



قسم البيولوجيا و البيئة النباتية

N°...../SNV/2014

أطروحة

مقدمة من طرف

فندوز علي

للحصول على شهادة

دكتوراه علوم

تخصص: بيولوجيا النبات

الموضوع

تقييم علاقة بعض المؤشرات الضوئية و سلوك القمح الصلب (Triticum durum Desf.)  
تحت تأثير أنظمة سقي مختلفة

نوقشت بتاريخ 2014/06/19

أمام لجنة المناقشة

|          |                 |                               |
|----------|-----------------|-------------------------------|
| الرئيس   | حكون عبد الحميد | أستاذ جامعة منتوري قسنطينة 1  |
| المشرف   | حفصي ميلود      | أستاذ جامعة فرحات عباس سطيف 1 |
| المتحنون | يخلف نادية      | أستاذ جامعة منتوري قسنطينة 1  |
|          | بن محمد عمر     | أستاذ جامعة فرحات عباس سطيف 1 |

مخبر تحسين و تطوير الإنتاج النباتي و الحيواني



قسم البيولوجيا و البيئة النباتية

N°...../SNV/2014

أطروحة

مقدمة من طرف

فندوز علي

للحصول على شهادة

دكتوراه علوم

تخصص: بيولوجيا النبات

الموضوع

تقييم علاقة بعض المؤشرات الضوئية و سلوك القمح الصلب (Triticum durum Desf.)  
تحت تأثير أنظمة سقي مختلفة

نوقشت بتاريخ 2014/06/19

أمام لجنة المناقشة

|          |                 |                               |
|----------|-----------------|-------------------------------|
| الرئيس   | جكون عبد الحميد | أستاذ جامعة منتوري قسنطينة 1  |
| المشرف   | حفصي ميلود      | أستاذ جامعة فرحات عباس سطيف 1 |
| المتحنون | يخلف نادية      | أستاذ جامعة منتوري قسنطينة 1  |
|          | بن محمد عمر     | أستاذ جامعة فرحات عباس سطيف 1 |

مخبر تحسين و تطوير الإنتاج النباتي و الحيواني

## التشكرات

## الملخص

## قائمة المنشورات

## قائمة الجداول و الوثائق

| الصفحة | المفهرس  |
|--------|--|
| 1      | مقدمة عامة   |
| 4      | الفصل الأول  |
| 4      | الجزء النظري.  |
| 4      | 1- بيولوجيا القمح الصلب  |
| 4      | 1-1- الأصل الجغرافي و الوضع التصنيفي   |
| 5      | 2-1- الخصائص الوراثية للقمح  |
| 5      | 3-1- مراحل تطور القمح  |
| 5      | 1-3-1- مرحلة الإنبات - الانبثاق  |
| 6      | 2-3-1- مرحلة الأشطاء   |
| 6      | 3-3-1- مرحلة الاستطالة   |
| 7      | 4-3-1- مرحلة التسنيل - الإزهار   |
| 8      | 5-3-1- مرحلة الإزهار - النضج الفيزيولوجي                                     |
| 8      | 2- الإجهاد المائي، مكنزمات التكييف و الري التكميلي                           |
| 9      | 1-2- مفهوم الإجهاد المائي  |
| 9      | 2-2- تأثير الإجهاد المائي على مراحل التطور و الخصائص المورفولوجية و الزراعية |
| 10     | 1-2-2- تأثير الإجهاد المائي على مدة مراحل التطور                             |
| 11     | 2-2-2- تأثير الإجهاد المائي على المردود الحبي و مركباته                      |
| 12     | 3-2-2- تأثير الإجهاد المائي على الخصائص المورفولوجية                         |
| 13     | 3- مكنزمات التكييف نحو الإجهاد المائي  |
| 13     | 1-3-2- مكنزمات مورفولوجية  |
| 14     | 2-3-2- مكنزمات فينولوجية   |
| 14     | 3-3-2- مكنزمات فيزيولوجية  |
| 15     | 4-2- الري التكميلي   |
| 16     | 1-4-2- أهمية و دور الماء في النبات   |
| 16     | 2-4-2- تعريف الري التكميلي   |
| 16     | 3-4-2- فوائد الري التكميلي   |
| 17     | 1-3-4-2- كمية ماء الري   |
| 17     | 2-3-4-2- فترة أو مرحلة الري  |
| 18     |  |

|    |   |
|----|---|
| 19 | 2-4-4- تأثيرات الري التكميلي في المردود العبي و مركباته                             |
| 22 | 3- الضوء و الخواص الضوئية للأوراق النباتية  |
| 22 | 3-1- مفاهيم عامة حول الأشعة الضوئية   |
| 22 | 3-2- الخواص الضوئية للأوراق النباتية  |
| 23 | 3-3- مميزات طيف الانعكاس الضوئي الورقي  |
| 23 | 3-4- مميزات الطيف الضوئي الورقي   |
| 22 | 3-5- الانعكاس الضوئي الورقي و علاقته بسلوك النبات                                   |
| 22 | 3-6- العوامل المؤثرة في طيف الانعكاس الضوئي الورقي                                  |
| 22 | 3-6-1- البنية الداخلية للورقة   |
| 23 | 3-6-2- خصائص سطح الورقة   |
| 23 | 3-6-3- التغيرات الفيزيولوجية  |
| 24 | 3-6-4- مراحل النمو  |
| 24 | 3-7- طيف الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و علاقته بالإجهاد في النبات |
| 25 | 3-8- العلاقة ما بين التغير اللوني في الورقة و الانعكاس الضوئي الورقي                |

|    |  |
|----|--|
| 35 | الفصل الثاني<br>تأثير الري التكميلي في المردود العبي و مركباته و بعض المؤشرات المرفولوجية للقمع الصلب. |
|----|--|

|    |  |
|----|--|
| 58 | الفصل الثالث<br>فعالية استعمال مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف القمع الصلب في المناطق شبه الجافة. |
|----|--|

|    |  |
|----|--|
| 75 | الفصل الرابع<br>تأثير الري التكميلي في الانعكاس الضوئي الورقي و بعض المؤشرات الفيزيولوجية للقمع الصلب. |
|----|--|

|    |   |
|----|---|
| 96 | الفصل الخامس<br>فعالية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير المحتوى اليخضوري في القمع الصلب. |
|----|---|

|     |   |
|-----|---|
| 109 | الفصل السادس<br>فعالية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي كمؤشر لتحمل الجفاف في القمع الصلب ضمن المناطق شبه الجافة. |
|-----|---|

|     |            |
|-----|------------|
| 136 | خلاصة عامة |
|-----|------------|

## تشكرات

أحمد الله العلي القدير الذي أعانني و وفقني على إنجاز هذا العمل الذي أرجو أن يكون قيما وهادفا، وأصلي وأسلم على خاتم أنبيائه ورسله. خير خلق الله وأحب عباده إليه. صلاة وسلام يلتقيان بمقامه الكريم وصلاة وسلام على سائر إخوانه من النبيين والمرسلين وصلاة وسلام على اله وأصحابه والتابعين وصلاة وسلام على كل من دعا بدعوته إلى يوم الدين وبعد:

أتوجه بأسمى عبارات الشكر والتقدير إلى الأستاذ الدكتور **مفصي ميلود** الذي تفضل بالإشراف على هذا البحث، والذي لم يأل جهدا في تقديم يد العون التي لولاها لما خرج هذا البحث للوجود، بما أسداه من نضائح وتوجيهات ومساعدات، ما وفر علي كثيرا من الجهد.

أتقدم بالشكر إلى الأساتذة أعضاء لجنة المناقشة، الذين تفضلوا وقبلوا مناقشة وإثراء هذا البحث:

- ❖ أ.د. جكون عبد الحميد ، أستاذ بكلية علوم الطبيعة و الحياة جامعة منتوري قسنطينة 1.
- ❖ أ.د. يخلع نادية ، أستاذة بكلية علوم الطبيعة و الحياة جامعة منتوري قسنطينة 1.
- ❖ أ.د. بن محمد عمر ، أستاذ بكلية علوم الطبيعة و الحياة جامعة فرحات عباس سطيف 1.

كما أتقدم بالشكر الجزيل إلى جميع إطارات المعهد الوطني الجزائري للبحث الزراعي و بالخصوص وحدة البحث بسطيف،

وهي الأخير أشكر كل من ساهم من قريب أو من بعيد في إنجاز هذا البحث ولو بكلمة طيبة.

## الملخص

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف. تهدف هذه الدراسة إلى (I) إظهار مدى تأثير الري التكميلي في المردود الحي و مركباته و بعض الخواص المرفولوجية و الفيزيولوجية لمجموعة من أصناف القمح الصلب، (II) اختبار مدى فعالية مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف متحملة لظروف المناطق شبه الجافة و (III) فعالية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية و باستعمال البرنامج Mesurim Pro في تقدير تغيرات نسب الانعكاس الضوئي الورقي و الشيخوخة الورقية. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب حيث تم زرعها في ظروف نمو مختلفة مروية و جافة؛ التصميم التجريبي المعتمد هو التصميم العشوائي الكامل بالأجنحة و الذي ضم أربعة أجنحة. أظهر تحليل التغير أن ظروف النمو (مروي و جاف) و كذا النمط الوراثي كان لها تأثير جد معنوي ( $p < 0.001$ ) في كل من عدد السنابل في المتر المربع الواحد، وزن ألف حبة، طول النبات، المردود الحي و طول عنق السنبل. سُجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المردود الحي و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ( $r = -0.70^*$ )؛ أضف إلى ذلك سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر)، الزرقاء (450 نانومتر) و المحتوى اليخضور ( $r = -0.77^*$ ,  $r = -0.66^*$ ) على التوالي. توحى علاقات الارتباط هذه بأن تناقص شدة التركيب الضوئي للمجموع الخضري تحفز زيادة الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و السبب أن طول الموجة الحمراء و الزرقاء يعتبر الأكثر امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية أثناء عملية التركيب الضوئي.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، الري التكميلي، الانعكاس الضوئي الورقي، الشيخوخة الورقية، مؤشرات الجفاف.

## Abstract

The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif. The objectives of this study were (I) to detect the effects of irrigation on grain yield, yield components and some morphological and physiological traits in set of durum wheat genotypes, (II) to evaluate the ability of several selection indices of tolerance to identify drought tolerant cultivars under varying environmental conditions and (III) to evaluate the efficiency of using the numerical image analyses (NIA) by Mesurim Pro (Version 3.3) software in the measure of the leaf reflectance. Ten durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars were grown under well watered and natural drought condition; the experiment was laid out in split plot based on a complete randomized block design, with four replications. The number of spike  $m^{-2}$ , 1000-kernel weight, plant height, grain yield and peduncle length were highly significant ( $P < 0.001$ ) affected by water deficit conditions and genotype effects. Grain yield showed a significant and negative correlation with leaf reflectance at Red ( $r = -0.70^*$ ); in addition, the reflectance at Red and Blue were significantly correlated with Chlorophyll content ( $r = -0.77^{**}$ ,  $r = -0.66^*$ ; respectively). These correlations suggest that the decrease in the photosynthetic capacity of the canopy increase leaf reflectance at Red and Blue, because the Red and Blue light is the major radiation absorbed by chlorophyll pigments.

**Keywords:** Durum wheat, Irrigation, Leaf reflectance, Senescence, Drought index.

## قائمة المنشورات

- I. Guendouz Ali, Salima Guessoum, Khelifa Maamari and Miloud Hafsi. **2012 The Effect of Supplementary Irrigation on Grain Yield, Yield Components and Some Morphological Traits of Durum Wheat (Triticum durum Desf.) Cultivars.** Advances in Environmental Biology, 6(2): 564-572.  
<http://www.aensiweb.com/aeb/2012/564-572.pdf>
- II. Guendouz Ali, Salima Guessoum, Khelifa Maamari, Mohamed Benidir and Miloud Hafsi. **2012. The effect of supplementary irrigation on Reflectance at Red and Blue and its relationships with grain yield, Chlorophyll content, Senescence parameters and Drought resistance indices in Durum Wheat (Triticum durum Desf) cultivars.** International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology, 5(2): 151-159.  
<http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijaeb&volume=5&issue=2&article=012>
- III. Guendouz Ali, Salima Guessoum and Miloud Hafsi. **2012. Investigation and Selection Index for Drought Stress in durum wheat (Triticum durum Desf.) under Mediterranean condition. Electronic Journal of Plant Breeding,** 3(2): 733-740.  
<https://be104edb-a-62cb3a1a-s-sites.googlegroups.com/site/ejpb2011/vol-3-2/Vol-3-2-733-740.pdf?>
- IV. Guendouz Ali, Salima Guessoum, Khelifa Maamari and Miloud Hafsi. **2012. Predicting the efficiency of using the RGB reflectance for estimating leaf chlorophyll content of Durum wheat (Triticum durum Desf.) genotypes under semi arid conditions.** American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture, 6(2): 102-106.  
<http://www.aensiweb.com/aejsa/2012/102-106.pdf>
- V. Guendouz A, Guessoum S, Maamri K, Benidir M. and Hafsi M. **2013. Flag leaf Reflectance Efficiency as Indicator for Drought Tolerance in Durum Wheat (Triticum durum Desf.) Under Semi Arid Conditions.** International journal of Agronomy and Plant Production, 4 (6): 1204-1215.  
<http://www.ijappjournal.com/wp-content/uploads/2013/05/1204-1215.doc.pdf>

## قائمة الجداول و الوثائق

### الجدول

#### الفصل الأول

| الرقم      | العنوان  | الصفحة |
|------------|--|--------|
| الجدول 1-1 | الأنواع المختلفة للأقماع البرية ، الأقماع المزروعة قديما (الأصلية) و الأقماع المزروعة حديثا. | 4      |

#### الفصل الثاني

|            |   |    |
|------------|---|----|
| الجدول 1-2 | اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة.  | 40 |
| الجدول 2-2 | تحليل التغير لكل من المردود الحبي (GY)، وزن ألف حبة (TKW)، عدد الحب في السنبل (NG/S)، عدد السنابل في المتر المربع (NS/m <sup>2</sup> )، عدد الحب في المتر المربع (NG/m <sup>2</sup> )، طول النبات (PH)، طول عنق السنبل (PL) و المحتوى اليخضوري (CC) تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي.  | 42 |
| الجدول 3-2 | مقارنة متوسطات كل من المردود الحبي (GY)، وزن ألف حبة (TKW)، عدد الحب في السنبل (NG/S)، عدد السنابل في المتر المربع (NS/m <sup>2</sup> )، عدد الحب في المتر المربع (NG/m <sup>2</sup> )، طول النبات (PH)، طول عنق السنبل (PL) و المحتوى اليخضوري (CC) تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي. | 43 |
| الجدول 4-2 | قيم مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) في الأصناف العشرة المختبرة.  | 51 |
| الجدول 5-2 | معاملات الارتباط بين المؤشرات المدروسة تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي.   | 52 |

#### الفصل الثالث

|            |  |    |
|------------|--|----|
| الجدول 1-3 | اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة.   | 63 |
| الجدول 2-3 | تقدير حساسية عشرة أصناف من القمح باستعمال مؤشرات تحمل الجفاف في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. | 66 |
| الجدول 3-3 | معاملات الارتباط بين المردود الحبي في ظروف الجفاف و الري التكميلي و مؤشرات تحمل الجفاف.              | 67 |
| الجدول 4-3 | معاملات ارتباط مؤشرات تحمل الجفاف مع المحاور الثلاثة لتحليل المركبات الرئيسية.                       | 69 |



## الفصل الرابع

|    |   |            |
|----|---|------------|
| 82 | تحليل التغير و مقارنة المتوسطات للانعكاس الضوئي الورقي في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي.          | الجدول 1-4 |
| 85 | تحليل التغير و مقارنة المتوسطات للمردود الحي و المحتوى اليخضوري في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. | الجدول 2-4 |
| 86 | تحليل التغير و مقارنة المتوسطات لمؤشرات الشبخوخة الورقية في الأصناف العشرة المختبرة تحت الظروف المطرية و الري التكميلي.             | الجدول 3-4 |
| 88 | تقدير حساسية عشرة أصناف من القمح باستعمال مؤشرات تحمل الجفاف في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي.                                | الجدول 4-4 |
| 89 | علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي.  | الجدول 5-4 |

## الفصل الخامس

|     |  |            |
|-----|--|------------|
| 101 | اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة.   | الجدول 1-5 |
| 103 | تغيرات قيم الانعكاس الضوئي الورقي، المحتوى اليخضوري و متوسط الشبخوخة الورقية في الأصناف العشرة المختبرة. | الجدول 2-5 |

## الفصل السادس

|     |  |            |
|-----|--|------------|
| 114 | اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة.   | الجدول 1-6 |
| 117 | تغيرات قيم المردود الحي خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012) تحت الظروف المطرية و المروية.  | الجدول 2-6 |
| 119 | تغيرات قيم مؤشرات تحمل الجفاف خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012) بالنسبة للأصناف العشرة المختبرة.                                     | الجدول 3-6 |
| 121 | تغيرات قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012) و تحت الظروف المطرية و المروية. | الجدول 4-6 |
| 125 | تغيرات قيم مؤشرات الشبخوخة الورقية خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012) و تحت الظروف المطرية و المروية.                                 | الجدول 5-6 |
| 128 | علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012) و تحت الظروف المطرية و المروية.                              | الجدول 6-6 |

## الوثائق

### الفصل الأول

| الرقم       | العنوان  | الصفحة |
|-------------|--|--------|
| الوثيقة 1-1 | منحنى تغيرات نسب طيف الانعكاس الضوئي في أوراق نبات الدخان (Nicotiana tabacum).   | 19     |
| الوثيقة 2-1 | منحنى تغيرات نسب طيف الانعكاس، الامتصاص و الاختراق الضوئي في أوراق النبات.       | 20     |
| الوثيقة 3-1 | منحنى تغيرات نسب طيف الانعكاس الضوئي الورقي حسب تغيرات المحتوى المائي للأوراق.   | 20     |
| الوثيقة 4-1 | منحنى تغيرات نسب الانعكاس الضوئي في مناطق خضراء و بيضاء من ورقة نبات الجيرانيوم. | 21     |

### الفصل الثاني

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| الوثيقة 1-2 | تغيرات قيم المرود الحبي تحت ظروف الجفاف و الري التكميلي للأصناف العشرة المدروسة.            | 44 |
| الوثيقة 2-2 | تغيرات عدد السنابل في المتر المربع تحت ظروف الجفاف و الري التكميلي للأصناف العشرة المدروسة. | 45 |
| الوثيقة 3-2 | تغيرات طول النبات تحت ظروف الري و الجفاف.   | 49 |
| الوثيقة 4-2 | تغيرات طول عنق السنبله تحت ظروف الري التكميلي و الجفاف.                                     | 49 |

### الفصل الثالث

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| الوثيقة 1-3 | تجميع الأصناف العشرة المدروسة اعتمادا على مؤشرات تحمل الجفاف تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. | 69 |
| الوثيقة 2-3 | توزيع مؤشرات تحمل الجفاف و الأصناف العشرة المختبرة وفق المحورين الرئيسيين 1 و 2.                      | 70 |

### الفصل الرابع

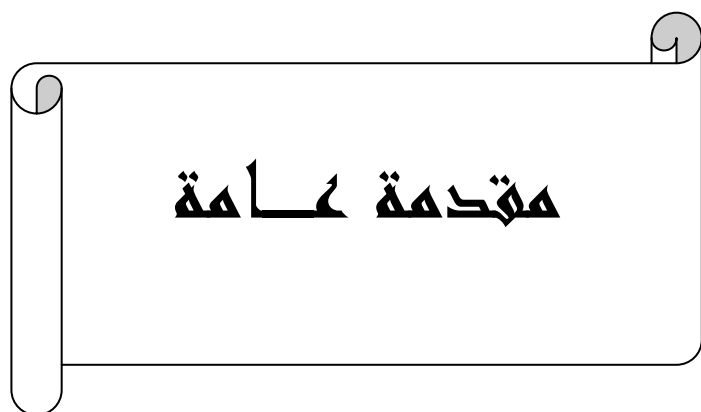
|             |   |    |
|-------------|---|----|
| الوثيقة 1-4 | متوسط تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي.            | 84 |
| الوثيقة 2-4 | تغيرات المرود الحبي في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. | 84 |

## الفصل الخامس

|     |  |             |
|-----|--|-------------|
| 99  | (A) تغيرات قيم الامتصاص الضوئي في مختلف الصبغات الورقية،<br>(B) تغيرات قيم الانعكاس الضوئي في أوراق مختلفة الألوان لنبات<br><i>Liquidambar styraciflua</i> | الوثيقة 1-5 |
| 102 | خطوات تقدير الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجات الحمراء،<br>الخضراء و الزرقاء باستعمال البرنامج Mesurim Pro.  | الوثيقة 2-5 |
| 104 | علاقات الارتباط ما بين الانعكاس الضوئي الورقي، المحتوى اليخضوري<br>و متوسط الشخوخة الورقية.  | الوثيقة 3-5 |

## الفصل السادس

|     |  |             |
|-----|--|-------------|
| 116 | تغيرات قيم المحتوى اليخضوري تحت الظروف المطرية و المروية خلال<br>الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011). | الوثيقة 1-6 |
|-----|--|-------------|



## مقدمة عامة

الجفاف واحد من بين العوامل الأكثر تأثيراً في مردود المحاصيل على المستوى العالمي؛ النقص الحاد في المردود يرجع إلى نقص المحتوى المائي المقترن و بعض الاجهادات اللاحيوية مثل الصقيع، درجات الحرارة المرتفعة، الملوحة و كذا تغيرات العوامل المناخية، تتميز المناطق التي تركز بها زراعة الحبوب بتغيرات مناخية كبيرة (Baldy, 1974).

تحتل زراعة الحبوب في العالم مكانة هامة جداً لأنها تشكل الغذاء الرئيسي للإنسان و الحيوان (Slama et al., 2005). يعتبر القمح بنوعيه من بين الحبوب الأكثر زراعة في العالم، و الأكثر استهلاكاً أيضاً حيث يشكل الغذاء الأساسي لحوالي 43 دولة و التي تشكل ثلث سكان العالم، بذور القمح تحتوي على مركبات هامة من الناحية الغذائية و التي تتمثل في الكربوهيدرات (78.1 %)، البروتينات (14.7 %)، الليبيدات (2.1 %)، أملاح معدنية (2.1 %) و الفيتامينات بكميات معتبرة نسبياً. تنتشر زراعة القمح في مناطق عديدة من العالم لكن المناطق الأكثر إنتاجاً تتركز ضمن شمال أمريكا و حوض البحر الأبيض المتوسط حيث يوفر هذا الأخير حوالي 75 % من الإنتاج العالمي (Maccaferri et al., 2008). يمتاز مناخ البحر الأبيض المتوسط بمعدل تساقط يتراوح ما بين 200 إلى 800 ملم في السنة، و عدد الأيام الممطرة على العموم أقل من 100 يوم في السنة، تتركز أساساً في فصل الشتاء، حيث تصل إلى 70 % من التساقط السنوي و بكثافة عالية، غير أن معظم هذا التساقط يعتبر فائض عن حاجة النبات بسبب انخفاض درجات الحرارة، و التبخر الضعيف و كذلك بطء النمو (Baldy, 1986). صنفت المناطق المناخية من المغرب إلى تركيا اعتماداً على معطيات مجمعة من 210 محطات للرصد الجوي خلال 30 سنة، تتضمن المحصلة المائية (التساقط \ القدرة التبخرية)، حيث ميزت ثلاث مناطق تُبين تدرج نسبة الجفاف انطلاقاً من الساحل إلى المناطق القارية التي لا تصلها التأثيرات البحرية. يُظهر توزيع

متوسطات الحرارة الدنيا منطقة رابعة تمتاز بدرجات حرارة شتوية منخفضة؛ تركز في الهضاب العليا في الجزائر والأناطول في تركيا.

تعتمد زراعة القمح في منطقة الهضاب العليا على الأمطار حيث تشهد هذه المنطقة تذبذب كبير في التساقط لذا فإن الري التكميلي يعتبر عملية مهمة جدا من أجل الحصول على مردود عالي نسبيا. حسب Aidaoui et Hartani (2000) فإن القيام بعمليات الري التكميلي خلال فترات العجز المائي يساهم في الحفاظ على ثبات و/أو رفع المردود.

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف حيث أستعمل خلالها تقنية تحليل الصور الرقمية من أجل تتبع حركية الشبخوخة الورقية و التي أثبتت نجاعتها كمؤشر دل عن تحمل الجفاف و اعتمدت هذه الأخيرة من طرف العديد من الباحثين كتقنية فعالة لانتخاب أصناف متحملة للجفاف، والشبخوخة مؤشر ظاهري عن مجموع التغيرات الحاصلة داخل النبات، حيث أثبتت العديد من الدراسات و تحت ظروف الجفاف أن المردود العالي مرتبط و الشبخوخة المتأخرة (Rawson et al., 1983). إن تحليل التغير اللوني للورقة قد اعتمد من طرف العديد من الباحثين من أجل تقييم تأثير الاجهادات البيئية على صحة النبات ونذكر على سبيل المثال لا الحصر تأثير الإجهاد المائي و الأزوتي (Ahmed and Ried, 1996) و درجات الحرارة المنخفضة (Bacci et al., 1998). تهدف هذه الدراسة إلى إظهار مدى تأثير جرعات مختلفة من الري التكميلي في الخصائص الزراعية (المردود و مركباته..) و الفيزيولوجية (المحتوى اليخضوري، الانعكاس الضوئي، الشبخوخة الورقية و درجة حرارة المجموع الخضري...)

هذا من جهة و من جهة أخرى اختبار مدى فعالية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي عند أطوال موجات محددة (اللون الأحمر 654 نانومتر، الأزرق 450

نانومتر و الأخضر 554 نانومتر) و إمكانية استعمالها في انتخاب أصناف متحملة للجفاف؛ و كذلك دراسة معنوية الارتباط بين مختلف الخصائص الزراعية و الفيزيولوجية المدروسة؛ كما تضمنت هذه الدراسة أيضا اختبار مدى فعالية مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة عند عشرة أصناف من القمح الصلب (Triticum durum Desf.).

الفصل الأول

الجزء النظري



## 1- بيولوجيا القمح الصلب

### 1-1- الأصل الجغرافي و الوضع التصنيفي

ينتسب القمح إلى صف مغطاة البذور، تحت صف أحادية الفلقة، عائلة النجيليات، جنس *Triticum*؛  
مختلف أنواع القمح موضحة ضمن الجدول 1-1 (Feldman, 1976).

حسب Harlan (1966) الأصل الجغرافي للقمح يتمركز ضمن المناطق الغربية لإيران، شرق العراق، جنوب وشرق تركيا. القمح واحد من بين الأنواع النباتية الأولى التي زرعت وحصدت من قبل الإنسان منذ حوالي 7000-10000 سنة ضمن منطقة الهلال الخصيب، هذه المنطقة تغطي كل من فلسطين، سوريا، العراق وجزء كبير من إيران (Croston et Williams, 1981). العديد من بقايا القمح، ثنائي الصيغة الصبغية (Diploid) ورباعي الصيغة الصبغية (Tetraploid) وجدت محفوظة ضمن بقايا آثار يرجع عمرها إلى 7 ألف سنة قبل الميلاد ضمن مناطق الشرق الأدنى (Harlan, 1975).

الجدول 1-1. الأنواع المختلفة للأقمح البرية، الأقمح المزروعة قديما (الأصلية) و الأقمح المزروعة حديثا

| Wild wheat  | Primitive cultivated wheats                                       | Modern cultivated wheats  |
|---|---|---|
| T.monococcum<br>Var .boeoticum diploid<br>(AA)      | T.monococcum<br>Var.monococcum ,Einkorn<br>(dressed) diploide(AA) | T.turgidum<br>Var.durum,durum wheat (nu)<br>Tetraploid (AABB)             |
| T.tauschii diploide (DD)                            | T.turgidum<br>Var. dicoccum,Emmer (dressed)                       | T .aestivum<br>Var. spelta, épeature (nu)                                 |
| T .turgidum<br>Var.dicoccoides tetraploid<br>(AABB) | Var.durum (nu) tetraploid<br>(AABB)                               | Var.compactum,<br>Var.aestivum, Spring wheat<br>(nu)<br>Hexaploid(AABBDD) |
| T.timopheevii<br>Tetraploid (AADD)                  | T.aestivum<br>Var. spelta (dressed)<br>Var.compactum (nu)         |   |
| T.aestivum<br>Hexaploid (AABBDD)                    | Var. aestivum (nu) hexaploid<br>(AABBDD)                          |   |

Source: Feldman (1976)

## 2-1- الخصائص الوراثية للقمح

العدد الصبغي القاعدي لنبات القمح هو 7. القمح البري ثنائي العدد الصبغي (Diploid) يحتوي 14 صبغي، القمح النشوي (Emmer) رباعي العدد الصبغي (Tetraploid) والقمح الصلب لهما 28 صبغي والقمح الشائع سداسي العدد الصبغي يملك 42 صبغي. الأقماع رباعية العدد الصبغي نتجت من تصالب نادر لكن طبيعي ما بين اثنين من الأقماع ثنائية العدد الصبغي، بواسطة تهجين طبيعي جمعت فيه صبغيات نوع ثنائي العدد الصبغي مع صبغيات نوع آخر لكن بنفس العدد الصبغي وفق تطورات تسمى Amphidiploid. وفق دراسات علمية دقيقة، علماء الخلية سموا جينومات (genomes) مختلف الأنواع البرية ثنائية العدد الصبغي كالتالي: AA, BB, CC, DD... إن مصالبة نوع ثنائي العدد الصبغي يملك الجينوم AA مع نوع آخر ثنائي العدد الصبغي و يملك الجينوم BB سوف يعطي فردا هجين له الجينوم AB الذي يكون عقيما. لكن في حالات نادرة، الصبغيات تتضاعف تلقائيا لينتج عن ذلك هجين رباعي العدد الصبغي يملك الجينوم AABB و الذي يكون خصبا. الأقماع سداسية العدد الصبغي (Hexaploid) تنتج وفق نفس التطورات السابقة ومن دمج صبغيات نوع ثنائي العدد الصبغي يملك الجينوم DD مع نوع آخر رباعي العدد الصبغي و يملك الجينوم AABB لينتج عن ذلك هجين سداسي العدد الصبغي يملك الجينوم AABBDD، هذه التطورات يمكن تطبيقها في المخبر (Feldman, 1976).

## 3-1- مراحل تطور القمح

### 1-3-1- مرحلة الإنبات - الانبات

يعتبر الإنبات المرحلة الأولى من مراحل الحياة النشطة في بذرة القمح، و هو مرتبط برطوبة، درجة الحرارة و تهوية التربة. درجة الحرارة الدنيا اللازمة للإنبات بذور القمح تقدر بـ 8°م (Geslin, 1952)، في حين قُدرت نسبة الرطوبة اللازمة للإنبات بـ 30-40 % (Jonard et al., 1952).

حجم البذور لا يغير في الإنتاش لكن يؤثر في النمو، التطور و المردود. البذور ذات الحجم الكبير لها العديد من المحاسن و الامتيازات بالمقارنة مع البذور ذات الحجم الصغير، مثل سرعة نمو النبتة، عدد الأشطاء الخصبة العالي ضمن النبات الواحد و المردود الحبي العالي (Spilde, 1989). خلال الإنتاش الجذور البذرية (Seminal roots) هي الأولى التي تنمو، و التي يوجد فوقها الكوليوبتيل (Coleoptile) الذي يحمي انبثاق الورقة الأولى. امتداد أو طول الكوليوبتيل يكون محددًا بعمق الزرع وطوله يتغير مع اختلاف الأنماط الوراثية ، يتزايد قليلا حينما يكون الزرع أعمق (Kirby, 1993). أصناف القمح نصف المتقزمة (Semi dwarf) تملك كوليوبتيل قصير بالمقارنة مع الأصناف الطويلة.

### 1-3-2- مرحلة الأشطاء

تضم هذه المرحلة ثلاث تطورات هامة و هي تشكل قاعدة الأشطاء، ظهور الأشطاء و نمو جذور جديدة. أشطاء القمح تنمو انطلاقا من إبط أوراق الفرع الرئيسي. القدرة العددية للأشطاء تختلف باختلاف الأنماط الوراثية، الأنماط الشتوية تملك أكبر عدد من الأشطاء. الأقماع نصف المتقزمة الطول لها عادة أكبر عدد من الأشطاء. ظهور الأشطاء وتمايز براعمها عادة ينتهي مع بداية تطاول الساق (Baker and Gallagher, 1983).

Longnecker *et al.* (1993) أظهروا أن عملية الإشتطاء لا تتوقف عند مرحلة نمو معينة لكن و إلى حد ما تتحكم فيها العديد من العوامل الأخرى كالعوامل الوراثية و البيئية. ليست جميع الأشطاء تنتج سنابل في القمح، لكن الكثير منها تفقد قبل مرحلة الإزهار (Gallagher and Biscoe, 1978).

### 1-3-3- مرحلة الاستطالة

تبدأ هذه المرحلة مع تشكل السنبل ذات 1 سم و مع بداية تطاول أول مابين عقدتين (Couvreur et Masse, 1980). بداية هذه المرحلة يعلن توقف مرحلة الإشتطاء و الذي يليه تكون

البداءات السنبلية. تعتبر هذه المرحلة جد حساسة للإجهادات، حيث ظهور الإجهاد المائي أو الحراري خلالها يؤثر سلبا في عدد السنبلات المتشكلة (Baldy, 1984).

### 1-3-4- مرحلة التسنبل – الإزهار

نباتات القمح التي تحمل ما بين 4-8 أوراق على الفارع الرئيسي تتحول فيها القمة النامية للساق من المرحلة الخضرية إلى المرحلة التكاثرية. طول القمة النامية خلال هذه الفترة يساوي 0.5 مم. إذا تجاوزت درجة الحرارة 30°م خلال مرحلة تكوين أو تشكيل الزهرة فإن ذلك يؤدي إلى عقمها بشكل تام (Owen, 1971). كل سنبلية (Spikelet) متواجدة على مستوى الجزء المركزي للسنبل تملك ما يقارب 8-12 بداءة زهرية.

السنبلات القاعدية و النهائية تملك ما بين 6-8 بداءة زهرية. ما يقارب نصف هذا العدد من الأزهار أو أقل سوف يحدث بها الإزهار لأن العدد الآخر من الأزهار يحدث بها إجهاض أو يكون تطورها ناقصا قبل حدوث الإزهار (Kirby, 1988).

Rahman *et al.* (1977) وصفوا ارتباطا إيجابيا ما بين طول المرحلة الخضرية و عدد السنبلات ضمن السنبل الواحدة، تمديد المرحلة الخضرية للقمة النامية يحث على أكبر عدد من السنبلات ضمن السنبل الواحدة. إن العدد الحقيقي للسنبلات يتم تحديده من خلال طول مدة المرحلة التكاثرية (Reproductive stage). يبدأ نمو السنبل منذ لحظة ظهور الورقة ما قبل الأخيرة التي تسبق الورقة العلم و ذلك بعشرة أيام قبل الإزهار (Kirby and Appleyard, 1984).

نمو السنبل يكون بطيئا في المراحل المبكرة من النمو، و يتزايد بشدة مع أن تصبح لسينة (Ligule) الورقة العلم مرئية (Krumm *et al.*, 1990). يبدأ إجهاض الأزهار مع بداية مرحلة الانتفاخ (Boot) وينتهي مع حدوث الإزهار.

### 1-3-5- مرحلة الإزهار – النضج الفيزيولوجي

سنبلة القمح تحمل سنبيلة واحدة على مستوى كل عقدة من عقد عمودها الفقري (Rachis). كل سنبيلة تملك ما بين 3-6 أزهار خصبة (Kirby and Appleyard, 1984)، والتي في معظم الحالات تلقيحها يكون ذاتيا بنسبة 96 % (Martin et al., 1976). الإزهار يبدأ على مستوى السنييلات الموجودة في منتصف السنبلة لينتقل لاحقا إلى السنييلات الموجودة في قمة وقاعدة السنبلة خلال مدة تتراوح ما بين 3-5 أيام (Peterson, 1965). أزهار السنبيلة المركزية المتلاحمة يحدث بها التخصيب مبكرا بـ 2-4 أيام مقارنة بالأزهار المتباعدة، والحبوب الناتجة من هذه الأزهار تكون ذات وزن عال (Simmons and Crookston, 1979). بعد تخصيب أو تلقيح الأزهار، الانقسام الخلوي يكون سريعا، خلال هذه المدة تتشكل كلا من خلايا السويداء (Endosperm) وكذا الصانعات النشوية (Amiloplasts). تعرف هذه المرحلة على أنها مرحلة تباطؤ وهي تحتل 20-30 % من فترة ملء الحب، بعد هذه المرحلة هناك فترة أخرى تتميز بنمو سريع للخلايا مع تمايزها، ويلاحظ أيضا عملية تخزين النشاء ضمن السويداء والتي تكون لها علاقة خطية و نمو البذور و هي تحتل من 50-70 % من فترة ملء الحب؛ الجنين يتشكل في نفس الوقت الذي تنمو فيه السويداء (Jones et al., 1985).

## 2- الإجهاد المائي، مكنزمات التكييف و الري التكميلي

### 1-2- مفهوم الإجهاد المائي

يطلق مصطلح الإجهاد المائي على المناطق التي تعاني شح في المياه من جراء انعدام، تذبذب أو تأخر تساقط الأمطار. حسب Henin (1976) وجود إجهاد مائي يمكن أن يلاحظ من خلال العجز المائي المسجل على مستوى الأنسجة النباتية و الذي يؤثر سلبا في المردود.

ظهور الإجهاد المائي خلال فترة قصيرة يؤدي إلى توقف مؤقت للنمو الذي يليه تناقص في شدة التركيب الضوئي (Turner et Begg, 1981). طول فترة التعرض للإجهاد المائي يجعل النبات يعاني من اضطرابات عديدة في مختلف الوظائف الفيزيولوجية مما ينتج عنه توقف تام عن النمو (Deraissac, 1992).

## 2-2- تأثير الإجهاد المائي على مراحل التطور و الخصائص المرفولوجية و الزراعية

### 2-2-1- تأثير الإجهاد المائي على مدة مراحل التطور

يتحكم في التمييز بين مرحلتين مختلفتين و متعاقبتين درجة الحرارة و الفترة الزمنية. حسب Bingham (1969)، المرحلة الخضرية و مرحلة النضج تعتبر مراحل جد هامة لتحديد المردود، ضمن منطقة معينة لا بد من التعرف على المدة الزمنية اللازمة لكل مرحلة للحصول على مردود أمثل. تبكير صنف ما يختلف من سنة لأخرى و هو يتأثر بمجموعة من الظروف البيئية (الجفاف المبكر، الصقيع المتأخر) التي تحدث اضطراب في التسنبل بالنسبة للأصناف المبكرة و تحفز الأصناف المتأخرة. التبكير للتسنبل و النضج آلية هامة جدا لتفادي الجفاف المتأخر (Hadjichristodoulou, 1987). أثبتت بعض الدراسات أن العجز المائي يسرع أو يخفض سرعة النمو (Gate, 1995). يحدث العجز المائي ضياع في المردود تختلف قيمته باختلاف مدة، شدة و فترة ظهور العجز المائي. Fischer (1985) وجد أن الأصناف المتأخرة تتميز بمردود معتبر في الظروف الملائمة، لكن تحت ظروف الإجهاد تسجل هذه الأصناف نقص في المردود بسبب تزامن مرحلة ملء الحب مع فترات عجز مائي حاد و ارتفاع في درجة الحرارة. الأصناف المبكرة للتسنبل تتميز بساق قصير، بذور ذات حجم صغير، عدد السنابل و عدد الحب في وحدة المساحة جد معتبر أي مردود أفضل؛ في حين الأصناف المتأخرة تمتلك مردود حي منخفض (Abassene, 1997).

ظهور العجز المائي في نهاية مرحلة الاستطالة (10-15 يوم قبل الإزهار) يخفض عدد الأزهار الخصبة في السنبلية و هذا يختلف من صنف لأخر (Gate et al., 1992)، ظهور العجز المائي الحاد مع نهاية فترة الاستطالة يعرقل انبثاق السنبلية.

## 2-2-2- تأثير الإجهاد المائي على المردود الحبي و مركباته

ضمن دراسة لمقارنة سلوك القمح الصلب و القمح اللين اتجاه الجفاف، و جد أن العجز المائي يؤثر بشكل غير متماثل في القمح الصلب مقارنة بالقمح اللين، وزن ألف حبة يتأثر بصورة أكبر بالجفاف في القمح الصلب مقارنة بالقمح اللين (Mekliche et al., 1993). ظهور العجز المائي قبل مرحلة الإزهار يسبب إجهاض عدد كبير من السنبلات بمقدار 28%. انخفاض وزن ألف حبة يرجع بنسبة أكبر إلى قلة المركبات الكربوهيدراتية أثناء فترة ملء الحب بسبب العجز المائي (Debeake et al., 1996). ضمن الأصناف التي تعاني عجز مائي خلال مرحلة ملء الحب تساهم المدخرات الكربوهيدراتية بحوالي 80% من الوزن النهائي للحب، يساهم كل من الساق، الأوراق و غلاف السنبلية في ملء الحب للتقليل من ضرر العجز المائي خلال مرحلة ملء الحب السريعة (Gate, 1995). تناقص وزن ألف حبة يرجع و بشكل كبير إلى سوء التغذية الكربوهيدراتية خلال مرحلة ملء الحب (Debeake et al., 1996). تحت ظروف العجز المائي، النبات يسلك مجموعة من السلوكات من بينها إعادة تحويل المركبات الكربوهيدراتية المخزنة و بشكل أساسي في الساق خلال مرحلة تطاول الساق نحو الحب على مستوى السنبلية. حسب Gate (1995) يساهم المخزون الكربوهيدراتي على مستوى الساق بنسبة 80% في الوزن النهائي للحب في النباتات التي تشهد عجز مائي خلال فترة ملء الحب. يعتبر الساق العضو الرئيسي المخزن للمركبات الكربوهيدراتية المتشكلة قبل مرحلة الإزهار و الذي سوف يحول نحو البذور خلال

مرحلة ملء الحب عند الحاجة إليه (Pheloung and Siddique, 1991). تعتبر سرعة ملء الحب العالية خاصية من خواص التأقلم نحو الجفاف (Legouis, 1992).

