

استخدام تقنية التمييز النظيري للكربون كأداة فعالة لانتخاب تراكيب وراثية من القمح ذات كفاءة عالية في استخدام المياه

عبد الواحد عبدالله سيف*⁽¹⁾ وحازم حزام الأشول⁽¹⁾ وعارف عبد الباقي الشميري⁽¹⁾ وعمار وهبي⁽²⁾

(1). الهيئة العامة للبحوث والارشاد الزراعي، اليمن.

(2). معمل سيبيردورف التابع للوكالة الدولية للطاقة الذرية، فيينا.

(* للمراسلة: د. عبد الواحد عبدالله سيف. البريد الإلكتروني: amozaid@yahoo.com).

تاريخ القبول: 2019/03/24

تاريخ الاستلام: 2019/01/21

الملخص

نفذت تجربة عاملية في الموسم الربيعي 2014 و2015 في المزرعة البحثية التابعة للمحطة الإقليمية لبحوث المرتفعات الشمالية في اليمن، من أجل تقييم ستة طرز وراثية محلية من القمح القاسي، من حيث كفاءة استخدام المياه، وتأثير الإجهاد المائي في غلة الحبوب، باستخدام طريقة التمييز النظيري للكربون CID. وتضمن عامل الري أربع معاملات مع معاملة المشاهدة (المعاملات الرئيسية) هي: T₁ وهي إضافة 70 مم من مياه الري كل 10 أيام (الشاهد: طريقة المزارعين)، T₂: إضافة 55 مم من مياه الري كل 10 أيام، T₃: إضافة 55 مم من مياه الري كل 14 يوم، و T₄: إضافة 55 مم من مياه الري كل 18. استخدم تصميم القطاعات المنشقة من الدرجة الأولى بثلاث مكررات. أظهرت النتائج تفاوتاً في استجابة الطرز الوراثية للإجهاد المائي لمختلف مؤشرات النمو والغلة، وقد تفوقت الطرز الوراثية (Advanced line No.29*local var. Alass25 (Shara No.154) و Advanced line No. 35 في معظم مؤشرات النمو والغلة عن البقية، وحصل الصنف Arabi على أقل القيم. كما حقق الطراز الوراثي (Advanced line No.29*local var. Alass2 (Shara No.154) كفاءة عالية في استخدام المياه تحت معاملة الري T₃ (55 مم كل 14 يوم) وبدون فارقٍ معنويٍّ في الإنتاجية عن معاملة الري الأولى T₁ (70 مم كل 10 أيام)، وقدرت نسبة الوفر في مياه الري 29.9% مع تناقص في الإنتاجية بمقدار 13.64%. وبشكل عام فقد حققت التداخلات الثلاثة التالية أعلى متوسط للإنتاجية على مستوى الموسمين وهي T₁V₂، T₂V₃، T₂V₃. كما وجد ارتباط موجب بين التمييز النظيري للكربون في الحبوب Δ_{grain} والأوراق Δ_{leave} ومؤشر الإنتاجية وبعض مؤشرات النمو، كما وجدت اختلافات بين الطرز الوراثية المدروسة من حيث التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$ في الحبوب والأوراق، وانعكس هذا في الاختلافات في مستوى كفاءة استخدام المياه ومؤشر الإنتاجية. أما بالنسبة لمتوسطات الطرز الوراثية فقد تفوقت الطرز الوراثية (Advanced line No.29*local var. Alass25 (Shara No.154) و Advanced line No. 35) على البقية، وبلغ المتوسط 1543 و1430 كغ/هكتار على التوالي. كما زادت قيم المتوسطات للمعاملتين T₁ و T₂ معنوياً عن البقية، وحققت T₁ أعلى قيمة بلغت 1481 و1373 و1427 كغ/هكتار في الموسم 2014 و2015 ومتوسط الموسمين على التوالي. وفقاً لمؤشر كفاءة استخدام المياه والإنتاجية للطرز الوراثية الواقعة تحت الدراسة ومؤشر التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$ على مستوى الطرز الوراثية كلها لوحظ أن الطرز الوراثية (Advanced line No.29*local var. Alass25 (Shara No.154) و Advanced line No. 35) كانت الأفضل تحت معاملات الري T₁ و T₂.

الكلمات المفتاحية: التمييز النظيري للكربون، تراكيب وراثية من القمح، كفاءة استخدام المياه.

المقدمة:

أصبح شح المياه وتناقص مصادره، إحدى المعوقات الرئيسية لتطور الإنتاج الزراعي في اليمن. وقد خرجت معظم الأراضي الزراعية من دائرة الإنتاج الزراعي لقلّة مصادر مياه الري، وتملح التربة، إضافة إلى قلة الأمطار، وما يترتب عنه من حدوث جفاف غير متوقع في المواسم الزراعية، وهذا بدوره أدى إلى تناقص الإنتاج من وحدة المساحة، ناهيك عن تناقص المساحة الزراعية إجمالاً للمحاصيل الاقتصادية ومنها محاصيل الحبوب. تشير إحصائيات السنوات العشر الأخيرة إلى تناقص المساحة الزراعية من الحبوب، وحدث تغيير في النمط المحصولي بفعل عامل الجفاف المتكرر (الإحصاء الزراعي، 2016). وفي ضوء هذه الإشكالية ظهرت اتجاهات جديدة في البحوث الزراعية في الآونة الأخيرة ركزت على رفع إنتاجية وحدة المياه المضافة، من خلال استخدام أصناف ذات كفاءة عالية في استخدام مياه الري، وذات إنتاج اقتصادي جيد، وكذا البحث عن مصادر وراثية نباتية متحملة للجفاف. وكما هو معروف فإن المحاصيل تتباين في استجابتها لتحمل الجفاف، كما تتباين الأصناف أيضاً داخل هذه المحاصيل لهذه الصفة، وجدت كثير من التقنيات المستخدمة في تحديد مستوى استجابة الأصناف والمحاصيل للإجهاد المائي، وتحمل للجفاف، ومنها تقنية نظير الكربون $\Delta^{13}\text{C}$ Carbon Isotope Discrimination. تحتاج طرق التربية والانتخاب المستخدمة بشكل واسع كالانتخاب المباشر في البيئات المختلفة عادة وقتاً طويلاً، وفي الغالب لا تكون دقيقة بسبب تداخل العوامل الوراثية والبيئية (Wahbi and Shaaban, 2011)، لذا اقترح العديد من الباحثين استخدام تقنية نظير الكربون كأداة غير مباشرة للانتخاب، وتقييم كفاءة النتج (Transpiration Efficiency TE)، وكذا رفع كفاءة استخدام المياه المضافة، كما يمكنها أن تقصر فترة برنامج التربية (Condon and Hall, 1997; Araus et al., 1998; Voltas et al., 1999). يمكن تقدير كفاءة النتج ET على مستوى الورقة من خلال قياس فقد الماء عن طريق البخر أو النتج أو الناقلية المسامية (Stomatal Conductance (g_s)) وفي ظروف الحقل هناك العديد من العوامل وتداخلاتها، تجعل اكتشاف الاختلافات الجينية لهذه الصفة صعبة بالطرق التقليدية، وبرهنت طريقة $\Delta^{13}\text{C}$ كبديل فعال للتغلب على هذه الصعوبة (Monneveux et al., 2005). تشير نتائج الدراسات إلى وجود ارتباط موجب بين $\Delta^{13}\text{C}$ والإنتاجية، ومقدار الإجهاد المائي للقمح (Iqbal et al., 2005, Misra et al., 2010)، ويختلف مقدار الارتباط تبعاً لنوع أخذ العينات، ووقتها، لتحليل $\Delta^{13}\text{C}$ (Monneveux et al., 2005). كما وجد (Wahbi and Shaaban, 2011) في دراسة العلاقة بين التمييز النظيري للكربون والإنتاجية، وكفاءة استخدام المياه لمحصول القمح في شمال سورية، وأظهرت النتائج وجود علاقة عكسية بين الجفاف و $\Delta^{13}\text{C}$ ، إذ ارتفعت نسبة $\Delta^{13}\text{C}$ في الموسم الأكثر هطولاً للأمطار، كما وجد ارتباطاً موجباً بين $\Delta^{13}\text{C}$ والإنتاجية والكتلة الحيوية. ووجد Monneveux et al., (2006) ارتباطاً موجباً بين $\Delta^{13}\text{C}$ والحبوب، ولم يجد ارتباط بين $\Delta^{13}\text{C}$ لورقة العلم والإنتاجية، ووجد ارتباطاً موجباً بين $\Delta^{13}\text{C}$ الحبوب في القمح المروري وسلياً في القمح المطري. وفي دراسة قام بها (Merah et al., 2001) لدراسة علاقة $\Delta^{13}\text{C}$ لورقة العلم وبعض الصفات المورفو-فسيولوجية لأصناف من القمح تحت ظروف مناخ البحر الأبيض المتوسط، وخلصت النتائج إلى وجود علاقة ارتباط معنوي موجب بين $\Delta^{13}\text{C}$ والإنتاجية ودليل الحصاد وحالة النبات المائية، واستنتج من الدراسة أن $\Delta^{13}\text{C}$ يمكن أن يكون مؤشراً للإنتاجية والحالة المائية للقمح المطري في ظروف مناخ البحر الأبيض المتوسط. وفي دراسة قام بها (Yasir et al., 2013) لدراسة العلاقة بين $\Delta^{13}\text{C}$ وبعض متغيرات التبادل الغازي والإنتاجية لسلسلة من أصناف القمح تحت معاملتين من مياه الري، وأوضحت النتائج وجود ارتباط معنوي موجب بين $\Delta^{13}\text{C}$ ومعدلات البناء الضوئي، والنتج، وتوصيلية الثغور، والإنتاجية الحبية، والوزن البيولوجي، ودليل الحصاد، وارتباط سالب مع كفاءة استخدام المياه في كلا معاملتي الري، وتقترح الدراسة أن $\Delta^{13}\text{C}$ يمكن أن يكون مؤشراً جيداً ومعيّاراً لاختيار أصناف القمح وتحسينها لتحمل الجفاف تحت ظروف محدودية مياه الري. تتأثر قيم نسبة التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}\text{C}$ في نباتات مجموعة C3 أثناء عملية تمثيل الكربون في النبات، بالنسبة بين تركيز CO_2 داخل الخلية وخارجها، فإن أي تغيير في عمل الثغور ونفاذيتها (كالإجهاد المائي والملوحة وغيرها) يؤدي إلى تغيير في هذه النسبة، لهذا فهي مرتبطة بتمثيل غاز ثاني أكسيد الكربون وكفاءة النتج (Farquhar et al., 1982)، ولهذا فإن أي

