



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1
REVUE AGRICULTURE
Revue home page: <http://www: http://revue-agro.univ-setif.dz/>



تأثير الري التكميلي في الإنعكاس الضوئي الورقي و بعض الخواص الفيزيولوجية للقمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)

قندوز علي^{1*} و حفصي ميلود²

¹ المعهد الوطني الجزائري للبحث الزراعي - وحدة البحث سطيف -

² جامعة فرحات عباس - سطيف 1 -، كلية علوم الطبيعة و الحياة، قسم العلوم الفلاحية

البريد الإلكتروني (*¹): guendouz.ali@gmail.com

ARTICLE INFO

ملخص

Reçu : 05- 10-2016
Accepté : 31-12-2016

الكلمات المفتاحية
القمح الصلب،
القمح الصلب،
الانعكاس الضوئي
الورقي،
الشيخوخة الورقية،
المحتوى اليخضوري

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف، خلال الموسم الزراعي 2010/2011. تهدف هذه الدراسة إلى إظهار تأثير الري التكميلي في الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و علاقته بالمردود الحي، المحتوى اليخضوري و الشيخوخة الورقية تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. أُعتمد في تقدير قيم الانعكاس الضوئي الورقي و الشيخوخة الورقية على تقنية تحليل الصور الرقمية (Numerical Image Analyses NIA) و المحتوى اليخضوري تم تقديره باستعمال الجهاز SPAD. الفرق في المردود الحي بين ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي قدر بـ 12.42%؛ في حين قدرت شدة الإجهاد بـ 14.72%. النتائج المتحصل عليها من خلال حساب مؤشرات التحمل و الحساسية للجفاف أظهرت أن القيم العليا المسجلة في كل من المؤشرات متوسط الإنتاجية (MP)، مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI) توحى بتحمل الجفاف اعتمادا على ذلك تعتبر الأصناف Waha، Dukem و Sooty ذات المردود الحي 64.63، 63.94 و 63.14 ق/هـ على التوالي الأكثر تحملا للجفاف. سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المردود الحي و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ($r = -0.70^*$) مم يوحي بأن التناقص في شدة التركيب الضوئي للمجموع الخضري يحفز زيادة الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و السبب أن طول الموجة الحمراء يعتبر الأكثر امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية.

ABSTRACT

The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif, Algeria during the 2010/2011 cropping year. The objective of this study is to evaluate the effect of irrigation on reflectance at Red and Blue and its relationships with grain yield, chlorophyll content and senescence parameters under irrigated and non irrigated conditions. The reflectance and senescence are measured using the numerical image analyses (NIA) and chlorophyll content (CC) is measured by SPAD instrument. Analysis of variance revealed that the reflectance at different wavelengths (Red and Blue) was highly significant ($P < 0.001$) affected under irrigation regime treatment. In addition, the genotypic effect was shown highly significant for the reflectance at Red and Blue under two conditions. In both conditions (irrigated and non irrigated), the genotype effect was highly significant for grain yield and chlorophyll content. The difference between grain yield under stressed and non-stressed conditions equal 12.42%. In this study, the stress intensity (SI) equals 14.72 %. Achieved results from calculation of drought tolerance and drought sensitive indices show that MP,

GMP and STI, having higher values indicated stress tolerance consider that Waha, Dukem and Sooty genotypes with yields of 64.63, 63.94 and 63.14 Qx ha⁻¹ respectively as stress tolerant genotypes. Grain yield showed a significant and negative correlation with reflectance at Red ($r = -0.70$); this correlation suggest that the decrease in the photosynthetic capacity of the canopy increase leaf reflectance at Red because the Red light is the major radiation absorbed by chlorophyll pigments. The significant correlation between reflectance at Red and Blue and drought resistance indices suggest the efficiency of using the reflectance at Red in screening under drought instead of the drought resistance indices.

Keywords: Durum wheat, Leaf reflectance, Senescence, Chlorophyll content.

1-مقدمة

يعتبر كل من اليخضور **a** و اليخضور **b** من الصبغات الأساسية التي على مستواها يتم تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة. كمية الأشعة الشمسية الممتصة من طرف الأوراق النباتية تتعلق مباشرة بكمية الصبغات اليخضورية في الأوراق، حيث أن كمية المحتوى اليخضوري في الأوراق يمكن أن تعبر مباشرة عن قدرة أو شدة التركيب الضوئي و المادة الأولية الناتجة عنه (Curran et al., 1990; Filella et al., 1995)؛ يستعمل كذلك المحتوى اليخضوري في تقدير المحتوى من العناصر المعدنية في الأوراق النباتية و السبب أن معظم النتروجين الموجود في الأوراق يدخل في تركيب اليخضور (Filella et al., 1995; Moran et al., 2000). علاوة على ذلك فإن المحتوى اليخضوري له علاقة مباشرة مع الإجهاد في النبات و كذلك الشيخوخة الورقية (Hendry et al., 1987). عُرِفَت الشيخوخة الورقية على أنها تقهقر في الوظائف الحيوية مع التقدم في السن المصحوب بتغيرات في لون الأوراق بسبب تحطم اليخضور، تناقص المحتوى المائي و تحطم الأغشية الستوبلازمية (Hafsi et al., 2000). قديما كان الكشف عن المحتوى اليخضوري باستعمال المذيبات العضوية و جهاز الطيف الضوئي مخرب للنبات و يتطلب وقت طويل و مواد كيميائية مختلفة (Lichtenthaler, 1987)؛ أما حديثا فقد طُورت أجهزة تسمح بتقدير المحتوى اليخضوري (اليخضور، الكاروتين و الأنثوسيانين) بشكل غير مخرب، سريع و في الحقل (Buschmann and Nagel, 1993). أُستعملت الاختراق و الانعكاس الضوئي و بشكل مكثف كطريقة غير مخربة لتقدير المحتوى اليخضوري في الأوراق النباتية (Gitelson and Merzlyak, 1994). العلاقة بين الانعكاس الضوئي الورقي في مجال الأشعة المرئية و المحتوى اليخضوري لم تكن خطية (Buschmann and Nagel, 1993)؛ أتضح لاحقا أن الامتصاص الضوئي - اللوغاريتم العكسي للانعكاس الضوئي - هو الأفضل في تقدير المحتوى اليخضوري و المحتوى من النتروجين في الأوراق النباتية الطازجة (Yoder and Pettigrew-Crosby, 1995).