### 2-2-3- تأثير الإجهاد المائي على الخصائص المرفولوجية

حسب Nemmar (1980)، يرفع وجود السفا في السنابل من فعالية استعمال الماء لبناء مادة جافة أكبر خلال مرحلة ملء الحب. يعتبر طول السفا مؤشر مرفولوجي هام جدا و له علاقة وطيدة و تحمل الجفاف في القمح الصلب كما يساهم و بشكل كبير في ملء الحب (Hadjchristodoulou, 1985). Adda (1996) أظهر أن الطول و اللون الأسود للسفا يؤثر تأثيرا إيجابيا على المردود و عدد الحب في السنبله. أعتمد طول عنق السنبله من طرف (Fisher et Maurer, 1978) كمؤشر لانتخاب أصناف متحملة للجفاف؛ يتضح دور هذا العضو من خلال المادة الجافة المتراكمة ضمنه و التي تحول لاحقا نحو الحب تحت ظروف الجفاف (Gate et al., 1990).

Mekliche-Hanifi (1983) و Bensalem (1993) وجدوا علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين المردود الحبي و طول القصب. يمكن أن تفسر علاقة الارتباط هذه من خلال المادة الجافة المخزنة ضمنه و التي تساهم في ملء الحب من جهة و من جهة أخرى من خلال طول القصب الذي يقابله طول الجذور و التي تساهم في امتصاص أكبر للماء و الأملاح المعدنية (Bagga et al., 1970). على العكس Ali Dib et al. (1990) لم يجدوا أي علاقة ارتباط معنوية بين المردود الحبي و طول القصب تحت ظروف العجز المائي.



## 2-3- مكترمات التكيف نحو الإجهاد المائي

تعتمد النباتات عدة آليات لتجنب تأثيرات العجز المائي، حيث تختلف قوة التحمل من نوع نباتي إلى آخر و من صنف إلى آخر؛ لكن على العموم يمكن تلخيص طرق التحمل في الآليات الثلاثة التالية: - التأقلم، - التهرب و - التجنب (Turner, 1986). يعتبر من الناحية الفيزيولوجية نبات ما مقاوم للجفاف عند قدرته على العيش و التطور تحت ظروف الجفاف، أما من الناحية الزراعية فهو قدرة هذا النبات على إعطاء مردود أكبر مقارنة بالنباتات الحساسة (Madhava Rao et al., 2006).

### 2-3-1- مكترمات مرفولوجية

تتضح تأثيرات الإجهاد المائي من خلال مجموعة من التحورات المرفولوجية التي يظهرها النبات من أجل الرفع في قدرة امتصاص الماء، خفض شدة النتح و المنافسة بين مختلف الأعضاء النباتية من أجل الماء و الأملاح المعدنية، مجمل هذه التحورات قد تصيب الأجزاء الهوائية و الأرضية للنبات (Bajji, 1999). يعتبر كل من خفض المساحة الورقية و عدد الأشرطة بمثابة مظهر من المظاهر المرفولوجية للتأقلم نحو العجز المائي (Blum, 1996). يعتبر إلتفاف الأوراق على نفسها في بعض أصناف القمح من بين المكترمات المتبعة لخفض كمية الماء المفقودة عن طريق النتح، حيث تقلل هذه العملية من شدة النتح بـ 40-60 % (Amokrane et al., 2002). يعتبر طول السفا من بين المؤشرات المرفولوجية التي له علاقة وطيدة و تحمل الإجهاد المائي (Hadjichristodoulou, 1985). يرفع السفا المردود من خلال مساهمته في رفع سعة التركيب الضوئي للسنبلة (Slama et al., 2005). طول النبات في القمح مؤشر هام جدا لانتخاب أصناف متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة و الذي يُفسر من خلال التناسب الطردي بين طول النبات و طول المجموع الجذري الذي يسمح بامتصاص أفضل للماء و على

أعماق معتبرة (Bagga et al., 1970). يعتبر النظام الجذري المتطور من بين المؤشرات الهامة لمقاومة الإجهاد المائي (Passioura, 2004).

### 2-3-2- مكترمات فينولوجية

لتجنب المرحلة الحرجة لتأثير العجز المائي فإن العديد من الأصناف تنهي دورة حياتها قبل ظهور الإجهاد، التبكير صفة هامة جدا لتجنب تأثيرات الإجهاد المائي المتأخر (Ben Naceur et al., 1999). الأصناف المبكرة تستغل بشكل جيد المياه المتوفرة من أجل إنتاج أفضل للكتلة الحيوية و المردود الحي لذلك تعتبر الأفضل مقارنة بالأصناف المتأخرة (Bajji, 1999). المردود الحي سجل علاقة ارتباط معنوية و ايجابية مع التبكير للتسنبيل (Gonzalez et al., 1999). تتميز الأصناف ذات سرعة النمو العالية بسعة استعمال كبيرة للمغذيات خلال المرحلة الأخيرة للنمو (Poorter, 1989). يعتبر التبكير للتسنبيل مؤشر هام جدا للانتخاب من أجل تحسين المردود ضمن المناطق الجافة. Fischer et Maurer (1978) أثبتوا أن كل يوم زيادة في التبكير للتسنبيل يساهم في رفع المردود بحوالي 30-85 كغ/هـ.

### 2-3-3- مكترمات فيزيولوجية

البرولين من الأحماض الأمينية الهامة في النبات، حيث يخلق كرد فعل أو كشكل من أشكال التأقلم ضد الجفاف قصد تعديل الوسط للحفاظ على المحتوى المائي في الخلية و الحفاظ على ضغط الامتلاء اللازم لكل التفاعلات الخلوية؛ يكون بتراكيز عالية على مستوى الأوراق (Palfi et al., 1973). سجلت العديد من الأبحاث علاقة طردية بين كمية البرولين المتشكلة و مقاومة الجفاف أي أن البرولين يمكن أن يستعمل للكشف عن الأصناف المتحملة للجفاف (Savitskaya, 1967).

تعتبر السكريات بالإضافة إلى الأحماض العضوية من بين المواد المتراكمة أثناء الإجهاد، حيث للسكريات المذابة دور هام جدا في تخفيف ضرر الإجهاد الحراري و المائي كما له دور فعال في التعديل

الأسموزي، القمح المجهد حراريا أو مائيا يتميز بتراكم معتبر للسكريات ضمن أوراقه (Turner and Begg, 1978). التعديل الاسموزي يحافظ على التوازن المائي في الخلية، حيث يخفض فقدان الماء من داخل الخلية الناتج عن ارتفاع التركيز خارج الخلية بسبب الإجهاد المائي كل ذلك يؤثر ايجابيا في نمو النبات و مردوده (Johnson et al., 1984). تراكم البرولين و السكريات هي المؤثر المباشر في التعديل الاسموزي (Ludlow and Muchow, 1990). تحت ظروف الجفاف، تغلق النباتات ثغورها لخفض كمية الماء المفقود عن طريق النتح وفي هذه الحالة فإن التعديل الثغري سوف يشبط دخول ثاني أكسيد الكربون الذي بدوره يؤثر سلبا في شدة التركيب الضوئي، يمكن أن تبقى الثغور مفتوحة للحصول على ثاني أكسيد الكربون الضروري للبناء الضوئي لكن ذلك سوف يؤدي حتما إلى جفاف النبات (Ykhlef and Djekoun, 2000).

## 4-2- الري التكميلي

### 1-4-2- أهمية و دور الماء في النبات

يعتبر الماء مكون أساسي حيث يمثل 80-95% من وزن الأنسجة النباتية الحية و يؤدي دور هام جدا في نمو و تطور النبات (Taiz and Zeiger, 1998). يحتاج النبات للماء في العديد من الوظائف الحيوية كبناء المركبات الكربوهيدراتية عن طريق عملية التركيب الضوئي. يستعمل النبات الماء، المغذيات المعدنية، ثاني أكسيد الكربون، الأوكسجين و الأشعة الضوئية من أجل النمو و التطور؛ من بين هذه المركبات يعتبر الماء المركب الأكثر تأثيرا في نمو و تطور النبات (Taiz et Zeiger, 1998). يؤدي الماء دور فعال على المستوى الخلوي حيث يساهم في حركة و نقل المواد المغذية و الفضلات الناتجة عن عمليات الهدم و غيرها (Martre, 1999).

## 2-4-2- تعريف الري التكميلي

الري التكميلي هو عملية تقديم كمية من الماء خلال مرحلة من مراحل نمو النبات لضمان استمرارية النمو و الحصول على مردود أفضل.

حسب Ait kadi (1985) فإن الري التكميلي هو عبارة عن كمية الماء المقدمة من أجل تعويض النقص في الماء في التربة الناجم عن قلة أو تذبذب الأمطار لضمان مردود أفضل. يعرف الري التكميلي أيضا على أنه كمية الماء المقدمة خلال فترة النمو الحرجة للنبات و التي تعاني نقص في المحتوى المائي بسبب شح الأمطار من أجل ضمان مردود أفضل (Perrier et Salkini, 1987)؛ بالنسبة لـ Saleh (1987) الري التكميلي هو كمية الماء القليلة المقدمة خلال فترة تعرض النبات للعجز المائي من أجل التقليل من ضرر الإجهاد المائي. Zaghoul (1987) عرف الري التكميلي على أنه تقديم الكمية اللازمة من الماء خلال فترة النمو الحرجة لضمان استمرارية النمو و التطور. لإعطاء تعريف أوضح و أدق للري التكميلي اقترحت المنظمة العالمية للتغذية و الزراعة (FAO) خلال أيامها الدراسية بالرباط سنة 1987 التعريف التالي: "الري التكميلي هو تقديم كميات معتبرة من الماء تضمن ثبات و/أو زيادة المردود كما و نوعا ضمن المناطق التي تعاني فيها المحاصيل عجز مائي و الذي لا يسمح بالنمو و التطور الأمثل للمحصول". عموما، اعتمدت العديد من التعريفات لمصطلح الري التكميلي لكن في مجملها تنصب نحو معنى واحد و هو تقديم كميات محددة من الماء لضمان ثبات و/أو زيادة المردود.

## 2-4-3- فوائد الري التكميلي

يمكن أن نلخص فوائد الري التكميلي في النقاط التالية:

1- رفع و/أو ثبات المردود.

2- تحسين المساحات المزروعة.

3- تحسين نوعية الإنتاج.

4- الحفاظ على المصادر المائية و خفض التكاليف الزراعية.

معظم الدراسات التي تهتم بالري التكميلي تشمل نقطتين هامتين هما:

1-3-4-2- كمية ماء الري

كمية ماء الري التي تتراوح ما بين 60-150 مم تعمل على مضاعفة المردود (Bouabgra et Souley, 2000).

2-3-4-2- فترة أو مرحلة الري

الري التكميلي لا يعني أن نقوم بعملية الري خلال مراحل النمو الحرجة و لكن يعني القيام بعملية الري

خلال المرحلة الأكثر فعالية لاستعمال ماء الري (Bouabgra et Souley, 2000).

2-4-4-2- تأثيرات الري التكميلي في المردود الحي و مركباته

عموما، الهدف الرئيسي من الري التكميلي كما سبق و ذكرنا هو رفع أو تحسين المردود، يعتمد هذا

التحسين على مجموعة الخواص الوراثية للأصناف، كمية ماء الري و فترة أو مرحلة الري.

مرحلة النمو الحرجة للري تختلف باختلاف طبيعة الحصاد المرجو (حب أو قصب)

(Mouhouche et Bourahla, 2007). نسبة الزيادة في المردود نتيجة للري تختلف من 19 إلى 90 % زيادة

في المردود مقارنة بالشاهد (Belbsir, 1990). حسب Lahlou (1989) مرحلة الأشطاء هي المرحلة الأكثر

تأثرا بالري التكميلي. أثبتت النتائج التي خلص لها Boutfirass et al. (1994) أن الري التكميلي بجرعة

تقدر بـ 60 مم خلال مرحلة الإشتاء و/أو الإستطالة تحفز إنتاج أكبر للإشتاء و إنتاج كمية أكبر

من المادة الجافة التي تحسن فعالية استغلال الماء. أثبتت الدراسات أن الري التكميلي خلال مرحلة

التسنبل يحسن المردود الحي (Boutfirass, 1990). يؤثر الري التكميلي خلال مرحلة الإستطالة مباشرة في

عدد الحب في السنبلة مقارنة بوزن ألف حبة، في حين أن وزن ألف حبة يتأثر و بشكل مباشر بعملية الري خلال مرحلة ملء الحب (Mouhouche et Bourahla, 2007).

إن عملية الري خلال مرحلة ملء الحب تحسن و بشكل أفضل وزن ألف حبة الذي بدوره يرفع المردود الحبي النهائي (Paccucci et Troccali, 1999).

### 3- الضوء و الخواص الضوئية للأوراق النباتية

#### 1-3- مفاهيم عامة حول الأشعة الضوئية

تقسم الأشعة الضوئية و على اختلاف أطوال موجاتها إلى أربعة مجموعات:

- الأشعة فوق البنفسجية: 0.20 – 0.39 ميكرون.

- الأشعة المرئية: 0.39 – 0.77 ميكرون.

- الأشعة قرب تحت الحمراء: 0.77 – 1.3 ميكرون.

- الأشعة تحت الحمراء: 4.00 – 100.00 ميكرون.

إن سقوط الأشعة الضوئية على جسم ما يؤدي إلى أن جزء من هذه الأشعة الساقطة يمتص، آخر يخترق الجسم في حين الجزء الآخر منها ينعكس. نسبة الأشعة الإجمالية الممتصة إلى الأشعة الساقطة تسمى الأشعة الممتصة (Absorptance)، في حين نسبة الأشعة الإجمالية المنعكسة إلى الأشعة الساقطة تسمى الأشعة المنعكسة (Reflectance) و نسبة الأشعة الإجمالية النافذة إلى الأشعة الساقطة تسمى الأشعة النافذة (Transmittance). يعتمد مقدار الأشعة النافذة، الممتصة و المنعكسة على الخصائص الفيزيائية للجسم، وضع الجسم وكذا طول موجات الأشعة الساقطة (Seigle and Howell, 2002).

### 3-2- الخواص الضوئية للأوراق النباتية

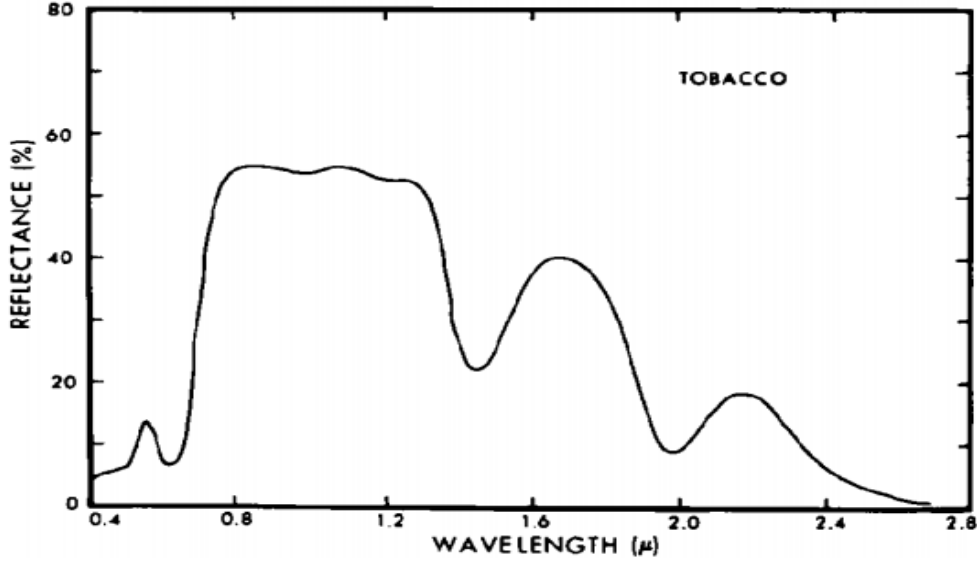
الفهم الواضح للخواص الضوئية للأوراق يعتبر مرحلة جد هامة و ضرورية لفهم و إدراك حركية الأشعة الضوئية ضمن التراكيب المعقدة و المختلفة للورقة (Myneni and Ross, 1991). تعرف الخواص الضوئية للأوراق على أنها كمية الضوء المنعكس، الممتص و المخترق للأنسجة النباتية للورقة (Despan and Jacquemoud, 2004). اعتمدت العديد من الدراسات على الخواص الضوئية للأوراق من أجل تقدير مختلف المكونات البيوكيميائية الداخلية و كذا البنية التشريحية للأوراق (Curran, 1989; Fourty et al., 1996; O'Neill, 2002).

سمحت هذه الدراسات من إعداد نماذج تسمح بتقدير المكونات البيوكيميائية للأوراق وبشكل سهل و غير مخرب (Pinty et al., 2004; Gascon et al., 2004).

### 3-3- مميزات طيف الانعكاس الضوئي الورقي

منحنى طيف الانعكاس الضوئي الورقي النموذجي موضح ضمن الوثيقة 1-1. يمثل المنحنى النسب المثوية لتغيرات الانعكاس الورقي بدلالة تغيرات طول الموجات الضوئية الساقطة على الأوراق النباتية ضمن مجال الأشعة المحصورة ما بين 0.4-2.7 ميكرون. ضمن مجال الأشعة المرئية و المحصورة بين 0.4-0.7 ميكرون نسب الانعكاس الضوئي ضعيفة و أقصى نسبة لم تتجاوز 10% و سجلت عند الأشعة الخضراء ذات طول الموجة 0.55 ميكرون. تتزايد نسب الانعكاس الضوئي الورقي و تتجاوز 50% ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء و التي تشمل الأشعة المحصورة ما بين 0.7-1.3 ميكرون، لكن تبدأ في التناقص كلما اقتربنا من الطول الموجة الموافق لـ 2.7 ميكرون. يعتبر مجال الأشعة المحصور ما بين 0.4-2.7 ميكرون جد هام في دراسة الانعكاس الضوئي الورقي لأن الأشعة الشمسية الساقطة على النبات

محصورة ضمن هذا المجال هذا من جهة و من جهة أخرى لأن التجهيزات الخاصة بتقدير الانعكاس الضوئي ضمن هذا المجال متوفرة حالياً (Knipling, 1970).



Source: Knipling (1970)

الوثيقة 1-1. منحني تغيرات نسب طيف الانعكاس الضوئي في أوراق نبات الدخان (*Nicotiana tabacum*)

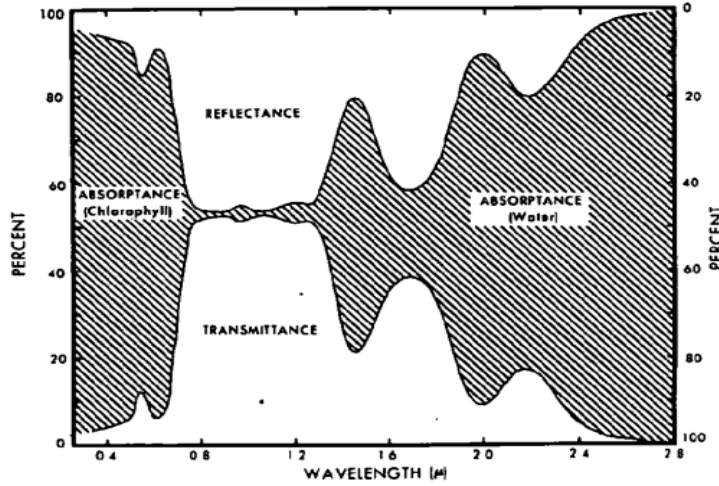
يعتبر مجال الأشعة المحصور ما بين 2.7-0.4 ميكرون مجال يشمل مجمل المعلومات الخاصة بالانعكاس الضوئي الورقي و التي يمكن تقديرها بأجهزة الاستشعار عن بعد (Wong and Blevin, 1967).

#### 4-3- مكترمات الطيف الضوئي الورقي

جزء من الأشعة الساقطة على الأوراق النباتية ينعكس، أما الأجزاء الأخرى فمنها ما يمتص من طرف مكونات الورقة و منها ما يحترقها. كل من الانعكاس، الامتصاص و الاختراق الضوئي عناصر جد مترابطة و لا بد من أن نأخذها بعين الاعتبار عند تقدير الخواص الفيزيائية و الفيزيولوجية للانعكاس الضوئي الورقي. تمثل الوثيقة 2-1 تغيرات نسب الانعكاس، الامتصاص و الاختراق الضوئي للأوراق ضمن مجال الأشعة المحصورة ما بين 2.7-0.4 ميكرون. عموماً منحني تغيرات الانعكاس الضوئي في الوثيقة 2-1 يماثل منحني تغيرات الانعكاس الضوئي في الوثيقة 1-1 لكنه في شكل مقلوب. تغيرات نسب الاختراق الضوئي تماثل تماماً تغيرات نسب الانعكاس الضوئي، في حين نسب الامتصاص

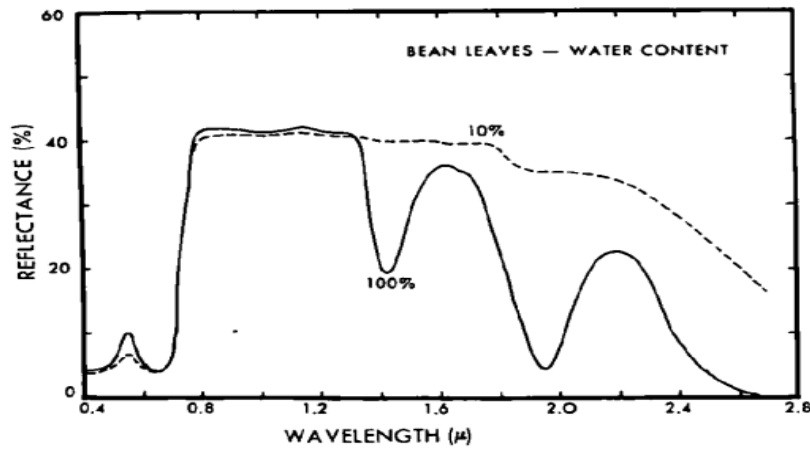


الضوئي تكون محصورة بينهما. ضمن مجال الأشعة المرئية و مجال الأشعة المحصورة ما بين 1.3 ميكرون و حتى الأشعة تحت الحمراء نسب الامتصاص الضوئي تكون عالية، أما ضمن مجال الأشعة المحصورة ما بين 0.7-1.3 ميكرون فإن نسب الامتصاص الضوئي تساوي الصفر تقريبا (Knipling, 1970).



Source: Knipling (1970)

الوثيقة 1-2. منحنى تغيرات نسب طيف الانعكاس، الامتصاص و الاختراق الضوئي في أوراق النبات



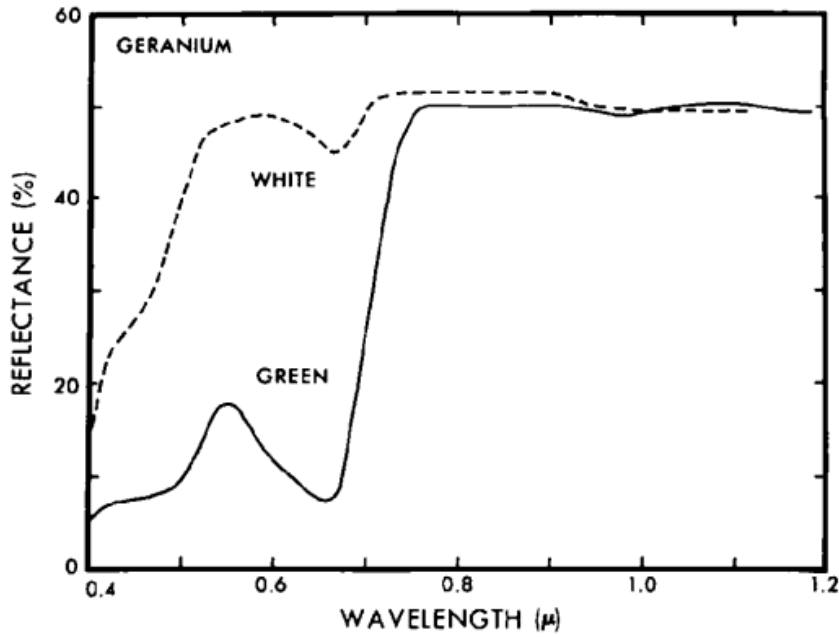
Source: Knipling (1970)

الوثيقة 1-3. منحنى تغيرات نسب طيف الانعكاس الضوئي الورقي حسب تغيرات المحتوى المائي للأوراق

الرقمين 10 و 100 الموضحة على الوثيقة تمثل النسب المئوية للمحتوى المائي الورقي عند نزع عينات الأوراق و بعد فترة زمنية.

الامتصاص العالي للأشعة من طرف الأوراق النباتية ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء و انطلاقا من 1.3 ميكرون يرجع إلى الماء المتواجد ضمن أنسجة الورقة (Allen and Richardson, 1968).

تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي في الأوراق العادية و المحففة موضحة في الوثيقة 1-3. الامتصاص العالي ضمن مجال الأشعة المرئية يرجع إلى الصبغات اليخضورية و على رأسها اليخضور و الكاروتين (Gates et al., 1965; Knipling, 1970). أثبتت العديد من الدراسات تغيرات في نسب الانعكاس الضوئي الورقي في الأوراق الخضراء مقارنة بالأوراق عديمة اليخضور و نتائج ذلك موضحة في الوثيقة 1-4، توضح هذه الوثيقة أن نسب الانعكاس الضوئي العالية ضمن مجال الأشعة المرئية يرجع إلى الصبغات اليخضورية. تغيرات طيف الامتصاص في الصبغات المعزولة أظهر أن هذه الأخيرة تعتبر شفافة ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء أي أن الصبغات لا تمتص نهائيا الأشعة الموافقة للأشعة تحت الحمراء.



Source: Knipling (1970)

الوثيقة 1-4. منحنى تغيرات نسب الانعكاس الضوئي في مناطق خضراء و بيضاء من ورقة نبات الجيرانيوم

نسب الانعكاس الضوئي العالية ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء يرجع و بشكل رئيسي إلى تغيرات البنية الداخلية للأوراق (Knipling, 1970). تعتبر المواد الشمعية الموجودة على سطح الأوراق شفافة

لجميع الإشعاعات الضوئية و جزء ضئيل يمكن أن ينعكس تحت تأثير هذه المواد الشمعية. الأشعة الضوئية المخترقة للأنسجة النباتية تحدث بها مجموعة من الانكسارات على مستوى التراكيب الداخلية للأوراق (طبقة البشرة، النسيج المتوسط...)، لابد من الإشارة إلى أن تواجد الماء و اليخضور ضمن أنسجة الورقة الداخلية يعتبر العامل الأساسي المؤثر في امتصاص الأشعة الساقطة و المخترقة للورقة. يعتبر المحتوى المائي و اليخضوري السبب الرئيسي المنخفض لنسب الانعكاس و الاختراق الضوئي الورقي (Knipling, 1970).

### 3-5- الانعكاس الضوئي الورقي و علاقته بسلوك النبات

منذ 1960 أجريت العديد من الدراسات لتحديد الاجهادات النباتية باستعمال المعلومات التي يقدمها طيف الانعكاس الضوئي. نوعية الطيف الضوئي المنعكس من النبات تزودنا و إلى حد بعيد بمعلومات حول حالة النبات. حسب Carter and Knapp (2001) طيف الانعكاس الضوئي يزودنا بمعلومات حول الاستجابة الفيزيولوجية لظروف النمو و كذا تأقلم النبات اتجاه التغيرات البيئية.

الهدف من دراسة مؤشرات طيف الانعكاس هو إيجاد طرق تسمح بالتنبؤ بحالة النبات، أستعمل في هذه الدراسات أطوال موجية مختلفة، حيث ظهر دور الماء و تأثيره على طيف الانعكاس ضمن مجال الطيف المرئي (0.39 – 0.77 ميكرون)، كما أثبت أيضا أن الأشعة ضمن المجال المرئي و مجال الأشعة قرب تحت الحمراء تكون أكثر امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية و الماء (Gausman et al., 1970).

### 3-6- العوامل المؤثرة في طيف الانعكاس الضوئي الورقي

#### 3-6-1- البنية الداخلية للورقة

الدراسات الإحصائية أظهرت اختلاف في طيف الانعكاس الورقي فيما بين الأنواع لكن هذا الاختلاف يعتبر غير معنويا (Gausman et al., 1970; Sinclair et al., 1971).

وجد أيضا أن أوراق النباتات ثنائية الفلقة تعكس كمية أكبر من الإشعاع بالمقارنة مع أوراق النباتات أحادية الفلقة (Hoffer and Johanssen, 1969)، فُسر هذا الاختلاف إلى الفرق في البنية الداخلية للورقة. الاختلاف في طيف الانعكاس الورقي عند الشيخوخة و النضج يرجع إلى التغيرات الحاصلة في اليخضور و كذا التغيرات الحاصلة في ترتيب و توزيع النسيج المتوسط للورقة. مع حدوث الشيخوخة الورقية نلاحظ تزايد في طيف الانعكاس الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و الذي يعزى إلى تفكك صبغات اليخضور (Knipling, 1967).

### 3-6-2- خصائص سطح الورقة

Gates and Tantraporn (1952) افترضوا أن الأوبار الشعرية تساهم في رفع الانعكاس الورقي، إلا أن نتائج الأبحاث التي خصت دراسة الانعكاس الورقي عند طول الموجات المرئية لم توافق هذه الفرضية، في حين الدراسات التي تخص الانعكاس الضوئي عند مجال الأشعة تحت الحمراء لم تحسم بعد. أجريت العديد من الدراسات على أصناف مختلفة من القمح الصلب تختلف فيما بينها من حيث وجود أو غياب *glaucousness* و تأثيره على طيف الانعكاس الورقي، حيث وجد أن الأصناف الحاوية على *glaucousness* تعكس 12% أكثر من الأصناف الخالية منه (Johnson *et al.*, 1983).

### 3-6-3- التغيرات الفيزيولوجية

وجد أن أي اضطراب أو تغير فيزيولوجي في الورقة يؤدي إلى زيادة الانعكاس الورقي ضمن مجال الطيف المرئي (Knipling, 1970). الانعكاس الورقي ضمن مجال الطيف المرئي في نبات الذرة يتزايد مع تزايد نقص المحتوى المائي للورقة (Hoffer and Johanssen, 1969) هذه النتائج تتوافق و التغير في شدة الامتصاص اليخضوري، حيث أن التغيرات الحاصلة في المحتوى المائي للورقة تؤثر و بشكل سريع في الصبغات اليخضورية للورقة.

Al Abbas *et al.* (1974) درسوا تأثير نقص بعض المغذيات المعدنية مثل N , P , K , S , Ca , Mg في شدة الانعكاس الضوئي عند نبات الذرة هذا ما يثبت أن تناقص المحتوى اليخضوري يرفع في شدة الانعكاس الضوئي.

### 3-6-4- مراحل النمو

طيف الانعكاس الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية وتحت الحمراء يتأثر بهندسة المجموع الخضري (geometry canopy) (Ahlirchs and Bauer, 1982; Demetriades *et al.*, 1990). عموما النباتات الفتية تمتص اكبر كمية من الأشعة الفعالة للتركيب الضوئي ضمن مجال الأشعة المرئية في حين أنها تعكس أكبر كمية من الأشعة ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء، مع تطور مراحل نمو النبات تتشكل نسج جديدة إلا إن النسج البالغة يتناقص بها اليخضور، أي يتغير لونها من الأخضر إلى الأصفر هذا التغير في اللون يرفع في الانعكاس الضوئي ضمن مجال الأشعة المرئية ويخفض الانعكاس الضوئي ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء.

### 3-7- طيف الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و علاقته بالإجهاد في النبات

اليخضور المركب الرئيسي المؤثر في طيف الانعكاس الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية، يعتبر الآزوت المكون الرئيسي لليخضور (Taiz and Zeiger, 1998). محتوى الأوراق من اليخضور له علاقة وطيدة و محتواها من الآزوت (Fillella *et al.*, 1995). أقصى امتصاص للأشعة الحمراء يحدث ضمن المجال المحصور ما بين 660-680 نانومتر، لكن تراكيز منخفضة من اليخضور بإمكانها تحقيق التشبع ضمن هذا المجال (Sims and Gamon, 2002).

قياس تركيز اليخضور يكون في غالب الأحيان ضمن المجال ما بين 550-700 نانومتر، و السبب هو أن تشبع هذه المجالات يكون عند تراكيز عالية من اليخضور الوثيقة 1-4. النسيج المتوسط للورقة

يعكس أكبر كمية من الأشعة ضمن مجال الأشعة قرب تحت الحمراء (Huete *et al.*, 1984). الوثيقة 4-1 تظهر تغير حاد في الانعكاس ما بين 675-750 نانومتر، و الذي يعزى إلى الجمع ما بين تأثير امتصاص اليخضور و توزيعه في الورقة (Carter and Spiering, 2002)، هذا المجال من الطيف يسمى الحد الأحمر (Red edge) و يمكن استعماله لوصف أو تقييم حالة النبات (Dawson and Curran, 1998)؛ التغير الحاد في الانعكاس ضمن مجال الحد الأحمر (675-750) له علاقة وتركيز اليخضور (Horler, 1983).

### 8-3- العلاقة ما بين التغير اللوني في الورقة والانعكاس الضوئي الورقي

التغير اللوني في المجموع الخضري (الأوراق) يعتبر ذو أهمية عالية عند العديد من الباحثين و العلماء، و السبب في ذلك هو إمكانية اعتباره مؤشر مرئي للحالة الفيزيولوجية للنبات. قبل استعمال آلات التصوير الرقمية، تحديد الحالة الفيزيولوجية للنبات كان يتم بطرق بسيطة تعتمد على جداول أو مقاييس مرئية لتحديد اختلافات ألوان المجموع الخضري (Townsend and McIntosh, 1993)، إلى حد ما تعتبر هذه الطريقة غير موضوعية لعدم دقة الجداول التي تصف تدرج اختلاف الألوان في الورقة (Sibley *et al.*, 1995; Innes *et al.*, 1996)، إن الطرق الدقيقة التي تهتم بتحليل التغير اللوني في الورقة تسمح و بشكل مباشر بتقدير أو قياس المحتوى اليخضوري و كذا قياس الخصائص الطيفية للورقة (الانعكاس و الامتصاص)، و بعض التغيرات الحاصلة في الصبغات اليخضورية نتيجة التعرض إلى بعض الاجهادات البيئية مثل الشدة الضوئية العالية (Merzlyak and Chivkunova, 2000)، التعرض للأشعة فوق البنفسجية (Dixon *et al.*, 2001) الإجهاد المائي (Ommen *et al.*, 1999) و درجات الحرارة المنخفضة (Pietrini *et al.*, 2002) التي يمكن تقديرها باستعمال أجهزة دقيقة و متطورة، من محاسن هذه التجهيزات أنها سهلت النقل و الاستعمال و يمكن من خلالها تقدير التغيرات الحاصلة في الصبغات اليخضورية

مباشرة في الحقل إلا أنه من سلباتها أنها أجهزة جد مكلفة ولا تكون في متناول جميع الباحثين و مربوا النبات، لذلك كان استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية دور كبير لتفادي مثل هذه العقبات.

## المراجع

### A

- Abassene, F. 1997.** Etude génétique de la durée des phases de développements et leur influence sur le rendement et ses composantes chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.). Thèse magister, INA, 81p.
- Adda, A. 1996.** Contribution à l'étude des caractéristiques morphologiques, physiologiques et anatomiques de la productivité chez le blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans une zone semi aride. Thèse Magister, 114p.
- Ahrlrichs, J.S. and Bauer, M.E. 1982.** Relation of agronomic and multispectral reflectance characteristics of spring wheat canopies. Purdue University, Lafayette, IN. LARS Technical Report, 26p.
- Ahmad, I.S and Reid, J.F, 1996.** Evaluation of colour representations for maize images. Journal of Agricultural Engineering Research. 63(3): 185-196.
- Aidaoui, A. et Hartani, T. 2000.** Gestion de l'irrigation du blé dur par des indicateurs de l'état hydrique. CIHEAM – Options méditerranéennes. p. 579–582.
- Ait Kadi, M. 1985.** Irrigation de complément en Zone Semi-aride. Sécheresse: Gestion des Eaux et Production Alimentaire. Actes de conférences Agadir.
- Al-Abbas, A.H., Barr, R., Hall, J.D., Crâne, F.L. and Baumgardner, M.F. 1974.** Spectra of normal and nutrient-deficient maize leaves, Agron. J., 66:16-20.
- Ali Dib, T., Monneveux, P. and Araus, J.L. 1990.** Breeding durum wheat for drought tolerance: Analytical, synthetical approach and connections. In Panayotov, I. and Pavlova, S. (ed) Proceeding of international symposium wheat breeding: prospects and future approaches, Agricultural Academy Bulgaria Albena, June 4-8; 224-240.
- Allen, W.A. and Richardson, A.J. 1968.** Interaction of light with a plant canopy. J. Opt. Soc. Hmer., 58: 1023-1028.
- Amokrane, A., Bouzerzour, H., Benmahammed, A. et Djekoun, A. 2002.** Caractérisation des variétés locales, syriennes et européennes de blé dur évaluées en zone semi-aride d'altitude. Sciences et Technologie. Univ. Mentouri. Constantine. N° spécial D:33 -38.

### B

- Bacci, L., De Vincenzi, M., Rapi, B. [et al.]. 1998.** Two methods for the analysis of colorimetric components applied to plant stress monitoring. Computers and Electronics in Agriculture. 19(2): 167-186.
- Bagga, A.K., Ruwal, K.N. and Asana, R.D. 1970.** Comparaison of responses of some indian and semi-dwarf Mexican wheats to unirrigated cultivation. Indian J. Agric. Sci., 40: 421-427.
- Bajji, M. 1999.** Étude des mécanismes de résistance au stress hydrique chez le blé dur: caractérisation de cultivars différant par leurs niveaux de résistance à la sécheresse et de variants somaclonaux sélectionnés In vitro. Thèse de doctorat. Univ. Louvain.
- Baker, C.K. and Gallagher, J.N. 1983.** The development of winter wheat in the field; The control of primordium initiation rate by temperature and photoperiod. J.Agric. Sci. Cambridge, 101: 337-344.
- Baldy, C. 1974.** Contribution à l'étude fréquentielle des conditions climatiques et de leurs influences sur la production des principales zones céréalières. Document du Projet céréale, 170p.
- Baldy, C. 1984.** Utulisation efficace de l'eau par la végétation en climats méditerranéens. Bull.Soc.bot.Fr., 131: 491-499.



- Baldy, C.1986.** Comportement des blés dans les climats méditerranéens, *Ecologia Mediterranea*, tome III. Fas 3-4, p 73-88.
- Belbsir, 1990.** Irrigation d'appoint et efficience d'utilisation de l'eau en zone semi aride : Cas du blé. Mémoire de 3ème cycle. Option Agronomie. IAV Hassan II. Rabat.
- Ben Naceur, M., Gharbi, M.S. et Paul, R. 1999.** L'amélioration variétale et les autres actions contribuant à la sécurité alimentaire en Tunisie en matière de céréales. *Sécheresse*.**10**: 27- 33.
- Bensalem, M. 1993.** Etude comparative de l'adaptation à la sécheresse du blé dur et du triticale. In: tolérance à la secheresse des cereales en zone méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Ed. INRA. Paris. Les colloques, **64**: 299-309.
- Bingham, J. 1969.** The physiological determinants of grain yield in cereals. *Agric. Prog.*, 44: 30-42.
- Blum, A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation plant growth regulation. **20**: 135 - 148.
- Boubagra, M. et Souley, Y. 2000.** Recherche de techniques d'irrigation adaptées a l'irrigation de complément du blé dans la zone du Gharb. *Hommes terres et eaux*, **116**: 52-61.
- Boutfirass, M. 1990.** Irrigation d'appoint et efficience d'utilisation de l'eau chez les céréales: Cas du blé tendre. Mémoire de 3ème cycle. Option Agronomie. IAV Hassan II. Rabat.
- Boutfirass, M., Karrou, M. et El-Mourid, M. 1994.** Irrigation supplémentaire et variétés de blé dans les zones semi-arides du Maroc. Dans : Actes de la Conférence sur les Acquis et Perspectives de la Recherche Agronomique dans les Zones Arides et Semi-arides du Maroc, El Gharous, M., Karrou, M. et El Mourid, M. (éd), Rabat, 24-27 mai 1994.

## C

- Carter, G.A. and Knapp, A.K. 2001.** Leaf optical properties in higher plants: Linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Amer. J. Bot.*, **88**: 677-684.
- Carter, G.A. and Spiering, B.A. 2002.** Optical properties of intact leaf for estimating chlorophyll concentration. *J. Environ. Qual.*, **31**:1424-1432.
- Couvreur, F. et Masse, J. 1980.** Les stades du blé. ITCF, Paris, 28p.
- Croston, R.P. and Williams, J.T. 1981.** A world survey of wheat genetic ressources IBRGR Bulletin, 37p.
- Curran, P.J. 1989.** Remote sensing of foliar chemistry. *Remote Sensing of Environment*, **30**: 271-278.

## D

- Dawson, T.P. and Curran, P.J. 1998.** A new technique for interpolating the reflectance red edge position. *Int. J. Remote Sens.*, **19**: 2133-2139.
- Debaeke, P., Cabelguenne, M., Casals, M.L. et Puech, J. 1996.** Élaboration du rendement du blé d'hiver en conditions de déficit hydrique. II. Mise au point et test d'un modèle de simulation de la culture de blé d'hiver en conditions d'alimentation hydrique et azotée variées : Epic phase-blé. *Agronomie*, **16**: 25-46.
- Demetriades-Shah, T.H., Steven, M.D. and Clark, J.A. 1990.** High resolution derivative spectra in remote sensing. *Remote Sens. Environ.*, **33**: 55-64.
- Deraissac, M. 1992.** Mécanismes d'adaptation a la sécheresse et maintien de la productivité des plantes cultivées. *Agronomie tropicale*. 46: 327-337.

