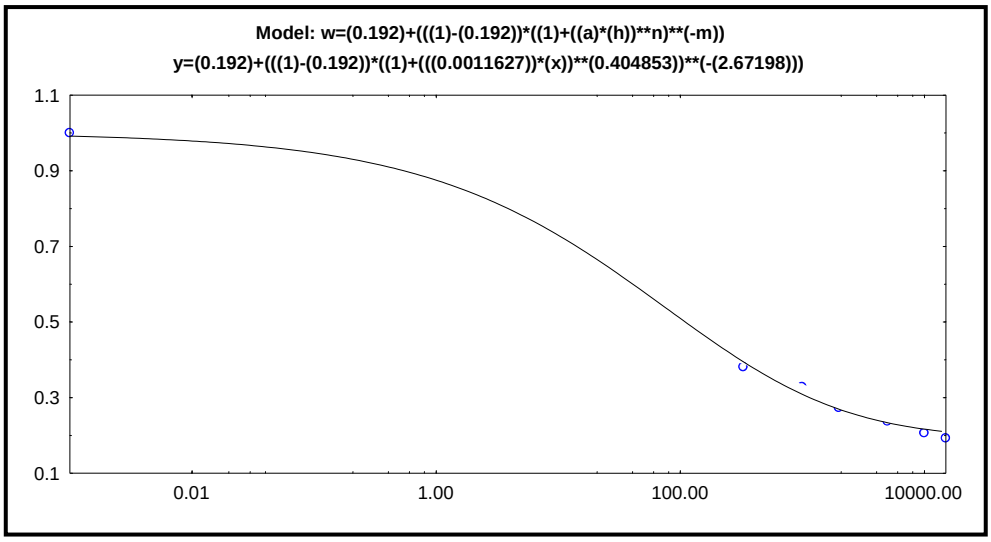
استخدمت الطريقة الحجمية لقياس رطوبة التربة ومتابعة التغييرات الرطوبية في التربة بأخذ نماذج من التربة بواسطة الاوكر قبل الري وبعد كل رية بيومين للعمق (**30**) سم ووضعت في علب الالمنيوم ووزنت وهي رطبة (شكل **1**)، ثم وضعت في فرن**microwave oven** ولمدة اثنتين عشرة دقيقة بعد ان تم تعيير مدة التجفيف مع الفرن الكهربائي على وفق الطريقة المقترحة من **Zein** (**12**) لتجفيف العينات ، ثم وزنت ،وقدر المحتوى الرطوبي فيها حسب المعادلة التالية :

$$Qv = Qw \times \partial b$$

إذ إن : **Qv** = المحتوى الرطوبي على أساس الحجم.

Qw = المحتوى الرطوبي على أساس الوزن.

∂b = الكثافة الظاهرية للتربة (ميكاغرام. م$^{-3}$).



شكل**1**: منحنى الوصف الرطوبي للتربة المستخدمة في الدراسة.

تم الري بمياه الآبار بسبب إنقطاع المياه في نهر أي غريب لإجراء الصيانة ذي الإصالية الكهربائيـة. **51** ديسيسيمز.م$^{-1}$، استعملت منظومة ري سيحي تتكون من خزانات ماء، إذ أضيفت كمية مياه الري اللازم بواسطة عداد تصريف (**Water meter**) دقة**10**$^{-3}$م^{3} (**1**لتر) أرتبط بنهاية أنبوب قطره **5** سم مرتبط بمضخة الماء الخاصة بالتجربة. تمت عملية الري عدا ريه الإنبات التي حسبت على أساس المحتوى الرطوبي إذ تم ري الوحدات التجريبية جميعها بالكمية نفسها من المياه لعمق **20** سم لإيصال الرطوبة إلى السعة الحقلية،اذ تأخذ عينة من تربة الحقل بعد سقيها لمدة يومين ثم بعد ذلك وضعها بالفرن لمدة **72** ساعة يتم وزنها بعد التجفيف لاستخراج السعة الحقلة. بعدها اختلفت مواعيد الري لكل معاملة حسب نسب الاستنفاذ ومن سعة الماء الجاهز للنبات. وقد جرت تغطية الألواح التجريبية جميعها لمنع وصول الأمطار باستعمال غطاء من مادة البولي اثيلين (نايلون زراعي سمك 2 ملم) ثبت على هياكل حديدية صنعت لهذا الغرض ،إذ غطيت الألواح من الأعلى عند سقوط الأمطار فقط وتركت الجوانب مفتوحة لدخول الهواء والسماح لبخار الماء الناتج عن عملية التبخر– النتح من الإنتشار في الجو.اختلفت مواعيد الري لكل معاملة حسب نسب الإستنفاذ من سعة حفظ التربة للماء الجاهز للنبات. تم تحديد سعة حفظ الماء الجاهز ما بعد رية