اختلافات في هذه النسبة بين الأصناف المختلفة ضمن نفس المنطقة، تعكس اختلافاتها في كفاءة تمثيل CO_2 ، وكفاءة النتج (كفاءة استخدام المياه). لذلك يمكن لمختصي التربية في ظروف نقص المياه اختيار الأصناف ذات قيمة $\Delta^{13}C$ الأقل بدون الحاجة إلى سنوات عديدة من الاختبارات، وقد لا تتوافق هذه الصفة مع الإنتاجية العالية (Yasir et al., 2013). ويهدف البحث إلى دراسة استجابة بعض الطرز الوراثية من القمح القاسي للإجهاد المائي باستخدام تقنية التمييز النظيري للكربون، ومدى ارتباط التمييز النظيري للكربون بالمؤشرات التقليدية المستخدمة لدراسة استجابة الإجهاد المائي.

مواد البحث وطرقه:

نفذت تجربة عاملية في الموسمين الربيعيين 2014 و2015 في المزرعة البحثية التابعة للمحطة الأقليمية لبحوث المرتفعات الشمالية في تربة خليطة، ويوضح الجدول (1) أهم المتغيرات المناخية خلال مواسم النمو.

الجدول 1. المعطيات المناخية لموقع تنفيذ التجربة خلال موسم النمو 2015/2014

الأمطار (mm)	التبخر نتح ETo (mm/day)		متوسط الضغط الجوي (hPa)		متوسط سرعة الرياح (km/hr)		متوسط نقطة الندى (°C)		متوسط الرطوبة النسبية (%)		متوسط درجة الحرارة (°C)		الشهر	
	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014		
0	32.6	5.34	5.04	1002	1002	3.17	3.69	3.55	4.71	31.22	35.2	23.50	23.17	يوليو
68.2	30.8	4.68	5.42	1003	1002	2.66	3.89	7.92	6.74	47.29	42.8	22.16	21.99	أغسطس
0.2	11.4	5.33	5.32	1006	1005	2.56	3.43	0.80	2.51	28.25	34.4	21.30	20.61	سبتمبر
0	0	4.55	4.59	1011	1011	1.98	3.08	-0.31	-0.19	31.90	33.3	18.21	17.07	أكتوبر

وذلك لتقييم الصنف عربي إلى جانب خمس سلالات محسنة محلية مختارة من القمح المحلي القاسي (مختارة من برنامج تهجين بين الأصناف المحلية وأصناف مدخلة)، من حيث كفاءة استخدام المياه، والاستجابة للإجهاد المائي باستخدام طريقة التمييز النظيري للكربون؛ وهذه (الطرز الوراثية):

V₁ : Advanced line No.12*local var. Alass24 (Shara No.2)

V₂ : Advanced line No.29*local var. Alass25(Shara No.154)

V₃ : Advanced line No. 35

V₄ : Advanced line No. 42

V₅ : Advanced line No. 12

V₆ : Arabi

وتضمن عامل الري أربع معاملات مع معاملة الشاهد (المعاملات الرئيسية) هي:

T₁ : إضافة 70 مم من مياه الري كل 10 أيام (الشاهد: طريقة المزارعين).

T₂ : إضافة 55 مم من مياه الري كل 10 أيام.

T₃ : إضافة 55 مم من مياه الري كل 14 يوم.

T₄ : إضافة 55 مم من مياه الري كل 18 يوم.

استخدم تصميم القطاعات المنشقة من الدرجة الأولى بثلاث مكررات في تنفيذ التجربة، وتم وضع معاملات الري كعامل رئيس والطرز الوراثية كعامل ثانوي. وتمت زراعة الطرز الوراثية بتاريخ 11 يوليو/تموز في موسم 2014 و2 يوليو/تموز لموسم 2015 في وحدات تجريبية عددها 72 وحدة تجريبية، مساحة كل منها 1.5x2.5 متر مربع؛ وقد تمت إضافة الأسمدة بالمعدلات التالية:

- يوريا (46% نتروجين) بمعدل 100 كغ نيتروجين/هكتار نصفها عند الزراعة والآخر بعد 40 يوماً.

- سوبر فوسفات ثلاثي (50% P2O5) بمعدل 80 كغ فوسفور/هكتار على دفعة واحدة عند الزراعة. وتم تطبيق معاملات الري من الريّة الثالثة، وتم حساب كمية مياه الري لكل وحدة تجريبية بواسطة عداد مياه عند مصدر المياه بحسب المعاملات الموضحة في الجدول (2). أجريت عملية التعشيب دورياً بحسب الحاجة، وحصدت النباتات بين 11 الى 22 أكتوبر/تشرين الأول في الموسم 2014، وفي 15 أكتوبر/تشرين الأول في الموسم 2015 عند النضج الفسيولوجي للطرز الوراثية. الجدول 2. عدد المعاملات، والريّات، كمية مياه الريّ المضافة والهطول المطري خلال موسم النمو

المعاملات		عدد الريّات		كمية مياه الريّ المضافة (mm)		الأمطار (mm)		اجمالي كمية المياه المضافة (mm)	
		2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014
T ₁		7	7	490	490	68.4	74.8	558.4	564.8
T ₂		7	7	415	415	68.4	74.8	483.4	489.8
T ₃		6	6	360	360	68.4	74.8	428.4	434.8
T ₄		5	5	305	305	68.4	74.8	373.4	379.8

وتم أخذ البيانات والقياسات التالية:

- كمية مياه الريّ المضافة، وكمية الأمطار.
- التغير في رطوبة التربة عند الزراعة معند الحصاد بتقدير رطوبة التربة لقطاع التربة بالطريقة الوزنية وتحويلها الى رطوبة حجمية بضربها في الكثافة الظاهرية للتربة.
- عدد الأيام حتى 50% إزهار.
- ارتفاع النبات "سم"
- طول السنبل "سم"
- عدد الحبوب في السنبل، وتم أخذ المتوسطات من واقع خمس قراءات عشوائية أخذت من كل وحدة تجريبية.
- تم تقدير الإنتاجية من الحبوب، ووزن الألف حبة "غ"
- تم تقدير كفاءة استخدام المياه "كغ/متر مكعب" وذلك بقسمة الإنتاجية الحبيبة، على كمية المياه المستهلكة (Di Wit, 1958)، وتم تقدير كمية المياه المستهلكة بمعادلة الميزان المائي التالية:

$$ET_c = I + P + D + R \pm \Delta S$$

حيث ET_c : التبخرنتح الفعلي (كمية المياه المستهلكة)، I : كمية مياه الريّ المضافة، P : الأمطار الفعالة، D : التسرب العميق، R : الجريان السطحي، ΔS : التغير في رطوبة التربة بين موعد الزراعة وموعده الحصاد. وحيث أن كمية مياه الريّ قليلة ولا تفي لحدوث تسرب عميق، وأن الزراعة في أحواض مغلقة ولا وجود لجريان سطحي، ولأن رطوبة التربة المقدره عند الزراعة وعند الحصاد متساوية تقريباً إذ بلغت 23.5%، وبالتالي التغير في رطوبة التربة يساوي صفر تقريباً؛ لذلك فقد تم إهمال التسرب العميق والجريان السطحي والتغير في رطوبة التربة واختصرت المعادلة إلى $ET_c = I + P$.