- Despan, D. and Jacquemoud, S. 2004.** Optical properties of soil and leaf: Necessity and problems of modeling. In: M.v. Schonermarck, B. Geiger and H.P. Roser (Editors), Reflection properties of vegetation and soil. Wissenschaft und Technik Verlag, Berlin, pp. 39-70.
- Dixon, P., Weinig, C. and Schmitt, J. 2001.** Susceptibility to UV damage in *Impatiens capensis* (Balsaminaceae): testing for opportunity costs to shade-avoidance and population differentiation. *American Journal of Botany*, **88**: 1401-1408.

## F

- Feldman, M. 1976.** Wheats, Evolution of Crop Plants, dans N.W. Simmonds, dir, Pub, Longman, Londres et New York, pp. 120-128.
- Fillela, I., L. Serrano, Serra, J. and Penuelas, J. 1995.** Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminate analysis. *Crop Sci.*, **35**:1400-1405.
- Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars, I.grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.*, **29**: 897-912.
- Fischer, R.A. 1985.** Physiological limitation to producing wheat in semitropical and tropical environments and possible selection criteria. In Proceeding of the International Symposium Wheats for More Tropical Environments, México. D.F. CIMMYT. pp. 209-230.
- Fourty, T., Baret, F., Jacquemoud, S., Schmuck, G. and Verdebout, J. 1996.** Leaf optical properties with explicit description of its biochemical composition: Direct and inverse problems. *Remote Sensing of Environment*, **56**:104-117.

## G

- Gallagher, J.N. and Biscoe, P.V. 1978.** A physiological analysis of cereal yield. II. Partitioning of dry matter. *Agric. Prog.*, **53**: 51-70.
- Gascon, F., Gastellu-Etchegorry, J.P., Lefevre-Fonollosa, M.J. and Dufrene, E. 2004.** Retrieval of forest biophysical variables by inverting a 3-D radiative transfer model and using high and very high resolution imagery. *International Journal of Remote Sensing*, **25**: 5601-5616.
- Gate, P.H., Brain, Ph., Colenne, J. et Briffaux, G. 1990.** Pour les céréales à paille à chaque variété son époque de semis. *Perspectives agricoles*. **148**: 20-27.
- Gate, P.H. 1995.** Ecophysiologie du blé. Technique et documentation. Lavoisier, Paris, 351p.
- Gate, P.H., Bouthier, A. et Monnier, J.L. 1992.** La tolérance des variétés à la sécheresse: une réalité à valorisée. *Persp. Agri.*, **169**: 62-67.
- Gates, D.M. and Tantraporn, W. 1952.** The reflectivity of deciduous trees and herbaceous plants in the infrared to 25 microns, *Science*, **115**: 613-616.
- Gates, D.M., Keegan, H.J., Schleter, J.C. and. Weidner, V.R. 1965.** Spectral properties of plants. *Appl. Optics*, **4**: 11-20.
- Geslin, H. 1952.** Le milieu agricole, le climat. Larousse agricole, annexe 1.34. ed. Paris.
- Gonzalez, A., Martin, I. and Ayerbe, L. 1999.** Barley yield in water stress conditions. The influence of precocity, osmotic adjustment and stomatal conductance. *Field Crop Res.*, **62**: 23-34.
- Gausman, H.W., Allen, W.A., Schupp, M., Wiegand, C.L., Escobar, D.E. and Rodriguez, R.R. 1970.** Reflectance, transmittance, and absorptance of light of leaves for 11 plant genera with different leaf mesophyll arrangement. Technical Monogram 7 September 1970. Texas A&M University.

## H

- Hadjchristodoulou, A. 1985.** Stability performance of cereals in low rainfall areas as related to adaptative traits. In: Drought tolerance in winter cereals. Srivastava, J.P., Porceddu, E., Acevedo, E. and Varma, S. ed. John wiley and Sons, U.K., pp.191-200.
- Hadjchristodoulou, A. 1987.** The effects of optimum heading date and its stability on yield and consistency of performance barley and durum wheat in dry areas. *J.Agric., Sci. Camb.* **108**: 599-608.
- Harlan, J.F. and Zohary, D. 1966.** Distribution of wild wheats and barley, *Science*, 153: 1074-1080.
- Harlan, J.R. 1975.** Crops and man, eds John wiley and sons. NY. 350 p.
- Henin, S. 1976.** Définition de la sécheresse et politique d'utilisation de l'eau. *Fourrages*. 67: 13-25.
- Hoffer, R.M. and Johannsen, C.J. 1969.** Ecological potentials in spectral signature analysis, in *Remote Sensing in Ecology* (P. L. Johnson, Ed.), University of Georgia Press, Athens, GA.
- Horler, D.N.H., Dockray, M. and Barber, J. 1983.** Red edge measurements for remotely sensing plant chlorophyll content. *Adv Space Res.*, **3**: 273-277.
- Huete, A.R., Post, D.F., and Jackson, R.D. 1984.** Soil spectral effects on 4- space vegetation discrimination. *Remote Sens. Environment*, **15**:155-165.

## I

- Innes, J.L., Ghosh, S. and Schwyzer, A. 1996.** A method for the identification of trees with unusually color foliage. *Canadian Journal of Forest Research*, **26**: 1548-1555.

## J

- Johnson, D.A., Richards, R.A. and Turner, N.C. 1983.** Yield, water relations, gas exchange, and surface reflectances of near isogenic wheat lines differing in glaucousness, *Crop Sci.*, **23**: 318-325.
- Johnson, R.C., Nguyen, H.T. and Croy, L.I. 1984.** Osmotic adjustment and solute accumulation in two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Sci.*, **24**: 957-962.
- Jonard, P., Benoist, C. et Alabouvette, L. 1952.** Les céréales. Larousse agricole, ed. Paris, pp. 155-198.
- Jones, R .J., Roessler, J. and Quattar, S. 1985.** Thermal environment during endosperm cell division in maize :Effects on number of endosperm cells and starch granules. *Crop Sci.*, **25**: 830-834.

## K

- Kirby, E.J.M. 1988.** Analysis of leaf stem and ear growth in wheat from terminal spikelet stage to anthesis. *Field Crop Res.*, **18**: 127-140.
- Kirby, E.J.M. 1993.** Effect of sowing depth on seedling emergence, growth and development in barley and wheat. *Field Crops Res.*, **35**: 101-111.
- Kirby, E.J.M. and Appleyard, M. 1984.** Cereal development guide. Arable Unit, National Agriculture Centre, Stoneleigh, Kenilworth. England. 95p.

- Knipling, E.B. 1967.** Physical and physiological basis for differences in reflectance of healthy and diseased plants, Proc. Workshop on Infrared Color Photography in the Plant Sciences, Florida Dept. of Agriculture, Winter Haven, Florida.
- Knipling, E.B. 1970.** Physical and physio-logical basis for the réflectance of visible and near-infrared radiation from végétation, Remote Sens. Environ., **1**:155-159.
- Krumm, M., Moazami, V. and Martin, P. 1990.** Influence of potassium nutrition on concentrations of water soluble carbohydrates, potassium, calcium, and magnesium and the osmotic potential in sap extracted from wheat (*Triticum aestivum*) ears during preanthesis development. Plant Soil, **124**: 281-285.

## L

- Lahlou, O. 1989.** Irrigation d'appoint et efficience d'utilisation de l'eau en zone semi aride: Cas du blé tendre. Mémoire de 3ème cycle. Option Agronomie. IAV Hassan II. Rabat.
- Legouis, J. 1992.** Etude de la variabilité génétique pour l'élaboration du rendement en grain de l'orge d'hiver (*Hordeum Velgar* L.): Comparaison de variétés à 2 range et 6 rangs. Thèse Doctorat, INA. 87p.
- Longnecker, N., Kirby, E.J.M. and Robson, A. 1993.** Leaf emergence, tiller growth, and apical development of nitrogen-deficient spring wheat. Crop Sci., **33**: 154-160.
- Ludlow, M.M. and Muchow, R.C. 1990.** A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Adv. Agron., **43**: 107-153.

## M

- Maccaferri M, Sanguineti MC, Corneti S, Jose LAO, Ben Salern M, Bort J et al. 2008.** Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. Genetics 178:489-511.
- Madhava Rao, K.V., Raghavendra A.S. and Janardhan Reddy, K. 2006.** Printed in the Netherlands. Physiology and Molecular Biology of Stress Tolerance in Plants. Springer: 1-14 p.
- Martin, J.H., Leonard, W.H. and Stamp, D.L. 1976.** Principles of field crop production. Macmillan, New York., pp. 11-18.
- Martre, P. 1999.** Architecture hydraulique d'une talle de fétuque élevée (*Festuca arundinacea*Schreb). Implication pour les relations entre la transpiration et l'expansion foliaire. Thèse de doctorat, pp. 13.
- Mekliche, A., Bouthier, A. and Gate, P.H. 1993.** Analyse comparative des comportements à la sécheresse du blé dur et blé tender. In: Tolérance à la sécheresse des céréales en zones méditerranéenne. Diversité génétique et amélioration variétale. Montpellier (France). Ed. INRA. Paris. Les colloques, **64**: 299-309.
- Mekliche-Hanifi, L. 1983.** Etude agronomique, analyse diallèle et cytogénétique de quatre variété de blé tender cultivées en Algérie. Thèse Magister, INA. 150p.
- Merzlyak, M.N. and Chivkunova, O.B. 2000.** Light-stress-induced pigment changes and evidence for anthocyanin photoprotection in apples. Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology, **55**: 155-163.
- Mouhouche, B et Bourahla, A.2007.** Optimisation de l'irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques d'une culture de blé dur (*Triticum durum*). Sciences et Technologie C, **25**: 53-58.
- Myneni, R.B. and Ross, J. 1991.** Photon - vegetation interactions: applications in optical remote sensing and plant ecology. Springer-Verlag, Berlin, 565p.

## N

**Nemmar, M. 1980.** Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse chez le blé dur et chez le blé tender: étude de l'accumulation de la proline sous l'effet du stress hydrique. Thèse D.A.A. ENSA, Montpellier.65p.

## O

**Ommen, O.E., Donnelly, A., Vanhoutvin, S. [et al.]. 1999.** Chlorophyll content of spring wheat flag leaves grown under elevated CO<sub>2</sub> concentrations and other environmental stresses within the 'ESPACE-wheat' project. *European Journal of Agronomy*, **10**: 197-203.

**O'Neill, A.L., Kupiec, J.A. and Curran, P.J., 2002.** Biochemical and reflectance variation throughout a Sitka spruce canopy. *Remote Sensing of Environment*, **80**:134-142.

**Owen, P.C. 1971.** Responses of a semi-dwarf wheat to temperatures representing a tropical dry season. II. Extreme temperatures. *Exp. Agric.*, **7**: 43-47.

## P

**Pacucci, G. and Troccoli, C. 1999.** Supplementary irrigation management on durum wheat in Southern Italy. 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water 99, Bari Italy.

**Palfi, G., Bito, M. and Palfi, Z. 1973.** Water deficit and free proline in plant tissues. *Fiziol. Rast.*, **20**: 233-238.

**Passioura, J.B. 2004.** Increasing crop productivity when water is scarce: from breeding to field management. In proceedings of the 4th International Crop Science Congress " New directions for a diverse plant". Brisbane, Australia, 12p.

**Perrier, E.R, Salkini, A.B. 1987.** Water balance calculation. Proceedings of a workshop on regional consultation on supplemental irrigation in the Near East and North Africa, Aleppo. In. Recherche de techniques d'irrigation adaptées à l'irrigation de complément du blé dans la zone du gharb. *Homme terres et eaux*, N°: 116, pp. 52-61.

**Peterson, R.F. 1965.** Wheat: Botany, cultivation and utilisation. Leonard Hill, London, 448 p.

**Pheloung, P.C. and Siddique, K.H.M. 1991.** Contribution of stem dry matter to grain yield in wheat cultivars. *Aust. J. Plant. Physiol.*, **18**: 53-64.

**Pinty, B., Widlowski, J. L., Taberner, M., Gobron, N., Verstraete, M. M., Disney, M., Lewis, P., Gascon, F., Gastellu, J. P., Jiang, L., Li, X., Su, L., Tang, S., Wang, H., Wang, J., Yan, G., Zang, H., Kuusk, A., Nilson, T., Ni-Meister, W., North, P., Qin, W., Thompson, R. and Verhoef, W. 2004.** Radiation Transfer Model Intercomparison (RAMI) exercise: Results from the second phase. *Journal of Geophysical Research D: Atmospheres*, **109**: 1-19.

**Pietrini, F., Iannelli, M.A. and Massacci, A. 2002.** Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. *Plant, Cell and Environment*, **25**: 1251-1259.

**Poorter, H. 1989.** Interspecific variation in relative growth rate: on ecological consequences. In: Causes and consequences of variation in growth rate and productivity of higher plants.

## R

- Rahman, M.S., Wilson, J.H. and Aitken, V. 1977.** Determination of spikelet number in wheat II. Effect of varying light level on ear development. *Aust. J. Agric. Res.*, **26**: 575-581.
- Rawson, H.M., Hindmarsh, J.H., Fisher, R.A., Stockman, Y.M. 1983.** Changes in leaf photosynthesis with plant ontogeny and relationships with yield per ear in wheat cultivars and 120 pogeny. *Aust. J. plant physiol*, **10**: 503-514.

## S

- Saleh, A. 1987.** Use of supplementary irrigation as an alternative approach to food self-sufficiency in Bangladesh. *Irrigation Engineering and Rural Planing*, **12**.
- Savitskaya, N.N. 1967.** Problem of accumulation of free proline in barley plant under conditions of soil water deficiency. *Fiziol Rast.*, **14**: 737-739.
- Seigel, R. and Howell, J. 2002.** *Thermal Radiation Heat Transfer*, 4th Ed. Taylor and Francis, New York.
- Sibley, J.L., Eakes, D.J., Gilliam, C.H. [et al.]. 1995.** Growth and fall color of red maple selections in the southeastern United States. *Journal of Environmental Horticulture*, **13**: 51-53.
- Simmons, S.R. and Crookston, R.K. 1979.** Rate and duration of growth of kernels formed at specific florets in spikelets of spring wheat. *Crop Sci.*, **19**: 690-693.
- Sims, D.A. and Gamon, J.A. 2002.** Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. *Remote Sens. Environ.*, **81**: 337-354.
- Sinclair, T. R., Hoffer, R. M. and Scriber, M. M, 1971.** Reflectance and internal structure of leaves from several crops during a growing season, *Agron. J.*, **63**:864-868.
- Slama, A., Ben Salem, M., Ben Naceur, M. et Zid, E.D. 2005.** Les céréales en Tunisie: production, effet de la sécheresse et mécanismes de résistance. Institut national de la recherche agronomique de Tunisie (Inrat). Univ. Elmanar. Tunisie. ([http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro\\_biotech/sec/e-docs /00/04/11/2E/ telecharger.md](http://www.john-libbey-eurotext.fr/fr/revues/agro_biotech/sec/e-docs /00/04/11/2E/ telecharger.md)).

## T

- Taiz, L., and Zeiger, E. 1998.** *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts.
- Townsend, A.M. and McIntosh, M.S. 1993.** Variation among full-sib progenies of red maple in growth, autumn leaf color, and leafhopper injury. *Journal of Environmental Horticulture*. **11**: 72-75.
- Turner, J.E. and Begg, J.E. 1978.** Responses of pasture plants to water deficits. In: Wilson J.R. (ed.): *Plants Relations in Pastures*. CSIRO, Melbourne, pp. 50-66.
- Turner, N.C. and Begg, J.E. 1981.** Plant water relations and adaptation to stress. *Plant soil*. **58**: 97-131.
- Turner, N.C. 1986.** Adaptation to water deficits: A changing perspective. *Aust. J. Plant Physiol.*, **13**: 175-190.

## W

**Wong, C.L. and Blevin, W.R. 1967.** Infrared reflectances of plant leaves, Austral. J. Biol. Sci., **20**: 501-508.

## Y

**Ykhlef, N. et Djekoun, A. 2000.** Adaptation photosynthétique et résistance à la sécheresse chez le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum): Analyse de la variabilité génotypique. Options Méditerranéennes, **40**: 327-330.

## Z

**Zaghloul, L. 1987.** Supplemental irrigation and small and hydraulic facilities management techniques. Consultation on supplementary irrigation. Held in Rabat, Morocco, from 7 to 9 December 1987 at the Hassan II institute. Paper n.21, FAO.

## الفصل الثاني

تأثير الري التكميلي في المردود الحبي و مركباته

و بعض الخواص المرفولوجية للقمح الصلب (Triticum durum Desf.)



## الملخص

أثبتت العديد من الدراسات أن الإجهاد المائي (الجفاف) يعتبر العامل الرئيسي المنخفض للمردود ضمن المناطق الجافة و شبه الجافة. تهدف هذه الدراسة إلى إظهار مدى تأثير الري التكميلي في المردود الحبي و مركباته و بعض الخواص المرفولوجية لمجموعة من أصناف القمح الصلب. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب حيث تم زرعها في ظروف نمو مختلفة مروية و جافة. تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى بسطيف (ITGC)، أُستعمل خلال هذه الدراسة التصميم العشوائي بالأجنحة و الذي ضم أربعة تكرارات لكل نمط وراثي. أثبتت النتائج التجريبية أن ظروف النمو (مروي و جاف) و كذلك النمط الوراثي كان لها تأثير جد معنوي ( $p < 0.001$ ) في كل من عدد السنابل في المتر المربع الواحد، وزن ألف حبة، طول النبات، المردود الحبي و طول عنق السنبل. تحت ظروف الجفاف سجلنا ارتباطا معنويا و إيجابيا ما بين المحتوى اليخضوري، عدد الحب في المتر المربع، وزن ألف حبة و المردود الحبي النهائي. أضيف إلى ذلك، فإن المردود الحبي ارتبط سلبيا مع مؤشر الحساسية للجفاف ( Drought Susceptibility Index, DSI) ( $r = -0.64$ ). قيم مؤشر الحساسية للجفاف عند الأصناف العشرة المدروسة تراوحت ما بين 0.42-1.38، أما قيم المردود الحبي فقد تراوحت ما بين 52.20 و 64.63 ق/هـ. سجلت الأصناف Waha, Sooty, Dukem و Hoggar أعلى مردود حبي ( $GY \geq 60$  q/ha)، من بين هذه الأصناف؛ Hoggar و Waha أظهرت قيم منخفضة لمؤشر الحساسية للجفاف (DSI) ( $DSI < 0.55$ ) أي أنه هناك تناسب عكسي بين مؤشر الحساسية للجفاف و المردود الحبي.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، الري التكميلي، المردود الحبي، مؤشر الحساسية للجفاف، الإجهاد المائي.

## Abstract

Although drought stress has been well documented as an effective parameter in decreasing crop production in arid and semi arid regions. The objectives of this study were to detect the effect of irrigation on grain yield, yield components and other morphological traits of asset wheat genotypes. The present study was carried out to study the performance of durum wheat genotypes in relation to yield and yield component. Ten durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars were grown under well watered and natural drought conditions. Morphological traits were measured at anthesis and yield, yield components traits were evaluated at ripening time. The experiment was laid out in split plot based on a complete randomized block design, with four replications at the experimental field of ITGC Setif. The number of spike  $m^{-2}$ , 1000-kernel weight, plant height, grain yield and peduncle length were highly significant ( $P < 0.01$ ) affected by water deficit conditions and genotype effects. Chlorophyll content, number of grains per meter square and thousand kernel weights were positively associated with grain yield under drought conditions. Moreover, the grain yield was negatively associated with Drought Susceptibility Index (DSI) ( $r = -0.64$ ). DSI values for grain yield ranged from 0.42 to 1.38, values for grain yield ranged from 52.20 to 64.63 Qx/ha. The varieties Waha, Sooty, Dukem and Hoggar showed high yield ( $GY \geq 60$  Qx/ha), among these genotypes Waha and Hoggar have low value of DSI ( $DSI < 0.55$ ).

**Key words:** Durum wheat, supplementary irrigation, grain yield, drought susceptibility index, water deficit.

## 1- مقدمة

ينتمي القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) إلى النباتات أحادية الفلقة، عائلة النجيليات جنس *Triticum*. يعتمد تحليل تغيرات المردود الحي في الحبوب صغيرة الحجم على ثلاث مركبات رئيسية وهي عدد السنابل في المتر المربع ( $NS/m^2$ )، عدد الحب في السنبل الواحدة (NG/S) و وزن الحب (WG) حيث أثبتت هذه المركبات علاقة وطيدة و المردود الحي (Simane et al., 1993).

يُعتبر القمح من المحاصيل الأكثر أهمية في العالم؛ و تتجلى هذه الأهمية من حيث الاستعمال الواسع لهذا المحصول في التغذية العالمية. الدافع إلى الرفع في الإنتاج العالمي للقمح هو النمو الديموغرافي الكبير على المستوى العالمي؛ رفع الإنتاج العالمي للقمح يتأتى من خلال الرفع في مردود القمح ضمن وحدة المساحة كما ونوعا و كذلك استنباط أصناف جديدة متحملة للجفاف. أثبتت العديد من الدراسات و التي تمت ضمن ظروف الري التكميلي أن إيقاف الري في أي مرحلة من مراحل تطور القمح و على الخصوص مرحلة الأشطاء، الانتفاخ (Booting)، التسنبل و/أو الإزهار سوف يؤدي حتما إلى انخفاض معنوي في المردود الحي و مركباته (Sharaan et al., 2000; Abou-El-Kheir et al., 2001). العديد من هذه الدراسات أظهرت أن الانخفاض في المردود يكون واضح و جلي عندما يتم إيقاف الري التكميلي إما في مرحلة الأشطاء أو مرحلة التسنبل.

Eid et al. (1994) أظهروا من خلال دراستهم أن كل من مرحلة الانتفاخ (Booting) و مرحلة ملء الحب هي المراحل الأكثر حساسية للإجهاد المائي. تسمح الاختلافات الوراثية للأصناف في المردود و مركباته و تحت ظروف الإجهاد المائي من انتخاب أصناف متحملة أو أقل حساسية اتجاه الإجهاد المائي عند مراحل النمو و التطور المختلفة للنبات (Ahmed and Badr,2004; Menshawy et al.,2006).

يعتبر الماء عامل بيئي هام جدا و له دور فعال في تحديد نمو و تطور المحصول؛ العجز المائي له دور كبير في تثبيط مردود المحاصيل (Jaleel *et al.*, 2007). التسيير الأمثل للماء القليل المتيسر من طرف النبات يعتبر السلوك الأفضل للمحاصيل النامية في البيئات الجافة. أظهرت العديد من الدراسات التي تمت خلال السنوات الأخيرة حول تأثير الري التكميلي في المردود، أن الري التكميلي الأفضل هو ذلك الذي يحسن في الظروف المائية للتربة هذا من جهة ومن جهة أخرى يعمل على رفع فعالية استعمال الماء للنبات من أجل الحصول على مردود أفضل (Deng *et al.*, 2007). أثبتت العديد من الدراسات أن جميع الأنواع النباتية تبدي تحملا اتجاه الإجهاد المائي لكن شدة هذا التحمل تختلف من نوع نباتي إلى آخر؛ على العموم، معظم تأثيرات الجفاف على النباتات خاصة النباتات الحقلية معروف و بشكل واضح (Manivannan *et al.*, 2007). يعتبر إنتاج القمح على المستوى العالمي منخفض، إن معرفة قدرة صنف ما على إعطاء مردود أفضل و أعلى في ظروف الإجهاد المختلفة جد هام (Rashid *et al.*, 2003). قدرة استجابة النبات للإجهادات تعتمد على مجموعة من العوامل من بينها مرحلة النمو، شدة و مدة الإجهاد و البنية الوراثية للصنف النباتي في حد ذاته (Beltrano and Marta, 2008). تؤثر بعض الخصائص المرفولوجية مثل طول الجذر و الأشطاء، عدد السنابل في المتر المربع، عدد الحب في السنبل، عدد الأشطاء الخصبة في النبات الواحد، وزن ألف حبة، طول عنق السنبل، وزن السنبل، وزن الحب ضمن السنبل الواحدة، وزن الساق و طول السفا في قدرة تحمل القمح للإجهاد المائي (Passioura, 1977; Plaut *et al.*, 2004). Blum (1979) أوضح أن الطريقة الأمثل لانتخاب أصناف متحملة للجفاف هو أن تتم عملية الانتخاب ضمن الظروف الملائمة للنمو (الري التكميلي) لأن الأصناف أو الأنماط الوراثية التي تعطي

سلوك جيد تحت هذه الظروف سوف تكون حسنة التحمل في ظروف الإجهاد. الحالة المثالية هي الحصول على نمط وراثي يتميز بمردود عالي و ثابت تحت ظروف مختلفة (Smith, 1982).

المؤشرات الأكثر استعمالا من أجل انتخاب أصناف ذات قدرات عالية على إعطاء مردود جبي عالي هي متوسط المردود الجبي، متوسط الإنتاجية و المعبر عنه بمتوسط المردود في البيئات المجهدة و غير المجهدة و المردود النسبي ضمن ظروف الإجهاد و الظروف الملائمة (Rashid *et al.*, 2003). يمكن أن نقدر مدى ثبات المردود الجبي لصنف ما من خلال مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) و الذي يشتق باستعمال قيم المردود الجبي في الظروف المجهدة و الملائمة (Blum *et al.*, 1989).

(Fischer and Maurer (1978) and Langer *et al.* (1979) استعملوا مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) من أجل تمييز الثبات في المردود الجبي في ظرفين بيئيين مختلفين. استعملت العديد من الدراسات مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) من أجل اختبار مدى ثبات مردود صنف ما في بيئات محدودة الرطوبة (Fischer and Maurer, 1978; Clarke *et al.*, 1984). تهدف هذه الدراسة إلى إظهار مدى تأثير الري التكميلي في المردود الجبي و مركباته و بعض الخواص المرفولوجية لمجموعة من أصناف القمح الصلب.

## 2- مواد و طرق العمل

تمت التجارب تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي في الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف، خلال الموسم الزراعي 2010-2011؛ قدر إجمالي التساقط خلال هذا الموسم 360.1 مم. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب منها خمسة محلية و الأخرى أدخلت إلى الجزائر في إطار برامج التعاون اسم و أصل كل صنف موضح في الجدول 1-2.

الجدول 1-2. اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة

| Cultivar | Name        | Origin  | Cultivar | Name     | Origin |
|----------|-------------|---------|----------|----------|--------|
| 1        | Bousselem   | Algeria | 6        | Altar    | CIMMYT |
| 2        | Hoggar      | Algeria | 7        | Dukem    | CIMMYT |
| 3        | Oued Zenati | Algeria | 8        | Kucuk    | CIMMYT |
| 4        | Polonicum   | Algeria | 9        | Mexicali | CIMMYT |
| 5        | Waha        | Algeria | 10       | Sooty    | CIMMYT |

أُعتد خلال هذه التجربة على التصميم العشوائي بالأجنحة و الذي ضم أربعة تكرارات. تمت عملية الزرع بتاريخ 30 نوفمبر 2010، عملية الزرع كانت بآلة الزرع التجريبية و 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. أُستعمل خلال هذه الدراسة السماد SULFAZOT (26 % N, 35 % S, 120 Kg/ha) و ذلك عند مرحلة الأشتاء.

زرع الأعشاب الضارة كان باستعمال المبيد TOPIC (0.75L/ha) الخاص بالأعشاب أحادية الفلقة و المبيد GRANSTAR (15g/ha) الخاص بالأعشاب ثنائية الفلقة.

تمت عملية الري التكميلي يدويا و باستعمال دلو الرش حيث أن حجم الماء المقدم لكل قطعة أرضية

محسوب؛ قمنا خلال هذه الدراسة بعملية سقي؛ الأولى كانت بتاريخ 20/04/2011 و الموافق

لمرحلة التطاول (30 Zadoks cods)، الثانية كانت بتاريخ 08/05/2011 و بالضبط بعد حدوث عملية

التسبيل (50 Zadoks cods) حجم ماء السقي في كلتا المرحلتين هو 20 مم. بعد تمام النضج

الفيزيولوجي أي خلال مرحلة الحصاد قمنا بحصاد عينات يدويا من أجل تقدير المردود الحبي (GY)،

وزن ألف حبة (TKW)، عدد السنابل في المتر المربع الواحد (NS/m<sup>2</sup>)، عدد الحب في السنبل (NG/S)

و عدد الحب في المتر المربع (NG/m<sup>2</sup>) هذا فيما يخص المردود و مركباته؛ في حين تمثلت المؤشرات

المرفولوجية التي تم تقديرها في طول عنق السنبل (PL) و طول النبات (PH). قمنا كذلك خلال هذه الدراسة بتقدير المحتوى اليخضوري (CC) لجميع الأنماط الوراثية و في كلتا الظروف (المروية و غير المروية) باستعمال جهاز SPAD. لاختبار مدى ثبات مردود كل صنف من الأصناف العشرة المدروسة في كلتا الظروف قمنا بحساب مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) لكل صنف و فق العلاقة

$$\text{DSI} = (1 - Y_d / Y_w) / D \dots\dots\dots (\text{Fischer and Maurer, 1978}) \quad \text{التالية:}$$

حيث:  $Y_d$ : متوسط المردود الحي لكل صنف في ظروف الجفاف،  $Y_w$ : متوسط المردود لكل صنف في ظروف الري التكميلي،

$D$ : شدة الإجهاد البيئي =  $1 -$  (متوسط مردود جميع الأصناف في ظروف الإجهاد/ متوسط مردود جميع الأصناف في ظروف الري التكميلي). المعالجة الإحصائية للمعطيات كانت باستعمال البرنامج

SAS version 9 (SAS, 1999).

### 3- النتائج و المناقشة

كما هو موضح في الجدول 2-2 تحليل التغير أظهر أن الري التكميلي أثر بشكل جد معنوي ( $P < 0.001$ ) في كل من طول عنق السنبل، طول النبات، المردود الحي معنوي، عدد السنابل في المتر المربع، و عدد الحب في المتر المربع، في حين كان تأثير الري التكميلي على وزن ألف حبة معنوي فقط ( $P < 0.05$ ) إلا أنه لم يكن هناك أي تأثير معنوي للري التكميلي على المحتوى اليخضوري و عدد الحب في السنبل. أضف إلى ذلك، فإن جميع المؤشرات المدروسة سجلت اختلاف جد معنوي ( $P < 0.001$ ) فيما بين الأصناف باستثناء المردود الحي الذي سجل فقط اختلاف معنوي ( $P < 0.05$ ).

الجدول 2-2. تحليل التغير لكل من المردود الحبي (GY)، وزن ألف حبة (TKW)، عدد الحب في السنبل (NG/S)، عدد السنابل في المتر المربع (NS/m<sup>2</sup>)، عدد الحب في المتر المربع (NG/m<sup>2</sup>)، طول النبات (PH)، طول عنق السنبل (PL) و المحتوى اليخضوري (CC) تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي.

| Source of variations | DF | Mean of Square |           |           |                   |                   |            |           |          |
|----------------------|----|----------------|-----------|-----------|-------------------|-------------------|------------|-----------|----------|
|                      |    | GY             | TKW       | NG/S      | NS/m <sup>2</sup> | NG/m <sup>2</sup> | PH         | PL        | CC       |
| Irrigation (I)       | 1  | 1379,99***     | 10,82*    | 13,42 ns  | 52071***          | 48874629,1 ***    | 3391,86*** | 352,35*** | 1,51ns   |
| Genotype (G)         | 9  | 151,08**       | 149,47*** | 117,71*** | 8414,16***        | 34844183,9 ***    | 2117,29*** | 44,88***  | 82,92*** |
| I×G                  | 9  | 71,84ns        | 6,85*     | 5,27ns    | 679,18ns          | 2889286,2 ns      | 63,45***   | 17,14***  | 5,38ns   |
| CV %                 |    | 10,45          | 3,17      | 6,08      | 8,73              | 11,50             | 2,84       | 10,53     | 4,27     |

\*, \*\* and \*\*\* significantly at  $p < 0.05$ ,  $< 0.01$  and  $< 0.001$ , respectively; ns: no significant.

### 1-3- المردود الحبي (GY)

النتائج التجريبية لهذه الدراسة أظهرت أن الري التكميلي أثر تأثيرا معتبرا في المردود الحبي في جميع الأصناف المدروسة. متوسط قيم المردود الحبي و مركباته، طول عنق السنبل، طول النبات و المحتوى

اليخضوري للأصناف العشرة المختبرة و تحت ظروف الري و الجفاف موضحة في الجدول 2-3.

تحت ظروف الجفاف، قيم المردود الحبي تراوحت ما بين 52.20 ق/هـ في الصنف Oued Zenati إلى 64.63 ق/هـ في الصنف Waha مع متوسط كلي قدر بـ 58.50 ق/هـ ؛ في حين و تحت ظروف الري التكميلي فقد تراوح المردود الحبي ما بين 57.45 ق/هـ في الصنف Oued Zenati إلى 75.55 ق/هـ بالنسبة للصنف Sooty مع متوسط كلي قدر بـ 66.8 ق/هـ . تكميم مدى تحمل الجفاف في صنف ما يكون بالاعتماد على مردوده الحبي في ظروف الجفاف. المردود الحبي للقمح ضمن ظروف الجفاف متعلق بالقدرة الإنتاجية للصنف و كذلك التطورات الفينولوجية (Acevedo, 1991).

قدر الفرق بين متوسط المردود الحبي في ظروف الجفاف و الري التكميلي بـ 12.42% (الجدول 2-3 و الوثيقة 1-2).

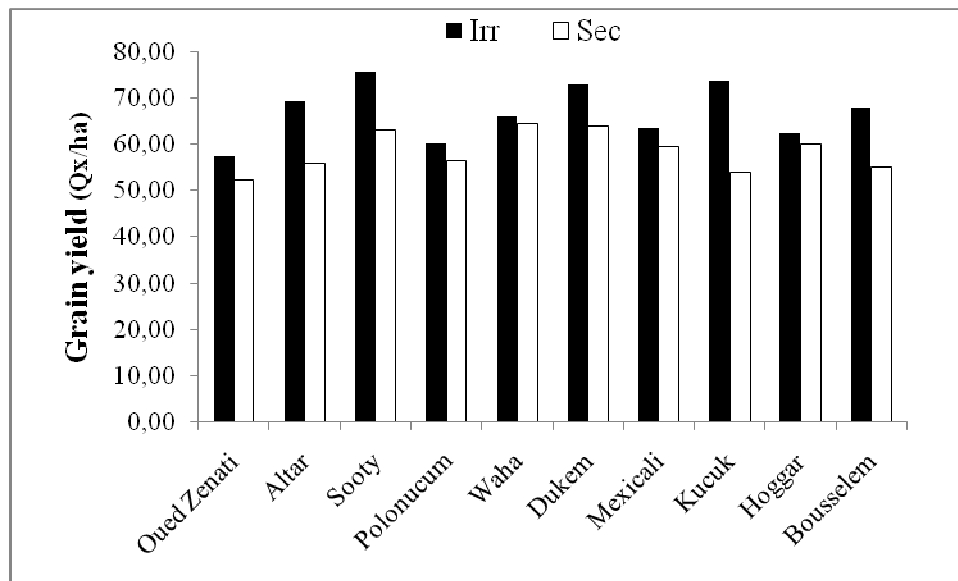


قندوز علي (2014). تقييم علاقة بعض المؤشرات الضوئية و سلوك القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) تحت تأثير أنظمة سقي مختلفة. أطروحة دكتوراه العلوم تخصص بيولوجيا النبات. جامعة فرحات عباس- سطيف1-

الجدول 2-3. مقارنة متوسطات كل من المردود الحبي (GY)، وزن ألف حبة (TKW)، عدد الحب في السنبله (NG/S)، عدد السنابل في المتر المربع (NS/m<sup>2</sup>)، عدد الحب في المتر المربع (NG/m<sup>2</sup>)، طول النبات (PH)، طول عنق السنبله (PL) و المحتوى اليخضوري (CC) تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي.

| Genotype           | GY      |         | TKW     |         | NG / S   |         | NS /m <sup>2</sup> |          | NG / m <sup>2</sup> |           | PH      |         | PL      |          | CC      |         |
|--------------------|---------|---------|---------|---------|----------|---------|--------------------|----------|---------------------|-----------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|
|                    | Irr     | Sec     | Irr     | Sec     | Irr      | Sec     | Irr                | Sec      | Irr                 | Sec       | Irr     | Sec     | Irr     | Sec      | Irr     | Sec     |
| Oued Zenati        | 57,45b  | 52,2b   | 53,71ab | 54,29b  | 37,97cd  | 39,8cd  | 289,16b            | 241,65e  | 10537d              | 9615,6c   | 138,75a | 118a    | 22,33a  | 13,22d   | 55,48ab | 51,48d  |
| Altar              | 69,14ab | 55,94ab | 54,66ab | 56,88a  | 40,41bcd | 36,91de | 339,16ab           | 266,65de | 12346cd             | 9839c     | 95,1cd  | 82,21d  | 17,375b | 15,37c   | 57,61ab | 56,22bc |
| Sooty              | 75,55a  | 63,14ab | 47,97c  | 45,44e  | 46,25a   | 44,19ab | 364,58a            | 313,75bc | 16236ab             | 13933,2ab | 96cd    | 86,58c  | 18,29b  | 16,86abc | 61,11a  | 60,24a  |
| Polonucum          | 60,18ab | 56,47ab | 51,96b  | 52,75c  | 44,88ab  | 44,66ab | 290b               | 237,75e  | 11475d              | 10659,5c  | 138,58a | 113,86b | 27,31a  | 17,75ab  | 50,1c   | 50,96d  |
| Waha               | 65,94ab | 64,63a  | 52,94b  | 48,73d  | 40,08bcd | 38,58cd | 359,16a            | 344,13a  | 13808bcd            | 13236,7b  | 95,33cd | 81,16d  | 18,2b   | 13,58d   | 58,51ab | 58,65ab |
| Dukem              | 72,70ab | 63,94ab | 42,99d  | 41,9f   | 46,8a    | 46,05a  | 374,58a            | 331,66ab | 17318a              | 15263,7a  | 89,58d  | 78,41d  | 17,8b   | 13,06d   | 58,82ab | 60,7a   |
| Mexicali           | 63,44ab | 59,64ab | 51,95b  | 51,03cd | 41,83abc | 39,83cd | 337,08ab           | 293,32cd | 12369cd             | 11689,9c  | 96,66c  | 89,33c  | 20,43a  | 18,51a   | 57,56ab | 57,94ab |
| Kucuk              | 73,53a  | 53,96ab | 52,31b  | 50,3d   | 37,27cd  | 36,55de | 378,33a            | 293,32cd | 14985abc            | 10724c    | 94,75cd | 86,77c  | 18,9b   | 15,33c   | 57,71ab | 58,85a  |
| Hoggar             | 62,36a  | 60,05ab | 54,51ab | 54,09b  | 39,83bcd | 41,41bc | 320,83ab           | 268,33de | 11810cd             | 11108c    | 89,83d  | 80,41d  | 15,075b | 12,68d   | 56,15ab | 55,37bc |
| Bousselem          | 67,75ab | 55,01ab | 56,85a  | 57,07a  | 34,88d   | 34,02e  | 331,25b            | 283,32ed | 10485d              | 9639,2c   | 102,33b | 90c     | 18,78b  | 16,13bc  | 53,26b  | 53,18cd |
| Mean               | 66,80   | 58,50   | 51,99   | 51,25   | 41,02    | 40,20   | 338,41             | 287,39   | 13136,82            | 11573,58  | 103,691 | 90,673  | 19,449  | 15,249   | 56,63   | 56,36   |
| Min                | 57,45   | 52,20   | 42,99   | 41,90   | 34,88    | 34,02   | 289,16             | 237,75   | 10485,00            | 9615,20   | 89,58   | 78,41   | 15,08   | 12,68    | 50,10   | 50,96   |
| Max                | 75,55   | 64,63   | 56,85   | 57,07   | 46,80    | 46,05   | 378,33             | 344,13   | 17318,00            | 15263,70  | 138,75  | 118,00  | 27,31   | 18,51    | 61,11   | 60,70   |
| CV %               | 9,00    | 7,55    | 7,53    | 9,50    | 9,61     | 9,69    | 9,42               | 12,33    | 11,84               | 9,20      | 18,09   | 15,31   | 17,22   | 13,57    | 5,48    | 6,25    |
| Genotype effect    | ***     | ***     | ***     | ***     | ***      | ***     | ***                | ***      | ***                 | ***       | ***     | ***     | *       | ***      | ***     | ***     |
| Irrigation effect  | ***     |         | *       |         | ns       |         | ***                |          | ***                 |           | ***     |         | ***     |          | ns      |         |
| Interaction effect | ns      |         | *       |         | ns       |         | ns                 |          | ns                  |           | ***     |         | ***     |          | ns      |         |
| % Differences      | 12,42 ↑ |         | 1,4 ↑   |         | 2,42 ↑   |         | 15,07 ↑            |          | 11,89 ↑             |           | 12,56 ↑ |         | 25,96 ↑ |          | 0,49 ↑  |         |

\*, \*\* and \*\*\* significantly at  $p < 0.05$ ,  $< 0.01$  and  $< 0.001$ , respectively; ns: no significant. Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  (SNK test).