الإنبات الذي حدد على أساس الفرق بين سعة حفظ الماء الجاهز للنبات عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم .أُجريت قياسات المحتوى المائي للتربة بالطريقة الحجمية باستخدام مثقاب أنبوبي خاص بأخذ النماذج (**Mini-Auger sampler**) قطرة **2**سم وطوله **1**م وجففت في فرن مايكروويف لحين الوصول إلى حالة الإتزان. أخذت النماذج بشكل دوري بين رية وأخرى لحين الوصول إلى المحتوي المائي الذي تتحقق عنده نسبة الاستنفاذ اللازم لإجراء الرية اللاحقة وحسبت كمية ماء الري اللازم إضافتها لكل لوح بموجب معادلة **Kovda** وجماعته(**8**):

$$d = D \times (\theta_{fc} - \theta_d)$$

إذ إن: d = عمق الماء المضاف (ملم) ، D = عمق التربة (ملم)

θ_{fc} = المحتوى المائي ألحجمي للتربة عند السعة الحقلية

θ_d = المحتوى المائي ألحجمي للتربة الذي يتم عنده إضافة الماء وحسب نسب الإستنفاذ من سعة الماء الجاهز للنبات.

تحليل المكون الرئيس

لأجل إجراء دراسة شاملة للعلاقة بين التراكيب الوراثية وادلة تحمل الجفاف تم تحليل المكون الرئيس (**Principle Component Analysis**). يبين تحليل المكون الرئيسي بصورة بيانية العلاقة الخطية بين أدلة الانتخاب وعلاقتها بالتراكيب الوراثية ، إذ تحول معامل الارتباط بين أدلة تحمل الجفاف الى جيب تمام الزاوية بين المتجهين الذين يمثلان أدلة الجفاف (اي ان في حالة **r=-1** تكون الزاوية بين المتجهين زاوية مستقيمة (**180** درجة) وجيب تمام الزاوية المستقيمة= **-1** وهكذا تحول معامل الارتباط على فرض ان جيب تمام الزاوية القائمة يساوي صفراً ويعادل **r=0** ، وجيب تمام الزاوية صفر =**1** وهذا يعادل **r=1** وهكذا).ان الرسم البياني المستنبط من تحليل المكون الرئيس **Biplot** يستخدم للاستدلال على التراكيب الوراثية التي تناسب كل بيئة.

أدلة الجفاف Drought Tolerance Indices

حسبت أدلة الجفاف حسب العلاقات الرياضية المبينة في (جدول **3**).

جدول **3**: أدلة الجفاف ، رمزها ومعادلتها الرياضية

ت	دليل الجفاف	الرمز	المعادلة الرياضية
1	Mean Productivity	MP	$MP = (Y_p + Y_s)/2$
2	Susceptibility Index	SI	$SI = 1-(Y_p / Y_s)$
3	Stress Tolerance	TOL	$TOL = Y_p - Y_s$
4	Stress Susceptibility Index	SSI	$SSI = [1-(Y_s / Y_p)]/1-(\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)]$
5	Geometric mean Productivity	GMP	$GMP = \sqrt{Y_p * Y_s}$
6	Stress Tolerance Index	STI	$STI = (Y_p x Y_s)/\bar{Y}_p^2$
7	Harmonic Mean	HM	$HM = 2(Y_p x Y_s)/(Y_p + Y_s)$
8	Yield Index	YI	$YI = Ys/\bar{Y}s$
9	Yield stability index	YSI	$YSI = Ys/Yp$
10	Drought Resistance Index	DI	$DI = Ys \times (Ys/Yp)/Yp$
11	Stress Susceptibility Percentage Index	SSPI	$SSPI = [(Yp-Ys)/2(\bar{Y}p)]*100$
12	Relative drought index	RDI	$RDI = (Y_S / Y_P)/(\bar{Y}_S / \bar{Y}_P)$

Yp و **Ys** تمثلان حاصل الحبوب تحت الظروف الإعتيادية وظروف الإجهاد على التوالي .