ولتقدير نسبة التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$ تم أخذ خمس عينات عشوائية من المعاملات، وتحديد ورقه العلم (عند امتداد الورقة بشكل كلي بعد التسنبل)، وتجفيفها عند درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة 24 ساعة) وتم طحنها. كما أخذت عينات من الحبوب عند النضج من كل معاملة وتم طحنها. وتم أخذ 1 غ من كل معاملة من الأوراق والحبوب (للموسم 2014 فقط) وأرسلت إلى مختبرات بحوث النبات في بلجيكا لتقديره بجهاز isotope ratio mass spectrometer وإجراء الحسابات بالطريقة الواردة في (Farquhar et al., 1989). وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج GenStat RELEASE 7.1، وقورنت المتوسطات بطريقة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 0.05 و 0.01.

النتائج والمناقشة:

يمثل الجدول (3) جدول تحليل التباين للموسمين والمعنوية للصفات المدروسة، فقد كان تأثير الموسم معنوي جداً في وزن الألف حبة وارتفاع النبات، ومعنوي في الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه، وغير معنوي في باقي المتغيرات. وتفاوتت معنوية تأثير معاملات الري من معنوي جداً في الإنتاجية وكفاءة استخدام المياه، إلى معنوي في بقية الصفات عدا طول السنبله ووزن الألف حبة، أما تأثير الطراز الوراثي فقد كان معنوياً جداً في جميع الصفات والمتغيرات المدروسة.

الجدول 3. جدول تحليل التباين للموسمين للصفات المدروسة

مصادر التباين	df	الأيام حتى 50% إزهار	ارتفاع النبات سم	طول السنبله سم	عدد الحبوب في السنبله	وزن الألف حبة غ	الإنتاجية كغ/هكتار	كفاءة استخدام المياه كغ/متر مكعب
Year	1	0.840 ^{ns}	4203.36 ^{***}	2.3922 ^{ns}	30.43 ^{ns}	280.56 ^{***}	959207 [*]	0.040543 [*]
Year(Rep)	4	8.493	32.92	0.5267	15.92	1.467	88928	0.003624
Irrigation	3	12.451 [*]	436.31 ^{**}	0.8567 ^{ns}	79.42 ^{**}	22.288 ^{ns}	3693500 ^{***}	0.043281 ^{***}
Irrigation x Year	3	1.803 ^{ns}	42.82 ^{ns}	0.5298 ^{ns}	53.37 [*]	59.025 [*]	47735 ^{ns}	0.003293 ^{ns}
Error	12	2.558	57.53	0.4388	10.60	10.047	40303	0.001929
Genotype	5	521.18 ^{***}	1114.58 ^{***}	9.6576 ^{***}	1243.12 ^{***}	369.013 ^{***}	886490 ^{***}	0.040779 ^{***}
Genotype x Year	5	39.69 ^{***}	70.66 ^{**}	1.3738 ^{***}	40.20 [*]	27.490 ^{***}	551794 ^{***}	0.026007 ^{***}
Irrigation x Variety	15	4.601 ^{**}	28.51 ^{ns}	0.1656 ^{ns}	23.99 ^{ns}	5.969 ^{ns}	118828 ^{***}	0.004954 ^{**}
Irrigation x Genotype x Year	15	1.964 ^{ns}	36.01 [*]	0.4229 ^{ns}	12.09 ^{ns}	10.317 [*]	53932 ^{ns}	0.002398 ^{ns}
Error	80	1.917	19.09	0.2886	14.07	4.603	40123	0.001978
C.V %		2.7	8.0	8.1	15.0	6.2	17.8	18.6

ns، *، **، و ***: تعني غير معنوي، ومعنوي عند مستوى احتمالية 0.05، 0.01، و 0.001 على التوالي

عدد الأيام حتى الإزهار (يوم):

تشير معطيات الجدول (4) إلى وجود فروق معنوية بين متوسطات الطرز الوراثية لعدد الأيام حتى 50% إزهار على مستوى معاملات الري في الموسم 2015، ولم توجد فروقات معنوية بين معاملات الري نفسها وكذلك التداخل بين القيم في الموسم 2014 ولكن وجد تداخل معنوي في 2015 بين معاملي T_1 و T_2 ، وبشكل عام فقد وجدت فروقاً معنوية في عدد الأيام حتى 50% إزهار بين معاملات الري والطرز الوراثية والتداخل فيما بينهما في متوسط الموسمين. الطراز الوراثي V2 كان متأخراً في الإزهار وبفارق معنوي عن البقية وبلغ 58 يوماً مقابل أقل متوسط وبمستوى معنوي للطرز الوراثي V6 وبلغ 45 يوماً. تأخر الطراز الوراثي V2 في الإزهار عن بقية الطرز الوراثية وأعطى أعلى متوسط بلغ 58 يوماً على مستوى الموسمين، ولم يوجد فارق معنوي بين الطرازين V4 و V3 كما هو مبين في الجدول نفسه. لم يلاحظ وجود فرق معنوي بين الطراز الوراثي X المعاملة في موسم 2014 ولكن التداخل كان معنوياً في الموسم 2015 وكذا قيم المتوسطات في الموسمين، وبشكل عام فقد ظهرت المتوسطات للطرز الوراثي V6 على مستوى المعاملات المدروسة أقل عما هي عليه عن بقية الطرز الوراثية عند معاملات الري المختلفة، بينما كانت القيم أعلى عند الطراز الوراثي V2 يليها الطراز الوراثي V5 ثم V1.

الجدول 4. تأثير المعاملات المدروسة على كل من عدد الأيام حتى 50% إزهار (يوم) وارتفاع النبات (سم) وطول السنبلية (سم)