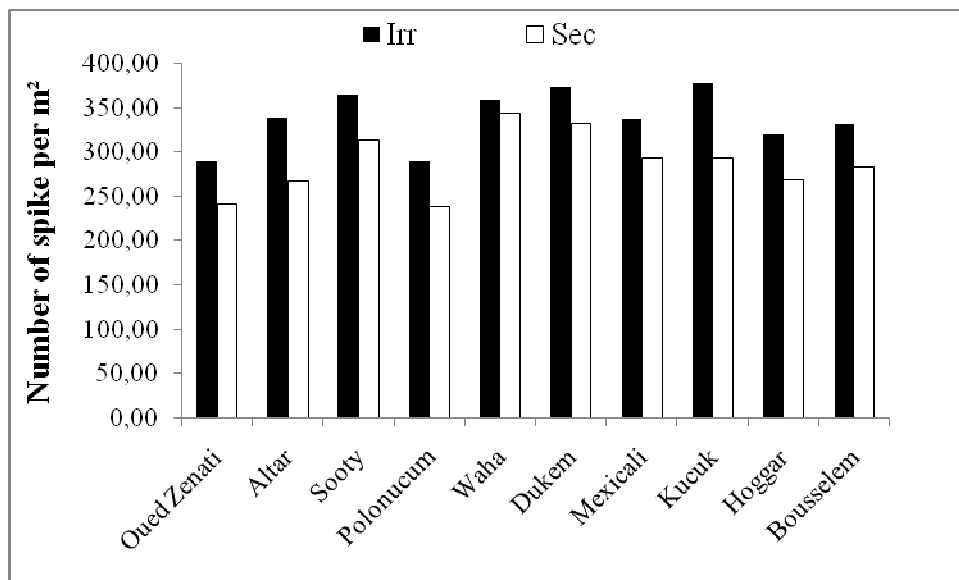
الوثيقة 2-1. تغيرات قيم المردود الحي تحت ظروف الجفاف و الري التكميلي للأصناف العشرة المدروسة

الإجهاد المائي الحاد انطلقا من مرحلة البذرة و حتى مرحلة النضج يخفض جميع مركبات المردود خاصة عدد السنابل الخصبة في وحدة المساحة و بنسبة 60 % و عدد الحب في السنبل بنسبة 48 % كما يخفض أيضا الكتلة الحيوية، مؤشر الحصاد (Giuanta *et al.*, 1993) و المردود الحي (Hsiao, 1973)، يمكن للجفاف أن يؤثر إيجابيا في مؤشرات أخرى ذات قيمة اقتصادية مثل المحتوى البروتيني (Guttieri *et al.*, 2000). أضف إلى ذلك، (Donaldson (1996) و (Nazeri (2005 سجلوا أن العجز المائي المسجل بعد مرحلة التسنبل يخفض طول مدة ملء الحب، وزن الحب و مردود المحصول. حسب ما قدمه Blum (1988) فإن المقاربة الأمثل لانتخاب أصناف قمح صلب و قمح لين ذات قدرات عالية هو أن تتم عملية الانتخاب تحت ظروف رطوبة مثلى أو عجز مائي منخفض.

2-3- عدد السنابل في المتر المربع (NS/m<sup>2</sup>)

كما توضحه الوثيقة 2-2 فإن الري التكميلي يؤثر إيجابيا في عدد السنابل ضمن وحدة المساحة، حيث

قدر الفرق بين عدد السنابل في المتر المربع تحت ظروف الري و ظروف الجفاف بـ 15.07% (الجدول 3-2). يمكن أن تُسجل تأثيرات كبيرة للإجهاد المائي على عدد السنابل في المتر المربع عندما يظهر الإجهاد مع بداية تشكل البداة الزهرية و مرحلة الإزهار (Robertson and Guinta, 1994).



الوثيقة 2-2. تغيرات عدد السنابل في المتر المربع تحت ظروف الجفاف و الري التكميلي للأصناف العشرة المدروسة.

Garcia del Moral et al. (2005) أثبتوا أن العجز المائي يُخفض عدد السنابل في وحدة المساحة و عدد الحب في السنبل في دراسة تمت على أصناف من القمح الصلب، هذه النتائج تتوافق و ما تحصلنا عليه في دراستنا (الجدول 3-2). يحفز العجز المائي العديد من علاقات المنافسة فيما بين الأعضاء النباتية من أجل المركبات العضوية الناتجة من التركيب الضوئي، حسب Richards et al. (2001) المركب الأكثر تأثراً بالإجهاد المائي الملاحظ خلال مرحلة التكاثر هو عدد السنابل في وحدة المساحة.

تحت ظروف الري التكميلي تراوح متوسط عدد السنابل في المتر المربع الواحد ما بين 378.33 بالنسبة للسنبل في المتر المربع سجله الصنف Waha و قدر بـ 344.13 و أدنى متوسط سجل عند الصنف Kucuk و 289.16 للسنبل Oued Zenati؛ تحت ظروف الإجهاد المائي أعلى متوسط في عدد السنابل في المتر المربع سجله الصنف Waha و قدر بـ 344.13 و أدنى متوسط سجل عند الصنف

Polonicum و قدر بـ 237.75. سجلت العديد من الدراسات انخفاضاً في كل من عدد الأيام من الزرع حتى التسنبل، عدد السنابل في المتر المربع، وزن ألف حبة و المردود الحي في القمح الصلب تحت ظروف الإجهاد المائي و الحراري (Kılıç *et al.*, 1999).

### 3-3- عدد الحب في السنبل (NG/S)

يعتبر عدد الحب في السنبل من مركبات المردود الأكثر أهمية، حيث أثبتت العديد من الدراسات على القمح الصلب أن المردود الحي العالي مرتبط و الزيادة في عدد الحب في السنبل أو وحدة المساحة (Calderini, 1999). تحليل التغير أظهر عدم وجود فرق معنوي بين عدد الحب في السنبل في ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي؛ لكن سجلنا اختلافاً جدياً معنوي بين الأنماط الوراثية بالنسبة لهذا المؤشر (الجدول 2-2). تحت ظروف الري التكميلي، أدنى قيمة لعدد الحب في السنبل قدرت بـ 34.88 و كانت عند الصنف المحلي Bousselem في حين أقصى قيمة سجلها الصنف الدخيل Dukem و قدرت بـ 46.8. عموماً، قدرت نسبة الاختلاف في عدد الحب في السنبل بين الظروف المجهدة و المروية بـ 2.42%. يعتبر عدد الحب في السنبل من مركبات المردود الأكثر حساسية لدرجات الحرارة المرتفعة و الجفاف لذلك يعتبر هذا المركب كمؤشر فعال لانتخاب أصناف متحملة للجفاف (Spillner and Blum, 1991). العجز المائي المسجل قبل مرحلة البدأة الزهرية يخفض عدد البدئات السنبلية للسنبل خلال هذه المرحلة (Oosterhuis and Cartwright, 1983).

إن العجز المائي المسجل خلال مرحلة ملء الحب لا يؤثر في عدد الأشرطة الخصبة و لا في عدد الحب و إنما يؤثر في وزن الحب (Hochman, 1982; Kobata *et al.*, 1992) و يرجع ذلك لقصر مدة ملء الحب الناتج عن تسارع الشيخوخة الورقية. تحسين عدد الحب في السنبل يمكن أن يكون من خلال أ) تقليص التنافس بين الأعضاء خاصة عنق السنبل و الأشرطة غير الخصبة عند مرحلة

نمو و تشكل السنبل، ب) الرفع في عدد السنبيلات في السنبل الواحدة، ج) تمديد المدة الفاصلة بين البداءة الزهرية و السنبيلة النهائية، د) تجنب العجز في كل من الكربون، الماء، المغذيات المعدنية (خاصة الأزوت) (Abbate et al., 1995).

### 4-3- وزن ألف حبة (TKW)

يمكن التعبير عن المردود الحبي كمايلي  $GY = NG/m^2 \times KW \dots\dots\dots (1)$

حيث: GY: المردود الحبي، NG/m<sup>2</sup>: عدد الحب في المتر المربع، KW: وزن الحب. العلاقة (1) تُظهر أن المردود الحبي يتغير بتغير كل من عدد الحب في المتر المربع و/أو وزن الحب.

العديد من الدراسات التي خصت القمح الصلب سجلت علاقات ارتباط قوية بين المردود الحبي و وزن الحب أو عدد الحب في المتر المربع (Austin et al., 1980, Slafer et al., 1996). رغم أن عدد الحب في السنبل له أهمية أكبر من وزن الحب في تحديد المردود الحبي؛ إلا أن العديد من الدراسات أثبتت أن وزن الحب هو المركب الرئيسي من مركبات المردود المحددة للمردود الحبي النهائي خاصة في مناطق البحر الأبيض المتوسط (Peltonen-Sainio, 2007).

Slafer et al. (1996) أثبتوا أن الوزن المنخفض للحب مع تزايد عدد الحب في المتر المربع لا يرجع فقط إلى نقص المركبات العضوية المخزنة في الحب لكن يرجع أيضا إلى الزيادة في الحب المتزامن و النقص في القدرة الوزنية للحب. سُجلت أقصى و أدنى قيم لوزن ألف حبة في الصنفين Bousselem و Dukem على التوالي في كلتا الظروف -الإجهاد المائي و الري التكميلي- الجدول 2-3. كما يوضحه الجدول 2-3 و تحت ظروف الري التكميلي فإن وزن ألف حبة في الصنف Bousselem و الذي يعتبر أكبر وزن لم يختلف معنويا عن وزن ألف حبة في كل من الصنف Altar, Hoggar و Oued Zenati أي أن

هذه الأصناف تشكل معا مجموعة متجانسة؛ في حين، و في ظروف الإجهاد المائي وزن ألف حبة في الصنف Bousselem و الذي يعتبر أيضا أكبر وزن لم يختلف معنويا عن وزن ألف حبة للصنف Altar. الانخفاض المعنوي في عدد الحب في السنبله في الصنف المحسن Bousselem حفز على إعطاء وزن ألف حبة كبير في هذا الصنف (الجدول 3-2).

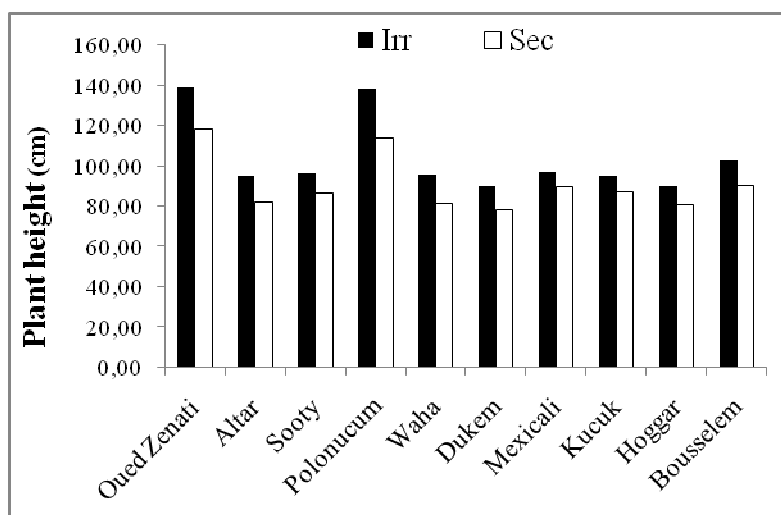
### 3-5- طول النبات عند مرحلة النضج (PH)

كما يوضحه الجدول 3-2 و الوثيقة 3-2 أكبر قيمة لطول النبات سجلت تحت ظروف الري التكميلي و في الصنف المحلي Oued Zenati حيث قدرت بـ 138.75 سم أضف إلى ذلك فإن هذا الأخير يشكل مجموعة متجانسة مع صنف محلي آخر هو Polonicum. قدر الفرق في طول النبات بين ظروف العجز المائي و الري التكميلي بـ 12.56%؛ في كلتا الظروف أكبر قيم لطول النبات سجلت في الصنفين المحليين Oued Zenati و Polonicum. أكدت العديد من الدراسات أن العجز المائي يؤثر سلبا في طول النبات و الذي ينعكس سلبا على كمية المادة العضوية المخزنة في الساق و بالتالي يتأثر بذلك المردود الحبي النهائي (Richards et al., 2001; Ghodsi, 2004).

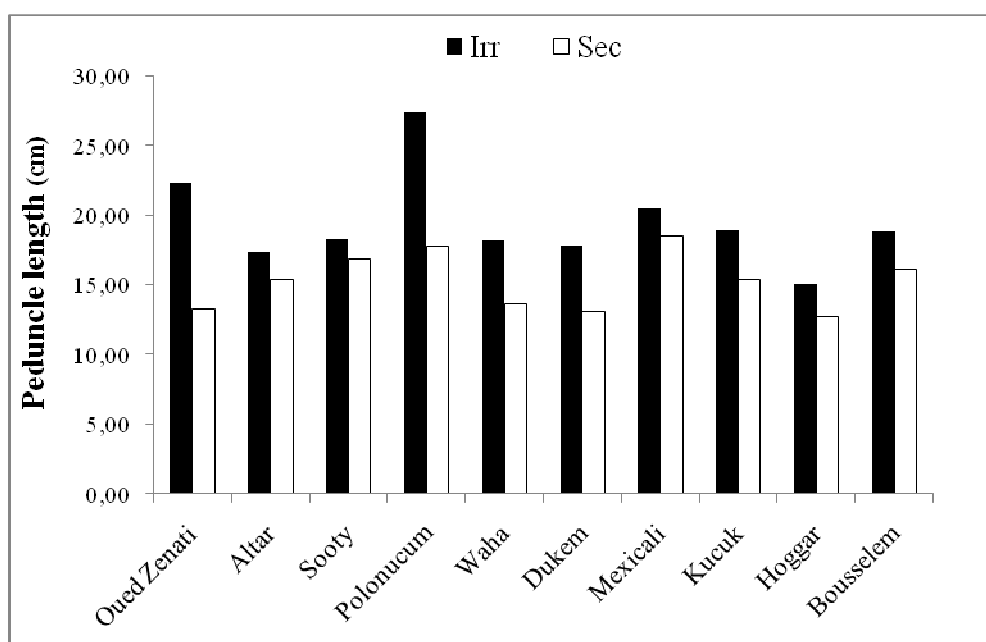
### 3-6- طول عنق السنبله (PL)

النتائج الموضحة في الجدول 2-2 توضح أن ظروف النمو (الري التكميلي و الجفاف) أثرت معنويا في العديد من المؤشرات المدروسة. بما في ذلك طول عنق السنبله؛ حيث قدر الفرق في طول عنق السنبله في كلتا الظروف بـ 25.96%. تحت ظروف الري التكميلي، طول عنق السنبله تراوح ما بين 15.07 سم بالنسبة للصنف Hoggar إلى 27.31 سم في الصنف Polonicum (الوثيقة 4-2). إن طول الجذر و طول عنق السنبله من بين الخصائص المرفولوجية التي تؤثر في قدرة تحمل القمح للجفاف

(Passioura, 1977)؛ كما أكد كل من Kılıç and Yağbasanlar (2010) أن طول عنق السنبله مؤشر مورفولوجي جد حساس للجفاف.



الوثيقة 2-3. تغيرات طول النبات تحت ظروف الري التكميلي و الجفاف



الوثيقة 2-4. تغيرات طول عنق السنبله تحت ظروف الري التكميلي و الجفاف

### 7-3- المحتوى اليخضوري (CC)

أثبت تحليل التغير غياب فرق معنوي في المحتوى اليخضوري في ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي، إلا أنه هناك اختلاف جد معنوي فيما بين الأصناف ( $p < 0.001$ ) في ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي الجدول 2-2. تحت ظروف الري التكميلي أقصى قيمة في المحتوى اليخضوري سجلت عند الصنف Sooty، في حين أدنى قيمة سجلها الصنف المحلي Polonicum. أثبتت معظم الدراسات أن تغيرات شدة التركيب الضوئي مقترنة و تغيرات المحتوى اليخضوري، سُجلت علاقة ارتباط بين نقص المحتوى اليخضوري و شدة التركيب الضوئي في القمح و فول الصويا (Wittenbach, 1979). أضف إلى ذلك، Fischer (1983) كشف أن النقص في فعالية استغلال الأشعة (-RUE Radiation Use Efficiency) خلال مرحلة ملء الحب يرجع إلى تأثير الشبخوخة الورقية. الحفاظ على ثبات المحتوى اليخضوري يعتبر عامل جد هام للحفاظ على شدة تركيب ضوئي عالية في ظروف الإجهاد. يعتبر المحتوى اليخضوري كمؤشر عن تحمل الجفاف في النباتات. سجلت بعض الدراسات أنه من مظاهر تحمل الإجهاد في أصناف القمح هي المحتوى اليخضوري العالي و سرعة تفككه المنخفضة.

### 4- حساسية الأصناف لإجهاد الجفاف

الاختلافات المسجلة في المردود الحي فيما بين الأصناف ترجع إلى الاختلاف في كمية الماء المتوفرة للأصناف. قيم المردود الحي و مركباته في ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي موضحة في الجدول 2-3. كما هو متوقع، جميع المؤشرات المدروسة باستثناء عدد الحب في السنبل و المحتوى اليخضوري كانت مرتفعة في ظروف الري التكميلي مقارنة بظروف الإجهاد المائي. كما يوضحه الجدول 2-3، كان للعجز المائي تأثيرا كبيرا على كل من طول عنق السنبل، عدد السنابل في المتر



المربع، طول النبات و المردود الحبي. Garcia Del Moral et al. (2005) أثبتوا و في دراسة تمت في القمح الصلب أن عدد السنابل في المتر المربع يتناقص و بشدة تحت تأثير العجز المائي. تراوحت قيم مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) ما بين 0.421 في الصنف المحلي Waha إلى 1.758 في الصنف Kucuk الجدول 4-2. نتائج تغيرات قيم مؤشر الحساسية للجفاف كانت متوقعة حيث أن الأصناف التي لها قيم مؤشر الحساسية للجفاف منخفض يكون فيها الاختلاف أو الفرق بين المردود الحبي في ظروف الإجهاد و الري التكميلي منخفض؛ هذه النتائج تتوافق و نتائج دراسات كل من Sio-se Mardeh et al. (2006) و Dencic et al. (2000) التي تمت في القمح. الأصناف التي تتميز بقيم صغرى لمؤشر الحساسية للجفاف تبدي مقاومة معتبرة للجفاف لأن الفرق في المردود الحبي بين ظروف الإجهاد و ظروف الري التكميلي صغیر (Bruckner and Frohberg, 1987).

الجدول 4-2. قيم مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) في الأصناف العشرة المختبرة

| Genotype    | DSI   | Genotype  | DSI   |
|-------------|-------|-----------|-------|
| Oued Zenati | 0,995 | Dukem     | 0,855 |
| Altar       | 1,130 | Mexicali  | 0,779 |
| Sooty       | 0,994 | Kucuk     | 1,758 |
| Polonucum   | 0,775 | Hoggar    | 0,528 |
| Waha        | 0,421 | Bousselem | 1,380 |

## 5- الارتباط بين المؤشرات المدروسة

علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة في ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي موضحة في الجدول 5-2. ارتبط المردود الحبي معنوياً و إيجابياً مع كل من عدد السنابل في المتر المربع، عدد الحب في المتر المربع و المحتوى اليخضوري و ذلك في كلا الطرفين الإجهاد المائي و الري التكميلي. سُجلت علاقة الارتباط المعنوية بين المردود الحبي و عدد الحب في المتر المربع في العديد من الدراسات السابقة (Waddington et al., 1987; Austin et al., 1980).

تحت ظروف الإجهاد المائي، المردود الحبي ارتبط معنوياً و إيجابياً مع وزن ألف حبة ( $r = 0.73$ ) ؛ مما يعني أن الزيادة في وزن الحب يؤثر إيجابياً في المردود الحبي النهائي (Richards, 1996).  
Shams-ud-din (1987) أشار إلى أن كل من عدد السنابل في النبات الواحد، عدد الحب في السنبل، وزن ألف حبة، مؤشر الحصاد، وزن العصيفات و المردود البيولوجي مرتبط مباشرة بالمردود الحبي النهائي في القمح.

## الجدول 2-5. معاملات الارتباط بين المؤشرات المدروسة تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي

|                         | NS/m <sup>2</sup> (IR)  | NG/S (IR)  | NG/m <sup>2</sup> (IR)  | TKW (IR)  | GY (IR)  | PL (IR)  | CC (IR)  | PH (IR)  | DSI |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----|
|                         | NS/m <sup>2</sup> (NIR) | NG/S (NIR) | NG/m <sup>2</sup> (NIR) | TKW (NIR) | GY (NIR) | PL (NIR) | CC (NIR) | PH (NIR) | DSI |
| NS/m <sup>2</sup> (IR)  | 1                       |            |                         |           |          |          |          |          |     |
| NS/m <sup>2</sup> (NIR) | 1                       |            |                         |           |          |          |          |          |     |
| NG/S (IR)               | 0,18                    | 1          |                         |           |          |          |          |          |     |
| NG/S (NIR)              | 0,09                    | 1          |                         |           |          |          |          |          |     |
| NG/m <sup>2</sup> (IR)  | 0,81*                   | 0,68*      | 1                       |           |          |          |          |          |     |
| NG/m <sup>2</sup> (NIR) | 0,81*                   | 0,66*      | 1                       |           |          |          |          |          |     |
| TKW (IR)                | -0,5                    | -0,83*     | -0,86*                  | 1         |          |          |          |          |     |
| TKW (NIR)               | -0,72*                  | -0,68*     | -0,95*                  | 1         |          |          |          |          |     |
| GY (IR)                 | 0,9*                    | 0,25       | 0,73*                   | 0,49      | 1        |          |          |          |     |
| GY (NIR)                | 0,79*                   | 0,53       | 0,9*                    | 0,73*     | 1        |          |          |          |     |
| PL (IR)                 | -0,61                   | 0,17       | -0,29                   | 0,03      | -0,5     | 1        |          |          |     |
| PL (NIR)                | -0,18                   | -0,03      | -0,16                   | 0,12      | -0,13    | 1        |          |          |     |
| CC (IR)                 | 0,77*                   | 0,27       | 0,65*                   | -0,48     | 0,65*    | -0,67*   | 1        |          |     |
| CC (NIR)                | 0,87*                   | 0,2        | 0,78*                   | -0,75*    | 0,7*     | -0,09    | 1        |          |     |
| PH (IR)                 | -0,82*                  | -0,04      | -0,59                   | 0,21      | -0,69*   | 0,88*    | -0,69*   | 1        |     |
| PH (NIR)                | -0,73*                  | 0,11       | -0,5                    | 0,33      | -0,61    | 0,23     | -0,79*   | 1        |     |
| DSI                     | 0,26                    | -0,43      | -0,05                   | 0,15      | 0,46     | 0,01     | -0,02*   | -0,02    | 1   |
| DSI                     | -0,16                   | -0,5       | -0,39                   | 0,2       | -0,64*   | 0,22     | 0,00     | 0,06     | 1   |

\* Significant at 0.05, IR: Irrigated, NIR: Non- irrigated, Grain yield (GY), thousand-kernel weight (TKW), number of grains per m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup>), number of grains per spike (NG/S), number of spikes per m<sup>2</sup> (NS/m<sup>2</sup>), peduncle length (PL), plant height (PH), chlorophyll content (CC) and Drought susceptibility index (DSI).

Slafer et al. (1996) أكدوا أن الوزن المنخفض للحب المسجل مع الزيادة في عدد الحب في المتر المربع لا يرجع فقط لانخفاض المادة العضوية في الحب و لكن يرجع أيضا إلى الزيادة في عدد الحب مع نقص في القدرة الوزنية للحب. ثبات المردود في كل صنف تم تقديره باستعمال مؤشر الحساسية للجفاف و الذي يتم حسابه اعتمادا على اختلاف المردود الحبي للأصناف في ظروف الإجهاد المائي

و الري التكميلي (Blum *et al.*, 1989). مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) ارتبط معنويا و سلبيا مع المردود الحيبي ( $r = -0.64$ )؛ Fischer and Maurer (1978) و Langer *et al.* (1979) استعملوا مؤشر الحساسية للجفاف من أجل التمييز بين الأصناف من حيث ثبات المردود الحيبي في بيئات مختلفة الإجهاد المائي.

## 6- الخاتمة

استنباط أصناف متحملة للجفاف في المناطق الجافة و شبه الجافة يعتبر عامل مهم جدا من أجل تحسين و ثبات المردود الحيبي. ما يمكن استخلاصه من نتائج هذه الدراسة هو أن الإجهاد المائي أثر سلبا في المردود، مركبات المردود و بعض الخواص المرفولوجية للقمح الصلب و في جميع الأصناف و بنسب مختلفة. تحليل التغير أظهر أن الري التكميلي و النمط الوراثي أحدثا اختلافا معنويا في المردود الحيبي، وزن ألف حبة، عدد السنابل في المتر المربع، طول النبات و طول عنق السنبله فيما بين الأصناف. الاختلافات المسجلة بين الأصناف استجابة للإجهاد المائي في جميع المؤشرات المدروسة توحى باختلاف القدرات الوراثية لكل صنف لتحمل الجفاف. اعتمادا على ما تحصلنا عليه في دراستنا و على ما سجلته دراسات أخرى فإن الإستراتيجية الأمثل لانتخاب أصناف متحملة للجفاف تكون من خلال انتخاب أصناف تتميز بقيم مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) منخفضة، و قيم عالية في كل من المؤشرات التالية: عدد الحب في المتر المربع، المحتوى اليخضوري، عدد السنابل في المتر المربع و وزن ألف حبة للحصول على مردود حيبي نهائي عالي.

## المراجع

### A

- Abbate, P.E., Andrade, F.H. and Culot, J.P.** 1995. The effect of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci. Cambridge*, **124**: 351-360
- Abou-El-Kheir, M.S.A., S.A. Kandil and El- Zeiny, H.A.**2001. Productivity of wheat as affected by Mepiquat chloride under water stress conditions. *Egypt. J. Appl. Sci.*, **16**: 99-111.
- Acevedo, E.** 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use 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*, pp. 273- 305.
- Ahmed, M.A. and Badr, N.M.** 2004. Growth yield attributes of some wheat cultivars in relation to missing an irrigation at different stages of growth in newly cultivated sandy soil. *Annals Agric. Sci. Moshtohor*, **42**: 1487-1502.
- Austin, R.B., Bingham, J., Blackwell, R.D., Evans, L.T., Ford, M.A., Morgan, C.I. and Taylor, M.** 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sc. Cambridge*, **94**: 675- 689.

### B

- Beltrano, J. and Marta, G. R.** 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. *Braz. J. Plant Physiol.*, **20**: 29-37.
- Blum, A.** 1988. *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC. Press Inc. Florida, USA. 223 p.
- Blum, A.** 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants. A case for sorghum, pp. 495-545. In: Hussell, H. and R. C. Staples (Eds.). *Stress Physiology in Crop Plants*. Wiley Inter science, New York.
- Blum, A. L. Shipler G. Golan and Mayer, J.** 1989. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. *Field Crops Res.*, **22**: 289-296.
- Bruckner, P.L. and Frohberg, R.C.** 1987. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Science*, **27**: 31–36.

### C

- Calderini, D.F., Reynolds, M.P. and Slafer, G.A.** 1999. Genetic gains in wheat yield and main physiological changes associated with them during the 20 th century .In Satorre, E.H. and Slafer, G.A (Eds)wheat :Ecology and Physiology of determination New York: Food Products Press.
- Clarke, J. M., Townley-Smith, T. F., McCaig, T. N. and Green, D. G.** 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci.*, **24**:537-541.

## D

- Deng, X., Shan, L and Shinobu, I. 2007.** High efficiency use of limited supplement water by dryland spring wheat, *Trans. CSAE.*, **18**: 84-91.
- Denciç, S. Kastori, R. Kobiljski, B. and Duggan, B. 2000.** Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, **113**: 43-52.
- Donaldson E. 1996.** Crop traits for water stress tolerance .*American Journal of Alternative Agriculture*. **11**: 89-94.

## E

- Eid, R.A. and Yousef, M.R. 1994.** Water use and yield of wheat in relation to drought conditions and P-fertilization. *Egypt, J. Appl. Sci.*, **9**: 546-560.

## F

- Finlay, K. W. 1968.** The significance of adaptation in wheat breeding, pp. 742-754. In: *Proc. 3rd Int. Wheat Genetics Symp.*, 5-9 August, Australian Academy of Sciences, Canberra, A.C.T.
- 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*. IRRI, Los Baños, p.129-154.

## G

- Garcia de Moral, L.F., Rharrabti, Y., Elhani, S., Martos, V. and Royo, C. 2005.** Yield formation in Mediterranean durum wheat under two contrasting water regimes based on path-coefficient analysis. *Euphytica*, **146**: 203-212.
- Garcia del Moral, L.F. Ramos, J.M., Garcia del Moral, M.B. and Jimenez-Tejada, P. 1991.** Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Science*, **31**: 1179-1185.
- Ghodsi, M. 2004.** Ecophysiological aspects of water deficit on growth & development of wheat cultivars. PhD thesis, University of Tehran, Iran.
- Guttieri, M.J. Ahmad, R., Stark, J.C. and Souza, E. 2000.** End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Sci.*, **40**: 631-635.
- Giunta, F., R. Mortzo and M. Deielda, 1993.** Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and Triticale in Mediterranean environment. *Field Crops Research* **33**:399-409

## H

- Hochman, Z.V.I. 1982.** Effect of water stress with phasic development on yield of wheat grown in a semi-arid environment. *Field Crop Res.*, **5**: 55-67.
- Hsiao, T. C. 1973.** Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, **24**: 519-570.

## J

**Jaleel, C.A., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Sankar, B., Gopi, R., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2007.** Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*. **59**: 150-157.

## K

**Kobata, T., Palta, J.A. and Turner, N.C. 1992.** Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Sci.*, **32**: 1238-1242.

**Kiliç, H. and Yağbasanlar, T. 2010.** The Effect of Drought Stress on Grain Yield, Yield Components and some Quality Traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) Cultivars, *Not. Bort. Agrobot. Cluj.*, **38**: 164-170.

## L

**Langer, I.K., Frey, J. and Bailey, T. 1979.** Association among productivity, production response and stability indices in oat varieties. *Euphytica*. **28**:17-24.

## M

**Manivannan, P., Jaleel, C.A., Kishorekumar, A., Sankar, B., Somasundaram, R., Sridharan, R. and Panneerselvam, R. 2007.** Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. By propiconazole under water deficit stress, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*. **57**: 69-74.

**Menshawy, A.M.M., El-Hag, A.A. and El- Sayed, S.A. 2006.** Evaluation of some agronomic and quality traits for some wheat cultivars under different irrigation treatments. Proc. 1 . Conf. Fiest Id Crops Res. Institute. ARC, Giza, Egypt. 22-24 Aug., 294-310.

## N

**Nazeri, M. 2005.** Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran.

## O

**Oosterhuis, D.M. and Cartwright, P.M. 1983.** Spike Differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Sci.*, **23**: 711-716.

## P

**Passioura, J. B. 1977.** Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J.Aust. Inst. Agric. Sci.*, **43**:117-120.

- Plaut, Z. B., Butow, J., Blumenthal, C. S. and Wrigley, C. W. 2004.** Transport of dry matter into developing wheat kernels. *Field Crops Res.*, **86**:185-198.
- Peltonen-Sainio P. A. Kangas Y. Salo and L. Jauhiainen 2007.** Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi location trials. *Field Crops Research*, **100**:179-188.

## R

- Rashid, A. Saleem, Q., Nazir, A. and Kazim, H. S. 2003.** Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*. **5**:7-9.
- Richards, R. A. 1996.** Increasing the yield potential of wheat: manipulating sources and sinks. p. 134-149. In M.P. Reynolds, S. Rajaram, and A. McNab, eds. *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*. México, D.F.: CIMMYT.
- Richards, R.A. Condon, A.G. and Rbetzke, G.J. 2001.** Trait to improve yield in dry environments In: Reynold, M.P., Oritz - Monasterio, J.I. and McNab, A. (eds) *Application physiology in wheat breeding*. Mexico, D.F, CIMMYT. pp. 88-100.
- Robertson, M.J. and Giunta, F.1994.** Response of spring wheat exposed to pre- anthesis water stress. *Aust. J. Agric. Res.*, **45**: 19-35.

## S

- SAS Institute 1999.** SAS/STAT user's guide. 8. Version. SAS Institute Inc. Cary. NC.
- Sharaan, A.N., Abd El- Samie, F.S. and Abd El- Gawad, I.A. 2000.** Response of wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) to some environmental influence. 1- Effect of planting date and drought at different plant stages on yield and its components. *Proc. 9th. Conf. Agron., Monfiya Univ.*, 1-2 Sept. 1-15.
- Shpiler, L. and Blum, A.1991.** Heat tolerance for yield and its components in different wheat cultivars. *Euphytica*. **51**:257-263.
- Shams-ud-din, A. K. M. 1987.** Path analysis in bread wheat. *Indian J. Agric. Sci.*, **1**:237-240.
- Simane, B. Struik, P.C., Nachit, M.M. and Peacock, J.M. 1993.** Ontogenic analysis of field components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*, **71**: 211-219.
- Sio-Se Marde, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. 2006.** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop researches*. **98**: 222-229.
- Slafer, G.A. Calderini, D.F. and Miralles, D.J. 1996.** Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab, eds. *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, p.101-133. México, D.F.: CIMMYT.
- Slafer, G.A. and Rawson, H.M. 1994.** Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol.*, **21**: 393-426.
- Smith, E. L. 1982.** Heat and drought tolerant wheats of the future, pp. 141-147. In: *Proc. of the National Wheat Res. Conf. USA-ARS, Beltsville, Maryland*.

## W

- Waddington, S.R. Osmanzai, M. Yoshida, M. and Ransom, J.K. 1987.** The yield of durum wheats released in Mexico between 1960 and 1984. *J Agric Sci Camb.*, **108**: 469-477.

قندوز علي (2014). تقييم علاقة بعض المؤشرات الضوئية و سلوك القمح الصلب (Triticum durum Desf.) تحت تأثير أنظمة سقي مختلفة. أطروحة دكتوراه العلوم تخصص بيولوجيا النبات. جامعة فرحات عباس- سطيف-1.

---

**Wittenbach, V.A. 1979.** Ribulose biphosphate carboxylase and proteolytic activity in wheat leaves from anthesis through senescence. *Plant Physiol.*, **64**: 884-887.



## الفصل الثالث

فعالية إستعمال مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف القمح الصلب (Triticum durum Desf.) في المناطق شبه الجافة

## الملخص

يعتبر الجفاف مشكلة واسعة الانتشار حيث يؤثر في إنتاج القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) كما و نوعا، أضف إلى ذلك فإن غياب مؤشرات جد فعالة للانتخاب أعاق تطوير و استنباط أصناف جديدة متحملة للجفاف. تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مدى فعالية مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف متحملة في ظروف بيئية مختلفة ضمن المناطق شبه الجافة. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب زرعت وفق التصميم العشوائي بالأجنحة حيث ضم أربعة أجنحة و في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. أُستعملت خلال هذه التجربة ستة مؤشرات تحمل الجفاف و هي: مؤشر الحساسية للجفاف (Drought susceptibility index -DSI-)، مؤشر تحمل الجفاف (stress tolerance index -STI-)، مؤشر ثبات المردود (yield stability index -YSI-)، متوسط الإنتاجية (mean productivity -MP-)، مؤشر متوسط الإنتاجية التوافقي (harmonic mean productivity -HMP-) و مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (geometric mean productivity -GMP-)، كل هذه المؤشرات يتم تقديرها اعتمادا على قيم المردود الحي في ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي. نتائج هذه الدراسة أظهرت أن المردود الحي في ظروف الري التكميلي لم يرتبط معنويا مع المردود الحي في ظروف الإجهاد المائي، قيم مؤشر الحساسية للجفاف -SSI- العالية ارتبطت معنويا و قيم المردود الحي المنخفضة في ظروف الري التكميلي، و بالتالي لا يمكن لهذا المؤشر أن يُحدد أو يميز الأصناف ذات القدرات العالية في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي معا. الارتباط المعنوي و الايجابي بين المردود الحي في ظروف الري التكميلي (GYp) و MP، GMP و STI يوحي بفعالية هذه المؤشرات في تحديد الأصناف عالية المردود في ظروف رطوبة مختلفة. يُعتبر كل من المؤشرين تحمل الجفاف -STI و متوسط الإنتاجية الهندسي -GMP- جد فعالين مقارنة بمؤشر الحساسية للجفاف -SSI- في انتخاب أصناف ذات مردود حي عالي في ظروف إجهاد مائي مختلفة؛ ما يمكن استنتاجه من نتائج دراستنا هو أن الانتخاب في ظروف الري التكميلي أفضل بكثير من الانتخاب في ظروف الإجهاد المائي من أجل مردود حي عالي، لذلك كان لابد من مربي النبات أن يأخذوا في الحسبان شدة الإجهاد من أجل اختيار مؤشر تحمل الجفاف اللازم للانتخاب في ظروف الجفاف.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، الجفاف، مؤشرات التحمل، مؤشر تحمل الجفاف.

## Abstract

Drought is a wide-spread problem seriously influencing durum wheat (Triticum durum Desf.) production and quality, but development of resistant cultivars is hampered by the lack of effective selection criteria. The objective of this study was to evaluate the ability of several selection indices to identify drought tolerant cultivars under varying environmental conditions. Ten durum wheat cultivars were evaluated under both moisture stress and non-stress field environments using a randomized complete block design for each of the environment. Six drought tolerance indices including drought susceptibility index (DSI), stress tolerance index (STI), yield stability index (YSI), mean productivity (MP), harmonic mean (HMP) and geometric mean productivity (GMP) were used. The indices were adjusted based on grain yield under drought and normal conditions. Yields in the normal condition were not correlated with yields in the stress condition, better stress susceptibility index (SSI) was associated with low yield under normal conditions, and therefore this index could not identify cultivars with good performance in both stress and non-stress condition. The significant and positive correlation of GYp and MP, GMP and STI showed that these indices were more effective in identifying high yielding cultivars under different moisture conditions. Stress tolerance index (STI) gave identical cultivar classification with the geometric mean (GMP), both being better than SSI in identifying top yielders in contrasting water availability conditions. The results of calculated gain from indirect selection from moisture stress environment would improve yield in moisture stress environment than selection from non moisture stress environment. Wheat breeders should, therefore, take into account the stress severity of the environment in choosing an index.

**Key words:** durum wheat, drought, tolerances indices, stress tolerance index.

## 1- مقدمة

يعتبر القمح الصلب (Triticum durum Desf.) من بين المحاصيل الأكثر زراعة في حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث يمثل الجفاف واحد من بين الاجهادات اللاحيوية الأكثر تأثيرا في إنتاجه (Royo et al., 1998)؛ عموما زراعة القمح في هذه المناطق تتم في الظروف البعلية، يشكل كل من الإجهاد المائي و الحراري كإحما للقدرة الإنتاجية خلال مرحلة ملء الحب (Simane et al., 1993). يُخفض العجز المائي المسجل خلال مرحلة ملء الحب المردود الحبي و بشكل جد ملحوظ، من بين الأعراض الظاهرية الناتجة عن تعرض النبات للعجز المائي خلال المرحلة الخضرية ذبول الأوراق، تناقص كل من طول النبات، عدد و مساحة الأوراق و تأخر ظهور البراعم و الأزهار (Boyer, 1982; Passioura et al., 1993). أثبتت العديد من الدراسات أن التأثير السلبي للجفاف على المردود الحبي يعتبر المشكل الرئيسي في العديد من الدول النامية و السائرة في طريق النمو (Guo et al., 2004; Passioura, 2007). عموما تنتشر زراعة القمح في المناطق الجافة و شبه الجافة، يعتبر القمح المحصول الأكثر استهلاكا من طرف الإنسان سواءا في المناطق المنتجة له أو غير المنتجة. ما يقارب 95% من القمح المزروع عالميا هو عبارة عن قمح لين (Dixon et al., 2009)، يعتبر القمح الصلب و مع إنتاج كلي يقدر بـ 30 مليون طن المحصول الأكثر تأقلمة مع ظروف الجفاف خاصة ضمن مناطق البحر الأبيض المتوسط حيث يتم إنتاج ما يقارب 75% من الإنتاج العالمي ضمن هذه المنطقة (Araus et al., 2002; Condon et al., 2004). الإستراتيجية الأمثل لرفع المردود و/أو ثباته هي تطوير أو استنباط أصناف متحملة للعجز المائي (Siddique et al., 2000). 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). يعتبر الحصول على أنماط وراثية تتميز بمردود حي 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 إعتقادا على الانخفاض في المردود الحبي في ظروف الجفاف (Blum, 1988). Rosielle and Hamblin (1981) عرفوا مؤشر تحمل الجفاف (TOL) على أنه الفرق في المردود بين ظروف الإجهاد (GYs) و الظروف العادية (GYp) و متوسط الإنتاجية (MP) على أنه متوسط المردود في ظروف الإجهاد و الظروف العادية. Fischer and Maurer (1978) اقترحوا مؤشرا جديد هو مؤشر الحساسية للجفاف (DSI).

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).

Clark et al. (1992) استعملوا مؤشر الحساسية للجفاف (SSI) لتقييم تحمل الجفاف في أصناف من القمح الصلب، أثبتت النتائج تغيرا في قيم هذا المؤشر من سنة لأخرى و من صنف لأخر. أثبتت

دراسة تمت على أصناف من القمح اللين أستعمل خلالها مؤشر الحساسية للجفاف (SSI) أن قيم هذا المؤشر و التي تتجاوز قيمة 1 تعني حساسية فوق المتوسط لهذا الصنف (Guttieri et al., 2001).

انتخاب أصناف متحملة للجفاف في القمح يكون من خلال اختيار الأصناف التي سجلت قيم قصوى لكل من مؤشرات تحمل الجفاف التالية: MP, GMP و STI (Golabadi et al., 2006).

Fernandez (1992) قسم الأنماط الوراثية بناء على رد فعالها تحت ظروف الإجهاد و الظروف العادية إلى أربعة مجموعات هي: المجموعة A- تضم الأصناف ذات المردود العالي في كلتا الظروف، المجموعة B- تضم الأصناف ذات المردود الجي العالي فقط في الظروف العادية (غير المجهدة)، المجموعة C- الأصناف ذات المردود الجي الجيد في ظروف الإجهاد و أخيرا المجموعة D- و تضم الأصناف ذات المردود المنخفض في كلتا الظروف. يعتبر انتخاب أصناف مختلفة في ظروف إجهاد مختلفة بالنسبة لمربي النبات الواجب الأهم لاستثمار تلك التغيرات الوراثية في تحسين تحمل الجفاف (Clark et al., 1984). تهدف هذه الدراسة إلى اختبار فعالية مؤشرات تحمل الجفاف في الانتخاب في المناطق شبه الجافة، و اختيار الأصناف الأكثر تحملا للجفاف في هذه المنطقة بناء على هذه المؤشرات.

## 2- مواد و طرق العمل

أستعمل خلال هذه الدراسة 10 أصناف من القمح الصلب أثبتت اختلافا في مردودها الجي في ظروف الإجهاد و الري التكميلي الجدول 3-1. زرعت الأنماط الوراثية بتاريخ 30 نوفمبر 2010 على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف، حيث تمت التجارب في ظروف الري التكميلي و الظروف البعلية. أعتمد خلال هذه الدراسة التصميم العشوائي بالأجنحة حيث ضم أربعة أجنحة، قدرت أبعاد كل قطعة أرضية جزئية بـ 2.5 x 1.5 م،

ضمت كل قطعة ستة خطوط المسافة العرضية بين خط و آخر قدرت بـ 20 سم و عدلت كثافة الزرع لتساوي 300 بذرة/م<sup>2</sup>.