سجل أن الانعكاس الضوئي الموافق لطول الموجات التي تسجل أكبر كمية امتصاص 550 و 700 نانومتر أكثر ارتباطا و المحتوى اليخضوري في العديد من الأصناف النباتية و بالنسبة لمختلف الصبغات اليخضورية (Gitelson and Merzlyak, 1994). أُقترحت مؤشرات يُعتمد في تقديرها على أطوال الموجات المذكورة سابقا من أجل تقدير المحتوى اليخضوري في أنواع نباتية مختلفة (Chappele et al., 1992; Gitelson et al. 1996; Lichtenthaler et

(1996, *al.*). يعتبر استنباط أنماط وراثية مقاومة للجفاف جد صعب و ذلك لنقص تقنيات الانتخاب الملائمة، و عدم القدرة على تكرار ظروف إجهاد مائي روتيني لتقييم سلوك الأصناف ذات التراكيب الوراثية المختلفة و اختبار مدى مقاومة كل صنف للإجهاد المائي (Ramirez and Kelly, 1998). يُعتبر الحصول على أنماط وراثية تتميز بمردود حيي عالي ضمن ظروف العجز المائي جد صعب، حيث أن الربح الوراثي في المردود يكون أحسن في الظروف الملائمة (Richards *et al.*, 2002). أُستعمل لتقدير الجفاف مؤشرات يُعتمد في قياسها على الفرق في المردود بين ظروف نمو مجهددة و أخرى عادية لانتخاب أصناف متحملة للجفاف (Mitra, 2001)، تعتمد هذه المؤشرات أيضا على مدى حساسية و/أو مقاومة الأصناف للجفاف (Fernandez, 1992). عرف Hall (1993) تحمل الجفاف على أنه المردود النسبي لصنف ما مقارنة بأصناف أخرى نمت في نفس ظروف الإجهاد. تُقاس حساسية صنف ما للجفاف اعتمادا على الانخفاض في المردود الحبي في ظروف الجفاف (Blum, 1988).

Rosielle and Hamblin (1981) عرّفوا مؤشر تحمل الجفاف (TOL) على أنه الفرق في المردود بين ظروف الإجهاد (GYs) والظروف العادية (GYp) و متوسط الإنتاجية (MP) على أنه متوسط المردود في ظروف الإجهاد و الظروف العادية. Fernandez (1992) طور مؤشرا جديد سماه مؤشر تحمل الجفاف (STI) و الذي يمكن استعماله لتحديد الأصناف ذات المردود العالي في كلتا الظروف المجهددة و العادية. أُستعمل مؤشر آخر لتقدير تحمل الجفاف هو متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP)، هذا الأخير يستعمله مربوا النبات ضمن البيئات التي تعاني تغير في شدة الإجهاد من سنة لأخرى (Ramirez and Kelly, 1998). انتخاب أصناف متحملة للجفاف في القمح يكون من خلال اختيار الأصناف التي سجلت قيم قصوى لكل من مؤشرات تحمل الجفاف التالية : MP, GMP و (STIGolabadi *et al.*, 2006). تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مدى فعالية تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء والزرقاء و باستعمال البرنامج Mesurim Pro؛ و تقييم العلاقة بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و كل من المردود الحبي، المحتوى اليخضوري و الشبخوخة الورقية تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. أضف إلى ذلك تهدف هذه الدراسة إلى اختبار معنوية العلاقة بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و مؤشرات تحمل الجفاف في عشرة أصناف من القمح الصلب (Triticum durum Desf.).

2-المواد و طرق العمل

تمت هذه الدراسة خلال الموسم الزراعي 2010/2011 و على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى ITGC سطيف. التصميم التجريبي المعتمد خلال هذه الدراسة هو التصميم العشوائي بالأجنحة و الذي ضم أربعة تكرارات. قدر إجمالي التساقط خلال هذا الموسم بـ 360.1 مم. أُستعمل خلال هذه الدراسة

عشرة أصناف من القمح الصلب هي كالتالي : Oued Zenati, Altar, Sooty, Polonicum, Waha, Dukem, Mexicali, Bousselem و Kucuk, Hoggar؛ تم زراعة هذه الأصناف بتاريخ 30 نوفمبر 2010. عملية الزرع كانت بألة الزرع التجريبية؛ تراوحت أبعاد كل قطعة أرضية جزئية بـ 2.5x1.2 م، حيث تضم كل قطعة ستة خطوط و المسافة العرضية بين خط و آخر قدرت بـ 20 سم في حين كثافة الزرع كانت 300 بذرة في المتر المربع الواحد.