$\bar{Y}p$ و $\bar{Y}s$ متوسط حاصل التراكيب الوراثية تحت الظروف الإعتيادية وظروف الإجهاد على التوالي.

النتائج والمناقشة

أوضحت النتائج ان التراكيب الوراثية G7،G1،G10،G11،G20،وG6 اعطت اعلى حاصلاً للحبوب تحت معاملة الري Yp، بينما أعطت التراكيب الوراثية G24 ،G25 ، G14 و G13 اوطأ حاصلاً للحبوب تحت معاملة الري Yp. واعطي التراكيبان الوراثيان G10 و 1 اعلى حاصلين تحت ظروف المعاملة المجهدة (Ys)،بينما اعطت التراكيب الوراثية G25 ، G23و G26 اوطأ حاصلاً للحبوب (جدول 4). وبينت النتائج ان التراكيبين الوراثيين G1 و G10 تميزتا في حاصل هام في كلتا معاملتي الري .اوضحت نتائج ادلة مؤشرات الجفاف لمتوسط الإنتاجية (MP) والمتوسط الهندسي للإنتاجية (GMP) ودليل تحمل الإجهاد (STI)على تشابه رتب التراكيب الوراثية من ناحية تحملها للإجهاد (الجدولين 4 و5). وبالاستناد الى دليل تحمل الإجهاد (STI)، فكلما كان الفرق في الحاصل كبيراً بين معاملتي الري (Yp و Ys) كانت قيمة STI صغيرة اي تحملها للجفاف اقل والعكس صحيح، ومن هذا يتضح بان التراكيب الوراثية G1,G7، G10 ،G11 و G2 هي الاكثر تحملاً للجفاف التي تمتاز بالقيم العالية لدليل STI وبإنتاجيتها العالية في ظرفي معاملتي الري. بينما التراكيب الوراثية G25،G26، G23 و G13 اظهرت قيماً قليلة لدليل STI والحاصل الاقل تحت ظرفي معاملتي الري وبذا صنفت على أساس انها غير متحملة او حساسة للإجهاد. اما بقية التراكيب الوراثية فقد صنفت بتحمل متوسط للإجهاد المائي او متوسطة الحساسية للإجهاد (جدول4). لتقويم تحمل التراكيب الوراثية للإجهاد المائي (الجفاف)باستخدام دليل تحمل للإجهاد (TOL)، فالقيمة العليا الناتجة من حساب هذا الدليل يوضح التغيير الكبير بين حاصلي الحبوب بين Yp وYs وتبين حساسيتهما لظروف الاجهاد. وأوضح كل من Fernandez (3)، Rosielli و Hamblin (11) بان الانتخاب الذي يعتمد على TOL سيؤدي الى انتخاب تراكيب وراثية واطئة الانتاجية تحت ظروف الري الطبيعي والقيمة الادنى لمتوسط إنتاجية ظرفي الإجهاد وعدمه اوMP.بناءً على ذلك فقد اظهرت النتائج بان G1،G10، G15،G14،G24 بانها التراكيب الوراثية الاكثر تحملاً للجفاف و G26،G20،G6، وG19 هي التراكيب الوراثية الاكثر تحسساً للجفاف(الجدولين 4 و5).فيما يخص دليل تحسس الإجهاد(SSI) القيمة العليا الناتجة من تطبيق هذا الدليل فتشير الى الحساسية الأكبر للجفاف ، وبناءً على ذلك ، فان التراكيب الوراثية G26،G25، G19 وG23 ، G18 تعد الاكثر تحسساً (اي الاقل تحملاً)للجفاف، والتراكيب الوراثية G1،G10،G15 و G24 هي الاكثر تحملاً للجفاف. ولدليل النسبة المئوية لحساسية الاجهاد (SSPI) فان النتائج تشير الى ترتيب التراكيب الوراثية من ناحية تحملها وحساسيتها للجفاف هي نفسها التي افرزتها دليل تحمل الاجهاد(TOL) (الجدولين 4 و 5).واستناداً الى قيم YSI (جدول 3) فالقيمة العليا والدنيا لهذا الدليل ترجع الى التراكيبين الوراثيين G1 و G26 على التوالي ، وكذلك فان دليل الجفاف النسبي (RDI) اعطى النتائج نفسها وترتيب رتب التراكيب الوراثية نفسها (الجدولين4 و 5). دليل الحاصل (YI) يمكن ايضاً ان يستعمل دليلاً للانتخاب وبالرغم من انه يعتمد على ترتيب رتب التراكيب الوراثية استناداً على حاصل الحبوب تحت ظروف الإجهاد (Ys) فقط.و استناداً على قيم YI فان التراكيبين الوراثيين G1 و G10 هما التراكيبان الاكثر تحملاً للجفاف والتراكيبين الوراثيين G26 و G25 هما التراكيبان الوراثيان الاقل تحملاً للجفاف (الجدولين 4 و 5). واستناداً الى دليل تحملاً الجفاف (DI) فالتراكيب الوراثية G1،G7, G10، وG11 كانت الاكثر تحملاً و التراكيب الوراثية G26 ، G25 و G23 هي الاقل تحملاً للجفاف.