الجدول 3-1. اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة

| Cultivar | Name        | Origin  | Cultivar | Name     | Origin |
|----------|-------------|---------|----------|----------|--------|
| 1        | Bousselem   | Algeria | 6        | Altar    | CIMMYT |
| 2        | Hoggar      | Algeria | 7        | Dukem    | CIMMYT |
| 3        | Oued Zenati | Algeria | 8        | Kucuk    | CIMMYT |
| 4        | Polonicum   | Algeria | 9        | Mexicali | CIMMYT |
| 5        | Waha        | Algeria | 10       | Sooty    | CIMMYT |

تم إضافة السماد SULFAZOT (26% N, 35% S) عند مرحلة الأشتاء بتركيز 120 كغ/هـ، أضيف إلى ذلك فإن إزالة الأعشاب الضارة كان بإضافة كل من المبيد TOPIC (0.75 L/ha) الخاص بالأعشاب أحادية الفلقة، و المبيد GRANSTAR (15 g/ha) الخاص بالأعشاب ثنائية الفلقة. عملية الري التكميلي كانت خلال مرحلة التطاول و مرحلة ما بعد التسنبل، في حين التجربة غير المروية فنمت في الظروف البعلية. المردود الحي لكل صنف وراثي تم تقديره مباشرة بعد النضج الفيزيولوجي للمحصول و ذلك في كلتا الظروف المجهدة و المروية. تم حساب مؤشرات تحمل الجفاف وفق العلاقات التالية:

1- متوسط الإنتاجية التوافقية (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- مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) (Fisher and Maurer, 1978):

$$SSI = 1 - (GYs / GYp) / D$$

حيث:  $D = 1 - (GYs / GYp)$ ، يُعرف D على أنه شدة الإجهاد، و يمثل كل من  $G\hat{Y}p$  و  $G\hat{Y}s$

متوسط مردود جميع الأصناف في ظروف الإجهاد و الري التكميلي على التوالي.

3- متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI):

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

4- مؤشر ثبات المردود (YSI) (Bousslama and Schapaugh, 1984):

$$YSI = GYs / GYp$$

5- 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

قدرت شدة الإجهاد D- خلال هذه الدراسة بـ 14.72%. إن هذا المؤشر يشير فقط إلى شدة

الإجهاد في الوسط البيئي وليس إلى شدة الإجهاد في الصنف الوراثي (Fisher and Maurer, 1978).

النتائج المتحصل عليها من خلال حساب مؤشرات تحمل الجفاف (الجدول 2-3) 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 و التي سجلت قيم مردود جي تراوحت ما بين 6.46 و 6.31

طن/هـ تحت ظروف الإجهاد أصنافا متأقلمة مع الجفاف. يعتبر الصنف Sooty و الذي سجل

مردود جي في ظروف الإجهاد قدر بـ 6.31 طن/هـ و مردود قدر بـ 7.55 طن/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 سجلوا مردود حي قدر بـ 5.22 و 5.64 طن/هـ على التوالي أكثر حساسية للإجهاد مقارنة بباقي الأصناف المختبرة تحت ظروف الجفاف. الأصناف التي تسجل قيم مؤشر الحساسية للجفاف (SSI) أقل من الواحد هي أصناف ذات تحمل عالي للجفاف (Choukan et al., 2006)؛ استنادا إلى ما ذكره يعتبر الصنفين Waha و Hoggar (مردود حي قدر بـ 6.46 و 6.00 طن/هـ، على التوالي) الأكثر تحملا للجفاف في كلتا الظروف، يعتبر الصنفين Kucuk و Bousselem مع مردود حي قدر بـ 5.39 و 5.60 طن/هـ على التوالي الصنفين الأكثر حساسية للجفاف في كلتا الظروف.

يسمح مؤشر الحساسية للجفاف (SSI) من تصنيف الأنماط الوراثية إلى أنماط وراثية متحملة للجفاف و أخرى حساسة للجفاف بغض النظر عن مردودها الحي (Naderi et al., 2000).

يُعتبر مؤشر تحمل الجفاف (STI) المؤشر الأفضل في انتخاب أصناف متحملة للجفاف حيث و بالاعتماد على هذا المؤشر يمكن أن نميز أصناف المجموعة A ذات المردود العالي في كلتا الظروف عن أصناف المجموعة B و المجموعة C و التي تتميز بمردود حي عالي في ظروف الري التكميلي و مردود حي عالي في ظروف الإجهاد على التوالي (Fernandez, 1992). نتائج الارتباط بين مؤشرات تحمل الجفاف يمكن تطبيقها في اختيار المؤشرات الأكثر فعالية في انتخاب أصناف متحملة للجفاف الجدول 3-3.

سُجّلت تحت ظروف الري التكميلي علاقة ارتباط معنوية و إيجابية بين كل من المردود الحي و مؤشر متوسط الإنتاجية (MP) ( $r = 0.88^{***}$ )، مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) ( $r = 0.86^{**}$ )، مؤشر تحمل الجفاف (STI) ( $r = 0.86^{**}$ ) و متوسط الإنتاجية التوافقي (HMP)

( $r = 0.78^*$ ) عند عتبة معنوية 0.1%، 1% و 5% على التوالي؛ توافقت هذه النتائج مع نتائج

.(1981) Roiselle and Hamblin

الجدول 3-2. تقدير حساسية عشرة أصناف من القمح باستعمال مؤشرات تحمل الجفاف في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

|             | GYs      | GYp    | HMP     | DSI      | YSI     | STI       | GMP      | MP       |
|-------------|----------|--------|---------|----------|---------|-----------|----------|----------|
| Oued Zenati | 5,22d    | 5,74b  | 5,60ef  | 0,995abc | 0,865ab | 0,671e    | 5,46e    | 5,48e    |
| Altar       | 5,59bcd  | 6,91ab | 6,15cd  | 1,13abc  | 0,825ab | 0,87bcd   | 6,20bcd  | 6,25bcd  |
| Sooty       | 6,31abc  | 7,55a  | 6,82a   | 0,994abc | 0,843ab | 1,065a    | 6,88a    | 6,93a    |
| Polonucum   | 5,64abcd | 6,01ab | 5,51f   | 0,775bc  | 0,87ab  | 0,758de   | 5,79de   | 5,83de   |
| Waha        | 6,46a    | 6,59ab | 6,67abc | 0,4213c  | 0,938a  | 0,955abc  | 6,52abc  | 6,52abc  |
| Dukem       | 6,39ab   | 7,27ab | 6,74ab  | 0,855bc  | 0,875a  | 1,039ab   | 6,80ab   | 6,83ab   |
| Mexicali    | 5,96abcd | 6,34ab | 6,27bcd | 0,779bc  | 0,901a  | 0,849cd   | 6,14cd   | 6,15cd   |
| Kucuk       | 5,39d    | 7,35a  | 6,20bc  | 1,758a   | 0,742b  | 0,891abcd | 6,29abcd | 6,37abcd |
| Hoggar      | 6,00abcd | 6,23a  | 5,93def | 0,528bc  | 0,916a  | 0,828cde  | 6,05cde  | 6,12cde  |
| Bousselem   | 5,50cd   | 6,77ab | 6,06de  | 1,38ab   | 0,813b  | 0,833cde  | 6,09cd   | 6,13cd   |
| Mean        | 5,85     | 6,68   | 6,19    | 0,961    | 0,859   | 0,876     | 6,22     | 6,26     |
| Min         | 5,22     | 5,74   | 5,51    | 0,421    | 0,742   | 0,671     | 5,46     | 5,48     |
| Max         | 6,46     | 7,55   | 6,82    | 1,758    | 0,938   | 1,065     | 6,88     | 6,93     |
| LSD (5%)    | 0,815    | 0,977  | 0,549   | 0,889    | 0,137   | 0,175     | 0,632    | 0,651    |

Means followed by the same latter are not significantly different at  $p < 0.05$ ; **GYs**: Yield under stress condition (tons/ha), **GYp**: Yield under non-stress condition (tons/ha), **HMP**: Harmonic mean productivity, **DSI**: Drought susceptibility index, **YSI**: Yield Stability Index, **STI**: Stress tolerance index, **GMP**: Geometrie mean productivity and **MP**: Mean productivity.

إعتمادا على نتائج العديد من الدراسات التجريبية فإن متوسط الإنتاجية (MP) ارتبط معنويا

و إيجابيا مع كل من المردود الحي في ظروف الري التكميلي GYp و المردود الحي في ظروف

الإجهاد المائي GYs. أضف إلى ذلك فإن المردود الحي في ظروف الإجهاد المائي سجل ارتباطا

معنويا و إيجابيا مع كل من مؤشر متوسط الإنتاجية (MP) ( $r = 0.77^{**}$ )، مؤشر متوسط الإنتاجية

الهندسي (GMP) ( $r = 0.79^{**}$ )، مؤشر تحمل الجفاف (STI) ( $r = 0.79^{**}$ ) و متوسط الإنتاجية

التوافقي (HMP) ( $r = 0.79^{**}$ ) عند عتبة معنوية 1%؛ لكن المردود الحي في ظروف الإجهاد المائي

سجل علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) ( $r = -0.64^*$ ) عند

عتبة 5%.

### الجدول 3-3. معاملات الارتباط بين المردود الحبي في ظروف الجفاف و الري التكميلي و مؤشرات تحمل

#### الجفاف

|     | GYs    | GYp     | HMP     | DSI      | YSI   | STI     | GMP     | MP |
|-----|--------|---------|---------|----------|-------|---------|---------|----|
| GYs | 1      |         |         |          |       |         |         |    |
| GYp | 0,37   | 1       |         |          |       |         |         |    |
| HM  | 0,79** | 0,78*   | 1       |          |       |         |         |    |
| DSI | -0,64* | 0,46    | -0,09   | 1        |       |         |         |    |
| YSI | 0,6    | -0,5    | 0,08    | -0,98*** | 1     |         |         |    |
| STI | 0,79** | 0,86**  | 0,95*** | -0,05    | -0,00 | 1       |         |    |
| GMP | 0,79** | 0,86**  | 0,96*** | -0,04    | -0,00 | 1,00*** | 1       |    |
| MP  | 0,77** | 0,88*** | 0,94*** | -0,01    | -0,04 | 1,00*** | 1,00*** | 1  |

\*; \*\* and \*\*\* significantly at  $p < 0.05$ ,  $< 0.01$  and  $< 0.001$ , respectively. **GYs**: Yield under stress condition (tons/ha), **GYp**: Yield under non-stress condition (tons/ha), **HMP**: Harmonic mean productivity, **DSI**: Drought susceptibility index, **YSI**: Yield Stability Index, **STI**: Stress tolerance index, **GMP**: Geometrie mean productivity and **MP**: Mean productivity.

أثبتت دراسات كل من (2006) Choukan et al.، (2006) Khalilzade and Karbalaei Khiavi (2002)

و Farshadfar et al. (2001) أن المؤشر الأكثر فعالية لانتخاب أصناف متحملة للجفاف هو المؤشر الذي يظهر ارتباطا معنويا مع المردود الحبي في كلتا الظروف (المجهدة و العادية). كما توضحه نتائج دراستنا و من خلال الجدول 3-3 فإن المؤشرات التي أظهرت ارتباطا معنويا مع المردود الحبي في كلتا الظروف هي كالتالي متوسط الإنتاجية التوافقي (HMP)، مؤشر تحمل الجفاف (STI)، مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و متوسط الإنتاجية (MP).

Farshadfar et al. (2001) أثبتوا من خلال دراستهم على البازلاء أن المردود الحبي في ظروف الجفاف ارتبط إيجابا و معنويا مع جميع مؤشرات تحمل الجفاف، لكن Fernandez (1992) وجد ومن خلال دراسة دامت ثلاث سنوات في ظروف الإجهاد و الري التكميلي أن المردود الحبي ارتبط معنويا و سلبيا مع مؤشر الحساسية للجفاف (DSI) هذه النتائج تتوافق و ما سجلناه في دراستنا (الجدول 3-3). كما ذكرنا سابقا فإن المؤشرات GMP، STI و MP ارتبطت معنويا و إيجابيا مع المردود الحبي في ظروف الري التكميلي هذه النتائج توافقت و نتائج دراسة

Shafazade et al. (2004) التي تمت في القمح الصلب. تُوحي نتائج هذه الدراسة و التي أُثبتت من خلالها الارتباط المعنوي بين مؤشرات تحمل الجفاف و المردود الحي في كلتا الظروف فعالية هذه المؤشرات في انتخاب أصناف متحملة للجفاف. أثبت Bahmaram et al. (2006) من خلال دراستهم التي تمت على القمح اللين أن مؤشر تحمل الجفاف (STI) أكثر فعالية في انتخاب أصناف متحملة للجفاف مقارنة بمؤشر الحساسية للجفاف (SSI). أثبتت دراسة تمت في الشعير أن مؤشر متوسط الإنتاجية (MP) ارتبط معنويا و إيجابيا مع مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) (Choukan et al., 2006).

Rosielle and Hamblin (1981) أثبتوا من خلال دراسة مقارنة للعديد من التجارب أن متوسط الإنتاجية (MP) أرتبط معنويا و إيجابيا مع المردود الحي في كلتا الظروف، استنادا إلى ذلك فإن الانتخاب اعتمادا على مؤشر متوسط الإنتاجية سوف يؤدي حتما إلى انتخاب أصناف تُعطي مردود حي عالي في كلتا الظروف (المجهدة و العادية). Fernandez (1992) أظهر أن مؤشر متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) أقل حساسية لتغيرات المردود الحي في الظروف العادية و المجهدة مقارنة بمؤشر متوسط الإنتاجية (MP) و بناء على ذلك يعتبر GMP أكثر فعالية في التمييز بين الأصناف مقارنة بالمؤشر MP. عموما تعتبر المؤشرات GMP، STI و MP الأكثر فعالية في انتخاب أصناف تتميز بمردود عالي في كلتا الظروف (المجهدة و العادية). كما توضحه الوثيقة 3-1 و اعتمادا على قيم مؤشرات تحمل الجفاف لكل صنف و كذا قيم المردود في كلتا الظروف فإنه يمكن تقسيم الأصناف العشرة المختبرة ضمن هذه الدراسة إلى مجموعتين؛ المجموعة الأولى تضم Waha، Dukem و Sooty في حين المجموعة الثانية ضمت الأصناف التالية Oued Zenati، Altar، Polonicum، Mexicali، Kucuk،

Hoggar و Bousselem. عموما تميزت أصناف المجموعة الأولى بقيم قصوى في كل من مؤشرات

تحمل الجفاف التالية STI، GMP و MP.

تحليل المركبات الرئيسية (Principal component analysis - PCA) أظهر أن المحور الرئيسي الأول

فسر 66.14% من التغيرات و هو ممثل بالمؤشرات التالية GYs، GYp، HM، STI، GMP و MP، في

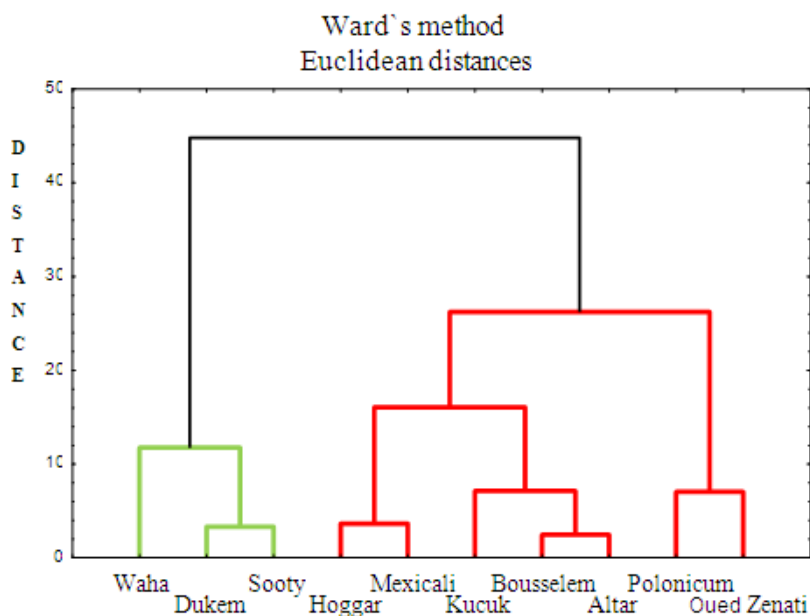
حين المحور الرئيسي الثاني فسر 32.51% من التغيرات و كان ممثلا بالمؤشرات التالية SSI و YSI

(الجدول 3-4 و الوثيقة 2-3).

الجدول 3-4. معاملات ارتباط مؤشرات تحمل الجفاف مع المحاور الثلاثة لتحليل المركبات الرئيسية

| Component | Proportion of total variation (%) | Variables |        |        |       |        |        |        |        |
|-----------|-----------------------------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
|           |                                   | GYs       | GYp    | HMP    | DSI   | YSI    | STI    | GMP    | MP     |
| Factor 1  | 66,14                             | -0,814    | -0,839 | -0,968 | 0,083 | -0,041 | -0,998 | -0,998 | -0,994 |
| Factor 2  | 32,51                             | 0,574     | -0,538 | 0,027  | -0,99 | 0,995  | -0,04  | -0,044 | -0,081 |
| Factor 3  | 1,11                              | -0,056    | -0,055 | 0,249  | 0,087 | 0,074  | -0,045 | -0,034 | -0,066 |

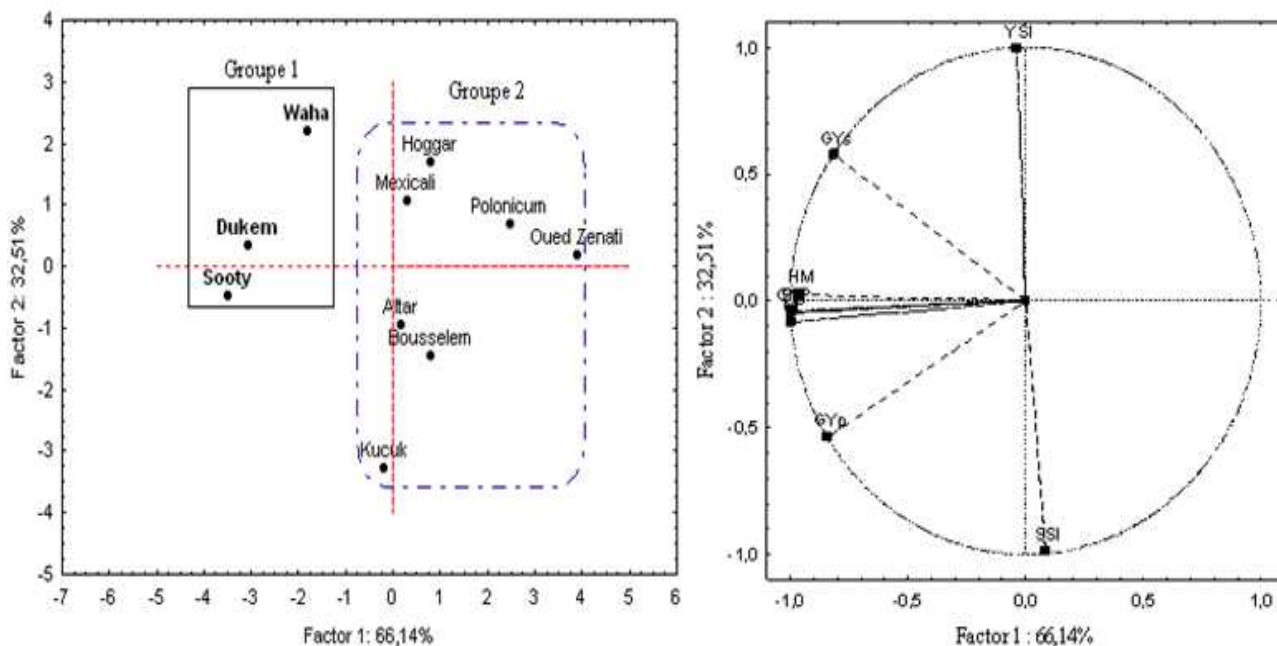
**GYs:** Yield under stress condition (tons/ha), **GYp:** Yield under non-stress condition (tons/ha), **HMP:** Harmonic mean productivity, **DSI:** Drought susceptibility index, **YSI:** Yield Stability Index, **STI:** Stress tolerance index, **GMP:** Geometric mean productivity and **MP:** Mean productivity.



الوثيقة 3-1. تجميع الأصناف العشرة المدروسة اعتمادا على مؤشرات تحمل الجفاف تحت ظروف الري

التكميلي و الإجهاد المائي

اعتمادا على ما يوضحه الجدول 3-4 و الوثيقة 2-3 المحور الرئيسي الأول (PCA1) يمكن أن يسمى بمحور القدرة الإنتاجية و تحمل الجفاف و ذلك لارتباطه الجيد مع المؤشرات التالية GYs، GYp، HM، STI، GMP و MP؛ بناء على ذلك فإن جميع الأصناف التي تسجل قيم قصوى في هذه المؤشرات تمتلك مردود جي عالي في كلتا الظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي. المحور الرئيسي الثاني (PCA2) يمكن أن يسمى بمحور تحمل الجفاف و ذلك لارتباطه بالمؤشرين SSI و YSI. (الوثيقة 2-3).



الوثيقة 2-3. توزيع مؤشرات تحمل الجفاف و الأصناف العشرة المختبرة وفق المحورين الرئيسيين 1 و 2

نتائج دراستنا و دراسات أخرى أثبتت أن الأصناف التي تنتمي إلى المجموعة A و التي تتميز بمردود جي عالي في كلتا الظروف تسجل قيما عالية في كل من المؤشرين GMP و STI؛ عموما، معظم النتائج المسجلة خلال هذه الدراسة توافقت و نتائج العديد من الدراسات السابقة و التي

أثبتت فعالية مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف متحملة للجفاف و ذات مردود معتبر خاصة في ظروف الجفاف (Farshadfar and Sutka, 2003; Golabadi *et al.*, 2006).

#### 4- الخاتمة

خلال هذه الدراسة الإجهاد المائي أثر سلبا في بعض الأصناف لكن أصناف أخرى أظهرت نوعا من التحمل مم يعني و جود اختلافات وراثية فيما بين الأصناف اتجاه تحمل الإجهاد المائي. خلال هذه الدراسة الأصناف Waha، Dukem و Sooty أثبتت فعاليتها في تحمل الجفاف من خلال مردودها الحبي العالي في كلتا الظروف العادية و المجهدة. توحى علاقات الارتباط المعنوية و الايجابية بين المردود الحبي في ظروف الري التكميلي و المؤشرات MP، GMP و STI أن هذه المؤشرات هي الأكثر فعالية في انتخاب و تمييز أصناف تتميز بمردود حبي معتبر في ظروف رطوبة مختلفة. اعتمادا على ما سجل خلال هذه الدراسة و دراسات سابقة فإن الاعتماد في انتخاب أصناف متحملة للجفاف على المؤشرين متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI) جد فعال في ظروف بيئية مختلفة الرطوبة. أضف إلى ذلك فإن الانتخاب ضمن الظروف البيئية المعتدلة (غير المجهدة) يعتبر أكثر فعالية في انتخاب أصناف ذات قدرات إنتاجية عالية مقارنة بالانتخاب في ظروف بيئية مجهدة. لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أن اختيار مؤشر تحمل الجفاف المناسب من أجل انتخاب أصناف متحملة للجفاف يعتمد أو متعلق مباشرة بشدة الإجهاد.

## المراجع

### A

**Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and Royo, C. 2002.** Plant Breeding and Drought in C3 Cereals: *Annals of Botany*, **89**: 925-9 29.

### B

**Behmaram, R.A., A. Faraji and Amiri Oghan, H. 2006.** Evaluation of drought tolerance of spring varieties (*Brassica napus*). Summary of essays in 9<sup>th</sup> Iranian congress of agricultural sciences and plant breeding. University of Tehran. Pardis Abu-Reyhan, pp. 496.

**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<sup>th</sup>, FOGGIA, Italy, p. 191-199.

**Blum, A. 1996.** Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul.*, **20**: 135-148.

**Bouslama, M. and Schapaugh, W.T. 1984.** Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci.*, **24**, 933-937.

**Boyer, J.S. 1982.** Plant productivity and environment. *Science*, **218**: 443-448.

### C

**Choukan, R., T. Taherkhani, M.R. Ghannadha and Khodarahmi, M. 2006.** Evaluation of drought tolerance maize lines by drought stress tolerance indices. *Iranian J. Agric. Sci.*, **8**: 2000-2010.

**Clarke, J.M., T.M. Townley-Smith, T.N. McCaig and Green, D.G. 1984.** Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci.*, **24**: 537-541.

**Clarke, J.M., De Pauw, R.M. and Townley-Smith, T.M. 1992.** Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci.*, **32**: 732-728.

**Condon, A.G., R.A. Richards, G.J. Rebetzke and Farquhar, G.D. 2004.** Breeding for high water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, **55**: 2447-2460.

### D

**Dixon, J., H.J. Braun, P. Kosina and Crouch, J. 2009.** Wheat Facts and Futures. Mexico, D.F. CIMMYT.

### F

**Farshadfar, A., M. Zamani, M. Matlabi and Imam Jome, A. 2001.** Selection for drought tolerance in pea lines. *Iranian Agric. Sci. J.*, **32**: 65-77.

**Farshadfar, E. and Sutka, J. 2003.** Screening drought tolerance criteria in maize. *Acta Agronomica Hungarica.*, **50**: 411-416.



- 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.
- Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield response. Aust. J. of Agric. Res., **29**: 897-912.

## G

- Golabadi, M., A. Arzani, S.A. and Maibody, M. 2006.** Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. Afr J Agric Res., **5**: 162-171.
- Guo, T.C., W. Feng and Zhao, H.J. 2004.** Photosynthetic characteristics of flag leaves and nitrogen effects in two winter wheat cultivars with different spike type. Acta Agronomica Sin., **30**: 115-121.
- Guttieri, M.J., J.C. Stark, K. Brien and Souza, E. 2001.** Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. Crop Sci., **41**, 327-335.

## H

- 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.
- Hossain, A.B.S., A.G. Sears, T.S. Cox and Paulsen, G.M. 1990.** Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Sci., **30**: 622-627.

## K

- Khalilzadeh, G.R. and Karbalae Khiavi, H. 2002.** Effects of drought and heat stress to advanced lines of durum wheat. Summary of essays in the 7 Iranian congress of agronomy science and plant breeding. Research institute of reformation and seed and plant production in Karaj, pp. 563-564.
- Kristin, A.S., R.R. Senra, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallego, N. Wassimi and Kelley, J.D. 1997.** Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.*, **37**: 43-50.

## M

- Mitra J, 2001.** Genetics and genetic improvement of drought tolerance in crop plants. *Curr Sci.*, **80**: 758-762.

## N

- Naderi, A., E. Majidi-Hevan, A. Hashemi-Dezfoli and Nourmohammadi, G. 2000.** Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. *Plant and Seed Journal*, **15**: 390-402.

## P

- Passioura, J.B., A.G. Condon and Richards, R.A. 1993.** Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: Smith J.A.C., Griffiths H. (eds). Water deficits plant responses from cell to community. BIOS Scientific Publishers limited, Oxford, p. 253-264.
- Passioura, J.B. 2007.** The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives, *Journal of Experimental Botany*, **58**: 113-117.

## R

- Ramirez, P and Kelly, J.D. 1998.** Traits related to drought tolerance in common bean. *Euphytica*, **99**: 127-136.
- 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.
- Royo, C., Michelena, A., Carrillo, J.M., Garcí'a, P., Juan-Aracil, J and Soler, C. 1998.** Spanish durum wheat breeding program. In: Nachit MM, Baum M, Porceddu, Monneveux, Picard E (eds). SEWANA (South Europe, West Asia and North Africa) durum research network. Proceedings of the SEWANA durum network workshop, 20–23 March 1995. ICARDA: Aleppo, Syria, p. 80–87.

## S

- Shafazade, M., A. Yazdan Sepas, A. Amiini and Ghannadha, M.R. 2004.** Study of end-season drought tolerance in preferential genotypes of winter wheat by sensitive and tolerance indices. *Seed and Plant Journal*, **20**: 57-71.
- Siddique, M.R.B., A. Hamid and Islam, M.S. 2000.** Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **41**: 35-39.
- Simane, B., P. C. Struik., M. M. Nachit and Peacock, J. M. 1993.** Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*, **71**:211-219.

## الفصل الرابع

تأثير الري التكميلي في الانعكاس الضوئي الورقي

و بعض الخواص الفيزيولوجية للقمح الصلب (Triticum durum Desf.)

## الملخص

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 بالمرودود 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. أظهر تحليل التغير أن ظروف الري التكميلي أثرت تأثيراً جدياً معنوياً في قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء مقارنة بظروف العجز المائي ( $P < 0.001$ )؛ أضف إلى ذلك فإن قيم الانعكاس الضوئي الورقي سجلت اختلافات معنوية فيما بين الأصناف و في كلتا الظروف المرورية و المجهدة. الفرق في المرودود 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 تحمل 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 اعتماداً على ذلك تعتبر الأصناف Waha، Dukem و Sooty ذات المرودود الحي 64.63، 63.94 و 63.14 ق/هـ على التوالي الأكثر تحملاً للجفاف. سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المرودود الحي و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ( $r = -0.70^*$ ) مما 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 امتصاصاً من طرف الصبغات اليخضورية. علاقة الارتباط المعنوية بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و قيم مؤشرات تحمل الجفاف توحى بفعالية استعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي في انتخاب أصناف متحملة للجفاف عوضاً عن مؤشرات تحمل الجفاف.

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

## 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<sup>-1</sup> 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 كآمنة. 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).

عُرفت 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 محرب 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 محرب، سريع و في الحقل (Buschmann and Nagel, 1993). أُستعمل الاختراق و الانعكاس الضوئي و بشكل مكثف كطريقة غير محربة 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). أقرحت مؤشرات يُعتمد في تقديرها على أطوال الموجات المذكورة سابقا من أجل تقدير المحتوى اليخضوري في أنواع نباتية مختلفة (Chappelle *et al.*, 1992; Gitelson *et al.* 1996; Lichtenthaler *et al.*, 1996). 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 جبي 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 الجبي في ظروف الجفاف (Blum, 1988).

Rosielle and Hamblin (1981) عرّفوا مؤشر تحمل الجفاف (TOL) على أنه الفرق في المردود بين ظروف الإجهاد (GYs) و الظروف 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 STI (Golabadi et al., 2006). تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مدى فعالية تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و باستعمال البرنامج Mesurim Pro؛ و تقييم العلاقة بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و كل من المردود الحي، المحتوى اليخضوري و الشيخوخة 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- مواد و طرق العمل

تمت هذه الدراسة خلال الموسم الزراعي 2011/2010 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, Bousselem و Altar, Sooty, Polonicum, Waha, Dukem, Mexicali, Kucuk, Hoggar الأصناف بتاريخ 30 نوفمبر 2010. عملية الزرع كانت بآلة 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 التطاول (30 Zadoks cods)، الثانية كانت بتاريخ 2011/05/08 و بالضبط بعد حدوث عملية التسنبل (50 Zadoks cods) حجم ماء السقي في كلتا المرحلتين هو 20 مم. أُعتمدت 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 A460, AiAF, CHINA) خزنت الصور في نظام JPEG لتحويل بعد ذلك إلى جهاز الحاسوب ليتم معالجتها باستعمال البرنامج IPP (Image Pro Plus, Version 4, Media Cybernetics, Silver Spring, MA, USA) 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 استخراج انطلاقا من المنحنى  $S = f(\Sigma t)$ .

سرعة الشيخوخة الورقية ( $V_s$ ) يتم حسابها يوميا وفق العلاقة التالية  $(S_{i+1} - S_i) / (\Sigma t_{i+1} - \Sigma t_i)$ . 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 (Mesurim Pro, 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 الحي (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) و مؤشر 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 1-4).

الجدول 1-4. تحليل التغير و مقارنة 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         |
| Genotype effect    | ***                | ***           | ***                 | ***           |
| Irrigation effect  | ***                |               | ***                 |               |
| Interaction effect | ***                |               | ***                 |               |
| % Differences      | 19,35              |               | 26,53               |               |

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

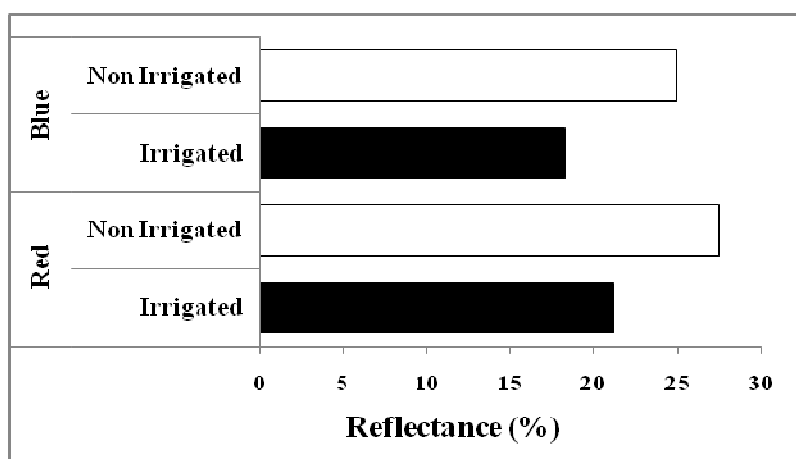
تحت ظروف الري التكميلي، الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 nm) تراوح ما بين 9.46 % في الصنف Bousselem إلى 36.35 % في الصنف Hoggar مع متوسط كلي قدر بـ 21.22 %؛ في حين و تحت ظروف الإجهاد المائي تراوحت نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء

مايين 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 اكبر 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). 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 1-4). 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 و الزرقاء 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 1-4.

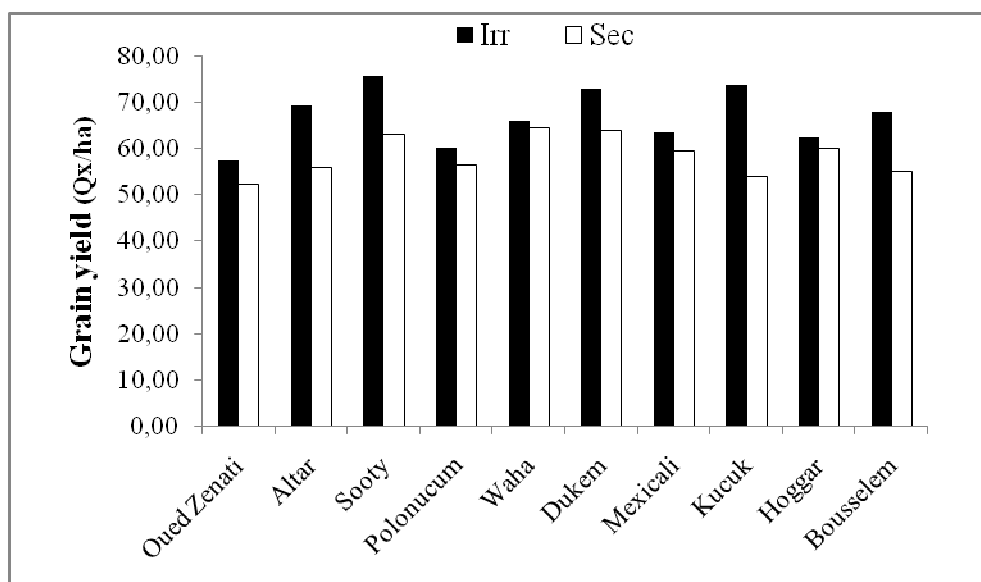
### 2-3- المردود الحي و المحتوى اليخضوري

تحت ظروف النمو المجهدة و المروية النمط الوراثي أثر جد معنويا في المردود الحي و المحتوى اليخضوري (الجدول 2-4). بالنسبة للمردود الحي فإن قيمه تحت ظروف الإجهاد المائي تراوحت ما بين 52.20 ق/هـ بالنسبة للصنف Oued Zenati و 64.63 ق/هـ بالنسبة للصنف 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

للصنف Oued Zenati و 75.55 ق/هـ بالنسبة للصنف Sooty مع متوسط إجمالي قدر بـ 66.8 ق/هـ  
عموما تحمل الجفاف يمكن تقديره من خلال تغيرات المردود الحبي في ظروف بيئية مختلفة الرطوبة (الوثيقة  
2-4).



الوثيقة 1-4. متوسط تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي



الوثيقة 2-4. تغيرات المردود الحبي في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

عموماً، المردود الحي في القمح أكثر ارتباطاً بالقدرة الإنتاجية للصنف مقارنة بالمرحلة 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 الحب، وزن الحب و بالتالي إنتاجية المحصول. يعتبر انتخاب أصناف ذات مردود عالي تحت الظروف الملائمة و/أو الجيدة الرطوبة أكثر ملائمة و فعالية في برامج تحسين القمح الصلب و اللين (Blum, 1988).

الجدول 2-4. تحليل التغير و مقارنة المتوسطات للمردود الحي و المحتوى اليخضوري في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي

|                    | GY <sub>I</sub> | GY <sub>NI</sub> | CC <sub>I</sub> | CC <sub>NI</sub> |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 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             |
| Genotype effect    | ***             | ***              | ***             | ***              |
| 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 و المطرية ( $P < 0.001$ )؛ أيضا اختلاف الأنماط الوراثية أثر جد معنويا في جميع مؤشرات الشيخوخة الورقية (متوسط الشيخوخة الورقية -Sa%- المجموع الحراري الموافق لحدوث نصف الشيخوخة الورقية- - $\Sigma 50s$  و متوسط سرعة الشيخوخة الورقية -Vsa-) (الجدول 3-4).

الجدول 3-4. تحليل التغير و مقارنة المتوسطات لمؤشرات الشيخوخة الورقية في الأصناف العشرة المختبرة تحت ظروف الإجهاد المائي و الري التكميلي

| Genotype           | Sa %       |               | Vsa       |               | $\Sigma 50 s$ |               |
|--------------------|------------|---------------|-----------|---------------|---------------|---------------|
|                    | 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         |
| Genotype Effect    | ***        | ***           | ***       | ***           | ***           | ***           |
| Irrigation Effect  | ***        |               | ***       |               | ***           |               |
| Interaction effect | ***        |               | ***       |               | ***           |               |
| % Differences      | 8,04       |               | 2,97      |               | 3,84          |               |

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

تحت ظروف الري التكميلي متوسط الشيخوخة الورقية تراوح ما بين 40.24% بالنسبة للنمط الوراثي Kucuk و 56.51% بالنسبة للصنف Oued Zenati. قدر الفرق في قيمة متوسط الشيخوخة الورقية بين الظروف المطرية و المروية بـ 8.04% و كان هذا الفرق جد معنويا.

متوسط مجموع درجات الحرارة الموافق 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 بـ 3.84% و كان هذا الفرق جُد معنوي (الجدول 3-4). قدر الفرق في متوسط سرعة الشيخوخة الورقية بين الظروف المطرية و ظروف الري التكميلي بـ 2.97% و كما يوضحه الجدول 3-4 فإن هذا الفرق بين ظري النمو كان جد معنوي.

### 4-3- مؤشرات تحمل الجفاف

قدرت شدة الإجهاد (D-Stress intensity) خلال هذه الدراسة بـ 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 4-4) 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 و التي سجلت قيم مردود جي تراوحت ما بين 64.6 و 63.1 ق/هـ تحت ظروف الإجهاد أصنافا متأقلمة مع الجفاف. يعتبر الصنف Sooty و الذي سجل مردود جي 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 جي 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) و مؤشر متوسط الإنتاجية (MP) هي المؤشرات الأكثر فعالية في تحديد الأصناف ذات المردود العالي في كلتا الظروف الملائمة و غير الملائمة.

الجدول 4-4. 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,

### 5-3- 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 الحبي سجل علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ( $r = -0.70$ ) (الجدول 5-4)؛ 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 امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية و بالتالي تناقص فعالية استغلال الأشعة الضوئية (-RUE-Radiation-use efficiency).

#### الجدول 4-5. 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   |
| Vsa NI   | 0,66*   | 0,38   | 0,64*  | 0,46    |
| Vsa I    | 0,77**  | 0,41   | 0,69*  | 0,49    |
| ∑ 50s NI | -0,63*  | 0,001  | -0,63* | -0,03   |
| ∑ 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, ∑ 50s: Date of mid-senescence and CC: Chlorophyll content.

Ferrio et al. (2005) أظهروا أن المردود الحبي العالي أرتبط معنوياً 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 عوضاً عن مؤشرات تحمل الجفاف.

كما يوضحه الجدول 4-5 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 الشيخوخة الورقية هي الأشعة الحمراء و الزرقاء (Ferrio et al., 2005).

تغيرات المحتوى اليخضوري المقدرة باستعمال طيف الانعكاس الضوئي مرتبطة مباشرة بمراحل تطور الورقة و الشيخوخة (Carter and Knapp, 2001). عموما طيف الانعكاس الضوئي ضمن مجال الأشعة المرئية (400nm-700nm) يتزايد مع تناقص المحتوى اليخضوري (Knipling, 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 5-4). 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. تُنسب 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 تراكم 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)؛ عموما 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).

#### 4- الخاتمة

أثبتت هذه الدراسة فعالية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير تغيرات الشيخوخة الورقية في القمح الصلب كما أعطت أيضا فكرة جد واضحة عن إمكانية استعمال هذه التقنية في تقدير تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي عند أطوال موجية محددة. يوحى 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 الجدمعنوي بين طيف الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء (450 نانومتر) و المحتوى اليخضوري ( $r = -0.77^{**}$ ,  $r = 0.66^*$ ) على التوالي يظهر فعالية مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير تغيرات المحتوى اليخضوري. مؤشرات الشيخوخة الورقية كان لها ارتباط جدمعنوي 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 إيجابيا في فعالية استعمال الأشعة و بالتالي شدة التركيب الضوئي و الذي ينعكس إيجابيا على المردود الحبي النهائي.