طول السنبلية (سم)			ارتفاع النبات (سم)			الأيام حتى 50% إزهار (يوم)			المعاملات
المتوسط	2015	2014	المتوسط	2015	2014	المتوسط	2015	2014	
6.811	6.594	7.028	58.67	63.06	54.28	52	52	52	T ₁
6.497	6.511	6.483	56.25	61.50	51.00	51	51	51	T ₂
6.719	6.478	6.961	54.19	59.22	49.17	52	51	52	T ₃
6.516	6.444	6.587	50.44	57.39	43.50	52	25	52	T ₄
ns	ns	ns	3.895	ns	ns	0.821	1.037	ns	LSD _{0.05}
6.171	5.975	6.367	54.88	57.25	52.50	53	52	54	V ₁
7.567	7.292	7.842	52.63	59.42	45.83	58	58	57	V ₂
6.913	6.850	6.975	61.00	66.25	55.75	50	49	51	V ₃
6.304	6.483	6.125	63.46	68.33	58.58	49	48	50	V ₄
7.004	7.067	6.942	53.13	60.25	46.00	55	57	54	V ₅
5.857	5.375	6.338	44.25	50.25	38.25	45	46	44	V ₆
0.3086	0.5251	0.3469	2.510	3.801	3.398	0.795	0.930	1.321	LSD _{0.05}
6.367	5.800	6.933	56.67	57.67	55.67	52	52	53	T ₁ V ₁
7.833	7.700	7.967	55.83	61.33	50.33	58	59	57	T ₁ V ₂
7.100	6.967	7.233	66.83	74.33	59.33	51	49	53	T ₁ V ₃
6.217	6.167	6.267	67.00	68.00	66.00	50	49	52	T ₁ V ₄
7.333	7.167	7.500	58.00	63.00	53.00	57	59	55	T ₁ V ₅
6.017	5.767	6.267	47.67	54.00	41.33	45	46	43	T ₁ V ₆
5.983	6.133	5.833	56.00	60.67	51.33	53	51	54	T ₂ V ₁
7.567	7.300	7.833	53.33	60.67	46.00	57	58	56	T ₂ V ₂
6.617	6.767	6.467	61.17	67.33	55.00	49	47	50	T ₂ V ₃
6.200	6.300	6.100	64.50	69.00	60.00	47	46	48	T ₂ V ₄
6.783	6.900	6.667	55.83	62.00	49.67	56	57	54	T ₂ V ₅
5.833	5.667	6.000	46.67	49.33	44.00	44	45	43	T ₂ V ₆
6.400	6.000	6.800	57.00	58.33	55.67	53	53	54	T ₃ V ₁
7.667	7.133	8.200	51.33	55.67	47.00	58	57	58	T ₃ V ₂
7.150	6.867	7.433	59.50	60.00	59.00	51	49	52	T ₃ V ₃
6.367	6.567	6.167	66.00	74.33	57.67	49	48	50	T ₃ V ₄
7.000	7.000	7.000	51.50	60.00	43.00	54	55	53	T ₃ V ₅
5.733	5.300	6.167	39.83	47.00	32.67	46	46	45	T ₃ V ₆
5.933	5.967	5.900	49.83	52.33	47.33	53	51	54	T ₄ V ₁
7.200	7.033	7.367	50.00	60.00	40.00	58	59	57	T ₄ V ₂
6.783	6.800	6.767	56.50	63.33	49.67	50	50	50	T ₄ V ₃
6.433	6.900	5.967	56.33	62.00	50.67	50	49	52	T ₄ V ₄
6.900	7.200	6.600	47.17	56.00	38.33	54	56	53	T ₄ V ₅
5.843	4.767	6.920	42.83	50.67	35.00	45	46	43	T ₄ V ₆
ns	ns	0.7582	ns	ns	ns	1.632	1.896	ns	LSD _{0.05}
ns	ns	0.6938	ns	ns	ns	1.591	1.859	ns	LSD _{0.05} عند نفس المستوى من T

ارتفاع النبات (سم):

بالنسبة لمتوسط ارتفاع النبات فقد وجد فارق معنوي بين المتوسطات على مستوى الموسمين، حيث كانت المتوسطات لارتفاع النبات في الموسم 2015 أعلى مقارنة عن ما هو عليه في الموسم 2014، وقد يعزى ذلك إلى أن الأمطار الهائلة عام 2015 تركزت في شهر يوليو في مرحلة الاستطالة إذ بلغت 68.2 مم مقارنة 30.8 مم في 2014 وهذا أدى إلى زيادة في ارتفاع النبات في 2015 برغم أن كمية الأمطار الموسمية متقاربة للموسمين، كما أثر الإجهاد المائي سلباً في صفة ارتفاع النبات، إذ وجد فارق معنوي بين المتوسط العام

لمعاملات الري وأعطت المعاملة T_4 أقل متوسط بلغ 50.44 سم، وبفارق معنوي عن المعاملتين T_1 و T_2 ، وفيما يخص متوسطات الطرز الوراثية على مستوى معاملات الري المختلفة، فقد تفوقت جميع الطرز الوراثية على الصنف Arabi (V_6) الذي امتلك أقل قيمة لصفة ارتفاع النبات بلغت 38.25 سم و 50.25 سم في الموسمين 2014، 2015 على التوالي (الجدول 4)، وتمثلت الطرز الوراثية V_1 ، V_2 ، V_5 في ارتفاع النبات بشكل عام عدا أن الطراز الوراثي V_1 تفوق على الطراز الوراثيين الآخرين في موسم 2014، كما تفوق الطرازين V_3 ، V_4 بشكل عام على باقي الطرز الوراثية بأعلى قيم بلغت 63.46 و 61 سم على التوالي كمتوسط للموسمين. ولم يلاحظ تأثير معنوي بين الطراز الوراثي X معاملة الري وإن وجد تفاوت في ارتفاع النبات فهو راجع إلى تأثير الطراز الوراثي، وقد ظهرت المتوسطات عند المعاملة T_4 أقل عن ما هي عليه عند بقية المعاملات وبفروقات غير معنوية، وهذا مؤشر على وجود تأثير للإجهاد المائي على تناقص ارتفاع النبات وخاصة الطرز الوراثية V_3 ، V_4 .

طول السنبل (سم):

وفيما يخص متوسط طول السنبل لم يلاحظ وجود فروقات معنوية بين المتوسطات على مستوى الموسمين، وكذا بين متوسطات معاملات الري، ويظهر من الجدول (4) وجود فروقات معنوية بين متوسطات الطرز الوراثية داخل الموسم، وكذلك على مستوى معاملات الري فقد كانت أكبر القيم للطراز الوراثي V_2 وبفارق معنوي عن البقية، حيث بلغت 7.84 و 7.29 سم للموسمين 2014 و 2015 على التوالي وبمتوسط 7.57 سم، مقابل أقل القيم للطراز الوراثي V_4 و V_6 ، وتفوق الطرازان V_3 و V_5 معنوياً في طول السنبل على الطرازين V_1 ، V_4 و V_6 كما هو مبين في الجدول نفسه. كما وجد تداخل معنوي بين الطراز الوراثي X المعاملة في الموسم 2014 فقد كانت القيم أعلى وبمستوى معنوي للطراز الوراثي V_1 عند المعاملة T_1 و T_3 عن المعاملة T_2 و T_4 ، وبشكل عام فإن قيم طول السنابل كانت في معظمها أقل عند المعاملة T_4 لجميع الطرز الوراثية وهذا ناتج عن تأثير الإجهاد المائي على متوسط الصفة.

عدد الحبوب في السنبل:

وجد اختلاف معنوي في عدد الحبوب من السنبل بين معاملات الري في الموسم 2014 وبين المتوسطات على مستوى الموسمين كما هو في الجدول (5)، المعاملة T_4 أعطت أقل القيم وبفارق معنوي عن بقية المعاملات وهذا راجع للإجهاد المائي في هذه المعاملة. متوسطات الطرز الوراثية لعدد الحبوب في السنبل على مستوى معاملات الري تباينت معنوياً، فقد حقق الطرازان V_2 و V_5 أعلى القيم وبفارق معنوي عن بقية الطرز الوراثية بلغت 36 و 33.33 حبة للطراز الوراثي V_2 و 36.67 حبة و 30.58 و 33.83 حبة للطراز الوراثي V_5 للموسمين 2014 و 2015 على التوالي مقابل أقل قيمة للطراز الوراثي V_6 بلغ 15.41 حبة. بينما لم يكن الفرق معنوياً بين الطرازين V_1 ، V_3 كما هو مبين في جدول (5). وجد تداخل معنوي بين الطراز الوراثي X المعاملة في الموسم 2014 وقد ظهرت قيم المتوسطات لكل الطرز الوراثية أقل عند المعاملة T_4 بفعل الإجهاد المائي وتدرج هذا التباين لسلوك الطرز الوراثية تحت بقية المعاملات بتناقص الإجهاد المائي وانعكس هذا في قيم المتوسطات بفعل تأثير الطراز الوراثي.

وزن الألف حبة (غ):

تشير معطيات الجدول (5) إلى وجود فروقات معنوية بين متوسط موسم 2014 في وزن الألف حبة عن متوسط موسم 2015، فقد وجدت فروق غير معنوية بين المتوسط العام لقيم معاملات الري المختلفة، فقد حققت المعاملة T_1 أعلى قيمة بلغت 35.53 غ كمتوسط للموسمين وحققت المعاملة T_4 أقل قيمة بلغت 33.7 غ كمتوسط للموسمين. وبالنسبة لمتوسط الطراز الوراثي على مستوى معاملات الري فقد تفوق الطراز الوراثي V_3 معنوياً على باقي الطرز الوراثية من حيث متوسط القيمة في الموسم 2014 كما أعطى أعلى متوسط على مستوى الموسمين وبلغت القيم 41.58 و 40 غ على التوالي، وتمثلت مع الطراز الوراثي V_4 في موسم 2015، كما تفوق الطراز الوراثي V_4 على V_2 ، V_5 و V_1 في كلا الموسمين، لوحظ وجود فرق معنوي بين متوسطات V_1 و V_2 و متوسط V_5 في الموسم 2014 وعلى مستوى الموسمين ولم تكن الفروقات معنوية بين المتوسطات في موسم 2015 وقد أعطى أقل قيم في وزن ألف حبة بلغت 31.17،

28.08، 29.62 غ في الموسم 2014 و 2015 ومتوسط القيم على مستوى الموسمين على التوالي كما هو مبين في الجدول (5). وبالنسبة لتداخل الطراز الوراثي x المعاملة فلم تظهر اختلافات معنوية إلا في الموسم 2014 فقد ظهر أن الطرز الوراثية V_2 و V_3 و V_5 أقل تأثراً باختلاف معاملات الري مما يعطي مؤشراً بعدم حساسيتهما للإجهاد المائي في طور الامتلاء والنضج. وبرغم أن الطراز الوراثي V_3 تفوق على V_2 في وزن ألف حبة إلا أن الطراز الوراثي V_2 تفوق على الآخر في عدد الحبوب في السنبله مما جعل الطرازين غير مختلفين معنوياً في الإنتاجية.