تمت هذه الدراسة في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي حيث كمية الماء المقدمة خلال عملية الري معروفة و بدقة. تمت عملية الري التكميلي يدويا و باستعمال دلو الرش؛ قمنا خلال هذه الدراسة بعملية سقي؛ الأولى كانت بتاريخ 2011/04/20 و الموافق لمرحلة الاستطالة (30 Zadoks cods)، الثانية كانت بتاريخ 2011/05/08 و بالضبط بعد حدوث عملية التسنبل (50Zadoks cods) حجم ماء السقي في كلتا المرحلتين هو 20 مم. أعتمدت تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير الشيخوخة الورقية و الانعكاس الضوئي الورقي. تم تصوير الورقة العلم على ورقة سوداء و خلال الفترة ما بين 11:00 و 13:00 باستعمال آلة تصوير رقمية (Canon, Power Shot) خزنت الصور في نظام JPEG لتحويل بعد ذلك إلى جهاز الحاسوب ليتم معالجتها باستعمال البرنامج (IPP (Image Pro Plus, Version 4) من أجل تقدير تغيرات الشيخوخة الورقية؛ في حين تقدير تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي كانت باستعمال البرنامج Mesurim Pro. تُعرف الشيخوخة الورقية على إنها النسبة بين المساحة الورقية التي حدث بها الاصفرار إلى المساحة الورقية الكلية. متوسط الشيخوخة الورقية (Sa %) قدر انطلاقا من متوسط نسب الشيخوخة للقياسات الستة المنجزة $(S_1 \gg S_6)$. يعبر عن تواريخ القياس بمجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار $(\Sigma t_1 - \Sigma t_6)$ ؛ تاريخ حدوث 50% من الشيخوخة الورقية يعبر عنه بمجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار و يتم استخراجها انطلاقا من المنحنى $S = f(\Sigma t)$.

سرعة الشيخوخة الورقية (Vs) يتم حسابها يوميا وفق العلاقة التالية $(\Sigma t_{i+1} - \Sigma t_i) / (S_{i+1} - S_i)$. متوسط سرعة الشيخوخة الورقية V_{sa} هو متوسط سرعات الشيخوخة اليومية $(V_{s1} \gg V_{s6})$. تقدير المحتوى اليخضوري (CC) لجميع الأنماط الوراثية و في كلتا الظروف (المروية و غير المروية) كان باستعمال جهاز SPAD؛ في حين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء أستعمل فيه نفس الصور الرقمية الخاصة بالشيخوخة الورقية و برنامج آخر هو (MesurimPro, Version 3.3) طريقة استخدام هذا البرنامج سوف توضح بالتفصيل في الفصل القادم. بعد تمام النضج الفيزيولوجي أي خلال مرحلة الحصاد قمنا بحصاد عينات يدويا من أجل تقدير المردود الحبي (GY)، جميع المؤشرات المذكورة سابقا تم قياسها تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. تم حساب مؤشرات تحمل الجفاف وفق العلاقات التالية:

1- متوسط الإنتاجية التوافقي (HMP) (Kristin et al., 1997):

$$HMP = 2 (GYp * GYs) / (GYp + GYs)$$

حيث: GYp و GYs المردود الحي لكل صنف في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي على التوالي.

2- متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) ومؤشر تحمل الجفاف (STI):

$$GMP = (GYp * GYs)^{1/2}; STI = (GYp * GYs) / (GYp)^2 \text{ (Fernandez, 1992; Kristin et al., 1997)}$$

GYp متوسط مردود جميع الأصناف في ظروف الري التكميلي.

3- متوسط الإنتاجية (MP) (Hossain et al., 1990):

$$MP = (GYp + GYs) / 2$$

التحليل الإحصائي كان باستعمال البرنامج SAS و مقارنة المتوسطات كانت وفق اختبار Fisher's LSD.

3- النتائج و المناقشة

3-1- الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء

تحليل التغير أظهر أن ظروف النمو (الري التكميلي و الإجهاد المائي) أثرت جد معنويا في قيم الانعكاس

الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء ($P < 0.001$). أضف إلى ذلك فإن النمط الوراثي أثر أيضا و

بشكل جد معنوي ($P < 0.001$) في قيم الانعكاس الضوئي الورقي (الجدول 1).

تحت ظروف الري التكميلي، الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 nm) تراوح

ما بين 9.46% في الصنف Bousselem إلى 36.35% في الصنف Hoggar مع متوسط كلي قدر بـ 21.22%؛ في حين

و تحت ظروف الإجهاد المائي تراوحت نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ما بين 10.81% في

الصنف Waha و 46.92% في الصنف Oued Zenati مع متوسط كلي قدر بـ 27.54%. الفرق في الانعكاس الضوئي

الورقي عند طول الموجة الحمراء بين ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي قدر بـ 19.35% و أكبر متوسط

للانعكاس الضوئي الورقي سجل تحت ظروف الإجهاد المائي. يعتبر تقدير أعراض العجز المائي على النبات

باستعمال طيف الانعكاس الضوئي الورقي بمثابة هدف هام جدا في ميدان الاستشعار عن بعد (Jackson et al.,

1983).

الجدول 1. تحليل التغير ومقارنة المتوسطات للانعكاس الضوئي الورقي في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

| Genotype | Reflectance at RED | | Reflectance at BLUE | |
|--------------------|--------------------|---------------|---------------------|---------------|
| | Irrigated | Non irrigated | Irrigated | Non irrigated |
| Oued Zenati | 35,27(b) | 46,92(a) | 31,32(a) | 42,39(a) |
| Altar | 16,82(f) | 32,21(c) | 16,57(d) | 28,79(c) |
| Sooty | 14,21(g) | 27,52(e) | 15,01(e) | 29,34(bc) |
| Polonucum | 10,21(h) | 34,63(b) | 8,57(h) | 30,24(b) |
| Waha | 19,25(e) | 10,81(h) | 16,79(d) | 13,20(g) |
| Dukem | 17,28(f) | 17,6(g) | 11,52(f) | 18,85(f) |
| Mexicali | 25,42(d) | 26,46(e) | 20,76(c) | 21,64(e) |
| Kucuk | 27,98(c) | 20,47(f) | 22,15(b) | 11,05(h) |
| Hoggar | 36,35(a) | 29,5(d) | 30,93(a) | 29,41(bc) |
| Bousselem | 9,46(i) | 29,3(d) | 10,03(g) | 24,01(d) |
| Mean | 21,22 | 27,54 | 18,36 | 24,99 |
| Min | 9,46 | 10,81 | 8,57 | 11,05 |
| Max | 36,35 | 46,92 | 31,32 | 42,39 |
| LSD 0.05 | 0,697 | 1,096 | 0,705 | 1,004 |
| Genotypeeffect | *** | *** | *** | *** |
| Irrigation effect | *** | | *** | |
| Interaction effect | *** | | *** | |
| % Differences | 19,35 | | 26,53 | |