طريقة دليل الرتب

ان القيم المستنبطة من ادلة تحمل الجفاف جدول (4) تشير الى تشخيص التراكيب الوراثية المتحملة للجفاف حسب معيار واحد فقط كانت متناقضة في تصنيفها. ادلة مختلفة اظهرت تراكيب وراثية مختلفة من ناحية

تحملها للجفاف. ولتحديد التركيب الوراثي الاكثر تحملاً للجفاف بناءً على الادلة جميعها، وفي ضوء متوسط رتب الادلة جميعها لكل تركيب وراثي فقد تم تحديد الاكثر تحملاً للجفاف، فالمتوسط الادنى للرتب يشير الى تحمل اكثر للجفاف (جدول **5**). اوضحت نتائج أدلة مؤشرات الجفاف لمتوسط الإنتاجية (**MP**) المتوسط الهندسي للإنتاجية (**GMP**) ودليل تحمل الإجهاد (**STI**) على تشابه رتب التراكيب الوراثية من ناحية تحملها للإجهاد. وبالاستناد الى دليل تحمل الإجهاد (**STI**)، فكلما كان الفرق في الحاصل كبيراً بين معاملتي الري (**Yp** و **Ys**) كانت قيمة **STI** صغيرة اي تحملها للجفاف اقل والعكس صحيح ، ومن هذا يتضح بان التراكيب الوراثية **G1**،**G10**،**G11**،و**G2** هي الاكثر تحملاً للجفاف التي تمتاز بالقيم العالية لدليل **STI** وبإنتاجيتها العالية في ظرفي معاملتي الري. بينما التراكيب الوراثية **G25**، **G26**،**G23**،و**G13** اظهرت قيماً قليلة لدليل **STI** والحاصل الاقل تحت ظرفي معاملتي الري وبالتالي فانها صنفت على اساس غير متحملة او حساسة للإجهاد. كذلك بقية التراكيب الوراثية فقد صنفت بتحمل متوسط للإجهاد المائي او متوسطة الحساسية للإجهاد (جدول**5**).دليل الحاصل (**YI**) يمكن ايضاً ان يستعمل دليلاً للانتخاب وبالرغم من انه يعتمد على ترتيب رتب التراكيب الوراثية استناداً إلى حاصل الحبوب تحت ظروف الاجهاد (**Ys**) فقط. و استناداً إلى قيم **YI** فان التراكيبين الوراثيين **G1** و **G10** هما التراكيبان الاكثر تحملاً للجفاف و التراكيبين الوراثيين **G26** و **G25** هما التراكيبان الوراثيان الاقل تحملاً للجفاف. واستناداً الى دليل تحمل الجفاف (**DI**) فالتراكيب الوراثية **G1**، **G10** و**G11** كانت الاكثر والتراكيب الوراثية **G26**،**G25**و**G23** هي الاقل تحملاً للجفاف. وفيما يخص دليل تحسس الإجهاد (**SSI**) القيمة العليا الناتجة من تطبيق هذا الدليل فتشير الى الحساسية الأكبر للجفاف ، وبناءً على ذلك ، فان التراكيب الوراثية **G26**،**G25**،**G19**و**G23** تعد الاكثر تحسساً (اي الاقل تحملاً) للجفاف ، والتراكيب الوراثية **G1**،**G10**،**G15**،و**G24** هي الاكثر تحملاً للجفاف. ولدليل النسبة المئوية لحساسية الاجهاد **(SSPI)** فان النتائج تشير الى ترتيب التراكيب الوراثية من ناحية تحملها وحساسيتها للجفاف هي نفسها التي افرزتها دليل تحمل الإجهاد (**TOL**). ومع الاخذ بنظر الاعتبار للأدلة جميعها فالتراكيب الوراثية **G1**،**G2**،**G10** و**G11** شخصت على إنها أكثر تحملاً للجفاف، والتراكيب الوراثية **G13**، **G14**، **G23**،**G25**،**G26** و**G27** هي التراكيب الاكثر حساسة للجفاف.