الجدول 5. تأثير المعاملات المدروسة على كل من عدد الحبوب في السنبله، ووزن ألف حبة (غ)

وزن الألف حبة (غ)		عدد الحبوب في السنبله			المعاملات	
المتوسط	2015	2014	المتوسط	2015		2014
35.53	33.06	38	26.56	25.61	27.50	T ₁
34.97	32.72	37.22	24.83	25.89	23.78	T ₂
34.19	33	35.39	25.69	25.61	25.78	T ₃
33.77	34.1	33.43	23.08	24.89	21.27	T ₄
ns	ns	ns	1.672	ns	1.766	LSD _{0.05}
32.46	29.33	35.58	22.04	21.67	22.42	V ₁
31.87	30.25	33.5	34.67	33.33	36.00	V ₂
40	38.42	41.58	24.46	24.83	24.08	V ₃
37.45	37.17	37.73	21.46	23.67	19.25	V ₄
29.62	28.08	31.17	32.21	33.83	30.58	V ₅
36.28	36.07	36.5	15.41	15.67	15.15	V ₆
1.233	1.574	1.944	2.155	3.684	2.346	LSD _{0.05}
33.83	28.67	39	23.33	20.33	26.33	T ₁ V ₁
31.67	29.33	34	37.50	36.67	38.33	T ₁ V ₂
40.17	38.67	41.67	24.83	23.33	26.33	T ₁ V ₃
39.17	36.67	41.67	21.33	21.00	21.67	T ₁ V ₄
30.33	28.33	32.33	36.67	36.33	37.00	T ₁ V ₅
38	36.67	39.33	15.67	16.00	15.33	T ₁ V ₆
32.33	29	35.67	21.50	22.33	20.67	T ₂ V ₁
32.17	30.67	33.67	37.17	34.67	39.67	T ₂ V ₂
39.67	38	41.33	23.00	24.67	21.33	T ₂ V ₃
38.17	36.33	40	22.33	23.33	21.33	T ₂ V ₄
31.17	28.67	33.67	29.50	33.33	25.67	T ₂ V ₅
36.33	33.67	39	15.50	17.00	14.00	T ₂ V ₆
32.17	30	34.33	23.33	22.33	24.33	T ₃ V ₁
32.17	30.33	34	34.17	31.33	37.00	T ₃ V ₂
39.33	36	42.67	27.67	27.67	27.67	T ₃ V ₃
37.83	38.33	37.33	21.50	24.67	18.33	T ₃ V ₄
28.33	28.33	28.33	33.00	33.67	32.33	T ₃ V ₅
35.33	35	35.67	14.50	14.00	15.00	T ₃ V ₆
31.5	29.67	33.33	20.00	21.67	18.33	T ₄ V ₁
31.5	30.67	32.33	29.83	30.67	29.00	T ₄ V ₂
40.83	41	40.67	22.33	23.67	21.00	T ₄ V ₃
34.63	37.33	31.93	20.67	25.67	15.67	T ₄ V ₄
28.67	27	30.33	29.67	32.00	27.33	T ₄ V ₅
35.47	38.93	32	15.97	15.67	16.27	T ₄ V ₆
ns	ns	4.546	ns	ns	4.538	LSD _{0.05}
ns	ns	3.887	ns	ns	4.728	LSD _{0.05} عند نفس المستوى من T

الإنتاجية كغ/هكتار:

تشير معطيات الجدول (6) إلى أن المتوسطات لمعاملات الري في موسم 2014 زادت معنوياً عن ما هو عليه في موسم 2015 عند مستوى معنوية 0.05 وقد يعزى ذلك إلى التوزيع الجيد للأمطار خلال موسم النمو في عام 2014، كما أن قيم المتوسطات للمعاملة T_1 و T_2 زادت معنوياً عن البقية وحقت T_1 أعلى قيمة بلغت 1481 و 1373 و 1427 كغ/هكتار في الموسم 2014 و 2015 وقيم المتوسطات على مستوى الموسمين على التوالي، وتفوقت المعاملة T_3 عن معاملة T_4 التي حققت 1129، 860 و 995 كغ/هكتار مقابل أقل القيم للمعاملة T_4 وبلغت 814 و 659 و 736 كغ/هكتار في الموسم 2014 و 2015 وكذا متوسط الموسمين على التوالي؛ أما بالنسبة لمتوسطات الطرز الوراثية في الموسم 2014 تفوق الطرازين V_2 و V_3 على بقية الطرز الوراثية وبلغ المتوسط 1543 و 1430 كغ/هكتار على التوالي، وتفوق الطرازين V_1 و V_5 على V_4 و V_6 ، وقد حقق الطراز الوراثي V_6 أقل قيمة وبلغ المتوسط 901 كجم/هكتار، أما في الموسم 2015 فقد تماثلت الإنتاجية معنوياً للطرز الوراثية V_5 ، V_4 ، V_3 ، V_2 ، V_1 ، V_6 ، وقد حقق الطراز الوراثي V_1 أقل قيمة بلغت 609 كغ/هكتار بفارق كبير عن ما هو عليه في الموسم الأول حيث بلغت الإنتاجية 1223 كغ/هكتار. أما متوسط الإنتاجية للموسمين فقد تفوق الطراز الوراثي V_2 معنوياً على باقي الطرز الوراثية عدى V_3 بأعلى قيمة بلغت 1358 كغ/هكتار وتفوق الطرازين V_5 ، V_3 على البقية وتساوى الطرازان V_6 ، V_1 وحققت أقل قيمة بلغت 914، 916 كغ/هكتار على التوالي (الجدول 6). وبالنسبة للتداخل بين الطراز الوراثي والمعاملة فقد كان التباين بين المتوسطات معنوياً في الموسم 2014 ولم يكن التباين معنوياً في موسم 2015 لكن وجد تداخل معنوي على مستوى قيم المتوسطات للموسمين، وبشكل عام فإن إنتاجية الطرز الوراثية (في إطار الطراز الوراثي) لم تختلف معنوياً بين معاملي الري T_1 ، T_2 عدا الطراز الوراثي V_6 ، أما عند المعاملة T_3 ، T_4 فلم تظهر اختلافات بين الطرازين V_6 ، V_1 عند المقارنة في إطار الطراز الوراثي نفسه (الجدول 6). وفي الموسم 2014 وجد تداخل معنوي للطرز الوراثي V_3 مع معاملات الري وزاد متوسط T_1 و T_2 و T_3 عن المعاملة T_4 وبلغ 1535 و 1735 و 1500 و 952 كغ/هكتار على التوالي. نفس التداخل للطرز الوراثي V_4 فقد كان معنوياً وحققت المعاملة T_1 و T_2 أعلى متوسط مقارنة بالمعاملة T_3 و T_4 كغ/هكتار وبلغ 1394 و 1119 و 744 و 601 كغ/هكتار على التوالي. وبشكل عام وعلى أساس متوسط المعاملات للموسمين، فقد حققت الثلاثة التداخلات التالية أعلى متوسط للإنتاجية T_2V_3 ، T_1V_2 ، T_2V_3 .