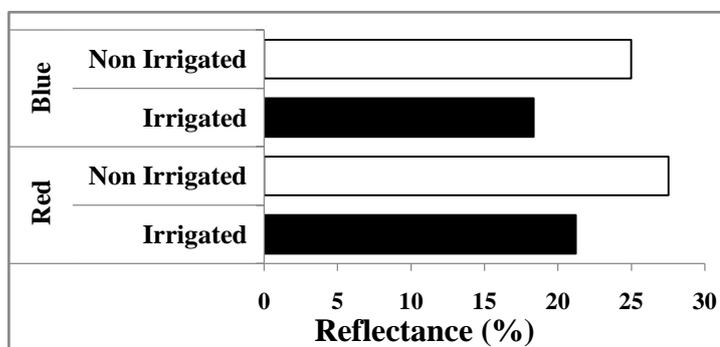
Means followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$

يعتبر التنبؤ بفترات الإجهاد المائي في المحاصيل الزراعية هام جدا من اجل برمجة عمليات الري التكميلي اللازمة للمحصول. أظهر تحليل التغير تأثيرا جد معنويا لظروف النمو و النمط الوراثي على الانعكاس الضوئي عند طول الموجة الزرقاء (450 نانومتر) (الجدول 1).

تحت ظروف الإجهاد المائي نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة 450 نانومتر تراوحت ما بين 42.39% بالنسبة للصنف Oued Zenati و 11.05% بالنسبة للصنف Kucuk، في حين تحت ظروف الري التكميلي تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي ما بين 31.32% بالنسبة للصنف Oued Zenati و 8.75% بالنسبة للصنف Polonicum؛ أعلى قيم انعكاس ضوئي عند طول الموجة الحمراء والزرقاء سجلت تحت ظروف الإجهاد المائي. حسب دراسة قام بها Wooley (1971) أثبت أن الإجهاد المائي يرفع في نسب الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و تحت الحمراء. تأثير ظروف النمو في الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء موضح في الوثيقة 1.

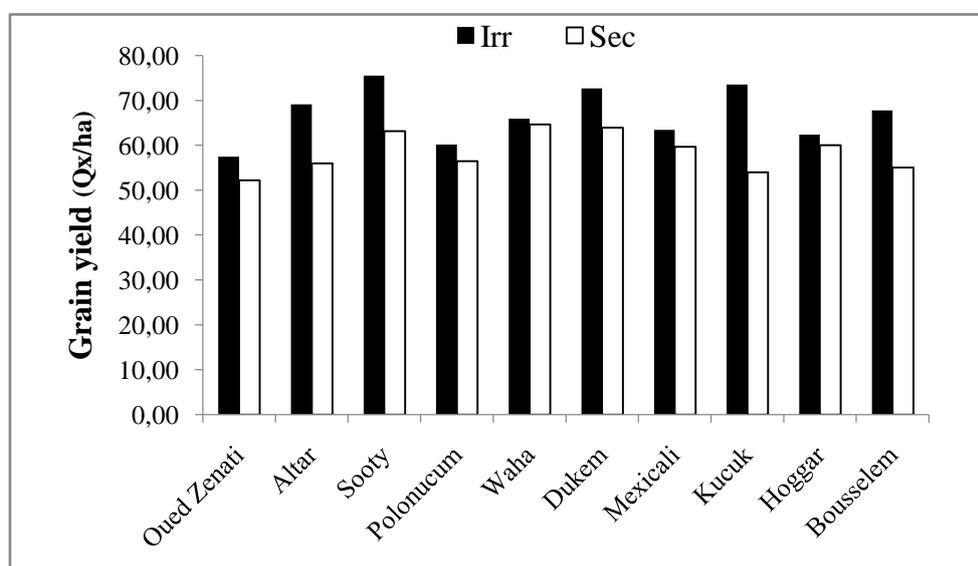
3-2-المردود الحي و المحتوى اليخضوري

تحت ظروف النمو المجهدة والمروية النمط الوراثي أثر جد معنويا في المردود الحي و المحتوى اليخضوري (الجدول 2).



الوثيقة 1. متوسط تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

بالنسبة للمردود الحي فإن قيمه تحت ظروف الإجهاد المائي تراوحت ما بين 52.20 ق/هـ بالنسبة للصفة Oued Zenati و 64.63 ق/هـ بالنسبة للصفة Waha مع متوسط إجمالي قدر بـ 58.5 ق/هـ؛ في حين و تحت ظروف الري التكميلي تراوح المردود الحي ما بين 57.45 ق/هـ بالنسبة للصفة Oued Zenati و 75.55 ق/هـ بالنسبة للصفة Sooty مع متوسط إجمالي قدر بـ 66.8 ق/هـ عموما تحمل الجفاف يمكن تقديره من خلال تغيرات المردود الحي في ظروف بيئية مختلفة الرطوبة (الوثيقة 2).



الوثيقة 2. تغيرات المردود الحي في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

عموما، المردود الحي في القمح أكثر ارتباطا بالقدرة الإنتاجية للصفة مقارنة بالمراحل الفينولوجية (Acevedo, 1991). قُدر الفرق في المردود بين الظروف المجهدة و المروية بـ 12.42% .