تحليل المكون الرئيس (Principle Component Analysis)

بينت النتائج على ان المكون الرئيس الأول **PCA1** فسرت **80.6%**من التغيير المرتبط بحاصل معاملتي الري **Yp** و **Ys** ويمكن ان تسمى قابلية الإنتاج وتحمل الجفاف ، فالقيمة الموجبة العالية المرتبطة بهذا المكون على الرسم البياني ترتبط بالتراكيب الوراثية التي يجود إنتاجها في حالتي الري الاعتيادي (**Yp**) وحالة الإجهاد المائي (**Ys**). وان المكون الرئيس الثاني (**PCA2**) يفسر **18.1%** من التغيير الكلي ويمكن ان يسمى محور الحساسية و التحمل ويميز استناداً إلى قيم التراكيب الوراثية الحساسة والمتحملة . وبناءً على ذلك فان إنتخاب التراكيب الوراثية التي تمتاز بقيم موجبة عالية لـ **PCA1** وقيم موجبة قليلة **PCA2** تكون ملائمة للبيئتين **Yp** و **Ys**. كذلك يبين الرسم البياني **Biplot** (شكل **2**) العلاقة الإيجابية بين الأدلة **YP, YS, MP, STI** و **GMP** كما هي مبينة بالزاوية الحادة بين متجهاتهم وكذلك فان متجهات أدلة الجفاف **YS, MP, STI** و **GMP** محصورة بين متجهي **YP** و **YS** مما يدل على تشابه هذه الأدلة في تصنيف التراكيب الوراثية من حيث تحملها للجفاف وارتباطها الموجب مع **Yp** و **Ys**. كما يبين **Biplot** العلاقة السالبة بين **Ys** والادلة **TOL, SI, SSI** و **HMP** كما مو ضحة بالزاوية المنفرجة بين متجهاتهم. والعلاقة بين **YSI** و **SSI** موضحة بزاوية مستقيمة وهذا ما يطابق معامل الإرتباط بينهم (**r = -1**). وكذلك يبين شكل (**2**) العلاقة بين أدلة تحمل الجفاف والتراكيب الوراثية من ناحية الإنتاجية وتحمل الجفاف.