## المراجع

### A

**Acevedo, E. 1991.** Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use 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.

### B

**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.

### C

**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.

### D

**Donaldson, E. 1996.** Crop traits for water stress tolerance. *American Journal of Alternative Agriculture.* **11**: 89-94.

### F

**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.

## G

- 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.

## H

- 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.

## J

- 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.

## K

- 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.

## L

- 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 agreeen and an aurea mutant of tobacco by reflectance measurements. *J Plant Physiol.*, **148**:483–493.

## M

- 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.

## N

- Nazeri, M. 2005.** Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran.

## R

- 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.

## S

- 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.

## T

- 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.

## Y

**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**:199–211.

## Z

**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.



## الفصل الخامس

فعالية استعمال الأذعكاس الضوئي الورقي في تقدير  
المحتوى اليخضوري في القمح الصلب (Triticum durum Desf.)

## الملخص

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف، خلال الموسم الزراعي 2011/2010. تهدف هذه الدراسة إلى إثبات مدى فعالية الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء، الزرقاء و الخضراء (RGB) في تقدير المحتوى اليخضوري في الأوراق. أُعتمدت تقنية تحليل الصور الرقمية (NIA) في تقديرات تغيرات كل من الانعكاس الضوئي الورقي و الشبخوخة الورقية، في حين المحتوى اليخضوري (CC) تم تقديره باستعمال الجهاز SPAD. تحليل التغير أظهر وجود فروق جد معنوية فيما بين الأصناف بالنسبة لجميع المؤشرات المختبرة خلال هذه الدراسة. أظهرت دراسة الارتباط فيما بين المؤشرات المختبرة وجود ارتباط معنوي و سلمي ما بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر)، الزرقاء (450 نانومتر) و المحتوى اليخضوري في الأوراق ( $r = -0.77^*$ ,  $r = -0.66^*$ ) على التوالي. أظهرت نتائج هذه الدراسة إمكانية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير الانعكاس الضوئي الورقي هذا من جهة و من جهة أخرى إمكانية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير المحتوى اليخضوري في أوراق القمح الصلب.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، الانعكاس الضوئي الورقي، المحتوى اليخضوري، الشبخوخة الورقية.

## ABSTRACT

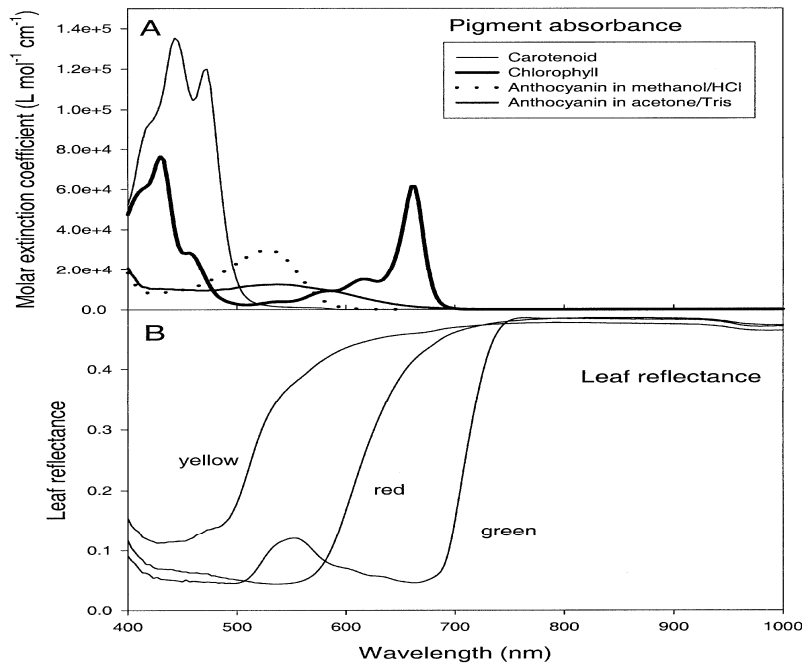
The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif, during the 2010/2011 cropping year. The objective of this study is to evaluate the efficiency of using leaf RGB reflectance to estimate chlorophyll content. The leaf reflectance at RGB (Red, Green and Blue) and average senescence are measured using the numerical image analyses (NIA) and chlorophyll content (CC) is measured by SPAD instrument. The genotypic effect was shown highly significant for leaf reflectance at RGB, average senescence and chlorophyll content. The reflectance at Red and Blue were significantly correlated with Chlorophyll content ( $r = -0.77$ ,  $r = -0.66$ ; respectively). The rustles of this study prove the efficiency of using numerical image analysis for estimating leaf reflectance at RGB and the efficiency of using leaf reflectance to estimate chlorophyll content in durum wheat cultivars.

**Keywords:** Durum wheat, leaf reflectance, chlorophyll content, senescence.

## 1- مقدمة

الصبغات الورقية مرتبطة مباشرة و الوظائف الفيزيولوجية للورقة، اليخضور يمتص طاقة الأشعة الضوئية و يحولها إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية الناتجة عن التركيب الضوئي و ذلك على مستوى الأنظمة الضوئية للصناعة الخضراء. الصبغات الكاروتينية (الصبغات الصفراء) تساهم أيضا في نشاط الأنظمة الضوئية للصناعة الخضراء. إذا ما تجاوزت الأشعة الضوئية الساقطة على الورقة حاجتها اللازمة للقيام بالتركيب الضوئي فإن صبغات الكاروتين تنشط و تدخل في حلقة تشكيل الكزانثوفيل المبددة للطاقة من اجل تفادي التأثير السلبي لهذه الطاقة الضوئية الزائدة للأنظمة الضوئية للصناعة الخضراء (Demmig-Adams and Adams, 1996). تساهم صبغات الأنثوسيانين (الصبغات الوردية، الأرجوانية و الحمراء) في حماية الأوراق من الطاقة الضوئية الزائدة عن الحاجة و بالضبط الأشعة فوق البنفسجية (Woodall and Stewart, 1998). أهمية الصبغات بالنسبة لوظائف الورقة أظهرت أن أي تغير في محتوى الصبغات في الأوراق يعبر عن الحالة الفيزيولوجية للورقة، المميزات أو الخواص الطيفية للنباتات الخضراء ترجع و بالدرجة الأولى إلى صبغات الكلوروفيل، الكاروتين و الصبغات الأخرى و كذلك المحتوى المائي للأوراق (Philip and Shirly, 1978). قدما كان الكشف عن المحتوى اليخضوري باستعمال المذيبات العضوية و جهاز الطيف الضوئي مخرب للنبات و يتطلب وقت طويل و مواد كيميائية مختلفة، ألوان الطيف الضوئي الأكثر امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية هي اللون الأحمر و الأزرق (الوثيقة 5-1). يعتبر طيف اللون الأزرق أكثر امتصاصا من طرف الصبغات الكاروتينية مقارنة بالصبغات اليخضورية لذلك لا يستعمل هذا الطيف في تقدير المحتوى اليخضوري. أقصى امتصاص ضمن مجال الأشعة الحمراء محصور ما بين طول الموجة 660 و 680 نانومتر. عموما الانعكاس الضوئي عند طول الموجات السابقة الذكر (660 و 680 نانومتر) لم يثبت فعاليته في

تقدير المحتوى اليخضوري، و السبب أن قيم منخفضة من الصبغات اليخضورية يمكنها أن تشبع الامتصاص عند طول الموجة المحصور ما بين 660-680 نانومتر ما يؤثر سلبا في دقة تقدير المحتوى اليخضوري باستعمال المؤشرات التي تعتمد على طول الموجات السابقة الذكر. بناء على ذلك، فإن العديد من النماذج الخاصة بتقدير المحتوى اليخضوري اعتمدت على طول الموجة 550 أو 700 نانومتر لأنها أظهرت أن تشبع الامتصاص عند طول الموجات هذه يتطلب كمية كبيرة من الصبغات اليخضورية (Buschman and Nagel, 1993). بينما صبغات الأنثوسيانين تكون أكثر امتصاصا عند طول الموجة 550 نانومتر (الوثيقة 1-5)، لذلك فإن تقدير المحتوى اليخضوري يكون أكثر دقة بالاعتماد على المعطيات الناتجة عن استعمال طول الموجة 700 نانومتر.



Source: Lichtenthaler (1987)

الوثيقة 1-5. (A) تغيرات قيم الامتصاص الضوئي في مختلف الصبغات الورقية،

(B) تغيرات قيم الانعكاس الضوئي في أوراق مختلفة الألوان لنبات *Liquidambar styraciflua*

ترتفع قيم الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية مع بداية الشيخوخة الورقية، السبب الرئيسي في ذلك هو تحطم الصبغات اليخضورية مع بداية الشيخوخة الورقية (Knipling, 1967).

التغيرات في قيم الانعكاس الضوئي الورقي المسجلة في الأوراق الخضراء انطلاقاً من مرحلة النضج و حتى الشيخوخة ترجع إلى التغيرات المسجلة في كل من المحتوى اليخضوري و كذا توضعات النسيج المتوسط للورقة (Grant, 1987). حديثاً، يعتبر التصوير الرقمي تقنية جديدة لتحليل التغيرات اللونية في أوراق النبات، تعتبر أجهزة التصوير و/أو المسح الرقمية الموصولة و جهاز الكمبيوتر المزود ببرامج خاصة بمثابة أدوات جد فعالة و غير مكلفة لتحليل التغيرات اللونية في أوراق مختلف الأنواع النباتية. أُستعملت تقنية تحليل الصور الرقمية في الميدان الزراعي و بشكل جد واسع مثل تقدير التغيرات اللونية في التفاح (Schrevens and Raeymaeckers, 1992)، التمييز بين الأعشاب الضارة و المحاصيل (Perez et al., 2000)، تقدير الشيخوخة الورقية في القمح اللين (Adamsen et al., 1999) و القمح الصلب (Hafsi et al., 2000). تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مدى فعالية تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء، الزرقاء و الخضراء (RGB) هذا من جهة و من جهة أخرى اختبار مدى فعالية الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير المحتوى اليخضوري في القمح الصلب في الظروف شبه الجافة.

## 2- مواد و طرق العمل

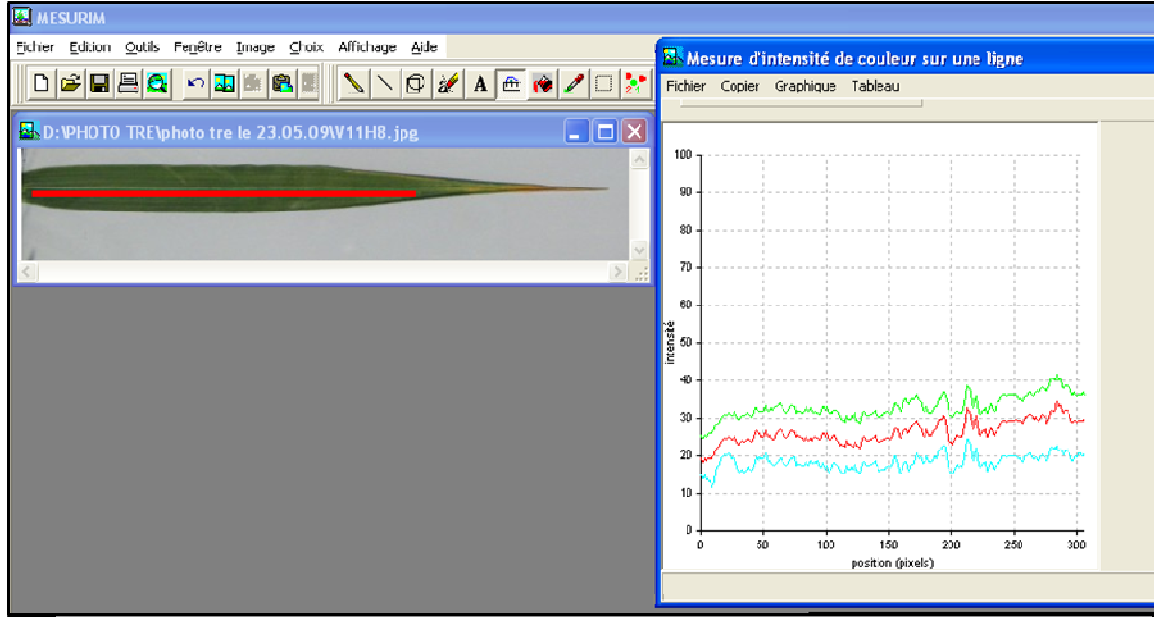
تمت الدراسة التجريبية على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف (5°20'E, 36°8'N) و الذي يرتفع عن سطح البحر بـ 958 متر. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب (الجدول 1-5) زرعت هذه الأخيرة بتاريخ 30 نوفمبر 2010 و باستعمال آلة الزرع حيث قدرة كثافة الزرع بـ 300 بذرة في المتر المربع، و أبعاد كل قطعة أرضية قدرت بـ 1.2م x 2.5م و تضم كل قطعة أرضية 6 خطوط المسافة بين خط و آخر تساوي 20 سم. أُستعمل خلال هذه الدراسة السماد SULFAZOT (26 % N, 35 % S, 120 Kg/ha) و ذلك عند مرحلة

الأشطاء، نزع الأعشاب الضارة كان باستعمال المبيد TOPIC (0.75L/ha) الخاص بالأعشاب أحادية الفلقة و المبيد GRANSTAR (15g/ha) الخاص بالأعشاب ثنائية الفلقة.

الجدول 1-5. اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة

| Cultivar | Name        | Origin  | Cultivar | Name     | Origin |
|----------|-------------|---------|----------|----------|--------|
| 1        | Bousselem   | Algeria | 6        | Altar    | CIMMYT |
| 2        | Hoggar      | Algeria | 7        | Dukem    | CIMMYT |
| 3        | Oued Zenati | Algeria | 8        | Kucuk    | CIMMYT |
| 4        | Polonicum   | Algeria | 9        | Mexicali | CIMMYT |
| 5        | Waha        | Algeria | 10       | Sooty    | CIMMYT |

أستعمل خلال هذه الدراسة تقنية تحليل الصور الرقمية (Numerical Image Analysis –NIA–) لتقدير تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجات الحمراء، الخضراء و الزرقاء (RGB). تم تصوير الورقة العلم على سطح أسود و خلال الفترة ما بين 11:00 و 13:00 (الوقت الشمسي) باستعمال آلة تصوير رقمية (Canon, Power Shot A460, AiAF, CHINA). يتم تخزين الصور الملتقطة في نظام JPEG (Joint Photographic Expert Group) ثم تنقل لاحقا إلى جهاز الكمبيوتر المزود ببرنامج خاص يساعد على تقدير الانعكاس الضوئي هو Mesurim Pro (Version 3.3) و الوثيقة 2-5 توضح الخطوات المختلفة لتقدير الانعكاس الضوئي الورقي. أضف إلى ذلك فإن الشخوخة الورقية تم تقديرها باستعمال نفس البرنامج السابق الذكر، حيث أنها تمثل نسبة المساحة الورقية المصفرة إلى نسبة المساحة الورقية الكلية (وحدة قياسها النسبة المئوية %). متوسط الشخوخة الورقية (% Sa) لكل صنف يعبر عنه بمتوسط ستة قياسات للشخوخة الورقية؛ تم أيضا خلال هذه الدراسة تقدير تغيرات المحتوى اليخضوري في الأصناف العشرة المختبرة باستعمال جهاز الـ SPAD.



### الوثيقة 5-2. خطوات تقدير الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجات الحمراء،

الخضراء و الزرقاء باستعمال البرنامج Mesurim Pro (Version 3.3)

### 3- النتائج و المناقشة

كما يوضحه الجدول 5-2، تحليل التغير أظهر أن اختلاف النمط الوراثي أثر جد معنويا ( $P < 0.001$ ) في جميع المؤشرات المختبرة خلال هذه الدراسة (الانعكاس الضوئي الورقي، المحتوى اليخضوري و متوسط الشيخوخة الورقية). تراوح متوسط قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر) ما بين 46.92% عند الصنف Oued Zenati إلى 10.81% عند الصنف Waha، أما قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الخضراء (560 نانومتر) فقد تراوحت ما بين 46.47% عند الصنف Oued Zenati إلى 12.87% عند الصنف Waha، في حين تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء (450 نانومتر) ما بين 42.39% بالنسبة للصنف Oued Zenati و 11.05% بالنسبة للصنف Kucuk. إعتمادا على نتائج قياسات الانعكاس



الضوئي الورقي عند أطوال الموجات الثلاثة فإن الصنف المحلي Oued Zenati سجل أقصى قيم انعكاس ضوئي (الجدول 5-2). متوسط قيم الانعكاس الضوئي في الأصناف العشرة المختبرة أظهر أن أدنى قيم للانعكاس الضوئي الورقي سجلت عند طول الموجة الزرقاء (24.99%)، هذه النتائج تتوافق و نتائج دراسة Merzlyak and Gitelson (1995).

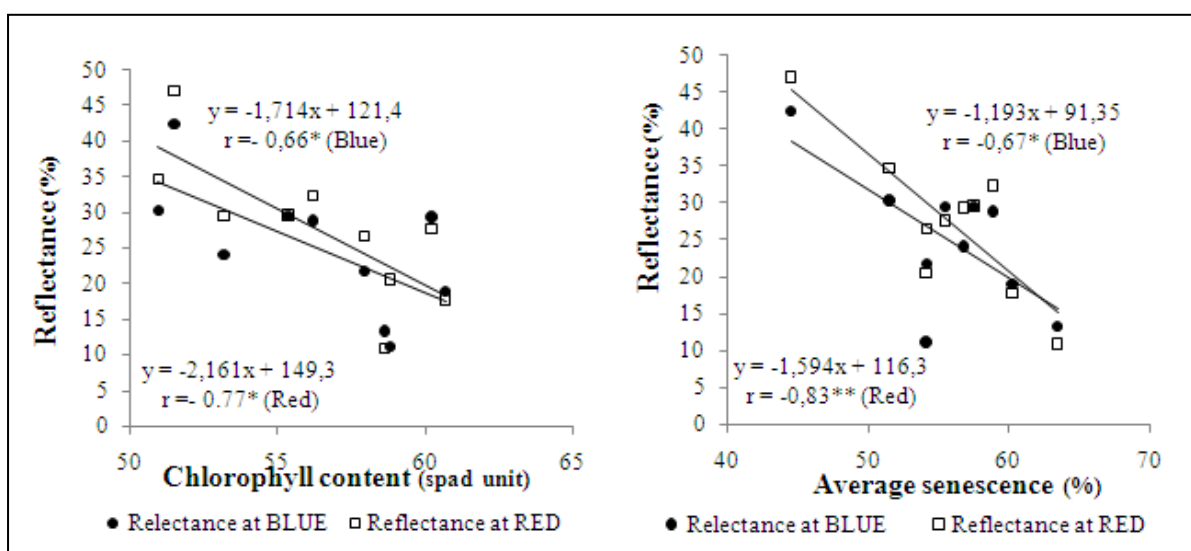
الجدول 5-2. تغيرات قيم الانعكاس الضوئي الورقي، المحتوى اليخضوري و متوسط الشيخوخة الورقية في الأصناف العشرة المختبرة

| Genotype            | Reflectance (%) at |           |           | Chlorophyll content (SPAD unit) | Average senescence (%) |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|---------------------------------|------------------------|
|                     | RED                | GREEN     | BLUE      |                                 |                        |
| Oued Zenati         | 46,92(a)           | 46,47(a)  | 42,39(a)  | 51,48(f)                        | 44,51(f)               |
| Altar               | 32,21(c)           | 31,17(c)  | 28,79(c)  | 56,22(cd)                       | 58,94(bc)              |
| Sooty               | 27,52(e)           | 27,53(f)  | 29,34(bc) | 60,24(ab)                       | 55,5(cde)              |
| Polonucum           | 34,63(b)           | 34,79(b)  | 30,24(b)  | 50,96(f)                        | 51,53(e)               |
| Waha                | 10,81(h)           | 12,87(i)  | 13,20(g)  | 58,65(abc)                      | 63,44(a)               |
| Dukem               | 17,6(g)            | 18,35 (h) | 18,85(f)  | 60,7(a)                         | 60,26(ab)              |
| Mexicali            | 26,46(e)           | 25,81(g)  | 21,64(e)  | 57,94(bcd)                      | 54,18(de)              |
| Kucuk               | 20,47(f)           | 19,44(h)  | 11,05(h)  | 58,85(abc)                      | 54,12(de)              |
| Hoggar              | 29,5(d)            | 30,19(d)  | 29,41(bc) | 55,37(de)                       | 57,53(bcd)             |
| Bousselem           | 29,3(d)            | 28,6(e)   | 24,01(d)  | 53,18(ef)                       | 56,79(bcd)             |
| Mean                | 27,54              | 27,55     | 24,99     | 56,359                          | 55,68                  |
| Min                 | 10,81              | 12,87     | 11,05     | 50,96                           | 44,51                  |
| Max                 | 46,92              | 46,47     | 42,39     | 60,7                            | 63,44                  |
| LSD <sub>0,05</sub> | 1,096              | 0,957     | 1,004     | 2,73                            | 4,12                   |
| Genotype effect     | ***                | ***       | ***       | ***                             | ***                    |

Different letters indicated significant difference at 0.05 level.

تراوحت قيم متوسط الشيخوخة الورقية ما بين 44.51% بالنسبة للصنف Waha و 63.44% بالنسبة للصنف Oued Zenati، متوسط الشيخوخة الورقية ارتبط معنوياً و سلبياً مع الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء ( $r = -0.84^{**}$ ,  $r = -0.67^{*}$ ) على التوالي (الوثيقة 5-3). تتحطم الصبغات الكلوروفيلية و بسرعة أكبر مقارنة بالصبغات الكاروتينية إذا كان النبات تحت ظروف

إجهاد أو انطلقت مرحلة الشيخوخة في أوراقه (Gitelson and Merzlyak, 1994). عموما وجد أن تغيرات المحتوى اليخضوري و المقدرة باستعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي علاقة مباشرة و تطورات الورقة أو شيخوختها (Carter and Knapp, 2001) .



الوثيقة 3-5. علاقات الارتباط ما بين الانعكاس الضوئي الورقي، المحتوى اليخضوري و متوسط الشيخوخة الورقية

كما يوضحه الجدول 2-5، فإن المحتوى اليخضوري تأثر جد معنويا باختلاف الأنماط الوراثية حيث تراوحت قيمه ما بين 60.7 بالنسبة للسنف Sooty و 50.96 بالنسبة للسنف Polonicum.

دراسة الارتباط أظهرت وجود ارتباط معنوي بين الانعكاس الضوئي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و المحتوى اليخضوري (الوثيقة 3-5)، في حين لم يسجل ارتباط معنوي بين الانعكاس الضوئي عند طول الموجة الخضراء و المحتوى اليخضوري. أقصى امتصاص للصبغات اليخضورية يسجل عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء، توحى علاقة الارتباط السلبية المسجلة بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و المحتوى اليخضوري بأن تناقض شدة التركيب الضوئي يرفع قيم الانعكاس الضوئي وذلك ناتج عن تحطم الصبغات اليخضورية الضرورية للتركيب

الضوئي. يتوافق أقصى امتصاص للصبغات الكاروتينية و طول الموجة الزرقاء لذلك لا تستخدم هذه الموجة لتقدير تغيرات المحتوى اليخضوري (Sims and Gamon, 2002). عموما تقدير المحتوى اليخضوري اعتمادا على مؤشرات الانعكاس الضوئي يعتمد مباشرة على تركيز المحتوى اليخضوري على مستوى الأوراق (Filella *et al.*, 1995). أقصى امتصاص ضمن مجال الأشعة الزرقاء يكون من طرف الصبغات اليخضورية و الكاروتينية معا (Penuelas and Filella, 1998). أقصى امتصاص للصبغات اليخضورية سجل عند طول الموجة الحمراء (Turrell *et al.*, 1961; Everitt *et al.*, 1985). بناء على ذلك و استنادا إلى ما سجل خلال هذه الدراسة و دراسات سابقة على سبيل المثال لا الحصر دراسة Horler *et al.* (1980) فإن الانعكاس الضوئي عند طول الموجة الحمراء أكثر فعالية في تقدير المحتوى اليخضوري.

#### 4- الخاتمة

علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و المحتوى اليخضوري توحي بأن تناقص المحتوى اليخضوري متزامن و تزايد نسب الانعكاس الضوئي الورقي هذا من جهة و من جهة أخرى فإن علاقة الارتباط المعنوية و السلبية بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و متوسط الشيوخوخة الورقية توحي بأن طيف الانعكاس ضمن مجال الأشعة المرئية يتناقص مع تطور الشيوخوخة الورقية. بناء على نتائج هذه الدراسة فإن تقنية تحليل الصور الرقمية باستعمال البرنامج Mesurim Pro أثبتت فعاليتها في تقدير تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي و هذا الأخير يسمح بدوره بتقدير تغيرات المحتوى اليخضوري في الورقة العلم لنبات القمح الصلب.

## المراجع

### A

**Adamsen, F.J., Pinter, Jr., P.J.; Barnes E.M. [et al.]. 1999.** Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop Science*, **39**: 719-724.

### B

**Buschmann, C. and Nagel, E. 1993.** In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of végétation. *Int. J. Remote Sens.*, **14**: 711-722.

### C

**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.

### D

**Demmig-Adams, B., and Adams, W. W. 1996.** The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*, **1**: 21-27.

### E

**Everitt, J.H., A.J. Richardson and Gaussman, H.W. 1985.** Leaf reflectance-nitrogen-chlorophyll relations in buffelgrass. *Photogr. Engineer. Remote Sensing*, **51**:463-466.

### F

**Filella, I., Serrano, L., Serra, J. and Penuelas, J. 1995.** Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Sci.*, **35**: 1400-1405.

## G

- Gitelson, A. and Merzlyak, M.N. 1994.** Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L and *Acer platanoides* L leaves - spectral features and relation to chlorophyll estimation. J. Plant Physiol., **143**: 286-292.
- Grant, L. 1987.** Diffuse and Specular Characteristics of Leaf Reflectance. Rem. Sens. Environ., **22**: 309-322.
- Guendouz, A and Maamari, K. 2011.** Evaluating durum wheat performance and efficiency of senescence parameter usage in screening under Mediterranean conditions, Electronic Journal of Plant Breeding, **2**: 400-404.

## H

- 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.
- Horler, D.N.H., J. Barber and Barringer, A.R. 1980.** Effects of heavy metals on the absorbance and reflectance spectra of plants. Int. J. Remote Sensing, **1**:121-136.

## K

- Knipling, E. B. 1967.** Physical and physiological basis for differences in reflectance of healthy and diseased plants In Proc. Workshop on Infrared Color Photography and diseased plants; Florida Dept. of Agriculture: Winter Haven, Florida.

## L

- Lichtenthaler, H.K. 1987.** Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Method Enzymol., **148**:331–382

## M

- Merzlyak, M.N. and Gitelson, A. 1995.** Why and what for the leaves are yellow in autumn? On the interpretation of optical spectra of senescing leaves (*Acer platanoides* L.). J. Plant Physiol., **145**: 315-320.

## P

- Penuelas, J. and Filella, I. 1998.** Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. Trends Plant Sci., **3**: 151–156.

**Perez, A.J., Lopez, F., Benloch, J.V. and Christensen, S. 2000.** Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, **25**: 197-212.

**Philip, H. S. and Shirly, M. D. 1978.** Remote sensing: the quantitative approach. Mc Graw-Hill, New York. pp. 226-227.

## S

**Schrevens, E. and Raeymaeckers, L. 1992.** Colour characterization of golden delicious apples using digital image processing. *Acta Horticulturae*, **304**: 159-166.

**Sims, D.A. and Gamon J.A. 2002.** Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages, *Remote Sensing of Environment*, **81**: 337–354.

## T

**Turrell, EM., J.R. Weber and Austin, S.W. 1961.** Chlorophyll content and reflection spectra of citrus leaves. *Bot. Gaz.*, **123**:10-16.

## W

**Woodall, G.S. and Stewart, G.R. 1998.** Do anthocyanins play a role in UV protection of the red juvenile leaves of *Syzygium*, *Journal of Experimental Botany*, **325**: 1447–1450.

## الفصل السادس

فعالية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي كمؤشر لتحمل الجفاف  
في القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.) في المناطق شبه الجافة

## الملخص

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف، خلال موسمين زراعيين 2011/2010 و 2012/2011. تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مدى فعالية استعمال البرنامج Mesurim Pro في تقدير تغيرات نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر) و الزرقاء (450 نانومتر) هذا من جهة ومن جهة أخرى دراسة معنوية الارتباط بين كل من المردود الحي، مؤشرات الشيخوخة الورقية، المحتوى اليخضوري و مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي عند عشرة أصناف من القمح الصلب تحت ظروف نمو مختلفة (مطرية و مروية). أضيف إلى ذلك، فإنه من أهداف هذه الدراسة أيضا اختبار معنوية الارتباط بين كل من مؤشرات تحمل الجفاف و الانعكاس الضوئي الورقي. أُعتمد في تقدير تغيرات نسب الانعكاس الضوئي الورقي على تقنية تحليل الصور الرقمية و التي أثبتت نجاعتها في تقدير تغيرات نسب الشيخوخة الورقية في العديد من الدراسات. أثبتت نتائج هذه الدراسة أن ظروف النمو (المطرية و المروية) أثرت بشكل متباين في جميع المؤشرات المدروسة و خلال الموسمين الزراعيين. توحى علاقات الارتباط المعنوية المسجلة بين كل من الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء، المردود الحي و مؤشرات تحمل الجفاف بإمكانية استعمال مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير و/أو التنبؤ بقيم المردود الحي هذا من جهة و من جهة أخرى انتخاب أصناف قمح صلب متحملة للجفاف. أضيف إلى ذلك، توحى علاقة الارتباط المعنوية بين مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي و مؤشرات الشيخوخة الورقية بأن الأصناف بطيئة الشيخوخة تتميز بقيم انعكاس ضوئي منخفضة. تثبت نتائج هذه الدراسة فعالية استعمال مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء في الانتخاب من أجل مردود حي عالي تحت ظروف الجفاف.

الكلمات المفتاحية: القمح الصلب، الانعكاس الضوئي الورقي، مؤشرات تحمل الجفاف، الري التكميلي، الشيخوخة الورقية، المحتوى اليخضوري.



## Abstract

The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif, Algeria during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012). This study aims to evaluate the efficiency of using Mesurim Pro (Version 3.3) software in the measure of the reflectance at Red (654 nm) and Blue (450 nm) (RB) wavelengths, and to investigate the spectral behavior of the relationship between reflectance at RB, Grain yield, Senescence parameters and Chlorophyll content in set of durum wheat genotypes and evaluate the relationships between drought resistance indices and reflectance at Red and Blue. The reflectance is measured using the numerical image analyses (NIA). The results of the present study indicated that the two different conditions of growth (stress and irrigated conditions) had different considerable effects on all traits tested during the two cropping seasons. The best negative and significant correlation between flag leaf reflectance at Red, Blue, Grain yield and drought resistance indices suggest the efficiency of using the reflectance for the predicting of grain yield and screen tolerant genotypes in durum wheat. In addition, the best correlation between leaf reflectance and senescence parameters suggest that the genotypes with slow senescence have low values of leaf reflectance. All this results prove the efficiency of using Flag leaf reflectance at Red and Blue as suitable tool for screening in durum wheat cultivars for high grain yield and under drought condition.

**Key words:** Durum wheat, flag leaf reflectance, drought indices, irrigation, Senescence, Chlorophyll.

## 1- مقدمة

الأشعة الشمسية الساقطة على الأوراق جزء منها يمتص، جزء ينعكس وجزء آخر يخترق أنسجة الورقة. تتعلق كمية و طبيعة الأشعة الممتصة، المنعكسة أو المخترقة لأنسجة الورقة بمجموعة من العوامل منها طول موجة الأشعة الساقطة، طبيعة سطح الورقة، المكونات الداخلية للورقة.

أول ما يعترض الأشعة الواردة على سطح الورقة طبقات شمعية أو شعيرات هديبية، هذه الأخيرة تؤثر مباشرة في كمية الضوء المنعكس أو الممتص من طرف الورقة. يعتبر الضوء المصدر الرئيسي للطاقة اللازمة للعديد من الوظائف الفيزيولوجية للنبات. يمكن أن يقسم تأثير التفاعل بين الإشعاع الشمسي و النبات إلى ثلاث مجموعات هي: تأثير حراري (Thermal effects)، تأثير البناء الضوئي (Photosynthetic effects) و تأثير التشكل الضوئي (Photomorphogenic effects)، حوالي 70% من الأشعة الواردة يمتص حيث يستعمل جزء منها في الحفاظ على درجة حرارة النبات معتدلة و الجزء الآخر يستعمل في عملية النتح (تأثير حراري) (Slatyer, 1967; Gates, 1968). الأشعة النشطة للتركيب الضوئي (-PAR-Photosynthetically active radiation) و التي تمثل تقريبا 28% من الأشعة الممتصة تستعمل في التركيب الضوئي و بالضبط من اجل تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية الناتجة عن التركيب الضوئي. تتعلق الخواص الضوئية للأوراق ضمن مجال الأشعة النشطة للتركيب الضوئي بالعديد من العوامل منها النوع النباتي، سماكة الورقة، بنية سطح الورقة، المحتوى اليخضوري للورقة و البنية الداخلية للورقة (Ross, 1981).

يعتبر مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي بمثابة طريقة جد هامة لدراسة سلوك المجموع الخضري ضمن ظروف بيئية مختلفة. يتميز مجال الأشعة المرئية و المحصور بين طول الموجة 390 و 750 نانومتر بقيم انعكاس و اختراق منخفضة و السبب في ذلك هو الامتصاص العالي من طرف الصبغات اللونية في

الورقة، على سبيل المثال الصبغات اليخضورية تمتص و بكميات معتبرة اللون البنفسجي، الأحمر و الأزرق من أجل القيام بعملية التركيب الضوئي، في حين اللون الأخضر فإنه لا يمتص نهائيا من طرف الصبغات اللونية للورقة لذلك يظهر لون النبات أخضر. يسجل أقصى امتصاص من طرف النبات عند طول الموجات 420، 490 و 660 نانومتر؛ عموما يرجع الامتصاص العالي عند طول الموجات السابقة الذكر إلى الصبغات اليخضورية. الخواص الضوئية للأوراق تتأثر بالعديد من العوامل منها تركيز الصبغات اليخضورية و باقي المركبات البيوكيميائية في الأوراق، المحتوى المائي و البنية الداخلية للأوراق (Gates, 1970; Knipling, 1970; Woolley, 1971). تتعلق كمية الأشعة الشمسية الممتصة من طرف الأوراق مباشرة بكمية صبغات التركيب الضوئي في الأوراق؛ يعطي المحتوى اليخضوري فكرة مباشرة عن سعة التركيب الضوئي و كمية المادة العضوية الممكن إنتاجها. أضف إلى ذلك، فإن المحتوى اليخضوري يمكن أن يستعمل في التقدير غير المباشر للمغذيات على رأسهم الأزوت و الذي يدخل و بشكل كبير في بناء جزئية اليخضور (Filella et al., 1995). المحتوى اليخضوري له علاقة وطيدة مع العديد من الاجهادات النباتية و كذلك الشيخوخة الورقية (Hendry, 1987; Peñuelas and Filella, 1998). تعتبر الشيخوخة الورقية آخر مرحلة من مراحل تطور الورقة و التي تكون تحت تأثير العديد من العوامل الداخلية و البيئية (Lim et al., 2003). تعرف كذلك الشيخوخة الورقية على أنها مجموعة التغيرات الوظيفية المتمثلة أساسا في التغيرات اللونية للورقة الناتجة عن تحطم اليخضور، نقص المحتوى المائي للورقة و تحطم الأغشية الستوبلازمية (Hafsi et al., 2000). تؤثر العديد من العوامل البيئية على سبيل المثال طول فترة النهار و درجة الحرارة و كذلك بعض العوامل الحيوية و اللاحوية في زمن انطلاق الشيخوخة و سرعة تطورها. خلال مرحلة الشيخوخة الورقية بعض الوظائف الفيزيولوجية تكبح و أخرى تنطلق أو تنشط، هذه التغيرات الوظيفية تكون مرتبطة

مباشرة بالتغيرات البنيوية للخلية انطلاقا من الصناعة الخضراء (Wiedemuth et al., 2005). 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 إعتقادا على الانخفاض في المردود الحبي في ظروف الجفاف (Blum, 1988).

Rosielle and Hamblin (1981) عرفوا مؤشر متوسط الإنتاجية (MP) على أنه الفرق في المردود بين ظروف الإجهاد (GYs) و الظروف العادية (GYp). 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 STI (Golabadi et al., 2006; Sio-Se Mardeh et al., 2006). تهدف هذه الدراسة إلى اختبار مدى فعالية استعمال البرنامج Mesurim Pro في تقدير تغيرات نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر) و الزرقاء (450 نانومتر) هذا من جهة ومن جهة أخرى دراسة معنوية الارتباط بين كل من المردود الحبي، مؤشرات الشيخوخة الورقية، المحتوى اليخضوري و مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي عند عشرة أصناف من القمح الصلب تحت ظروف نمو مختلفة (مطرية و مروية). أضف إلى ذلك، فإنه من أهداف هذه الدراسة أيضا اختبار معنوية الارتباط بين

كل من مؤشرات تحمل الجفاف و الانعكاس الضوئي الورقي خلال موسمين زراعيين 2011/2010 و 2012/2011.

## 2- مواد و طرق العمل

تمت هذه الدراسة خلال الموسمين الزراعيين 2011/2010 و 2012/2011 على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد للتقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف ، الواقعة على ارتفاع 958 متر على سطح البحر (5°20'E, 36°8'N) و تحت ظروف الري التكميلي و الظروف المطرية.

أُعدت خلال هذه الدراسة التصميم العشوائي بالأجنحة حيث ضم أربعة أجنحة، قدرت أبعاد كل قطعة أرضية جزئية بـ 2.5 x 1.5 م، ضمت كل قطعة ستة خطوط المسافة العرضية بين خط و آخر قدرت بـ 20 سم و عدلت كثافة الزرع لتساوي 300 بذرة/م<sup>2</sup>. أستعمل خلال هذه الدراسة 10 أصناف من القمح الصلب أثبتت اختلافا معنويا في مردودها الحي في ظروف الإجهاد و الري التكميلي الجدول 1-6.

الجدول 1-6. اسم و أصل الأصناف العشرة المستعملة خلال هذه الدراسة

| Cultivar | Name        | Origin  | Cultivar | Name     | Origin |
|----------|-------------|---------|----------|----------|--------|
| 1        | Bousselem   | Algeria | 6        | Altar    | CIMMYT |
| 2        | Hoggar      | Algeria | 7        | Dukem    | CIMMYT |
| 3        | Oued Zenati | Algeria | 8        | Kucuk    | CIMMYT |
| 4        | Polonicum   | Algeria | 9        | Mexicali | CIMMYT |
| 5        | Waha        | Algeria | 10       | Sooty    | CIMMYT |

تمت عملية الري التكميلي يدويا و باستعمال دلو الرش حيث أن حجم الماء المقدم لكل قطعة أرضية محسوب و بدقة؛ قمنا خلال هذه الدراسة أي خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010)

و (2012/2011) بعملية ري؛ الأولى كانت موافقة لمرحلة التطاول (30 Zadoks cods)، الثانية كانت بالضبط بعد حدوث عملية التسنبل (50 Zadoks cods) حجم ماء الري المقدم في كلتا المرحلتين و خلال الموسمين هو 20 مم. أعتمد في تقدير نسب الانعكاس الضوئي الورقي و الشيخوخة الورقية على تقنية تحليل الصور الرقمية وفقا لكل من (2012a) Guendouz et al. و (2000) Hafsi et al. على التوالي. تم تصوير الورقة العلم على سطح أسود و خلال الفترة ما بين 11:00 و 13:00 (الوقت الشمسي) باستعمال آلة تصوير رقمية (Canon, Power Shot A460, AiAF, CHINA).

يتم تخزين الصور الملتقطة في نظام JPEG (Joint Photographic Expert Group) ثم تنقل لاحقا إلى جهاز الكمبيوتر المزود ببرنامج خاص يساعد على تقدير الانعكاس الضوئي و الشيخوخة الورقية هو Mesurim Pro, Version 3.3 و IPP (Image Pro Plus). متوسط الشيخوخة الورقية (Sa %) قدر انطلاقا من متوسط نسب الشيخوخة للقياسات المنجزة. يعبر عن تواريخ القياس بمجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار؛ تاريخ حدوث 50% من الشيخوخة الورقية يعبر عنه بمجموع درجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار و يتم استخراجها انطلاقا من المنحنى  $(S = f(\Sigma t))$  و يرمز لهذا المؤشر كمايلي  $\Sigma_{50}$ . تقدير المحتوى اليخضوري (CC) في جميع الأنماط الوراثية و في كلتا الظروف (المروية و المطرية) كان باستعمال جهاز SPAD. بعد تمام النضج الفيزيولوجي أي خلال مرحلة الحصاد قمنا بحصاد عينات يدويا من أجل تقدير المردود الحي (GY)، مؤشرات تحمل الجفاف تم تقديرها اعتمادا على اختلاف قيم المردود الحي تحت ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي و فق العلاقات التالية:

1- متوسط الإنتاجية التوافقية (HMP or HM) (Kristin et al., 1997):

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

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

2- متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر 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.