Donaldson (1996) و Nazeri (2005) أثبتوا أن العجز المائي المسجل بعد مرحلة الإزهار يقلص مدة ملء الحبوب، وزن الحبوب و بالتالي إنتاجية المحصول. يعتبر انتخاب أصناف ذات مردود عالي تحت الظروف الملائمة و/أو الجودة الرطوبة أكثر ملائمة و فعالية في برامج تحسين القمح الصلب و اللين (Blum, 1988).

الجدول 2. تحليل التغير و مقارنة المتوسطات للمردود الحي و المحتوى اليخضوريفي الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

| | GY _I | GY _{NI} | CC _I | CC _{NI} |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Oued Zenati | 57,45(b) | 52,20(d) | 55,48(bc) | 51,48(f) |
| Altar | 69,14(ab) | 55,94(bcd) | 57,61(ab) | 56,22(cd) |
| Sooty | 75,55(a) | 63,14(abc) | 61,11(a) | 60,24(ab) |
| Polonucum | 60,18(ab) | 56,47(abcd) | 50,1(d) | 50,96(f) |
| Waha | 65,94(ab) | 64,63(a) | 58,51(ab) | 58,65(abc) |
| Dukem | 72,70(ab) | 63,94(ab) | 58,82(ab) | 60,7(a) |
| Mexicali | 63,44(ab) | 59,64(abcd) | 57,56(ab) | 57,94(bcd) |
| Kucuk | 73,53(a) | 53,96(d) | 57,71(ab) | 58,85(abc) |
| Hoggar | 62,36(a) | 60,05(abcd) | 56,15(bc) | 55,37(de) |
| Bousselem | 67,75(ab) | 55,01(cd) | 53,26(cd) | 53,18(ef) |
| Mean | 66,8 | 58,502 | 56,631 | 56,359 |
| Min | 57,45 | 52,2 | 50,1 | 50,96 |
| Max | 75,55 | 64,63 | 61,11 | 60,7 |
| LSD 0.05 | 9,779 | 8,154 | 4,27 | 2,73 |
| Genotypeeffect | *** | *** | *** | *** |
| Irrigation effect | *** | | ns | |
| Interaction effect | ns | | ns | |
| % Differences | 12,42 | | 0,49 | |

Means followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$

I: Irrigated and NI: Non Irrigated, GY: Grain yield and CC: Chlorophyll content.

3-3 مؤشرات الشيخوخة الورقية

تحليل التغير أظهر أن كل مؤشرات الشيخوخة الورقية تأثرت جد معنويا تحت ظروف النمو المختلفة المروية والمطرية ($P < 0.001$)؛ أيضا اختلاف الأنماط الوراثية أثر جد معنويا في جميع مؤشرات الشيخوخة الورقية (متوسط الشيخوخة الورقية -Sa% - المجموع الحراري الموافق لحدوث نصف الشيخوخة الورقية -Σ50s- و متوسط سرعة الشيخوخة الورقية -Vsa-) (الجدول 3).

الجدول 3. تحليل التغير و مقارنة المتوسطات لمؤشرات الشيخوخة الورقية في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي

| Genotype | Sa % | | Vsa | | Σ 50 s | |
|--------------------|------------|---------------|-----------|---------------|------------|---------------|
| | Irrigated | Non irrigated | Irrigated | Non irrigated | Irrigated | Non irrigated |
| Oued Zenati | 40,24(d) | 44,51(f) | 0,292(a) | 0,282(a) | 373,08(g) | 356,78(e) |
| Altar | 51,79(c) | 58,94(bc) | 0,183(d) | 0,193(cd) | 615,05(bc) | 593,49(b) |
| Sooty | 52,37(bc) | 55,5(cde) | 0,186(cd) | 0,192(cd) | 610,63(bc) | 594,93(b) |
| Polonucum | 43,19(d) | 51,53(e) | 0,187(cd) | 0,185(ef) | 524,58(e) | 479,54(d) |
| Waha | 51,1(c) | 63,44(a) | 0,173(e) | 0,196(c) | 640,59(a) | 578,72(b) |
| Dukem | 53,32(abc) | 60,26(ab) | 0,176(e) | 0,192(cde) | 555,44(d) | 515,37(c) |
| Mexicali | 51,31(c) | 54,18(de) | 0,187(c) | 0,195(c) | 629,94(ab) | 612,43(a) |
| Kucuk | 56,51(a) | 54,12(de) | 0,188(c) | 0,184(f) | 611,19(bc) | 625,25(a) |
| Hoggar | 55,8(ab) | 57,53(bcd) | 0,185(cd) | 0,188(def) | 604,97(c) | 594,25(b) |
| Bousselem | 56,39(a) | 56,79(bcd) | 0,212(b) | 0,215(b) | 472,63(f) | 470,64(d) |
| Mean | 51,2 | 55,68 | 0,196 | 0,202 | 563,81 | 542,14 |
| Min | 40,24 | 44,51 | 0,173 | 0,184 | 373,08 | 356,78 |
| Max | 56,51 | 63,44 | 0,292 | 0,282 | 640,59 | 625,25 |
| LSD 0,05 | 3,98 | 4,12 | 0,004 | 0,006 | 21,37 | 16,23 |
| GenotypeEffect | *** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Irrigation Effect | *** | | *** | | *** | |
| Interaction effect | *** | | *** | | *** | |
| % Differences | 8,04 | | 2,97 | | 3,84 | |

Means followed by the same latter are not significantly different at $p < 0.05$. Sa%:Average senescence, Vsa: Average velocity of senescence and Σ 50s:Date of mid-senescence

تحت ظروف الري التكميلي متوسط الشيخوخة الورقية تراوح ما بين 56.51% بالنسبة للنمط الوراثي Kucuk

و 40.24% بالنسبة للصنف Oued Zenati. قدر الفرق في قيمة متوسط الشيخوخة الورقية بين الظروف المطرية و المرورية ب 8.04% و كان هذا الفرق جد معنوياً.