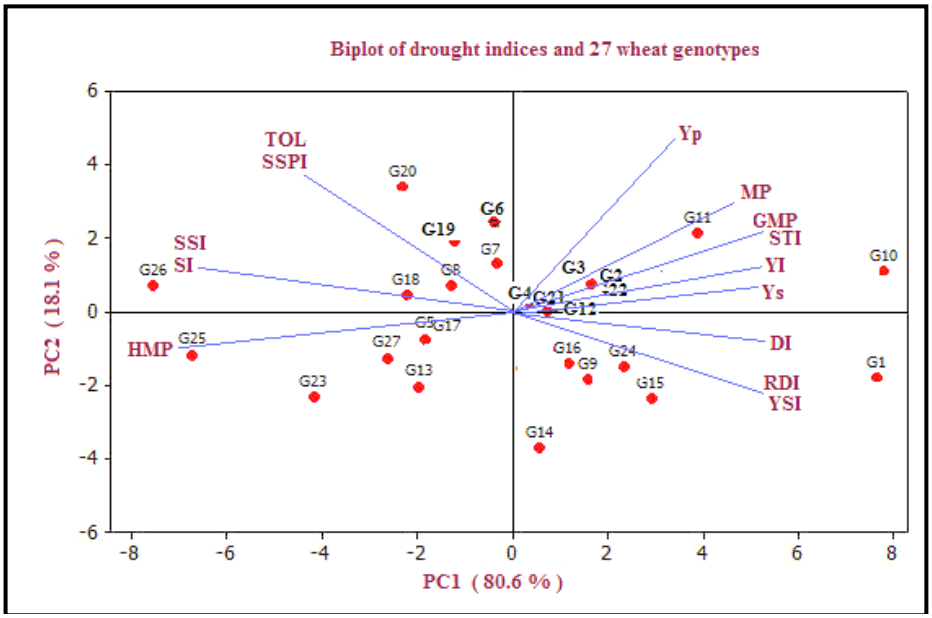
جدول 4 : قيم متوسط حاصل الحبوب لمعاملتي الري Yp، Ys وقيم ادلة تحمل الجفاف

G	Yp	Ys	SI	MP	TOL	SSI	GMP	STI	HMP	YI	YSI	DI	RDI	SSPI
G1	6.58	4.911	0.254-	5.745	1.669	0.511	5.684	0.852	0.178	1.585	0.746	1.183	1.483	13.554
G2	6.565	3.59	0.453-	5.077	2.975	0.912	4.855	0.622	0.215	1.158	0.547	0.633	1.086	24.16
G3	6.455	3.487	0.46-	4.971	2.968	0.926	4.745	0.594	0.221	1.125	0.54	0.608	1.073	24.099
G4	6.215	3.096	0.502-	4.656	3.119	1.01	4.387	0.508	0.242	0.999	0.498	0.498	0.99	25.325
G5	5.8	2.726	0.53-	4.263	3.074	1.067	3.976	0.417	0.27	0.88	0.47	0.413	0.934	24.962
G6	7	3.15	0.55-	5.075	3.85	1.107	4.696	0.582	0.23	1.016	0.45	0.457	0.894	31.263
G7	6.82	3.137	0.54-	4.979	3.683	1.087	4.626	0.564	0.233	1.012	0.46	0.466	0.914	29.905
G8	6.38	2.807	0.56-	4.594	3.573	1.127	4.232	0.472	0.256	0.906	0.44	0.399	0.874	29.012
G9	5.73	3.42	0.403-	4.575	2.31	0.812	4.427	0.517	0.233	1.104	0.597	0.659	1.186	18.758
G10	7.15	5.08	0.29-	6.115	2.07	0.583	6.027	0.958	0.168	1.639	0.71	1.165	1.412	16.809
G11	7.34	4.04	0.45-	5.69	3.3	0.905	5.446	0.782	0.192	1.304	0.55	0.718	1.094	26.797
G12	6.22	3.28	0.473-	4.75	2.94	0.952	4.517	0.538	0.233	1.058	0.527	0.558	1.048	23.874
G13	5.25	2.41	0.541-	3.83	2.84	1.089	3.557	0.334	0.303	0.778	0.459	0.357	0.912	23.062
G14	5.28	3.1	0.413-	4.19	2.18	0.831	4.046	0.432	0.256	1	0.587	0.587	1.167	17.702
G15	5.58	3.55	0.364-	4.565	2.03	0.732	4.451	0.522	0.23	1.146	0.636	0.729	1.264	16.484
G16	5.82	3.35	0.424-	4.585	2.47	0.854	4.416	0.514	0.235	1.081	0.576	0.622	1.144	20.057
G17	5.79	2.62	0.547-	4.205	3.17	1.102	3.895	0.4	0.277	0.845	0.453	0.383	0.899	25.741
G18	6.219	2.555	0.589-	4.387	3.664	1.186	3.986	0.419	0.276	0.824	0.411	0.339	0.816	29.749
G19	6.72	2.89	0.57-	4.805	3.83	1.147	4.407	0.512	0.247	0.933	0.43	0.401	0.855	31.101
G20	7.09	2.75	0.612-	4.92	4.34	1.232	4.416	0.514	0.252	0.887	0.388	0.344	0.771	35.242
G21	6.2	3.167	0.489-	4.684	3.033	0.985	4.431	0.518	0.239	1.022	0.511	0.522	1.015	24.629
G22	6.49	3.57	0.45-	5.03	2.92	0.906	4.813	0.611	0.217	1.152	0.55	0.634	1.093	23.711
G23	5.117	2.05	0.599-	3.584	3.067	1.207	3.239	0.277	0.342	0.662	0.401	0.265	0.796	24.905
G24	5.83	3.57	0.388-	4.7	2.26	0.78	4.562	0.549	0.226	1.152	0.612	0.705	1.217	18.352
G25	5.21	1.58	0.697-	3.395	3.63	1.403	2.869	0.217	0.412	0.51	0.303	0.155	0.603	29.477
G26	5.833	1.447	0.752-	3.64	4.386	1.514	2.905	0.223	0.431	0.467	0.248	0.116	0.493	35.616
G27	5.567	2.337	0.58-	3.952	3.23	1.168	3.607	0.343	0.304	0.754	0.42	0.317	0.834	26.228
Mean	6.192	3.080	0.499-	4.628	3.059	1.005	4.341	0.511	0.256	1	0.501	0.527	0.995	24.836