كفاءة استخدام المياه (كغ/ متر مكعب):

مؤشر كفاءة استخدام المياه أخذ نفس منحى مؤشر الإنتاجية من حيث وجود اختلافات معنوية بين المعاملات في الموسم 2014 وكذا بين متوسط الموسمين، ولم تكن الفروقات معنوية في موسم 2015 كما هو موضح من معطيات الجدول (6). حققت معاملة الري T_2 أعلى قيمة في موسم 2014 و 2015 ومتوسط الموسمين حيث بلغت 0.2871 و 0.2658 و 0.2765 كغ/متر مكعب على التوالي، بفارق معنوي عن جميع المعاملات عدا T_1 ، وفي المقابل فقد حققت المعاملة T_4 أقل قيمة بفارق معنوي عن جميع المعاملات. أما بالنسبة لمتوسطات الطراز الوراثي ففي الموسم 2014 تفوق الطرازين V_2 و V_3 عن بقية الطرز الوراثية وأعطيا متوسط بلغ 0.3282 و 0.3054 كغ/متر مكعب على التوالي، كما تفوق الطرازين V_1 و V_5 وأعطيا متوسط بلغ 0.2626 و 0.2472 كغ/متر مكعب مقابل 0.2011 و 0.1903 كغ/متر مكعب للطرزين V_4 و V_6 على التوالي وتفوق الطراز الوراثي V_5 على V_4 ، أما في الموسم 2015 فقد تماثلت الطرز الوراثية V_5 ، V_4 ، V_3 ، V_2 إحصائياً وتفوقت على الطرازين V_6 ، V_1 ، كما تفوق V_6 على V_1 ، وبشكل عام وبالنظر إلى متوسط الموسمين فقد حقق الطراز الوراثي V_2 أعلى قيمة بلغت 0.2895 كغ/متر مكعب متفوقاً بذلك على باقي الطرز الوراثية عدا V_3 . كما أن التداخل كان معنوياً بين الطراز الوراثي والمعاملة في الموسم 2014 ومتوسط الموسمين. تشير معطيات الجدول (6) إلى وجود تداخل معنوي بين معاملة الري T_2 مع الطرز الوراثية V_5 ، V_3 ، V_2 وتداخل معنوي بين الطراز الوراثي V_2 ومعاملي الري T_1 ، T_3 وقد كانت القيم عالية في كفاءة استخدام المياه مقارنة بالبقية.

الجدول 6. تأثير المعاملات المدروسة على الإنتاجية (كغ/هكتار) وكفاءة استخدام المياه (كغ/متر مكعب)

كفاءة استخدام المياه (كغ/متر مكعب)			الإنتاجية (كغ/هكتار)			المعاملات
المتوسط	2015	2014	المتوسط	2015	2014	
0.2541	0.2458	0.2623	1427	1373	1481	T ₁
0.2765	0.2658	0.2871	1346	1285	1406	T ₂
0.2302	0.2008	0.2596	995	860	1129	T ₃
0.1954	0.1766	0.2142	736	659	814	T ₄
0.02255	0.02871	0.04110	103.1	143.8	181.5	LSD _{0.05}
0.1974	0.1321	0.2626	916	609	1223	V ₁
0.2895	0.2508	0.3282	1358	1173	1543	V ₂
0.2776	0.2497	0.3054	1302	1173	1430	V ₃
0.2239	0.2468	0.2011	1060	1155	964	V ₄
0.2544	0.2615	0.2472	1207	1231	1183	V ₅
0.1915	0.1926	0.1903	914	926	901	V ₆
0.02556	0.04196	0.03015	115.1	186.0	142.3	LSD _{0.05}
0.181	0.1275	0.2345	1018	712	1324	T ₁ V ₁
0.2856	0.2465	0.3246	1605	1377	1833	T ₁ V ₂
0.2725	0.2732	0.2717	1530	1526	1535	T ₁ V ₃
0.25	0.2531	0.2469	1404	1413	1394	T ₁ V ₄
0.2794	0.2909	0.2679	1569	1624	1513	T ₁ V ₅
0.2559	0.2837	0.228	1436	1584	1288	T ₁ V ₆
0.2183	0.1439	0.2927	1065	696	1434	T ₂ V ₁
0.3385	0.3294	0.3476	1647	1592	1702	T ₂ V ₂
0.325	0.2958	0.3542	1582	1430	1735	T ₂ V ₃
0.2579	0.2873	0.2284	1254	1389	1119	T ₂ V ₄
0.3235	0.3227	0.3244	1574	1560	1589	T ₂ V ₅
0.1956	0.2156	0.1756	951	1042	860	T ₂ V ₆
0.1981	0.1289	0.2673	857	552	1162	T ₃ V ₁
0.2994	0.2277	0.3711	1294	976	1613	T ₃ V ₂
0.291	0.2371	0.345	1258	1016	1500	T ₃ V ₃
0.2209	0.2708	0.171	952	1160	744	T ₃ V ₄
0.2244	0.2256	0.2231	968	967	970	T ₃ V ₅
0.1476	0.1149	0.1804	638	492	784	T ₃ V ₆
0.192	0.128	0.256	725	478	972	T ₄ V ₁
0.2347	0.1997	0.2698	885	746	1025	T ₄ V ₂
0.2217	0.1928	0.2507	836	720	952	T ₄ V ₃
0.1671	0.1759	0.1582	629	657	601	T ₄ V ₄
0.1901	0.2068	0.1734	715	772	659	T ₄ V ₅
0.1668	0.1563	0.1773	629	584	673	T ₄ V ₆
0.05091	ns	0.06473	229.8	ns	299.8	LSD _{0.05}
0.05112	ns	0.06030	228.7	ns	284.7	LSD _{0.05} عند نفس المستوى من T

وعند تقييم التداخل بين الطرز الوراثية ومعاملات الري نجد أن T₁V₂ و T₂V₂ قد حققتا إنتاجية عالية كما أن التداخل T₂V₂ تفوق على البقية في كفاءة استخدام المياه وفق متوسطات الموسمين. وتجدر الإشارة هنا أنه في موسم 2014 يعتبر التداخل بين الطراز الوراثي V₂ ومعاملة الري الثالثة (إضافة 55 مم كل 14 يوم) أفضل معاملة، حيث حققت أعلى قيمة لكفاءة استخدام المياه بدون فروق معنوية في الإنتاجية لمعاملة الري الأولى (عند إضافة 70 مم كل 10 أيام)، وقدرت نسبة الوفرة في مياه الري بقيمة 29.9% مع خسارة في

الإنتاجية بمقدار 13.64% عند تطبيق معاملة الري T₃ مقارنة بمعاملة الري T₁ للطرز الوراثي V₂ (Advanced line No.29*local) (var. Alass25(Shara No.154) في الموسم 2014.

التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$:

اقتصرت قيم $\Delta^{13}C$ الحبوب و Δ ورقة العلم فقط على الموسم 2014، ويتضح من معطيات الجدول (7) أن الاختلافات المعنوية في قيمة $\Delta^{13}C$ لم تظهر إلا بين الطرز الوراثية، فقد أعطى الطراز الوراثي V₅ أقل قيمة لـ $\Delta^{13}C$ في الحبوب بلغت 13.827% بفارقٍ معنويٍّ عن بقية الطرز الوراثية، ويليه V₄, V₂، بفارقٍ معنويٍّ عن الطراز الوراثي V₁ الذي أعطى أعلى متوسط، وفيما يخص قيمة $\Delta^{13}C$ في ورقة العلم فقد حقق الطرازان الوراثيان V₂, V₅ أقل القيم بلغتا 16.891, 16.742% على التوالي بفارقٍ معنويٍّ عن بقية الطرز الوراثية. ويعد اختلاف قيمة $\Delta^{13}C$ بين الطرز الوراثية في القمح مؤشراً على كفاءة تمثيل الكربون، ومؤشر للإنتاجية (Wahbi and Shaaban, 2011).

الجدول 7. مقارنة متوسطات التمييز النظيري للكربون في الحبوب Δ_{grain} والأوراق Δ_{leaves} للموسم 2014

معاملات الري					المعاملات		المتغيرات
المتوسط	T ₄	T ₃	T ₂	T ₁			
15.141	15.001	15.319	14.842	15.400	V ₁	الطرز الوراثي	Δ_{grain}
14.323	14.199	14.294	14.180	14.620	V ₂		
14.496	14.394	14.619	14.441	14.531	V ₃		
14.229	14.025	14.255	14.360	14.276	V ₄		
13.827	13.671	13.420	14.071	14.146	V ₅		
14.572	14.245	14.063	14.842	15.136	V ₆		
14.431	14.256	14.328	14.456	14.685	المتوسط		
ns					LSD لمعاملات الري T		
0.3157					LSD للطرز الوراثي V		
ns					LSD للتداخل TxV		
ns					LSD للتداخل TxV عند نفس المستوى من T		
2.7					CV %		
17.841	17.754	17.699	17.888	18.023	V ₁	الطرز الوراثي	Δ_{leaves}
16.891	16.428	16.858	17.127	17.153	V ₂		
17.585	17.097	17.774	17.772	17.697	V ₃		
17.264	16.603	17.428	17.472	17.553	V ₄		
16.742	16.142	16.434	17.288	17.105	V ₅		
18.214	18.087	17.933	18.277	18.559	V ₆		
17.423	17.018	17.354	17.637	17.841	المتوسط		
ns					LSD لمعاملات الري T		
0.3326					LSD للطرز الوراثي V		
ns					LSD للتداخل TxV		
ns					LSD للتداخل TxV عند نفس المستوى من T		
2.3					CV %		