متوسط مجموع درجات الحرارة الموافقة لحدوث نصف الشيخوخة الورقية تراوح ما بين 563.51 م° في ظروف الري التكميلي و 542.14 م° في الظروف المطرية؛ حيث قدر الفرق بين الطرفين ب 3.84% وكان هذا الفرق جد معنوي (الجدول 3). قدر الفرق في متوسط سرعة الشيخوخة الورقية بين الظروف المطرية و ظروف الري التكميلي ب 2.97% و كما يوضحه الجدول 3 فإن هذا الفرق بين ظريفي النمو كان جد معنوي.

3-4 مؤشرات تحمل الجفاف

قدرت شدة الإجهاد (Stress intensity-D-) خلال هذه الدراسة ب 14.72%. إن هذا المؤشر يسمح فقط بتقدير شدة الإجهاد في الوسط البيئي وليس شدة الإجهاد في الصنف الوراثي (Fisher and Maurer, 1978). النتائج المتحصل عليها من خلال حساب مؤشرات تحمل الجفاف (الجدول 4) أظهرت أن الأصناف التي سجلت قيم قصوى في كل من مؤشر متوسط الإنتاجية (MP)، مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل

الجفاف (STI) تُبدي تحملا للجفاف. تعتبر كل من الأصناف Waha، Dukem و Sooty والتي سجلت قيم مردود حي تراوحت ما بين 64.6 و 63.1 ق/هـ تحت ظروف الإجهاد أصنافا متأقلمة مع الجفاف. يعتبر الصنف Sooty و الذي سجل مردود حي في الظروف المطرية قُدر بـ 63.1 ق/هـ و مردود قُدر بـ 75.5 ق/هـ في ظروف الري التكميلي الصنف الأكثر تحملا للجفاف من بين الأصناف العشرة المختبرة. أثبتت قيم مؤشرات تحمل الجفاف أن كل من الصنفين المحليين Oued Zenati و Polonicum و الذين سجلا مردود حي قُدر بـ 52.2 و 56.4 ق/هـ على التوالي أكثر حساسية للإجهاد مقارنة بباقي الأصناف المختبرة تحت ظروف الجفاف. أثبتت الدراسة التي قام بها Talebi *et al.*, (2009) أن كل من مؤشر تحمل الجفاف (STI)، مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) ومؤشر متوسط الإنتاجية (MP) هي المؤشرات الأكثر فعالية في تحديد الأصناف ذات المردود العالي في كلتا الظروف الملائمة و غير الملائمة.

الجدول 4. تقدير حساسية عشرة أصناف من القمح باستعمال مؤشرات تحمل الجفاف في ظروف الري التكميلي

و الإجهاد المائي

| | HM | STI | GMP | MP |
|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| Oued Zenati | 56,008(ef) | 0,671(e) | 54,668(e) | 54,831(e) |
| Altar | 61,523(cd) | 0,87(bcd) | 62,027(bcd) | 62,54(bcd) |
| Sooty | 68,269(a) | 1,065(a) | 68,805(a) | 69,352(a) |
| Polonucum | 55,103(f) | 0,758(de) | 57,926(de) | 58,333(de) |
| Waha | 66,705(abc) | 0,955(abc) | 65,227(abc) | 65,291(abc) |
| Dukem | 67,476(ab) | 1,039(ab) | 68,081(ab) | 68,322(ab) |
| Mexicali | 62,702(bcd) | 0,849(cd) | 61,477(cd) | 61,546(cd) |
| Kucuk | 62,094(bc) | 0,891(abcd) | 62,915(abcd) | 63,749(abcd) |
| Hoggar | 59,392(def) | 0,828(cde) | 60,582(cde) | 61,208(cde) |
| Bousselem | 60,685(de) | 0,833(cde) | 60,995(cd) | 61,382(cd) |
| Mean | 61,99 | 0,876 | 62,27 | 62,65 |
| Min | 55,10 | 0,671 | 54,66 | 54,83 |
| Max | 68,26 | 1,065 | 68,80 | 69,35 |
| LSD 0.05 | 5,495 | 0,175 | 6,323 | 6,511 |

Means followed by the same letter are not significantly different at $p < 0.05$. HM: Harmonic mean, STI: Stress tolerance index, GMP: Geometric mean productivity and MP: Mean productivity,

3-5- علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة

تحت ظروف الري التكميلي و الظروف المطرية الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء ارتبطا معنويا و إيجابيا ($r = 0.92, r = 0.97$ على التوالي) تتوافق علاقة الارتباط هذه و العلاقة التي سجلها Gitelson *et al.*, (1996) في دراسته. المردود الحي سجل علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ($r = -0.70$) (الجدول 5)؛ توحى علاقة الارتباط هذه بأن التناقص في شدة التركيب الضوئي يرجع إلى تزايد نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء هذا لأن طول الموجة الحمراء يعتبر الأكثر

Radiation-use) امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية و بالتالي تناقص فعالية استغلال الأشعة الضوئية
(efficiency-RUE-

الجدول 5. علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

| | RED I | RED NI | BLUE I | BLUE NI |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| GY NI | -0,70* | -0,21 | -0,4 | -0,27 |
| GY I | -0,58 | -0,38 | -0,56 | -0,4 |
| HM | -0,77** | -0,26 | -0,58 | -0,29 |
| STI | -0,75* | -0,38 | -0,56 | -0,42 |
| GMP | -0,77** | -0,38 | -0,59 | -0,42 |
| MP | -0,76* | -0,37 | -0,59 | -0,42 |
| Sa%NI | -0,84** | -0,35 | -0,67* | -0,4 |
| Sa%I | -0,63 | -0,08 | -0,66* | -0,12 |
| VsaNI | 0,66* | 0,38 | 0,64* | 0,46 |
| VsaI | 0,77** | 0,41 | 0,69* | 0,49 |
| Σ 50s NI | -0,63* | 0,001 | -0,63* | -0,03 |
| Σ 50s I | -0,71* | -0,08 | -0,65* | -0,13 |
| CC NI | -0,48 | 0,19 | -0,32 | 0,19 |
| CC I | -0,77** | -0,04 | -0,66* | -0,11 |

NI: no irrigated; I: irrigated. *Significant correlation at 0.05; ** Significant correlation at 0.01.
GY: Grain yield, HM: Harmonic mean, STI: Stress tolerance index, GMP: Geometric mean productivity, MP: Mean productivity, Sa%: Average senescence, Vsa: Average velocity of senescence, Σ 50s: Date of mid-senescence and CC: Chlorophyll content.