جدول 5: ترتيب رتب التراكيب الوراثية حسب قيم ادلة تحمل الجفاف

G	Yp	Ys	SI	MP	TOL	SSI	GMP	STI	HMP	YI	YSI	DI	RDI	SSPI	RANK -SUM
G1	7	2	27	2	27	27	2	2	26	2	1	1	1	27	5
G2	8	4	18	4	16	18	4	4	24	4	10	8	10	16	4
G3	10	8	17	8	17	17	6	6	22	8	11	10	11	17	8
G4	14	16	14	14	12	14	17	17	13	16	14	14	14	12	15
G5	19	20	13	20	13	13	21	21	8	20	15	17	15	13	20
G6	4	13	9	5	3	9	7	7	20	13	19	16	19	3	3
G7	5	14	12	7	5	12	8	8	18	14	16	15	16	5	6
G8	11	18	8	15	8	8	18	18	9	18	20	19	20	8	14
G9	21	9	23	17	22	23	13	13	16	9	5	6	5	22	16
G10	2	1	26	1	25	26	1	1	27	1	2	2	2	25	2
G11	1	3	20	3	9	20	3	3	25	3	8	4	8	9	1
G12	12	11	16	11	18	16	10	10	17	11	12	12	12	18	11
G13	25	23	11	24	20	11	24	24	5	23	17	21	17	20	26
G14	24	15	22	22	24	22	19	19	10	15	6	11	6	24	23
G15	22	7	25	18	26	25	11	11	19	7	3	3	3	26	17
G16	18	10	21	16	21	21	15	15	15	10	7	9	7	21	18
G17	20	21	10	21	11	10	22	22	6	21	18	20	18	11	21
G18	13	22	5	19	6	5	20	20	7	22	23	23	23	6	19
G19	6	17	7	10	4	7	16	16	12	17	21	18	21	4	10
G20	3	19	3	9	2	3	14	14	11	19	25	22	25	2	9
G21	15	12	15	13	15	15	12	12	14	12	13	13	13	15	13
G22	9	5	19	6	19	19	5	5	23	5	9	7	9	19	7
G23	27	25	4	26	14	4	25	25	3	25	24	25	24	14	27
G24	17	6	24	12	23	24	9	9	21	6	4	5	4	23	12
G25	26	26	2	27	7	2	27	27	2	26	26	26	26	7	25
G26	16	27	1	25	1	1	26	26	1	27	27	27	27	1	22
G27	23	24	6	23	10	6	23	23	4	24	22	24	22	10	24

فالتركيبين الوراثيين **G1** و **G10** فسرتا على انها ذات قابلية إنتاجية عالية ومتحملة للجفاف و التراكيب الوراثية **G25, G26, G27** و **G18** تراكيب وراثية واطئة الإنتاجية وحساسة للجفاف.