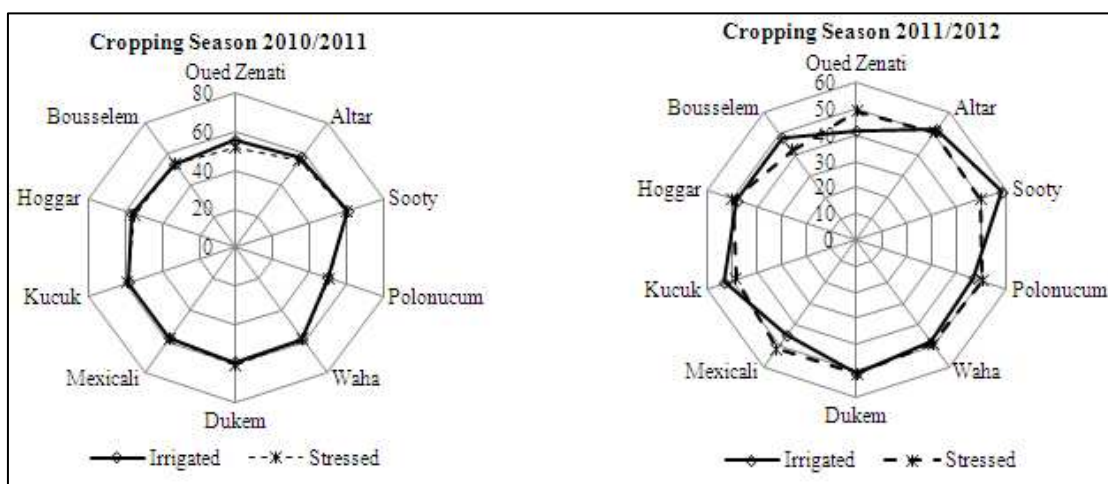
3- متوسط الإنتاجية (MP) (Hossain et al., 1990):  $MP = (GYp + GYs) / 2$

التحليل الإحصائي كان باستعمال البرنامج SAS.

### 3- النتائج و المناقشة

#### 3-1- المحتوى اليخضوري (CC) و المردود الحبي (GY)

تظهر نتائج هذه الدراسة أن ظروف النمو (المطرية و المروية) أثرت معنويا في قيم المردود الحبي، لكن لم يكن تأثيرها معنويا في قيم المحتوى اليخضوري و ذلك خلال الموسمين الزراعيين. تغيرات قيم المحتوى اليخضوري خلال الموسمين الزراعيين و تحت كلتا الظروف موضحة في الوثيقة 1-6.



الوثيقة 1-6. تغيرات قيم المحتوى اليخضوري تحت الظروف المطرية و المروية خلال الموسمين الزراعيين

(2012/2011 و 2011/2010)

تغيرات متوسط قيم المردود الحبي للأصناف العشرة المختبرة موضح في الجدول 2-6. خلال الموسم الزراعي الأول (2011/2010) و تحت ظروف الري التكميلي قيم متوسط المردود الحبي تراوحت ما بين 57.45 ق/هـ بالنسبة للصفة Oued Zenati و 75.55 ق/هـ بالنسبة للصفة Sooty مع متوسط مردود حبي كلي قدر بـ 66.8 ق/هـ، في حين تحت الظروف المطرية قدر متوسط المردود الحبي ما بين 52.20 ق/هـ بالنسبة للصفة Oued Zenati و 64.63 ق/هـ بالنسبة للصفة Waha مع متوسط مردود حبي كلي قدر بـ 58.5 ق/هـ . تراوحت قيم متوسط المردود الحبي خلال الموسم الثاني (2012/2011) و تحت الظروف المطرية ما بين 36.87/21.45 ق/هـ، أما تحت ظروف الري التكميلي فلقد تراوحت قيم المردود الحبي ما بين 58.56/26.62 ق/هـ (الجدول 2-6).

#### الجدول 2-6. تغيرات قيم المردود الحبي خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011)

##### تحت الظروف المطرية و المروية

| Cropping Season 2010/2011 |           |           | Cropping Season 2011/2012 |           |          |
|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|----------|
| Genotype                  | GY i      | GY s      | Genotype                  | GY i      | GY s     |
| Oued Zenati               | 57,45d    | 52,20d    | Oued Zenati               | 26,62 c   | 21,45 b  |
| Altar                     | 69,14abc  | 55,94bcd  | Altar                     | 43,04 abc | 24,86 ab |
| Sooty                     | 75,55a    | 63,14abc  | Sooty                     | 44,08 abc | 27,33 ab |
| Polonucum                 | 60,18cd   | 56,47abcd | Polonucum                 | 44,82 abc | 32,68 ab |
| Waha                      | 65,94abcd | 64,63a    | Waha                      | 49,11 ab  | 35,24 a  |
| Dukem                     | 72,70ab   | 63,94ab   | Dukem                     | 33,67 bc  | 29,75 ab |
| Mexicali                  | 63,44bcd  | 59,64abcd | Mexicali                  | 45,80 abc | 32,90 ab |
| Kucuk                     | 73,53a    | 53,96d    | Kucuk                     | 47,08 ab  | 36,87 a  |
| Hoggar                    | 62,36cd   | 60,05abcd | Hoggar                    | 58,56 a   | 30,23 ab |
| Bousselem                 | 67,75abc  | 55,01cd   | Bousselem                 | 46,66 ab  | 36,87 a  |
| Mean                      | 66,8      | 58,502    | Mean                      | 43,944    | 30,818   |
| Min                       | 57,45     | 52,2      | Min                       | 26,62     | 21,45    |
| Max                       | 75,55     | 64,63     | Max                       | 58,56     | 36,87    |
| LSD 0,05                  | 9,779     | 8,154     | LSD 0,05                  | 19,65     | 13,6     |
| Genotype effect           | ***       | ***       | Genotype effect           | ***       | ***      |
| Irrigation effect         | **        |           | Irrigation effect         | **        |          |
| Interaction effect        | ns        |           | Interaction effect        | ns        |          |
| % Differences             | 12,42%    |           | % Differences             | 29,88%    |          |

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

\*\*,\*\*\*: Significant at 1 and 0.1% respectively, ns: non significant.



قدرت نسبة الاختلاف في المردود الحبي بين الظروف المطرية و المروية و خلال الموسمين الزراعيين 2011/2010 و 2012/2011 بـ 12.42 و 29.88% على التوالي. عموماً، تكميم تحمل الجفاف يكون إعتياداً على تغيرات قيم المردود الحبي في ظروف الجفاف. يتحكم في تغيرات قيم المردود الحبي في القمح كل من القدرة الإنتاجية و التطورات الفينولوجية للأصناف (Acevedo, 1991). العجز المائي المسجل بعد مرحلة الإزهار يؤثر سلباً في كل من طول مرحلة ملء الحب، وزن الحب و المردود الحبي النهائي (Donaldson, 1996; Nazeri, 2005). تعتبر عملية انتخاب أصناف ذات مردود حبي عالي في ظروف جيدة و متوسطة الرطوبة المبدأ الأساسي للانتخاب في القمح الصلب و اللين (Blum, 1988).

### 3-2- مؤشرات تحمل الجفاف (DRIs)

قدرت شدة الإجهاد خلال هذه الدراسة و بضبط خلال الموسم الزراعي الأول (2011/2010) بـ 14.72%، لا بد من الإشارة إلى أن هذه النسبة تعبر فقط عن شدة الإجهاد الخاص بالموقع التجريبي و لا تعبر عن شدة الإجهاد في الأصناف المدروسة (Fisher and Maurer, 1978). النتائج المتحصل عليها من خلال حساب قيم مؤشرات التحمل و الحساسية للجفاف تظهر أن الأصناف التي تمتلك قيم قصوى في كل من المؤشرات التالية: متوسط الإنتاجية (MP)، متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI) تبدي تحملاً للجفاف ممدد على أن الأصناف Waha Dukem و Sooty ذات المردود الحبي 64.63، 63.94 و 63.14 ق/هـ على التوالي أكثر الأصناف تحملاً للجفاف خلال الموسم الزراعي الأول؛ كما أظهرت أيضاً قيم مؤشرات تحمل الجفاف السابقة الذكر أن الصنفين المحليين Oued Zenati و Polonicum هما الصنفين الأكثر حساسية للجفاف مقارنة بباقي الأصناف خلال الموسم الزراعي الأول (الجدول 3-6).

الجدول 3-6. تغيرات قيم مؤشرات تحمل الجفاف خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012)

بالنسبة للأصناف العشرة المختبرة

| Cropping Season 2010/2011 |           |           |            |            | Cropping Season 2011/2012 |          |          |          |           |
|---------------------------|-----------|-----------|------------|------------|---------------------------|----------|----------|----------|-----------|
| Genotype                  | Traits    |           |            |            | Genotype                  | Traits   |          |          |           |
|                           | HM        | STI       | GMP        | MP         |                           | HM       | STI      | GMP      | MP        |
| Oued Zenati               | 56,008ef  | 0,671e    | 54,668e    | 54,831e    | Oued Zenati               | 23,65 b  | 0,315 b  | 23,83 b  | 24,03 c   |
| Altar                     | 61,523cd  | 0,87bcd   | 62,027bcd  | 62,54bcd   | Altar                     | 31,39 ab | 0,619 ab | 32,64 ab | 33,95 abc |
| Sooty                     | 68,269a   | 1,065a    | 68,805a    | 69,352a    | Sooty                     | 32,53 ab | 0,623 ab | 34,05 ab | 35,71 abc |
| Polonucum                 | 55,103f   | 0,758de   | 57,926de   | 58,333de   | Polonucum                 | 37,71 a  | 0,794 a  | 38,23 a  | 38,75 ab  |
| Waha                      | 66,705abc | 0,955abc  | 65,227abc  | 65,291abc  | Waha                      | 40,03 a  | 0,957 a  | 41,08 a  | 42,17 ab  |
| Dukem                     | 67,476ab  | 1,039ab   | 68,081ab   | 68,322ab   | Dukem                     | 31,52 ab | 0,551 ab | 31,60 ab | 31,71 bc  |
| Mexicali                  | 62,702bcd | 0,849cd   | 61,477cd   | 61,546cd   | Mexicali                  | 37,80 a  | 0,873 a  | 38,56 a  | 39,35 ab  |
| Kucuk                     | 62,094bc  | 0,891abcd | 62,915abcd | 63,749abcd | Kucuk                     | 41,07 a  | 0,972 a  | 41,52 a  | 41,98 ab  |
| Hoggar                    | 59,392def | 0,828cde  | 60,582cde  | 61,208cde  | Hoggar                    | 37,78 a  | 0,902 a  | 40,81 a  | 44,40 a   |
| Bousselem                 | 60,685de  | 0,833cde  | 60,995cd   | 61,382cd   | Bousselem                 | 40,59 a  | 0,922 a  | 41,17 a  | 41,77 ab  |
| Mean                      | 61,9957   | 0,8759    | 62,2703    | 62,6554    | Mean                      | 35,407   | 0,7528   | 36,349   | 37,382    |
| Min                       | 55,103    | 0,671     | 54,668     | 54,831     | Min                       | 23,65    | 0,315    | 23,83    | 24,03     |
| Max                       | 68,269    | 1,065     | 68,805     | 69,352     | Max                       | 41,07    | 0,972    | 41,52    | 44,4      |
| LSD 0,05                  | 5,495     | 0,175     | 6,323      | 6,511      | LSD 0,05                  | 12,25    | 0,45     | 11,77    | 11,89     |

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

خلال الموسم الزراعي الثاني (2012/2011) قدرت شدة الإجهاد بـ 27.11%. أثبتت أيضا نتائج حساب مؤشرات التحمل و الحساسية للجفاف أن الأصناف ذات القيم الكبرى لكل من المؤشرات التالية: متوسط الإنتاجية (MP)، متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI) تظهر تحملا للجفاف (الجدول 3-6). تراوحت قيم كل من متوسط الإنتاجية (MP)، متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و متوسط الإنتاجية التوافقي (HM or HMP) ما بين 23-44. أثبتت العديد من الدراسات أن كل من متوسط الإنتاجية (MP)، متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI) هي المؤشرات الأكثر فعالية في تمييز الأصناف ذات المردود العالي تحت الظروف العادية و المجهدة (Talebi et al., 2009). يُعتبر مؤشر تحمل الجفاف (STI) المؤشر الأفضل في انتخاب أصناف متحملة للجفاف حيث و بالاعتماد على هذا المؤشر يمكن أن نميز أصناف المجموعة A ذات المردود العالي في كلتا الظروف عن أصناف المجموعة B و المجموعة C و التي تتميز بمردود حي عالي في ظروف الري التكميلي و مردود حي عالي في ظروف الإجهاد على التوالي (Fernandez, 1992).

### 3-3- مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي (FLR)

خلال هذه الدراسة الانعكاس الضوئي الورقي تم تقديره عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر) و الزرقاء (450 نانومتر) تحت ظروف الري التكميلي و الظروف المطرية و خلال موسمين زراعيين (2011/2010 و 2012/2011). كما يوضحه الجدول 4-6 فإن تحليل التغير أظهر أن ظروف النمو (المطرية و المروية) أثرت جد معنويا في قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء. أضف إلى ذلك، اختلاف النمط الوراثي أثر كذلك معنويا في قيم الانعكاس الضوئي الورقي تحت الظروف المطرية و المروية و خلال الموسمين الزراعيين.

الجدول 4-6. تغيرات قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011) و تحت الظروف المطرية و المروية

| Cropping Season 2010/2011 |         |         |          |          | Cropping Season 2011/2012 |          |           |          |          |
|---------------------------|---------|---------|----------|----------|---------------------------|----------|-----------|----------|----------|
| Genotype                  | Traits  |         |          |          | Genotype                  | Traits   |           |          |          |
|                           | R Red i | R Red s | R Blue i | R Blue s |                           | R Red i  | R Red s   | R Blue i | R Blue s |
| Oued Zenati               | 35,27b  | 46,92a  | 31,32a   | 42,39a   | Oued Zenati               | 24,1 a   | 22,3 bc   | 32,33 a  | 30,29 b  |
| Altar                     | 16,82f  | 32,21c  | 16,57d   | 28,79c   | Altar                     | 21,7 bc  | 22,62 ab  | 30,58 b  | 28,89 b  |
| Sooty                     | 14,21g  | 27,52e  | 15,01e   | 29,34bc  | Sooty                     | 13,67 g  | 18,4 fg   | 22,37 f  | 25,5 d   |
| Polonucum                 | 10,21h  | 34,63b  | 8,57h    | 30,24b   | Polonucum                 | 14,49 fg | 21,03 cd  | 22,37 f  | 30,36 b  |
| Waha                      | 19,25e  | 10,81h  | 16,79d   | 13,20g   | Waha                      | 15,95 e  | 17,6 g    | 22,83 f  | 26,69 c  |
| Dukem                     | 17,28f  | 17,6g   | 11,52f   | 18,85f   | Dukem                     | 14,96 ef | 23,86 a   | 20,67 g  | 26,53 c  |
| Mexicali                  | 25,42d  | 26,46e  | 20,76c   | 21,64e   | Mexicali                  | 22,53 b  | 19,39 ef  | 28,31 c  | 23,98 e  |
| Kucuk                     | 27,98c  | 20,47f  | 22,15b   | 11,05h   | Kucuk                     | 18,24 d  | 17,72 g   | 24,54 e  | 24,42 e  |
| Hoggar                    | 36,35a  | 29,5d   | 30,93a   | 29,41bc  | Hoggar                    | 14,08 fg | 20,54 de  | 21,16 g  | 30,13 b  |
| Bousselem                 | 9,46i   | 29,3d   | 10,03g   | 24,01d   | Bousselem                 | 20,88 c  | 21,28 bcd | 26,95 d  | 31,49 a  |
| Mean                      | 21,22   | 27,54   | 18,36    | 24,99    | Mean                      | 18,06    | 20,47     | 25,21    | 27,93    |
| Min                       | 9,46    | 10,81   | 8,57     | 11,05    | Min                       | 13,67    | 17,6      | 20,67    | 23,98    |
| Max                       | 36,35   | 46,92   | 31,32    | 42,39    | Max                       | 24,10    | 23,86     | 32,33    | 31,49    |
| LSD 0,05                  | 0,697   | 1,096   | 0,705    | 1,004    | LSD 0,05                  | 1,14     | 1,54      | 0,73     | 0,92     |
| Genotype effect           | ***     | ***     | ***      | ***      | Genotype effect           | ***      | ***       | ***      | ***      |
| Irrigation effect         | ***     |         | ***      |          | Irrigation effect         | ***      |           | ***      |          |
| Interaction effect        | ***     |         | ***      |          | Interaction effect        | ***      |           | ***      |          |
| % Differences             | -29,78% |         | -36,11%  |          | % Differences             | -11,77%  |           | -9,73%   |          |

Means followed by the same latter are not significantly different at  $p < 0.05$ , \*\*\*: Significant at 0.1%.

خلال الموسم الزراعي الأول (2011/2010) (شدة الإجهاد = 12.72%) و تحت ظروف الري التكميلي تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ما بين 9.46% عند الصنف Bousselem و 36.35% عند الصنف Hoggar مع متوسط كلي قدر بـ 21.22%؛ في حين تحت الظروف المطرية تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ما بين 10.81% عند الصنف Waha و 46.92% عند الصنف Oued Zenati. قدر الفرق بين نسب الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء في الظروف المطرية و المروية بـ 19.35%؛ و أكبر قيم للانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء سجل خلال الظروف المطرية (إجهاد مائي) (الجدول 4-6). فيما يخص الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء و تحت الظروف المطرية و خلال الموسم الأول دائما فإن قيم الانعكاس تراوحي ما بين 11.05% بالنسبة للصنف Kucuk و 42.39% بالنسبة للصنف Oued Zenati؛ أما تحت الظروف المروية فقد تراوحت قيم الانعكاس الضوئي عند طول الموجة الزرقاء ما بين 8.75% عند الصنف Polonicum و 31.32% عند الصنف Oued Zenati. أقصى قيم للانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء سجلت تحت الظروف المطرية (إجهاد مائي).

خلال الموسم الزراعي الثاني (2012/2011) (شدة الإجهاد = 27.11%) و تحت ظروف المطرية تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ما بين 17.6% عند الصنف Waha و 23.86% عند الصنف Dukem مع متوسط كلي قدر بـ 20.47%؛ في حين تحت ظروف الري التكميلي تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ما بين 13.67% عند الصنف Sooty و 24.1% في الصنف Oued Zenati مع متوسط كلي قدر بـ 18.06%. قدر الفرق بين قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء في كلتا الظروف بـ 11.77%.

خلال الموسم الثاني أكبر قيم للانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء سجلت تحت الظروف المطرية و هذا ما سجلناه أيضا خلال الموسم الأول. تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء و خلال الظروف المطرية ما بين 23.98% بالنسبة للصنف Mexicali و 31.49% بالنسبة للصنف Bousselem مع متوسط إجمالي قدر بـ 27.93%؛ بينما تحت ظروف الري التكميلي تراوحت قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء ما بين 20.67% بالنسبة للصنف Dukem و 32.33% بالنسبة للصنف Oued Zenati مع متوسط إجمالي قدر بـ 25.21% (المجدول 4-6). يعتبر تقدير و قياس أعراض الإجهاد المائي في النبات باستعمال الانعكاس الضوئي الورقي من بين الأهداف الرئيسية لتقنية الاستشعار عن بعد (Jackson et al., 1983)؛ في المحاصيل الزراعية، تحديد زمن انطلاق أو بداية تأثير الإجهاد المائي مهم جدا من أجل تجنب آثاره السلبية بالقيام بعمليات الري التكميلي في الوقت الحساس. عموما، الإجهاد المائي يرفع قيم الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية و تحت الحمراء في أوراق نبات الذرى (Wooley, 1971). تأثيرات الإجهاد تكون على مستوى البنية البيوكيميائية و المورفولوجية للنبات، هذه التغيرات جراء الإجهاد تؤثر مباشرة في خواص الانعكاس الضوئي الورقي خاصة ضمن مجال الأشعة المرئية، مم يعني أن هذه التغيرات البيوكيميائية و المورفولوجية لها علاقة مباشرة و لون الأوراق. يعتبر تحليل و تقدير تأثيرات الإجهاد بناء على التغيرات اللونية للأوراق بمثابة طريقة جد فعالة و مناسبة (Bacci et al., 1998).

#### 4-3- مؤشر الشيخوخة الورقية (S)

خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011) تحليل التغير أظهر أن كل من متوسط الشيخوخة الورقية (Sa%) و درجات الحرارة المتراكمة الموافقة لحدوث 50% من الشيخوخة الورقية

( $\Sigma 50s$ ) تأثر جد معنويا بظروف النمو (المطرية و المروية) (الجدول 5-6). أضيف إلى ذلك، النمط الوراثي أثر أيضا جد معنويا في مؤشرات الشيخوخة الورقية تحت ظروف الري و الإجهاد المائي. خلال الموسم الزراعي الأول (2011/2010) و تحت ظروف الري التكميلي تراوحت قيم متوسط الشيخوخة الورقية ما بين 56.51% بالنسبة للسنف Kucuk و 40.24% بالنسبة للسنف Oued Zenati قدر الفرق بين متوسط الشيخوخة الورقية تحت الظروف المطرية و المروية خلال الموسم الاول بـ 8.04%. تاريخ حدوث نصف الشيخوخة الورقية و المعبر عنه بدرجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار تراوحت قيمه ما بين 563.51 م° تحت ظروف الري التكميلي و 542.14 م° تحت الظروف المطرية، الفرق بين درجات الحرارة المتراكمة الموافق لحدوث 50% من الشيخوخة في الظروف المروية و المطرية قدر بـ 3.84%.

خلال الموسم الزراعي الثاني (2012/2011) تراوحت قيم متوسط الشيخوخة الورقية ما بين 44.06% بالنسبة للسنف Oued Zenati و 64.04% بالنسبة للسنف Dukem و ذلك تحت الظروف المروية، بينما تحت الظروف المطرية تراوحت قيم متوسط الشيخوخة الورقية ما بين 48.56% بالنسبة للسنف Oued Zenati و 67.76% بالنسبة للسنف Waha، في حين قدر الفرق بين متوسط الشيخوخة في الظروف المطرية و المروية بـ 4.33%. تاريخ حدوث نصف الشيخوخة الورقية و المعبر عنه بدرجات الحرارة المتراكمة بعد الإزهار تراوحت قيمه ما بين 577.88 م° تحت ظروف الري التكميلي و 542.48 م° تحت الظروف المطرية، قدر الفرق بين درجات الحرارة المتراكمة الموافق لحدوث 50% من الشيخوخة الورقية في الظروف المروية و المطرية بـ 6.12% (الجدول 5-6).

الجدول 5-6. تغيرات قيم مؤشرات الشيخوخة الورقية خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011) و تحت الظروف المطرية و المروية

| Cropping Season 2010/2011 |        |         |             |          | Cropping Season 2011/2012 |         |          |             |           |
|---------------------------|--------|---------|-------------|----------|---------------------------|---------|----------|-------------|-----------|
| Traits                    |        |         |             |          | Traits                    |         |          |             |           |
|                           | Sa %   |         | $\sum 50 s$ |          |                           | Sa %    |          | $\sum 50 s$ |           |
| Genotype                  | Irri   | Sec     | Irri        | Sec      | Genotype                  | Irri    | Sec      | Irri        | Sec       |
| Oued Zenati               | 40,24d | 44,51d  | 373,08f     | 356,78f  | Oued Zenati               | 44,96e  | 48,56e   | 390,08f     | 350,01g   |
| Altar                     | 51,79c | 58,94ab | 615,05ab    | 593,49cb | Altar                     | 55,57c  | 63,26ab  | 622,05b     | 596,72bc  |
| Sooty                     | 52,37a | 55,5bc  | 610,63ab    | 594,93cb | Sooty                     | 59,28bc | 56,69cd  | 617,63b     | 598,16b   |
| Polonucum                 | 43,19b | 51,53c  | 524,58d     | 479,54e  | Polonucum                 | 46,97e  | 55,85cd  | 531,58d     | 489,44e   |
| Waha                      | 51,1a  | 63,44a  | 640,59a     | 578,72c  | Waha                      | 54,88d  | 67,76a   | 687,25a     | 584,29c   |
| Dukem                     | 53,32a | 60,26ab | 555,44c     | 515,37d  | Dukem                     | 64,04a  | 57,64cd  | 562,44c     | 518,60d   |
| Mexicali                  | 51,31a | 54,18bc | 629,94ab    | 612,43ab | Mexicali                  | 57,96c  | 55,63d   | 636,94b     | 615,66a   |
| Kucuk                     | 56,51a | 54,12bc | 611,19ab    | 625,25a  | Kucuk                     | 57,90c  | 60,83bcd | 634,66b     | 628,48a   |
| Hoggar                    | 55,8a  | 57,53bc | 604,97b     | 594,25cb | Hoggar                    | 61,31b  | 60,12bcd | 611,97b     | 597,48 bc |
| Bousselem                 | 56,39a | 56,79bc | 472,63e     | 470,64e  | Bousselem                 | 60,17bc | 61,11bc  | 483,96e     | 445,87f   |
| Mean                      | 51,2   | 55,68   | 563,81      | 542,14   | Mean                      | 56,3    | 58,74    | 577,88      | 542,47    |
| Min                       | 40,24  | 44,51   | 373,08      | 356,78   | Min                       | 44,96   | 48,56    | 390,08      | 350,01    |
| Max                       | 56,51  | 63,44   | 640,59      | 625,25   | Max                       | 64,04   | 67,76    | 687,25      | 628,48    |
| LSD 0,05                  | 3,98   | 4,12    | 21,37       | 16,23    | LSD 0,05                  | 2,32    | 5,28     | 25,7        | 13,33     |
| Genotype Effect           | ***    | ***     | ***         | ***      | Genotype Effect           | ***     | ***      | ***         | ***       |
| Irrigation Effect         | ***    |         | ***         |          | Irrigation Effect         | ***     |          | ***         |           |
| % Differences             | 8,04%  |         | 3,84%       |          | % Differences             | 4,33%   |          | 6,12%       |           |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$ , \*\*\* Significant at 0.1%.



### 3-5- علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة

#### 3-5-1- علاقات الارتباط بين الانعكاس الضوئي (FLR) و المردود الحبي (GY)

سجلت خلال هذه الدراسة و خلال الموسمين الزراعيين معا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المردود الحبي و قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء (الجدول 6-6). توحى علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة ما بين المردود الحبي و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ( $r = -0.70$ ) خلال الموسم الأول و تحت الظروف المطرية بأن تناقص شدة التركيب الضوئي للمجموع الورقي يحفز تزايد نسب الانعكاس الضوئي خاصة عند طول الموجة الحمراء التي تمثل أكثر الأشعة امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية. عموما، تناقص شدة التركيب الضوئي يرجع مباشرة إلى تناقص فعالية استعمال الأشعة (Radiation-use efficiency). يعتبر قياس تغيرات طيف الانعكاس الضوئي الورقي للمحاصيل الزراعية ضمن مجال الأشعة المرئية و قرب تحت الحمراء الأكثر فعالية في رصد و تتبع تغيرات ظروف نمو المحاصيل الزراعية (Bauer, 1975; Walburg et al., 1982). يسمح قياس الانعكاس الضوئي الورقي بتقدير الكتلة الحيوية، مؤشر المساحة الورقية، شدة التركيب الضوئي و/أو المردود في العديد من أنواع الأشجار (Richardson et al., 2001)، الأرز (Vaesen et al., 2001)، القمح اللين (Filella et al., 1995) و القمح الصلب (Aparicio et al., 2004; Royo et al., 2003). أثبتت نتائج العديد من الدراسات أن المردود الحبي العالي مرتبط و قيم الانعكاس الضوئي الورقي المنخفضة ضمن مجال الأشعة المرئية (Ferrio et al., 2005).

### 3-5-2- علاقات الارتباط بين الانعكاس الضوئي (FLR) و مؤشرات تحمل الجفاف (DRIs)

استعملت مؤشرات تحمل الجفاف و التي يعتمد في تقديرها على تغيرات المردود الحبي في ظروف الجفاف و الظروف الملائمة في انتخاب أصناف متحملة للجفاف (Mitra, 2001). كما يوضحه الجدول 6-6 و خلال الموسمين الزراعيين معا فلقد سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و مؤشرات تحمل الجفاف. خلال الموسم الزراعي الأول (2010/2011)، سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و جميع مؤشرات تحمل الجفاف لكن تحت الظروف المطرية فقط. خلال الموسم الزراعي الثاني (2011/2012)، سجل الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء تحت ظروف الري التكميلي ارتباطا معنويا و سلبيا مع جميع مؤشرات تحمل الجفاف، لكن تحت ظروف الإجهاد فقط الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء سجل ارتباط معنويا و سلبيا مع جميع مؤشرات تحمل الجفاف باستثناء مؤشر تحمل الجفاف (STI) (الجدول 6-6). (Guendouz et al. (2012b) سجلوا علاقات ارتباط معنوية و سلبية بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و مؤشرات تحمل الجفاف. توحى علاقات الارتباط المعنوية المسجلة بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و مؤشرات تحمل الجفاف بإمكانية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي في انتخاب أصناف قمح متحملة للجفاف.

### 3-5-3- علاقات الارتباط بين الانعكاس الضوئي (FLR)، الشبخوخة الورقية (S) و المحتوى

اليخضوري (CC)

كما يوضحه الجدول 6-6، خلال الموسمين الزراعيين 2010/2011 و 2011/2012 متوسط الشبخوخة الورقية (Sa%) أظهر ارتباطا معنويا و سلبيا مع مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي؛ أضف إلى

ذلك، سجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين كل من مؤشر درجات الحرارة المتراكمة الموافق لحدوث 50% من الشيخوخة ( $\sum 50s$ ) و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و ذلك خلال الموسمين الزراعيين معا و تحت ظروف النمو المطرية و المروية. توحى علاقات الارتباط سابقة الذكر بأن الأصناف متأخرة الشيخوخة أصناف تتميز بقيم انعكاس ضوئي منخفضة، تسمح هذه المعلومات بإمكانية استعمال مثل هذه المؤشرات في انتخاب أصناف متحملة للجفاف في المناطق شبه الجافة.

الجدول 6-6. علاقات الارتباط بين المؤشرات المدروسة خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011) و تحت الظروف المطرية و المروية

| Cropping Season 2010/2011 |        |        |        |        |        |        |             |             |        |        |        |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|--------|--------|--------|--------|
|                           | GY i   | GY s   | CC i   | CC s   | Sa i   | Sa s   | $\sum 50 i$ | $\sum 50 s$ | HM     | STI    | GMP    | MP     |
| R Red i                   | -0,38  | -0,21  | 0,19   | -0,04  | -0,08  | -0,35  | -0,08       | 0,00        | -0,26  | -0,38  | -0,38  | -0,37  |
| R Red s                   | -0,58* | -0,70* | -0,48* | -0,77* | -0,63* | -0,84* | -0,71*      | -0,63*      | -0,77* | -0,75* | -0,77* | -0,76* |
| R Blue i                  | -0,40  | -0,27  | 0,19   | -0,11  | -0,12  | -0,40  | -0,13       | -0,03       | -0,29  | -0,42  | -0,42  | -0,42  |
| R Blue s                  | -0,56* | -0,40  | -0,32  | -0,66* | -0,66* | -0,67* | -0,65*      | -0,63*      | -0,58* | -0,56* | -0,59* | -0,59* |
| Cropping Season 2011/2012 |        |        |        |        |        |        |             |             |        |        |        |        |
|                           | GY i   | GY s   | CC i   | CC s   | Sa i   | Sa s   | $\sum 50 i$ | $\sum 50 s$ | HM     | STI    | GMP    | MP     |
| R Red i                   | -0,54* | -0,52* | -0,29  | 0,03   | -0,05  | -0,36  | -0,60*      | -0,56*      | -0,59* | -0,63* | -0,60* | -0,60* |
| R Red s                   | -0,29  | -0,11  | -0,46* | -0,23  | -0,20  | -0,14  | -0,26       | -0,21       | -0,15  | -0,11  | -0,20  | -0,25  |
| R Blue i                  | -0,04  | -0,26  | -0,39  | -0,46* | -0,36  | -0,08  | -0,62*      | -0,64*      | -0,21  | -0,21  | -0,18  | -0,14  |
| R Blue s                  | -0,46* | -0,45* | -0,46* | -0,14  | -0,48* | -0,33  | -0,44       | -0,39       | -0,46* | -0,40  | -0,49* | -0,51* |

\* Significant correlation at 0.2 %

أظهر المحتوى اليخضوري علاقة ارتباط معنوية و سلبية مع مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء خلال الموسمين الزراعيين و كذلك تحت الظروف المطرية و المروية (الجدول 6-6). ترجع عموما التغيرات المسجلة في الأوراق الخضراء مع بداية الشيخوخة الورقية إلى مختلف التغيرات الداخلية المسجلة في الورقة خلال هذه المرحلة من بينها تحطم اليخضور و كذلك تغيرات على مستوى النسيج المتوسط للورقة (Grant, 1987). سجل أن

تغيرات المحتوى اليخضوري المقدرة باستعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي لها علاقة مباشرة و التغيرات الملاحظة أثناء تطور الورقة أو شيخوختها (Carter and Knapp, 2001). عموما الانعكاس الضوئي الورقي ضمن مجال الأشعة المرئية (400-700 نانومتر) يتزايد مع تناقص المحتوى اليخضوري في الأوراق (Knipling, 1970). بصورة أدق تعتبر كل من طول الموجة 550 نانومتر و 700 نانومتر الموجات الأكثر حساسية لتناقص المحتوى اليخضوري مع بداية الشيخوخة الورقية (Gitelson et al., 1994). أضيف إلى ذلك فإن Fischer (1983) أظهر أن تناقص فعالية استعمال الأشعة (Radiation-use efficiency) خلال مرحلة ملء الحب يرجع إلى الإجهاد و/أو الشيخوخة الورقية. نواتج التركيب الضوئي على مستوى الأوراق تمثل حوالي 30-50% من المادة العضوية المساهمة في ملء الحب خلال مرحلة ملء الحب (Sylvester-Bradley et al., 1990)، مرحلة ملء الحب تتزامن في غالب الأحيان و بداية الشيخوخة الورقية. بناء على ذلك فإن التركيب الضوئي على مستوى الأوراق يعتبر العامل المهم في تحديد المردود الحي، بداية و سرعة الشيخوخة الورقية لها أيضا دور كبير في تحديد المردود الحب النهائي (Zhang et al., 2006).

### 3- خاتمة

أثبتت نتائج هذه الدراسة فعالية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية في تقدير تغيرات قيم الانعكاس الضوئي الورقي باستعمال البرنامج Mesurim Pro (Version 3.3). توحى علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة ما بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و المردود الحي خلال الموسمين الزراعيين و تحت الظروف المطرية و المروية بإمكانية استعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي في التنبؤ بالمردود الحي في الظروف شبه الجافة، أثبتت العديد من الدراسات أن المردود الحي العالي مرتبط و قيم الانعكاس الضوئي المنخفضة ضمن مجال الأشعة المرئية. أضيف إلى ذلك، تظهر علاقات الارتباط المعنوية بين مؤشرات الانعكاس الضوئي

الورقي و مؤشرات تحمل الجفاف خلال الموسمين الزراعيين إمكانية استعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي كبديل عن مؤشرات تحمل الجفاف لانتخاب أصناف متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة. المحتوى اليخضوري و الشيخوخة الورقية سجلا علاقة ارتباط معنوية و مؤشرات الانعكاس الضوئي، توحى جميع نتائج هذه الدراسة بفعالية الانعكاس الضوئي الورقي في انتخاب أصناف متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة.

## المراجع

### A

- Acevedo, E. 1991.** Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use 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*, p. 273- 305. INRA, France.
- Aparicio, N., Villegas, D., Royo, C., Casadesu's, J., Araus, J.L. 2004.** Effect of sensor view angle on the assessment of agro-nomic traits by ground level hyper-spectral reflectance measure-ments in durum wheat under contrasting Mediterranean conditions. *Int. J. Remote Sens.* **25**: 1131–1152.

### B

- Bacci, L., De Vincenzi, M., Rapi, B., Arca, B. and Benincasa, F. 1998.** Two methods for the analysis of colorimetric components applied to plant stress monitoring. *Comput. Electron. Agric.*, **19**:167-186.
- Bauer, M.E. 1975.** The role of remote sensing in determining the distribution and yield of crops. *Adv. Agron.*, **27**: 271– 304.
- 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, Italy, pp: 191-199.

### C

- 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.
- 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.

### D

- Donaldson, E. 1996.** Crop traits for water stress tolerance. *American Journal of Alternative Agriculture*, **11**: 89-94.

### F

- 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, L., Serra, J., Penuelas, 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. 1. Grain yield response. *Aust. J. of Agric. Res.*, **29**: 897-912.
- Fischer, R.A. 1983.** Wheat. In *Proceeding Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments*, p.129-154.

## G

- Gates, D.M. 1968.** Transpiration and leaf temperature. *Annual Review of Plant Physiology*, **19**: 211- 238.
- Gates, D. M. 1970.** Physical and Physiological Properties of Plants .*Remote Sensing*, pp. 225-252.
- 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.
- 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.
- Guendouz A., S. Guessoum, K. Maamari, M. Hafsi. 2012a.** Predicting the efficiency of using the RGB (Red, Green and Blue) reflectance for estimating leaf chlorophyll content of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under semi arid conditions. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, **6**:102-106.
- Guendouz A., S. Guessoum, K. Maamari, M. Benidir and M. Hafsi. 2012b.** The effect of supplementary irrigation on Reflectance at Red and Blue and its relationships with grain yield, Chlorophyll content, Senescence parameters and Drought resistance indices in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, **5**: 151-159.

## H

- 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*.
- 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.

## J

**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.

## L

**Lim, P.O., Woo, H.R., and Nam, H.G. 2003.** Molecular genetics of leaf senescence in *Arabidopsis*. *Trends in Plant Science*, **8**: 272-278.

## M

**Mitra, J. 2001.** Genetics and genetic improvement of drought tolerance in crop plants. *Curr Sci.*, **80**:758-762.

## N

**Nazeri, M. 2005.** Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran.

## P

**Peñuelas, J. and Filella, I. 1998.** Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci.*, **3**:151-156.

## K

**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.



## R

- Ramirez, P. and Kelly, J.D. 1998.** Traits related to drought tolerance in common bean. *Euphytica*, **99**:127-136.
- Richardson, A.D., Berlyn, G.P., Gregoire, T.G. 2001.** Spectral reflectance of *Picea rubens* (Pinaceae) and *Abies balsamea* (Pinaceae) needles along an elevational gradient, Mt. Moosi-lauke, New Hampshire, USA. *Am. J. Bot.*, **88**: 667–676.
- Rosielle, A.A. and Hamblin, J. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.*, **21**: 943-946.
- Ross, J. 1981.** The Radiation Regime and Architecture of Plant Stands. Dr W. Junk Publishers, London.
- Royo, C., Aparicio, N., Villegas, D., Casadesu's, J., Monneveux, P., Araus, J.L. 2003.** Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting Mediterranean environments. *Int. J. Remote Sens.*, **24**: 4403–4419.

## S

- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V. 2006.** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Res.*, **98**:222-22.
- Slatyer, R.O. 1967.** Plant-water relationships. Academic Press, London.
- 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.

## T

- 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.

## V

- Vaesen, K., Gilliams, S., Nackaerts, K., Coppin, P. 2001.** Ground-measured spectral signatures as indicators of ground cover and leaf area index: the case of paddy rice. *Field Crops Res.*, **69**: 13– 25.

## W

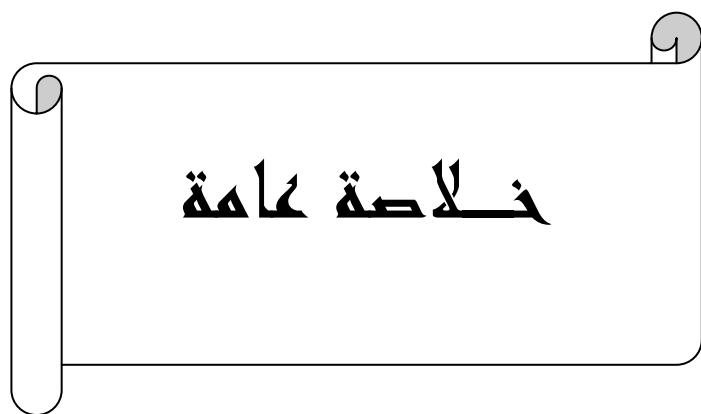
- Walburg, G., Bauer, M.E., Daughtry, C.S.T., Housley, T.L. 1982.** Effects of nitrogen on the growth, yield and reflectance characteristics of corn. *Agron. J.*, **74**: 677–683.

Wiedemuth, K., Müller, J., Kahlau, A., Amme, S., Mock, H.-P., Grzam, A., Hell, R., Egle, K., Beschow, H., & Humbeck, K. 2005. Successive maturation and senescence of individual leaves during barley whole plant ontogeny reveals temporal and spatial regulation of photosynthetic function in conjunction with C and N metabolism. *Journal of Plant Physiology*, **162**: 1226-1236.

Woolley, J.T. 1971. Reflectance and transmittance of light by leaves. *Plant Physiology*, **47**: 656-662.

## Z

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.