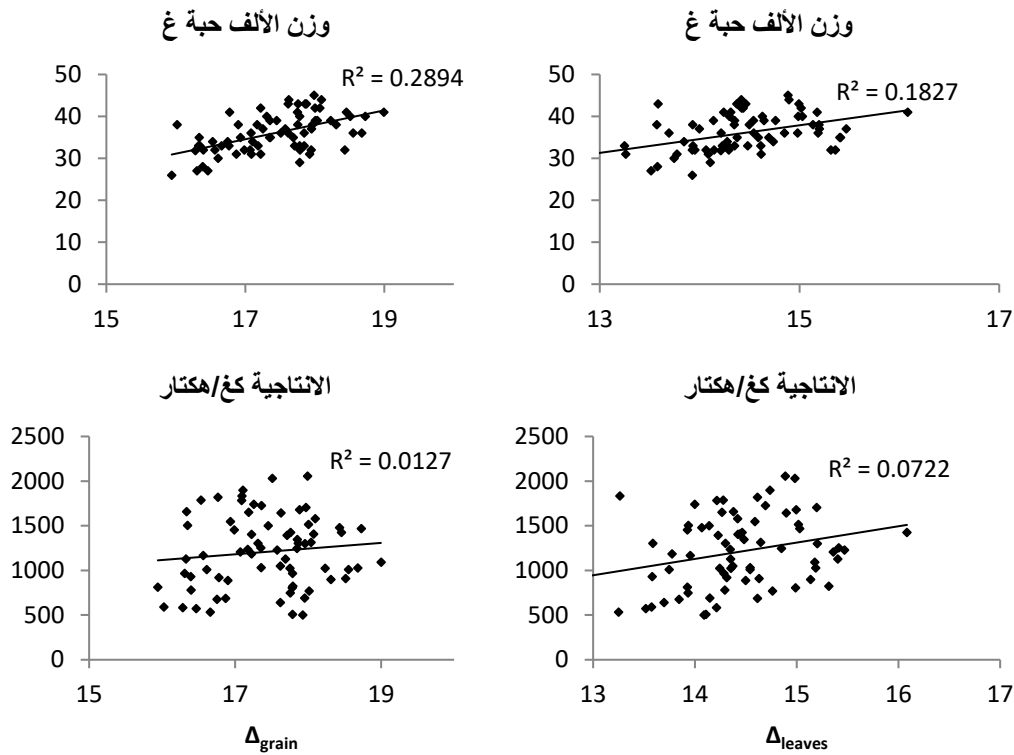
ارتباط بعض الصفات المحصولية مع بعضها ومع $\Delta^{13}C$:

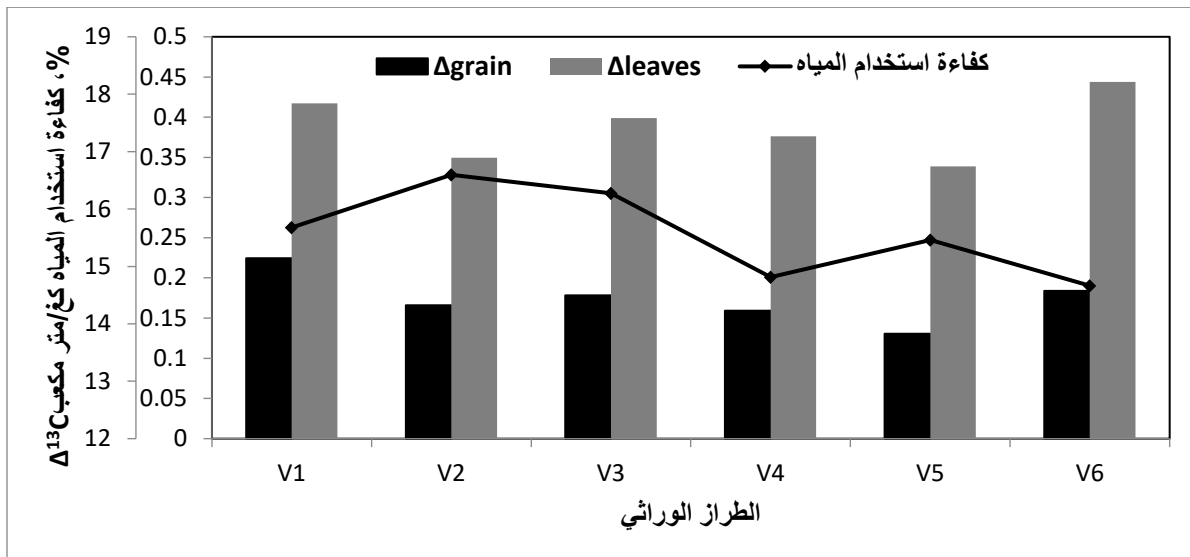
يتضح من الجدول (8) والشكل (1) وجود ارتباط موجب معنوي بين Δ_{grain} للحبوب وكل من Δ_{leaves} للأوراق، وارتفاع النبات، ووزن ألف حبة، والإنتاجية، وبين Δ_{leaves} للأوراق ووزن ألف حبة والإنتاجية، ويدل هذا الارتباط إلى أن قيمة $\Delta^{13}C$ عندما تكون مرتفعة تعد مؤشراً يعتمد عليه عند التقييم لمؤشر الإنتاجية وبعض صفات النمو، وتتفق هذه النتائج مع نتائج كثير من الدراسات مثل (Merah et al., 2001; Wahbi and Shaaban, 2011). لذلك فإن قيمة $\Delta^{13}C$ في الحبوب أو الأوراق يعد مؤشراً إيجابياً للإنتاجية.

الجدول 8. معامل ارتباط الصفات والمتغيرات المدروسة ببعضها البعض

كفاءة استخدام المياه	الإنتاجية	وزن الألف حبة	عدد الحبوب في السنبل	ارتفاع النبات	Δ_{leaves}	Δ_{grain}	الصفات
						1.0000	Δ_{grain}
					1.0000	0.5385***	Δ_{leaves}
				1.0000	0.2060	0.3143**	ارتفاع النبات سم
			1.0000	0.1226	-0.4370	-0.1426	عدد الحبوب في السنبل
		1.0000	-0.2550*	0.5813***	0.5380***	0.4275***	وزن الألف حبة غ
	1.0000	0.3140**	0.5387***	0.3992***	0.1129	0.2687*	الإنتاجية الحبية كغ/هكتار
1.0000	0.9081***	0.2211	0.5348***	0.2927*	-0.0163	0.2119	كفاءة استخدام المياه كغ/م ³

أما كفاءة استخدام المياه فإن سلوكها مختلف إذ أن قيمة $\Delta^{13}C$ الأقل تعني استهلاك أقل للمياه وبالتالي كفاءة استخدام أعلى للمياه، ويظهر من الشكل (2) أنه كلما قلت قيم $\Delta^{13}C$ ارتفعت كفاءة استخدام المياه، وتتفق هذه النتائج مع كثير من الباحثين منهم (Wahbi and Shaaban, 2011; Misra *et al.*, 2010; Monneveux *et al.*, 2006)، وبالنظر في الشكل (2) يتضح أن الطرازين V_2 , V_5 أكثر استخداماً للمياه عن بقية الطرز الوراثية.

الشكل 1. العلاقة بين المتغيرات المدروسة مع كل من Δ_{grain} و Δ_{leaves}



الشكل 2. علاقة كل من قيم نسبة التمييز النظيري للكربون في الأوراق والحبوب Δ_{leaves} و Δ_{grain} على التوالي بكفاءة استخدام المياه

الاستنتاجات:

وجد ارتباط موجب بين Δ_{grain} و Δ_{leaves} ومؤشر الإنتاجية وبعض صفات المحصول، كما وجدت علاقة سلبية بين Δ_{grain} و Δ_{leaves} وكفاءة استخدام المياه، أي كلما كانت القيم الخاصة بالتمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$ أقل كانت كفاءة استخدام المياه أعلى في ظروف الإجهاد.