Ferrio *et al.*, (2005) أظهروا أن المردود الحبي العالي ارتبط معنويا و القيم المنخفضة للانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية. تحت ظروف الري التكميلي الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء سجل علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع جميع مؤشرات تحمل الجفاف؛ توحى علاقة الارتباط هذه بإمكانية استعمال مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الأشعة الحمراء في انتخاب أصناف متحملة للجفاف عوضا عن مؤشرات تحمل الجفاف.

كما يوضحه الجدول 5 المحتوى اليخضوري سجل علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع الانعكاس الضوئي الورقي عند الأشعة الحمراء و الزرقاء؛ تظهر علاقة الارتباط هذه أن تناقص المحتوى اليخضوري متزامن مع تزايد نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الأشعة الحمراء و الزرقاء. الأشعة الأكثر حساسية للامتصاص من طرف المحتوى اليخضوري المنخفض في المجموع الخضري بسبب الجفاف و/أو الشبخوخة الورقية هي الأشعة الحمراء و الزرقاء (Ferrio *et al.*, 2005).

تغيرات المحتوى اليخضوري المقدرة باستعمال طيف الانعكاس الضوئي مرتبطة مباشرة بمراحل تطور الورقة و الشبخوخة (Carter and Knapp, 2001). عموما طيف الانعكاس الضوئي ضمن مجال الأشعة المرئية (400nm-

(700nm) يتزايد مع تناقص المحتوى اليخضوري (Knippling, 1970). سجل كل من متوسط الشيخوخة الورقية و مجموع درجات الحرارة الموافق لحدوث نصف الشيخوخة الورقية علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء، في حين كانت علاقة الارتباط بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء معنوية و ايجابية مع متوسط سرعة الشيخوخة الورقية (الجدول 5). تدل كل علاقات الارتباط هذه بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و مؤشرات الشيخوخة الورقية أن الأصناف التي تتميز بشيخوخة بطيئة تكون فيها نسب الانعكاس الضوئي منخفضة هذه المعلومات تسمح باستعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي في الانتخاب من أجل تحمل الجفاف. تنسب التغيرات المسجلة في قيم الانعكاس الضوئي الورقي في الأوراق الخضراء الناضجة و/أو التي بدأت بها مراحل الشيخوخة الورقية إلى التغيرات في المحتوى اليخضوري و ترتيب تراكيب النسيج المتوسط للورقة (Grant, 1987). الأطوال الموجية الموافقة لـ 550 نانومتر و 700 نانومتر تعتبر الأكثر حساسية لتغيرات المحتوى اليخضوري الناتج عن الشيخوخة الورقية (Gitelson et al., 1994). أثبتت دراسة Fischer (1983) أن النقص في فعالية استغلال الأشعة -RUE- خلال مرحلة ملء الحب يرجع بالدرجة الأولى إلى الشيخوخة الورقية. يساهم التركيب الضوئي على المستوى الأوراق بـ 30-50% من المغذيات المخزنة على مستوى الحب خلال مرحلة ملء الحب (Sylvester-Bradley et al., 1990)؛ عموماً مرحلة ملء الحب تتوافق و بداية الشيخوخة الورقية. يعتبر التركيب الضوئي الحاصل على مستوى الورقة العلم العامل الأساسي المؤثر في المردود الحبي النهائي. يعتبر كل من زمن حدوث الشيخوخة الورقية و سرعتها عاملين جد مؤثرين في قيم المردود الحبي النهائي (Zhang et al., 2006).

الخلاصة

أثبتت هذه الدراسة فعالية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير تغيرات الشيخوخة الورقية في القمح الصلب كما أعطت أيضاً فكرة جد واضحة عن إمكانية استعمال هذه التقنية في تقدير تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي عند أطوال موجية محددة. يوحي الارتباط المعنوي ما بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (645 نانومتر) و المردود الحبي النهائي ($r = -0.70^*$) بإمكانية التنبؤ بالمردود الحبي النهائي و انتخاب أصناف عالية الإنتاجية باستعمال طيف الانعكاس الضوئي الورقي في القمح الصلب تحت مثل هذه الظروف. أضف إلى ذلك فإن الارتباط الجد معنوي بين طيف الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء (450 نانومتر) و المحتوى اليخضوري ($r = -0.66^*$, $r = -0.77^{**}$) على التوالي يظهر فعالية مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير تغيرات المحتوى اليخضوري. مؤشرات الشيخوخة الورقية كان لها ارتباط جد معنوي مع مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي، هذه الارتباطات أثبتت أن أصناف القمح الصلب ضعيفة نسب الشيخوخة الورقية تتميز بنسب انعكاس ضوئي ورقي منخفضة، هذا ما يؤثر إيجابياً في فعالية استعمال الأشعة و بالتالي شدة التركيب الضوئي و الذي ينعكس إيجابياً على المردود الحبي النهائي.