شكل **2**: الرسم البياني الثنائي (**Biplot**) للتراكيب الوراثية استناداً إلى المكونين الرئيسين الاول والثاني وأدلة تحمل الجفاف تحت ظروف الري الإعتيادي وظروف الإجهاد.

المصادر

1-Bouslama, M. and W.T. Schapaugh (1984). Stress tolerance in soybean. Part 1:Evaluation of three screening techniques for heat and drought tol)erance. Crop Sci J., 24:933-937.

2-Fernandez G. CJ. (1992). Effective selection sriteria for assessing stress tolerance. In: Kuo CG (ed), Proceedings of the international symposium on adaptation of vegetables and other food Crops in temperature and water stress. Public Tainan Taiwan, 257–270.

3-Fischer, RA.and R.Mauner (1978). Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agr. Res., 29:897-912.

4-Fischer RA.; D. Rees; K.D. Sayre; Z.M. Lu; A.G. Condon and A.L. Saavedra (1998). Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci., 38:1467-1475.

5-Gavuzzi, P.; F. Rizza; M. Palumbo; R. G. Campaline; G. L. Ricciardi and B. Borghi (1997). Evaluation of f ield and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Plant Sci., 77: 523-531. http://pubs.aic.ca/doi/pdfplus/10.4141/P96-130.

6-Guttieri. MJ.; JC. Stark; K. Brien and E. Souza (2001). Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Sci., 41: 327-335.

7-Hossain A. B. S.; A. G. Sears and T. S. Cox. (1990). Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Sci., 30: 622–627.

8-Kovda, V. A.; C. vande Berg and R. M. Hangun (1973). Irrigation Drainage and Salinity. FAO. UNESCO, London.

9-Mohammadi, R.E.; M. Farshadfar; Aghaee and J. Shutka (2003). Locating QTLs controlling drought tolerance criteria in rye using disomic addition lines. Cereal Res., Communications, 31: 257-277.

10-Moosavi, S.S.; B. Yazdi; S. Naghavi; A. A. Zali; H. Dashti and A. Pourshahbazi (2008). Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. DESERT, 12:165-178.

11-Rosielle, A. A. and J. Hamblin (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci., 21:943-946.

12-Zein, A.K. (2002). Rapid determination of soil moisture content by the microwave oven drying method. Sudan Engineering Society J., 48(40):43-54.

USING DROUGHT INDICES AND PRINCIPLE COMPONENT ANALYSIS (PCA) IN DIAGNOSIS OF BREAD WHEAT(*Triticum aestivum* L.) GENOTYPES FOR DROUGHT TOLERANCE

A. K. Mohammed * **F. A. Kadhem****

ABSTRACT

Drought is a widespread problem affecting the production of field crops, including wheat, not only in Iraq, but in most of the world's arid and semi-arid regions.The objective of this study was to evaluate the efficiency of several selection indices to identify drought tolerant genotypes under drought stress conditions. Twenty seven bread wheat local cultivars and genotypes differing in yield performance were grown under drought stress and normal irrigation during 2014 and 2015 growing season, were evaluated in split plot design with three replications. Principal component analysis (PCA) based on the correlation matrix, indicated that PCA1 (80.6%) and PCA2 (18.1%) accounted for 98.7% of variations among the indices. Results showed that MP, GMP and STI were more effective in identifying high yielding genotypes in both drought-stressed and irrigated conditions. Where as G1 ,G10 and G11 were more tolerant for drought but G25 and G26 as more sensitive genotype to drought stress.

A part of Ph. D. dissertation for the first author.

***State Board of Agric. Rese., Ministry of Agric .,Baghdad ,Iraq.**

****College of Agric., Baghdad Univ., Baghdad, Iraq.**