كان الطرازين V2, V5 أكثر كفاءة في استخدام المياه عن بقية الطرز الوراثية، كما وجدت اختلافات بين الطرز الوراثية المدروسة من حيث التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$ في الحبوب والأوراق، وانعكس هذا في الاختلافات في كفاءة استخدام المياه ومؤشر الإنتاجية. -المتوسط العام على مستوى الموسمين لكل من معاملة الري T1 و T2 تفوقت معنوياً عن بقية المعاملات، وقد حققت T1 أعلى قيمة. أما بالنسبة لمتوسطات الطرز الوراثية فقد تفوق الطرازان V2 و V3 على بقية الطرز الوراثية وبلغ المتوسط 1543 و 1430 كغ/هكتار على التوالي. وعند تقييم التداخل بين الطراز الوراثي والمعاملة وجد أن T1V2 و T2V2 قد حققتا إنتاجية عالية من الحبوب، كما أن التداخل T2V2 تفوق على البقية في كفاءة استخدام المياه وفق متوسطات الموسمين.

-وفقاً لمؤشر كفاءة استخدام المياه والإنتاجية للطرز الوراثية الواقعة تحت الدراسة، ومؤشر التمييز النظيري للكربون $\Delta^{13}C$ على مستوى الطرز الوراثية كلها، لوحظ أن الطرازان الوراثيان V2 و V3 كانا أفضل الطرز الوراثية تحت معاملة الري T1 و T2.

التوصيات:

اعتماد الطرازان الوراثيان V2 و V3 كطرز الوراثية وإعادة متحملة للجفاف، وذات كفاءة عالية في استخدام المياه، ونشرها بشكل أوسع في المناطق متوسطة وعالية الأمطار (250-450 مم).

شكر وتقدير:

نشكر الوكالة الدولية للطاقة الذرية على دعمها الفني، من خلال المشروع الوطني المنسق YEM5013 وكذا معمل سيبيرزدورف في فيينا للإسراع في تحليل العينات النباتية لمحتوى $\Delta^{13}C$.

المراجع:

Araus, J.L.; T. Amar; J. Casadesus; A. Asbati; and M.M. Nachit (1998). Relationship between ash content, carbon isotope discrimination and yield in durum wheat. Aust. J. Plant Physiol., (25): 835-842.

- Condon, A.G.; and A.E. Hall. (1997). Adaptation to diverse environments: variation in water-use efficiency within crop species. In: Jackson, L.E. (Ed.), *Ecology in Agriculture*. Academic Press, San Diego, pp. 79–116.
- De Wit, C.T. (1958). Transpiration and crop yields (No. 64.6, p. 88).
- Farquhar, G.D.; M.H. O'Leary; and J.A. Berry (1982). On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, (9): 121–137.
- Farquhar, G.D.; J.R. Ehleringer; and K.T. Hubick (1989). Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol.*, 40: 503–537.
- Iqbal, M.M.; J. Akhter; W. Mohammad; S.M. Shah; H. Nawaz; and K. Mahmood (2005). Effect of tillage and fertilizer levels on wheat yield, nitrogen uptake and their correlation with carbon isotope discrimination under rainfed conditions in north-west Pakistan, *Soil and Tillage Research*. (80): 47–57.
- Johnson, D.A.; K.H. Asay; L.L. Tieszen; J.R. Ehleringer; and P.G. Jefferson (1990). Carbon isotope discrimination: potential in screening cool-season grasses for water-limited environments. *Crop. Sci.*, (30): 338–343
- Merah, O.; P. Monneveux; and E. Dele'ens (2001). Relationships between flag leaf carbon isotope discrimination and several morpho-physiological traits in durum wheat genotypes under Mediterranean conditions. *Environmental and Experimental Botany*. (45): 63–71.
- Misra, S.C.; S. Shinde; S. Geerts; V.S. Rao; and P. Monneveux, (2010). Can carbon isotope discrimination and ash content predict grain yield and water use efficiency in wheat. *Agricultural Water Management*. (97): 57–65.
- Monneveux, P.; D. Rekika; E. Acevedo; and O. Merah (2006). Effect of drought on leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, transpiration efficiency and productivity in field grown durum wheat genotypes. *Plant Science*. (170): 867–872.
- Monneveux, P.; P.R. Matthew; R. Trethowan; H. González-Santoyo; J. P. Roberto; and F. Zapata (2005). Relationship between grain yield and carbon isotope discrimination in bread wheat under four water regimes, *Europ., J. Agronomy*. (22): 231–242.
- Nachit, M.M. (2002). Breeding for improved resistance to drought in durum wheat. *Caravan*. (17): 14–15.
- Rothamsted Experimental Station. (2003). *GenStat Release 7.1 Reference Manual*. Lawes Agricultural Trust (Rothamsted Experimental Station). VSN International, Wilkinson House. Oxford, UK.
- Ministry of Agriculture and Irrigation, *Statistical Year book*, 2016.
- Voltas, J.; I. Romagosa; A. Lafarga; A.P. Armesto; A. Sombrero; and J.L. Araus (1999). Genotype by environment interaction for grain yield and carbon isotope discrimination of barley in Mediterranean Spain. *Aust. J. Agric. Res.*, (50): 1263–1271.
- Wahbi, A.; and A.S.A. Shaaban (2011). Relationship between carbon isotope discrimination Δ , yield and water use efficiency of durum wheat in Northern Syria, *Agricultural Water Management* (98): 1856– 1866.
- Yasir, T.A.; M. Donghong; C.Xiaojie; G.C. Anthony; and Y. Hu (2013). The association of carbon isotope discrimination (Δ) with gas exchange parameters and yield traits in Chinese bread wheat cultivars under two water regimes. *Agricultural Water Management*. (119): 111– 120.

Using Carbon Isotope Discrimination Technique as a Selection Tool for High Water Use Efficiency Genotypes in Wheat

Abdulwahid Abdullah Saif^{*(1)} Hazem Hezam Alashwal⁽¹⁾ Aref Abdulbaqi Alshamiri⁽¹⁾ and Ammar Wahbi⁽²⁾

(1). Agricultural Research and Extension Authority (AREA), Yemen.

(2). Seibersdorf Laboratories, Vienna, Austria.

(*Corresponding author: Dr. Abdulwahid Abdullah Saif. E-mail: amozaid@yahoo.com).

Received: 21/01/2019

Accepted: 24/03/2019

Abstract

A factorial experiment was carried at the Research Farm of the Northern Highlands Regional Research Station during spring seasons 2014 and 2015 to evaluate six local durum wheat genotypes for water use efficiency and the effect of water stress on grain productivity using carbon isotope discrimination technique. Four irrigation treatments were used as main treatments with the following mode of adding water irrigation. T1: 70 mm. 10 days interval (farmers practices as a control), T2: 55 mm. 10 days interval, T3: 55 mm 14 days interval and 55 mm. 18 days interval. Split plot design was used for experimentation with three replications. Results showed a variation was detected among genotypes to water stress treatments and this was reflected on growth parameters and grain productivity. The advanced line No.29 * local var. Alass25 (Shara No.154) and advanced line No. 35 were surpassed in most growth indicators and grain productivity than the other genotypes including the Arabi variety which attained the lowest values. The advanced line No.29 * local var. Alass25 (Shara No.154) attained a higher water use efficiency at the irrigation treatment T3 (55 mm every 14 days) with no significant difference in grain productivity of the treatment T1 (70 mm every 10 days) saving irrigation water of about 29.9% with decrease in grain productivity by 13.64%. In general, T2V2, T1V2, T2V3 treatments attained the highest means in grain yield over the two seasons. A positive correlation was found between Δ_{grain} , Δ_{leave} , grain yield and some growth indicators of genotypes. There were significant differences between the studied genotypes in terms of content of carbon isotope discrimination $\Delta^{13}\text{C}$ in grain and leaves. This indicator was reflected in the differences in a variation of water use efficiency and grain yield. With regards of the averages of genotypes, the advanced line models No.29 * local var. Alass25 (Shara No.154) and advanced line No. 35 surpassed the other in grain yield and gave averages of 1543 and 1430 kg/ha, respectively. However, T1 and T2 treatments were significantly increased the other treatments. T1 attained the highest values of 1481, 1373 and 1427 kg/ha in 2014 and 2015 seasons and the average of the two seasons, respectively, according to the water use efficiency and carbon isotope discrimination indicators for the studied genotypes it can be concluded that the advanced line models No.29 * local var. Alass25 (Shara No.154) and advanced line No. 35 were the best under T1 and T2 irrigation treatments.

Key words: Carbon Isotope Discrimination, Wheat genotypes, Water use efficiency.