- Acevedo, E. 1991.** Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use of yield, morphological and physiological traits. . In E. Acevedo, A.P. Conesa, P. Monneveux and P. Srivastava, eds. *Physiology Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments* INRA, France, p. 273- 305.
- Blum, A. 1988.** Physiological selection criteria for drought resistance .In: Wittmer, G.(eds.) *The future of cereals for human feeding and development of biological research*. Int.fair of Agric., 39, FOGGIA, th, Italy, p. 191-199.
- Blum, A. 1988.** *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC. Press Inc. Florida, USA, pp.223 .
- Buschmann, C., Nagel, E. 1993.** In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of vegetation. *Int J Remote Sens.*, **14**:711–722.
- Carter, G.A. and Knapp, A.K. 2001.** Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J Bot.*,**84**:677–684.
- Chappelle, E.W., Kim, M.S. and Mc Murtrey, J.E. 1992.** Ratio analysis of reflectance spectra (RARS): An algorithm for the remote estimation of the concentrations of chlorophyll a, chlorophyll b, and carotenoids in soybean leaves. *Remote Sens. Environ.*,**39**:239–247.
- Curran, P.J., Dungan, J.L. and Gholz, H.L. 1990.** Exploring the relationship between reflectance red edge and chlorophyll content in slash pine. *Tree Physio.*,**17**:33–48.
- Donaldson, E. 1996.** Crop traits for water stress tolerance. *American Journal of Alternative Agriculture*. **11**: 89-94.
- Fernandez, G.C.J. 1992.** Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C.G. Kuo, (Ed), *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. Tainan Publication, Taiwan.
- Ferrio, J.P., Villegas, D., Zarco, J., Aparicio, N., Araus, J. L. and Royo, C. 2005.** Assessment of durum wheat yield using visible and near-infrared reflectance spectra of canopies. *Field Crops Res.*,**94**: 126–148.
- Filella, I., Serrano, I., Serra, J. and Peñuelas, J. 1995.** Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop. Sci.*,**35**:1400–1405.
- Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Aust. J. Agric. Res.*,**29**:897-907.
- Fischer, R.A. 1983.** Wheat. In *Proceeding Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments*, p.129-154.
- Gitelson, A.A. and Merzlyak, M.N. 1994.** Quantitative estimation of chlorophyll a using reflectance spectra: Experiments with autumn chestnut and maple leaves. *J. Photoch. Photobio.*,**22**:247–252.
- Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J. and Merzlyak, M.N. 1996.** Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.*,**58**:289–298.
- Golabadi, M., Arzani, A. and Maibody, S.A.M. 2006.** Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *Afr J Agric Res.*,**5**: 162-171.
- GRANT, L. 1987.** Diffuse and Specular Characteristics of Leaf Reflectance. *Rem. Sens. Environ.*, **22**: 309-322.
- Hafsi, M., Mechmeche, W., Bouamama, L., Djekoune, A., Zaharieva, M. and Monneveux, P. 2000.** Flag leaf senescence, as evaluated by numerical image analysis, and its relationship with yield under drought in durum wheat. *J. Agron and Crop Sci.*,**185**: 275–280.

- Hall, A.E. 1993.** Is dehydration tolerance relevant to genotypic differences in leaf senescence and crop adaptation to dry environments In, Close TJ, Bray EA (Eds.), *Plant Responses to cellular Dehydration during environmental stress*. pp. 1-10.
- Hendry, G.A.F., Houghton, J.D. and Brown, S.B. 1987.** The degradation of chlorophyll biological enigma. *New Phytol.*,**107**:255–302.
- Hossain, A.B.S., Sears, A.G., Cox, T.S. and Paulsen, G.M. 1990.** Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Sci.*,**30**: 622-627.
- Jackson, R.D., Slater, P.N., Pinter, P.J.J. 1983.** Discrimination of growth and water stress in wheat by various vegetation indices through clear and turbid atmospheres. *Remote Sens Environ.*,**13**:187–208.
- Knipling, E. B. 1970.** Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near-infrared radiation from vegetation. *Rem. Sens. Environ.*,**1**: 155-159.
- Kristin, A.S., Senra, R.R., Perez, F.I., Enriquez, B.C., Gallegos, J.A.A., Vallego, P.R., Wassimi, N. and Kelley, J.D. 1997.** Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.*,**37**: 43-50.
- Lichtenthaler, H.K. 1987.** Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Method Enzymol.*,**148**:331–382.
- Lichtenthaler, H.K., Gitelson, A.A. and Lang, M. 1996.** Non-destructive determination of chlorophyll content of leaves of agreen and an aurea mutant of tobacco by reflectance measurements. *J Plant Physiol.*,**148**:483–493.
- Mitra, J. 2001.** Genetics and genetic improvement of drought tolerance in crop plants. *Curr Sci.*,**80**: 758-762.
- Moran, J.A., Mitchell, A.K., Goodmanson, G. and Stockburger, K.A. 2000.** Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: a comparison of methods. *Tree Physiol.*,**20**:1113–1120.
- Nazeri, M. 2005.** Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran.
- Richards, R.A., Rebetzke, G.J., Condon, A.G. and Herwaarden, A.F. 2002.** Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. *Crop Sci.*,**42**: 111-121.
- Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.*, **21**: 943-946.
- Sylvester-Bradley, R., Scott, R.K. and Wright, C.E. 1990.** Physiology in the production and improvement of cereals. *Home-Grown Cereals Authority Research Review*, vol. 18. HGCA, London.
- Talebi, R., Fayazl, F. and Naji, A. M. 2009.** Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* desf.). *General and applied plant physiology*. **35**: 64–74.
- Yoder, B.J. and Pettigrew-Crosby, R.E. 1995.** Predicting nitrogen and chlorophyll concentrations from reflectance spectra (400–2500 nm) at leaf and canopy scales. *Remote Sens Environ.*, **53**:199–21
- Zhang, C.J. Chen, G.X., Gao, X.X. and Chu, C.J. 2006.** Photosynthetic decline in flag leaves of two field-grown spring wheat cultivars with different senescence properties. *S. AFR. J. BOT.*,**72**: 15 – 23.