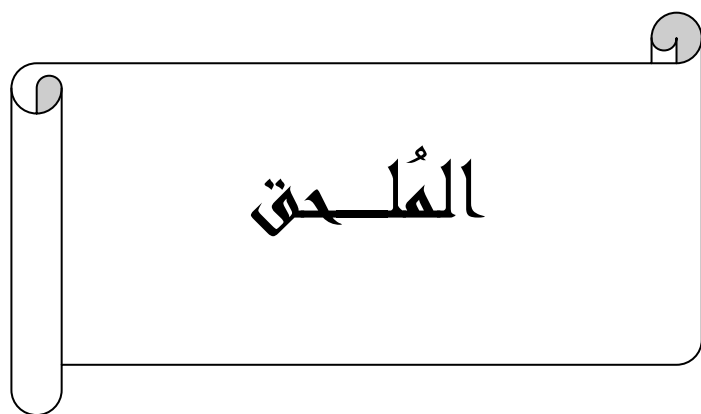


## خلاصة عامة

استنباط أصناف متحملة للجفاف في المناطق الجافة و شبه الجافة يعتبر عامل مهم جدا من أجل تحسين و ثبات المردود الحي. ما تم تسجيله من خلال نتائج هذه الدراسة أن الإجهاد المائي أثر سلبا في المردود، مركبات المردود و بعض الخواص المرفولوجية للقمح الصلب و في جميع الأصناف و بنسب مختلفة. تحليل التغير أظهر أن الري التكميلي و النمط الوراثي أحدثا اختلافا معنويا في المردود الحي، وزن ألف حبة، عدد السنابل في المتر المربع، طول النبات و طول عنق السنبله فيما بين الأصناف. الاختلافات المسجلة بين الأصناف استجابة للإجهاد المائي في جميع المؤشرات المدروسة توحى باختلاف القدرات الوراثية لكل صنف لتحمل الجفاف. الأصناف Waha، Dukem و Sooty أثبتت فعاليتها في تحمل الجفاف من خلال مردودها الحي العالي نسبيا في كلتا الظروف العادية و المجهدة. توحى علاقات الارتباط المعنوية و الايجابية بين المردود الحي في ظروف الري التكميلي و المؤشرات MP، GMP و STI أن هذه المؤشرات هي الأكثر فعالية في انتخاب و تمييز أصناف تتميز بمردود حي معتبر في ظروف رطوبة مختلفة. اعتمادا على ما سجل خلال هذه الدراسة و دراسات سابقة فإن الاعتماد في انتخاب أصناف متحملة للجفاف على المؤشرين متوسط الإنتاجية الهندسي (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI) جد فعال في ظروف بيئية مختلفة الرطوبة. أضف إلى ذلك فإن الإستراتيجية الأمثل لانتخاب أصناف متحملة للجفاف تكون من خلال انتخاب أصناف تتميز بقيمة عالية في كل من المؤشرات التالية: عدد الحب في المتر المربع، المحتوى اليخضوري، عدد السنابل في المتر المربع و وزن ألف حبة للحصول على مردود حي نهائي عالي. يعتبر الانتخاب ضمن الظروف البيئية المعتدلة (غير المجهدة) أكثر فعالية في انتخاب أصناف ذات قدرات إنتاجية عالية مقارنة بالانتخاب في ظروف بيئية مجهددة. إن اختيار مؤشر تحمل الجفاف المناسب من أجل انتخاب أصناف متحملة للجفاف يعتمد أو

متعلق مباشرة بشدة الإجهاد. أثبتت هذه الدراسة أيضا فعالية تحليل الصور الرقمية في تقدير تغيرات الشبخوخة الورقية، كما أعطت أيضا 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 الحي النهائي ( $r = -0.70^*$ ) بإمكانية التنبؤ بالمردود الحي 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 الشبخوخة الورقية كان لها ارتباط جد معنوي مع مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي، هذه الارتباطات أثبتت أن أصناف القمح الصلب ضعيفة نسب الشبخوخة الورقية تتميز بنسب انعكاس ضوئي ورقي منخفضة، هذا ما يؤثر إيجابيا في فعالية استعمال الأشعة و بالتالي شدة التركيب الضوئي و الذي ينعكس إيجابيا على المردود الحي النهائي. بناء على نتائج هذه الدراسة فإن تقنية تحليل الصور الرقمية باستعمال البرنامج Mesurim Pro أثبتت فعاليتها في تقدير تغيرات الانعكاس الضوئي الورقي و هذا الأخير يسمح بدوره بتقدير تغيرات المحتوى اليخضوري في الورقة العلم لنبات القمح الصلب. أثبتت العديد من الدراسات أن المردود الحي العالي مرتبط و قيم الانعكاس الضوئي المنخفضة ضمن مجال الأشعة المرئية. أضف إلى ذلك، تظهر علاقات الارتباط المعنوية بين مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي و مؤشرات تحمل الجفاف إمكانية استعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي كبديل عن مؤشرات تحمل الجفاف لانتخاب أصناف متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة. توحي جميع علاقات الارتباط المسجلة خلال هذه الدراسة ما بين مؤشرات الانعكاس

الضوئي الورقي و كل من المردود الحي، مؤشرات تحمل الجفاف، المحتوى اليخضوري و الشيخوخة الورقية بفعالية استعمال مؤشرات الانعكاس الضوئي الورقي في انتخاب أصناف قمح صلب متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة.



**The Effect of Supplementary Irrigation on Grain Yield, Yield Components and Some Morphological Traits of Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) Cultivars****<sup>1</sup>A. Guendouz, <sup>2</sup>S. Guessoum, <sup>2</sup>K. Maamari and <sup>2</sup>M. Hafsi**<sup>1</sup>National institute of the agronomic research Of Algeria, Research Unit of Setif (INRAA).<sup>2</sup>University Ferhat ABBAS, Setif, Department of Agronomy, Algeria.A. Guendouz, S. Guessoum, K. Maamari and M. Hafsi; The Effect of Supplementary Irrigation on Grain Yield, Yield Components and Some Morphological Traits of Durum Wheat (*Triticum Durum* Desf.) Cultivars.**ABSTRACT**

Although drought stress has been well documented as an effective parameter in decreasing crop production in arid and semi arid regions. The objectives of this study were 1) to compare diverse genotypes and cultivars under drought stress, 2) to detect the effect of drought stress on yield and other traits of asset wheat genotypes. The present study was carried out to study the performance of durum wheat genotypes in relation to yield and yield component. Ten durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars were grown under well watered and natural drought conditions. Morphological traits were measured at anthesis and yield, yield components traits were evaluated at ripening time. The experiment was laid out in split plot based on a complete randomized block design, with four replications at the experimental field of ITGC Setif Algeria. The number of spike m<sup>-2</sup>, 1000-kernel weight, plant height, grain yield and peduncle length were highly significant (P<0.01) affected by water deficit conditions and genotype effects. Chlorophyll content, number of grains per meter square and thousand kernel weights were positively associated with grain yield under drought conditions. Moreover, the grain yield was negatively associated with Drought Susceptibility Index (DSI) (r = -0.64). DSI values for grain yield ranged from 0.42 to 1.38, values for grain yield ranged from 52.20 to 64.63 Qx/ha. The varieties Waha, Sooty, Dukem and Hoggar showed high yield (GY ≥ 60 Qx/ha), among these genotypes Waha and Hoggar have low value of DSI (DSI < 0.55).

**Key words:** Durum wheat, grain yield, drought susceptibility index, drought stress.**Introduction**

Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) is a monocotyledonous plant of the Gramineae family and of the Triticeae tribe and belongs to the genus *Triticum*. Grain yield in small cereals can be analyzed in terms of three primary yield components (number of spikes m<sup>-2</sup>, number of grains spike<sup>-1</sup> and mean grain weight) that appear sequentially with later-developing components under the control of earlier developing ones [21,45]. Wheat is an important staple crop around the world. Its importance has risen even more due to the frequently experienced food shortages and its role in world trade. Increasing wheat production to meet higher demands by growing population is still a challenge in many countries. Higher production is only possible via higher yielding, better quality, and drought tolerance varieties. Successful breeding programs require wide variation. Many investigators reported that skipping irrigation at any of the wheat developmental stages, particularly tillering, booting,

heading, flowering, milk-ripe soft dough-ripe stages, led to a significant reduction in grain yield and its components [42,2]. Most of these studies indicated that yield reduction, was more pronounced if irrigation was skipped at tillering or heading stage. Whereas, Eid et al. [16] reported that milk-ripe and booting stages were the most sensitive ones to water stress. Genotypic differences in yield and its components among yield cultivars grown under water stress conditions, they could identify the most tolerant and most sensitive ones to water stress at different developmental stages [31,4]. Water is one of the most important ecological factors determining crop growth and development; water deficit plays a very important role in inhibiting the yields of Crops [26]. An efficient use of limited water resources and better growth under limited water supply are desirable traits for crops in drought environments. In recent years, many studies about the effects of supplemental irrigation on yield performance and water use efficiency have shown that proper supplemental irrigation can increase crop yield by

**Corresponding Author**

A. Guendouz, National institute of the agronomic research of Algeria, Research Unit of Setif (INRAA).

E-mail: guendouz.ali@gmail.com / ali.guendouz@inraa.dz



significantly improving soil water conditions and their water use efficiency [13]. Water stress tolerance is seen in all plant species, but its extent varies from species to species. Although the general effects of drought on plant growth in crop plants are fairly well known [30]. Therefore, wheat yield is lowered. The ability of a cultivar to produce high and satisfactory yield over a wide range of stress and non-stress environments is very important [37]. The response of plants to water stress depends on several factors such as developmental stage, severity and duration of stress and cultivar genetics [6]. Also, some morphological characters such as root length, tillering, spike number per m<sup>-2</sup>, grain number per spike, number of fertile tillers per plant, 1000 grain weight, peduncle length, spike weight, stem weight, awn length and grain weight per spike and affect wheat tolerance to the moisture shortage in the soil [34,35]. Finlay [17] believed that stability over environments and yield potential are more or less independent from each other. Blum [8] suggested that one method of breeding for increased performance under water stressed conditions might be a breed for superior yield under optimum conditions on the assumption that the best lines would also perform well under sub optimum conditions. The ideal situation would be having a highly stable genotype with high yield potential [49]. The most widely used criteria for selecting high yield performance are mean yield, mean productivity (average yield performance under stress and non stress conditions) and relative yield performance in drought-stressed and more favorable environments [37]. Stability of grain yield for each genotype is estimated by the drought susceptibility index (DSI), derived from the yield difference between stress and non stress environments [7]. Fischer and Maurer [18] and Langer et al. [29] involved the use of DSI, which characterizes the yield stability between two environments. There are many reports in literatures about the use of DSI for identifying genotypes with yield stability in moisture limited environments [18,12]. The objectives of this study were 1) to compare diverse genotypes and cultivars under drought stress, 2) to detect the effect of drought stress on yield and other traits of asset wheat genotypes.

### Materials and Methods

The experiments (under rain-fed and irrigation conditions) were conducted in the experimental field of ITGC Setif, during the 2010-2011 growing season. Total precipitation was recorded as 360.1 mm in 2010-2011 growing season. Ten durum wheat cultivars (Oued Zenati, Altar, Sooty, Polonicum, Waha, Dukem, Mexicali, Kucuk, Hoggar and Bousselem) were used for this study. The experiment was laid out according to a randomized complete block design (RCDB), with four replications. These cultivars were planted on November 30, 2010 on a

clay-silt. The seeds were sown using an experimental drill in 1.2 m x 2.5 m plots consisting of 6 rows with a 20 cm row space and the seeding rates for both experiments were about 300 seeds per m<sup>-2</sup>. The plots 1.2 m x 1.5 m size were harvested by a combined harvester. The plots were fertilized with SULFAZOT (26 % N, 12 % S, 120 Kg/ha) was applied at tillage. Weeds were removed chemically by TOPIC (0.75L/ha) and GRANSTAR (15g/ha). All plots of the irrigation experiment were irrigated by using a Sprinklers system and the volume of water input for each plot was controlled. Two irrigation regimes were applied. The first irrigation was performed at the time of Elongation (20/04/2011) (30 zadoks cods). The second irrigation was applied on (08/05/2011) after heading (50 zadoks cods). At harvest, data were recorded on plant height (PH), 1000-kernel weight (TKW) and grain yield (GY). Also, some parameters such as the number of spike m<sup>-2</sup> (NS/m<sup>2</sup>), peduncle length (PL), grains per spike (NG/S), number of grains per meter square (NG/m<sup>2</sup>) and chlorophyll content (CC) were determined. The measure of Drought Susceptibility Index (DSI) was calculated by using mean grain yield. The DSI (Fischer and Maurer, 1978) was as follows:

$$DSI = (1 - Y_d/Y_w)/D$$

Where Y<sub>d</sub>=mean yield under drought, Y<sub>w</sub> = mean yield under well-watered conditions and D = environmental stress intensity = 1 - (mean yield of all genotypes under drought/mean yield of all genotypes under well - watered conditions). Data obtained were subjected to an analysis of variance. The analysis over treatments was also performed by using SAS [41].

### Results and Discussion

As shown in Table 1, analysis of variance revealed that peduncle length, plant height, 1000-kernel weight, no. spike m<sup>-2</sup>, no. grains spike<sup>-1</sup> and no. grains m<sup>-2</sup> were highly significant (P < 0.001) affected under irrigation regime treatment whilst Grain yield was shown significant (P < 0.01), but chlorophyll content was shown no significant effect. In addition, the genotypic effect was shown highly significant for TKW, NG/S, NE/m<sup>2</sup>, NG/m<sup>2</sup>, peduncle length, plant height and chlorophyll content; and significant for GY. Moreover, interaction effect of irrigation regime×genotype was highly significant for height plant and peduncle length and significant for TKW.

Grain yield (GY):

The results of the present study indicated that the two different conditions of growth (stress and non stress condition) had different considerable effects on grain yield. The average of grain yield and grain yield components are presented in (Table 2) of the 10

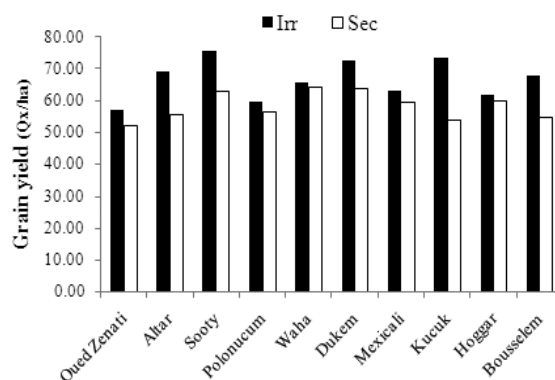
genotypes over two conditions. Under stressed condition grain yield ranged from 52.20 Qx/ha for genotype Oued Zenati to 64.63 Qx/ha for genotype Waha with an average of 58.50 Qx/ha over all genotypes, but under well watered condition grain yield ranged from 57.45 Qx/ha for genotype Oued Zenati to 75.55 Qx/ha for genotype Sooty with an average of 66.8 over all genotypes. Drought resistance is usually quantified by grain yield under drought. Wheat grain yield under drought, however, depends on yield potential as well as the phenology of the genotype [3]. In this study the difference between grain yield under stressed and non stressed condition equal 12.42 % (Figure 1, Table 2). Severe water stress from the seedling stage to maturity reportedly

reduced all grain yield components, particularly the number of fertile ears per unit area by 60%, grain number per head by 48%, dry matter and harvest index [21]. Although stress typically depresses grain yield [25] it can elevate the value of other components of the economic yield, such as quality of grain protein [23]. Moreover, Donaldson [15] and Nazeri [32] have reported that water deficit after anthesis stage decreased grain filling period, kernel weight and crop production. According to Blum [7], identification of high potential varieties under optimum moisture and water deficit conditions (slow stressing) has been a principal breeding approach for durum and bread wheat genotypes.

**Table 1:** Analysis of variance for grain yield (GY), no. spike  $m^{-2}$  (NS/ $m^2$ ), no. grains spike $^{-1}$  (NG/S), 1000-kernel weight (TKW), plant height (PH), peduncle length (PL), no. grains  $m^{-2}$  (NG/ $m^2$ ) and chlorophyll content (CC) of the durum wheat genotypes under stress and non stress conditions.

| Source of variations | DF | Mean of Square      |           |                     |                      |                     |            |           |                    |
|----------------------|----|---------------------|-----------|---------------------|----------------------|---------------------|------------|-----------|--------------------|
|                      |    | GY                  | TKY       | NG/S                | NS/ $m^2$            | NG/ $m^2$           | PH         | PL        | CC                 |
| Irrigation (I)       | 1  | 1379,99***          | 10,82*    | 13,42 <sup>ns</sup> | 52071***             | 13,42 <sup>ns</sup> | 3391,86*** | 352,35*** | 1,51 <sup>ns</sup> |
| Genotype (G)         | 9  | 151,08**            | 149,47*** | 117,71***           | 8414,16***           | 117,71***           | 2117,29*** | 44,88***  | 82,92***           |
| I×G                  | 9  | 71,84 <sup>ns</sup> | 6,85*     | 5,27 <sup>ns</sup>  | 679,18 <sup>ns</sup> | 5,27 <sup>ns</sup>  | 63,45***   | 17,14***  | 5,38 <sup>ns</sup> |
| CV%                  |    | 10,45               | 3,17      | 6,08                | 8,73                 | 6,08                | 2,84       | 10,53     | 4,27               |

\*, \*\* and \*\*\* significantly at  $p < 0.05$ ,  $< 0.01$  and  $< 0.001$ , respectively; ns: no significant.



**Fig. 1:** Interaction effect of irrigation regime  $\times$  genotype on the grain yield.

**Table 2:** Ranking of tested genotypes for grain yield, no. spike per  $m^2$ , no. grain per  $m^2$ , peduncle length, thousand-kernel weight, number of grains per spike, plant height and chlorophyll content.

| Genotype           | NS/ $m^2$        |          | NG/S            |         | NG/ $m^2$       |            | TKW            |         | GY               |         | PL               |          | CC              |         | PH               |         |
|--------------------|------------------|----------|-----------------|---------|-----------------|------------|----------------|---------|------------------|---------|------------------|----------|-----------------|---------|------------------|---------|
|                    | Irr              | Sec      | Irr             | Sec     | Irr             | Sec        | Irr            | Sec     | Irr              | Sec     | Irr              | Sec      | Irr             | Sec     | Irr              | Sec     |
| Oued Zenati        | 289,16b          | 241,65e  | 37,97cd         | 39,8cd  | 9330,86c        | 9615,58c   | 53,71ab        | 54,29b  | 57,45b           | 52,2b   | 22,33a           | 13,22d   | 55,48ab         | 51,48d  | 138,75a          | 118a    |
| Altar              | 339,16ab         | 266,65de | 40,41bcd        | 36,91de | 12001,94bc      | 9839,01c   | 54,66ab        | 56,88a  | 69,14ab          | 55,94ab | 17,375b          | 15,37c   | 57,61ab         | 56,22bc | 95,1cd           | 82,21d  |
| Sooty              | 364,58a          | 313,75bc | 46,25a          | 44,19ab | 13625,32ab      | 13933,24ab | 47,97c         | 45,44e  | 75,55a           | 63,14ab | 18,29b           | 16,86abc | 61,11a          | 60,24a  | 96cd             | 86,58c  |
| Polonucum          | 290b             | 237,75e  | 44,88ab         | 44,66ab | 11185,88bc      | 10659,49c  | 51,96b         | 52,75c  | 60,18ab          | 56,47ab | 27,31a           | 17,75ab  | 50,1c           | 50,96d  | 138,58a          | 113,86b |
| Waha               | 359,16a          | 344,13a  | 40,08bcd        | 38,58cd | 12642,12abc     | 13263,7b   | 52,94b         | 48,73d  | 65,94ab          | 64,63a  | 18,2b            | 13,58d   | 58,51ab         | 58,65ab | 95,33cd          | 81,16d  |
| Dukem              | 374,58a          | 331,66ab | 46,8a           | 46,05a  | 15641,34a       | 15263,7a   | 42,99d         | 41,9f   | 72,70ab          | 63,94ab | 17,8b            | 13,06d   | 58,82ab         | 60,7a   | 89,58d           | 78,41d  |
| Mexicali           | 337,08ab         | 293,32cd | 41,83abc        | 39,83cd | 12548,42abc     | 11689,89c  | 51,95b         | 51,03cd | 63,44ab          | 59,64ab | 20,43a           | 18,51a   | 57,56ab         | 57,94ab | 96,66c           | 89,33c  |
| Kucuk              | 378,33a          | 293,32cd | 37,27cd         | 36,55de | 12883abc        | 10724,04c  | 52,31b         | 50,3d   | 73,53a           | 53,96ab | 18,9b            | 15,33c   | 57,71ab         | 58,85a  | 94,75cd          | 86,77c  |
| Hoggar             | 320,83ab         | 268,33de | 39,83bcd        | 41,41bc | 10755,18bc      | 11107,96c  | 54,51ab        | 54,09b  | 62,36a           | 60,05ab | 15,075b          | 12,68d   | 56,15ab         | 55,37bc | 89,83d           | 80,41d  |
| Bousselem          | 331,25b          | 283,32ed | 34,88d          | 34,02e  | 10035,96bc      | 9639,16c   | 56,85a         | 57,07a  | 67,75ab          | 55,01ab | 18,78b           | 16,13bc  | 53,26b          | 53,18cd | 102,33b          | 90c     |
| Mean               | 338,42           | 287,39   | 41,03           | 40,21   | 12065,01        | 11573,58   | 51,99          | 51,25   | 66,80            | 58,50   | 19,451           | 14,405   | 56,64           | 56,36   | 103,700          | 90,677  |
| Min                | 289,16           | 237,75   | 34,88           | 34,02   | 9330,86         | 9639,16    | 42,99          | 41,90   | 57,45            | 52,20   | 15,07            | 12,68    | 50,10           | 50,96   | 89,58            | 78,41   |
| Max                | 378,33           | 344,13   | 46,80           | 46,05   | 15641,34        | 15263,7a   | 56,85          | 57,07   | 75,55            | 64,63   | 27,31            | 18,51    | 61,11           | 60,70   | 138,75           | 118,00  |
| CV%                | 9,42             | 12,33    | 9,61            | 9,69    | 15,26           | 9,639,16   | 7,53           | 9,50    | 9,00             | 7,55    | 17,22            | 13,57    | 5,48            | 6,25    | 18,09            | 15,31   |
| Genotype effect    | ***              | ***      | ***             | ***     | ***             | ***        | ***            | ***     | ***              | ***     | *                | ***      | ***             | ***     | ***              | ***     |
| Irrigation effect  | ***              |          | ns              |         | ***             |            | *              |         | ***              |         | ***              |          | ns              |         | ***              |         |
| Interaction effect | ns               |          | ns              |         | ns              |            | *              |         | ns               |         | ns               |          | ns              |         | ***              |         |
| % Differences      | 15,07 $\uparrow$ |          | 2,42 $\uparrow$ |         | 4,07 $\uparrow$ |            | 1,4 $\uparrow$ |         | 12,42 $\uparrow$ |         | 25,96 $\uparrow$ |          | 0,49 $\uparrow$ |         | 12,56 $\uparrow$ |         |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  (SNK test).

### Number Of Spike $M^2$ (NS/ $M^2$ ):

Figure 2 shows that water deficit conditions during the different growth and developmental stages decreased the NS/ $m^2$ . Stressed condition decreased NS/ $m^2$  by 15.07 % (Table 2) compared to the non stressed condition (optimum irrigation). The highest negative effect of water limitation was observed during the floral initiation and anthesis stage [40]. Garcia del Moral et al. [21] also reported that number of spike  $m^{-2}$  and grain spike $^{-1}$  seriously decreased due to water deficit in durum wheat. Water limitation can cause severe competition between the different plant organs for photosynthesis assimilates during the stem elongation. Therefore, spikes per unit area as the effective factor due to drought stress, has reduced under reproductive phase [39]. With regard to genotype effects and under non stressed condition Kucuk has height value of NS/ $m^2$  378.33, but Oued Zenati has low value 289.16; under stressed condition Waha has height value of NS/ $m^2$  344.13, but Polonucum has low value 237.75. Kılıç et al. [28] has reported that the number of days to heading, number of spike per  $m^2$ , 1000 grain weight and grain yield of durum wheat is reduced in the drought and terminal heat stress conditions.

### Number Of Grains Per Spike (NG/S):

The number of the grains per spike is an important grain yield component. It has been reported that high yield in the durum wheat varieties are associated with the increasing number of grain per spike or unit area [11]. The results of the present study shows that there was no significant difference between stressed and non stressed condition, but there is highly significant difference between genotypes ( $p < 0.001$ ) (Table 1). With regard to genotype effects, table 2 shows that the minimum and maximum number of grains was belonged to Bousselem and Dukem under irrigation treatment; in addition to this, there were no significant differences among Bousselem and Oued Zenati, Altar, Waha, Kucuk, Hoggar. The results also showed that the difference in the kernel numbers between stressed and non stressed condition is 2.42 %, but the difference between the minimum and maximum number of grains is 25.74 %. As number of grains per spike is typically the yield component that is most sensitive to high temperatures and drought, it has been suggested as a selection criterion for drought tolerance [43]. Water deficit just before flower initiation may also decrease the number of spikelet primordia at this stage [33]. Water stress during grain filling does not affect the number of fertile tillers nor number of grains; grain weight is, however, reduced [24,27] due to a shortening of the grain filling period resulting from accelerated senescence. Grain number may be increased by: a) reducing the size of competing organs such as the

peduncle and number of sterile tillers during spike growth; b) increasing the number of spikelet's per spike; c) extending the duration of the interval between floral initiation and terminal spikelet by extending the duration of spike growth; or d) increasing floret survival by avoiding carbon, water and nutrient (particularly N) limitations [1].

### 1000-Kernel Weight (Tkw):

The yield of a wheat crop can be expressed as the product of two components,

$$GY = NG/m^2 * KW \dots \dots \dots (1)$$

Where GY is grain yield in  $g m^{-2}$  NG/ $m^2$  is the kernel number ( $m^{-2}$ ) and KW the kernel weight (g). It follows from equation 1 that changes in wheat yield potential could be achieved through changes in NG/ $m^2$  and /or KW. Strong associations with yield have been found with NG/ $m^2$  for sets of wheat genotypes [5,48].

Although the number of grain per spike has a predominant importance over kernel weight with regard to grain yield, kernel weight is well documented to be a major yield component determining final yield in Mediterranean environments [36]. [48] argue that the lower KW observed with increased NG/ $m^2$  is not only due to a lower amount of assimilates per grain but it is the result of an increased number of grains with a lower weight potential coming from more distal florets. The highest and lowest TKW was shown by Bousselem and Dukem under tow condition stressed and non stressed. In addition to this, there was no significant difference between Oued Zenati, Altar, Hoggar and Bousselem under non stressed condition; but under stressed condition, there was no significant difference between Altar and Bousselem. The severe reduction in the NG/S in Bousselem is compensated with an increase in the TKW (Table 2).

### Final Plant Height (Cm) At Maturity (PH):

As shown in Table 2, the highest and lowest plant height (PH) was seen in the non stressed and stressed condition, respectively. The results also showed that the difference in plant height between the two conditions was more than 12 % (Table 2), under two conditions, Oued Zenati and Polonucum has heights values of plant height. In non stressed condition, the effect of different genotypes on the PH showed that the highest and lowest tallness was shown by Oued Zenati and Dukem (Figure 3). Richards et al. [39] and Ghodsi [22], have reported that one of the major effects of water stress is to decrease plant height, which also caused a reduction in dry matter accumulation and subsequently plant production.

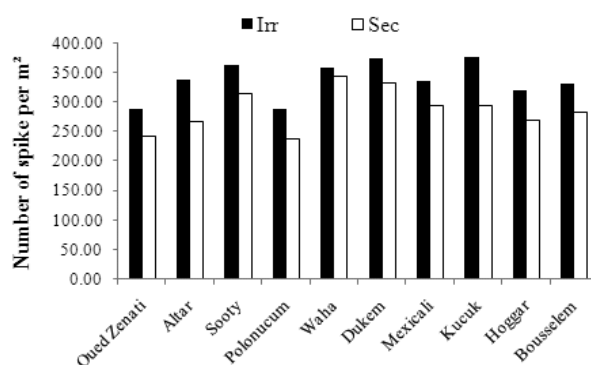


Fig. 2: Interaction effect of irrigation regime × genotype on spike number.

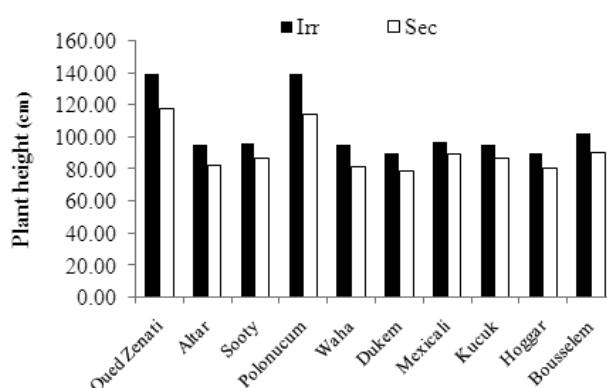


Fig. 3: Interaction effect of irrigation regime × genotype on plant height.

**Chlorophyll Content (CC):**

The results of the present study shows that there was no significant difference between stressed and non stressed condition, but there is highly significant difference between genotypes ( $p < 0.001$ ) (Table 1). With regard to genotype effects, table 2 shows that the minimum and maximum chlorophyll content was belonged to Polonucum and Dukem under irrigation condition. Changes in photosynthesis most closely paralleled changes in chlorophyll content considering results obtained with both vegetative and flag leaves. Other investigators have also reported correlations between loss of chlorophyll and photosynthesis in both wheat and soybeans [51]. In addition, Fischer [19] revealed that radiation use efficiency (RUE) declines during grain filling probably due to sink limitation and/or leaf senescence. Chlorophyll maintenance is essential for photosynthesis under drought stress. Higher Chlorophyll content and lower per cent decrease under stress in tolerant genotype of wheat has also been reported. Chlorophyll content is a sensitive indicator of plant stress.

**Peduncle Length (PL):**

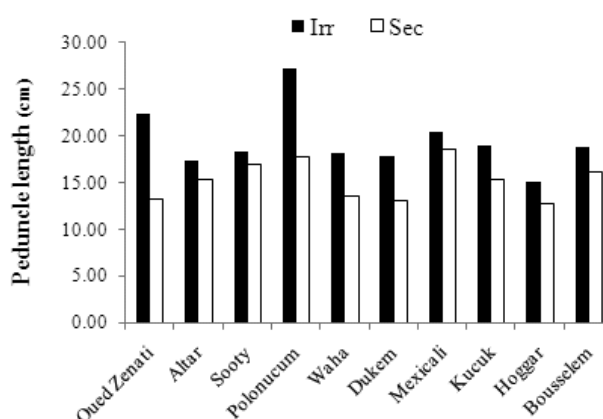
Results showed that the differences between non stressed and stressed, were significant for the majority of traits (Table 1). Peduncle length, plant height, grain yield and number of spike per m² were significant ( $p < 0.001$ ). The difference between peduncle length under stressed and non stressed condition was more than 25 %. Under non stressed condition peduncle length ranged from 15.07 cm for Hoggar to 27.31 cm for Polonucum (Table 2; Figure 4). Also, some morphological characters such as root length and peduncle length affect wheat tolerance to the moisture shortage in the soil [34]. Kılıç and Yağbasanlar [28] have reported that the peduncle length of durum wheat is reduced in the drought.

**Sensitivity Of The Genotypes To Drought Stress:**

In this experiment, the observed variation in the grain yield of the genotypes was assumed to be due to differences in water availability. The average grain yield per area and other yield components are listed in table 2. As expected, grain yield and all yield components, except number of grain per spike and chlorophyll content, were significantly higher under irrigated conditions. The effect of water reduction under rain-fed condition were more marked on number of spike per m², peduncle length, plant height

and grain yield. Garcia Del Moral et al. [21] also reported that number of spike  $m^{-2}$  seriously decreased due to water deficit in durum wheat. Drought susceptibility index (DSI) varied in genotypes from 0.421 (Waha) to 1.758 (Kucuk) (Table 3). This results was expected since genotypes had low DSI value, should have a smaller reduction in yield under drought. This was in agreement with results that were reported by Sio-se Mardeh et al. [46] and Dencić et al., [14] in wheat. According to Bruckner and Froberg [10], genotypes with low DSI values were

presumed to be drought resistant because they exhibited a smaller than average reduction in grain yield under stress compared with favorable conditions. Nevertheless, the drought susceptibility index alone appear to have serious limitations for the quantifications of genotypes reaction to drought conditions because it is based on minimizing yield reduction in stress compared with favorable conditions. Therefore, selection for DSI would tend to reduce yield in favorable environment.



**Fig. 4:** Interaction effect of irrigation regime  $\times$  genotype on peduncle length.

**Table 3:** Drought susceptibility index (DSI).

| Genotype    | DSI   | Genotype  | DSI   |
|-------------|-------|-----------|-------|
| Oued Zenati | 0,995 | Dukem     | 0,855 |
| Altar       | 1,130 | Mexicali  | 0,779 |
| Sooty       | 0,994 | Kucuk     | 1,758 |
| Polonucum   | 0,775 | Hoggar    | 0,528 |
| Waha        | 0,421 | Bousselem | 1,380 |

#### Correlation Among Characteristics:

The correlations among the various characteristics in both well-watered and rain-fed conditions are presented in table 4. Grain yield showed a significant and positive correlation with number of spikes per  $m^2$ , number of grain per  $m^2$  and chlorophyll content under both conditions (stressed and non stressed), such high correlation between grain yield and number of grain per  $m^2$  was observed by other authors [50,5]. In stressed condition, grain yield showed a significant and positive correlation with 1000-kernel Weight ( $r = 0.73$ ). It has been suggested that wheat grain yield may be increased by increasing the kernel weight [38]. Shams-ud-din [44] reported that spikes per plant, grains per spike, 1000-grain weight, harvest index, glumes weight and biological yield were directly related to the grain yield of wheat. Slafer et al. [47] argue that the lower grain weight observed with increased number of grain per  $m^2$  is not only due to a lower amount of assimilates per grain but it is the result of an

increased number of grains with a lower weight potential coming from more distal florets. Stability of grain yield for each genotype is estimated by the drought susceptibility index (DSI), derived from the yield difference between stress and non stress environments [9]. Moreover, the grain yield was negatively associated with Drought Susceptibility Index (DSI) ( $r = -0.64$ ). DSI values for grain yield ranged from 0.42 to 1.38. Fischer and Maurer [18] and Langer et al. [29] involved the use of DSI, which characterizes the yield stability between two environments. There are many reports in literatures about the use of DSI for identifying genotypes with yield stability in moisture limited environments [18,12].

#### Conclusion:

Developing drought tolerant varieties in arid and semi arid environmental conditions has been accepted as the most important factor for increasing crop potential, yield improvement and stability. It is

concluded from the results of this study that water stress reduced wheat yield and some yield components in all cultivars. The analysis of variance revealed that GY, TKW, PH, NS/m<sup>2</sup> and PL were significant under water deficit conditions and genotype effects. The differential response of cultivars to imposed water stress condition indicates

the drought tolerance ability of wheat cultivars. On an overall, our results and the findings of others show that a strategy of selecting should take into consideration low DSI (DSI values <1), a high number of grains per m<sup>2</sup>, high chlorophyll content, a high number of spikes per m<sup>2</sup> and high TKW for increasing yields under drought conditions.

**Table 4:** Simple correlation coefficient between some morphological and physiological characters in ten durum wheat genotypes under stressed and non stressed condition.

|                         | NS/m <sup>2</sup> (IR)  | NG/S (IR)  | NG/m <sup>2</sup> (IR)  | TKW (IR)  | GY (IR)  | PL (IR)  | CC (IR)  | PH (IR)  | DSI |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|-----|
|                         | NS/m <sup>2</sup> (NIR) | NG/S (NIR) | NG/m <sup>2</sup> (NIR) | TKW (NIR) | GY (NIR) | PL (NIR) | CC (NIR) | PH (NIR) | DSI |
| NS/m <sup>2</sup> (IR)  | 1                       |            |                         |           |          |          |          |          |     |
| NS/m <sup>2</sup> (NIR) | 1                       |            |                         |           |          |          |          |          |     |
| NG/S (IR)               | 0,18                    | 1          |                         |           |          |          |          |          |     |
| NG/S (NIR)              | 0,09                    | 1          |                         |           |          |          |          |          |     |
| NG/m <sup>2</sup> (IR)  | 0,81*                   | 0,68*      | 1                       |           |          |          |          |          |     |
| NG/m <sup>2</sup> (NIR) | 0,81*                   | 0,66*      | 1                       |           |          |          |          |          |     |
| TKW (IR)                | -0,5                    | -0,83*     | -0,86*                  | 1         |          |          |          |          |     |
| TKW (NIR)               | -0,72*                  | -0,68*     | -0,95*                  | 1         |          |          |          |          |     |
| GY (IR)                 | 0,9*                    | 0,25       | 0,73*                   | 0,49      | 1        |          |          |          |     |
| GY (NIR)                | 0,79*                   | 0,53       | 0,9*                    | 0,73*     | 1        |          |          |          |     |
| PL (IR)                 | -0,61                   | 0,17       | -0,29                   | 0,03      | -0,5     | 1        |          |          |     |
| PL (NIR)                | -0,18                   | -0,03      | -0,16                   | 0,12      | -0,13    | 1        |          |          |     |
| CC (IR)                 | 0,77*                   | 0,27       | 0,65*                   | -0,48     | 0,65*    | -0,67*   | 1        |          |     |
| CC (NIR)                | 0,87*                   | 0,2        | 0,78*                   | -0,75*    | 0,7*     | -0,09    | 1        |          |     |
| PH (IR)                 | -0,82*                  | -0,04      | -0,59                   | 0,21      | -0,69*   | 0,88*    | -0,69*   | 1        |     |
| PH (NIR)                | -0,73*                  | 0,11       | -0,5                    | 0,33      | -0,61    | 0,23     | -0,79*   | 1        |     |
| DSI                     | 0,26                    | -0,43      | -0,05                   | 0,15      | 0,46     | 0,01     | -0,02*   | -0,02    | 1   |
| DSI                     | -0,16                   | -0,5       | -0,39                   | 0,2       | -0,64*   | 0,22     | 0,00     | 0,06     | 1   |

\* Significant at 0.05, IR: Irrigated, NIR: Non- irrigated, Grain yield (GY), thousand-kernel weight (TKW), number of grains per m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup>), number of grains per spike (NG/S), number of spikes per m<sup>2</sup> (NS/m<sup>2</sup>), peduncle length (PL), plant height (PH), chlorophyll content (CC) and Drought susceptibility index (DSI)

## Reference

- Abbate, P.E., F.H. Andrade and J.P. Culot, 1995. The effect of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *J. Agric. Sci. Cambridge*, 124: 351-360.
- Abou-El-Kheir, M.S.A., S.A. Kandil and H.A. El- Zeiny, 2001. Productivity of wheat as affected by Mepiquat chloride under water stress conditions. *Egypt. J. Appl. Sci.*, 16(1): 99-111.
- Acevedo, E., 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use 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*, 273- 305. INRA, France.
- Ahmed, M.A. and N.M. Badr, 2004. Growth yield attributes of some wheat cultivars in relation to missing an irrigation at different stages of growth in newly cultivated sandy soil. *Annals Agric. Sci. Moshtohor*, 42(4): 1487-1502.
- Austin, R.B., J. Bingham, R.D. Blackwell, L.T. Evans, M.A. Ford, C.I. Morgan and M. Taylor, 1980. Genetic improvements in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sc. Cambridge*, 94: 675- 689.
- Beltrano, J. and G.R. Marta, 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. *Braz. J. Plant Physiol.*, 20(1).
- Blum, A., 1988. *Plant Breeding for Stress Environments*. CRC. Press Inc. Florida, USA., pp: 223.
- Blum, A., 1979. Genetic improvement of drought resistance in crop plants. A case for sorghum, 495-545. In: Hussell, H. and R. C. Staples (Eds.). *Stress Physiology in Crop Plants*. Wiley Inter science, New York.
- Blum, A., L. Shipler, G. Golan and J. Mayer, 1989. Yield stability and canopy temperature of wheat genotypes under drought stress. *Field Crops Res.*, 22: 289-296.
- Bruckner, P.L. and R.C. Frohberg, 1987. Stress tolerance and adaptation in spring wheat. *Crop Science*, 27: 31-36.
- Calderini, D.F., M.P. Reynolds and G.A. Slafer, 1999. Genetic gains in wheat yield and main physiological changes associated with them during the 20 th century. In Satorre, E.H. and

- Slafer, G.A (Eds) wheat :Ecology and Physiology of determination New York: Food Products Press.
12. Clarke, J.M., T.F. Townley-Smith, T.N. McCaig and D.G. Green, 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci.*, 24: 537-541.
  13. Deng, X., L. Shan and I. Shinobu, 2007. High efficiency use of limited supplement water by dryland spring wheat, *Trans. CSAE*, 18: 84-91.
  14. Dencî, S., R. Kastori, B. Kobiljski and B. Duggan, 2000. Evaluation of grain yield and its components in wheat cultivars and landraces under near optimal and drought conditions. *Euphytica*, 113: 43-52.
  15. Donaldson, E., 1996. Crop traits for water stress tolerance .*American Journal of Alternative Agriculture*, 11: 89-94.
  16. Eid, R.A. and M.R. Yousef, 1994. Water use and yield of wheat in relation to drought conditions and P-fertilization. *Egypt, J. Appl. Sci.*, 9(7): 546-560.
  17. Finlay, K.W., 1968. The significance of adaptation in wheat breeding, 742-754. In: *Proc. 3rd Int. Wheat Genetics Symp.*, 5-9 August, Australian Academy of Sciences, Canberra, A.C.T.
  18. Fischer, R.A. and R. Maurer, 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield response. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897-907.
  19. Fischer, R.A., 1983. Wheat. In *Proceeding Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments*, 129-154. Sept. 1980, IRRI, Los Baños.
  20. Garcia de Moral, L.F., Y. Rharrabi, S. Elhani, V. Martos and C. Royo, 2005. Yield formation in Mediterranean durum wheat under two contrasting water regimes based on path-coefficient analysis. *Euphytica*, 146: 203-212.
  21. Garcia del Moral, L.F., J.M. Ramos, M.B. Garcia del Moral and P. Jimenez-Tejada, 1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. *Crop Science*, 31: 1179-1185.
  22. Ghodsi, M., 2004. Ecophysiological aspects of water deficit on growth & development of wheat cultivars. PhD thesis, University of Tehran, Iran.
  23. Guttieri, M.J., R. Ahmad, J.C. Stark and E. Souza, 2000. End-use quality of six hard red spring wheat cultivars at different irrigation levels. *Crop Sci.*, 40: 631-635.
  24. Hochman, Z.V.I., 1982. Effect of water stress with phasic development on yield of wheat grown in a semi-arid environment. *Field Crop Res.*, 5: 55-67.
  25. Hsiao, T.C., 1973. Plant responses to water stress. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 24: 519-570.
  26. Jaleel, C.A., P. Manivannan, A. Kishorekumar, B. Sankar, R. Gopi, R. Somasundaram and R. Panneerselvam, 2007. Alterations in osmoregulation, antioxidant enzymes and indole alkaloid levels in *Catharanthus roseus* exposed to water deficit, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 59: 150-157.
  27. Kobata, T., J.A. Palta and N.C. Turner, 1992. Rate of development of post anthesis water deficits and grain filling of spring wheat. *Crop Sci.*, 32: 1238-1242.
  28. Kiliç, H. and T. Yağbasanlar, 2010. The Effect of Drought Stress on Grain Yield, Yield Components and some Quality Traits of Durum Wheat (*Triticum turgidum* ssp. durum) Cultivars, *Not. Bort. Agrobt. Cluj*, 38 (1): 164-170.
  29. Langer, I.K, J. Frey and T. Bailey, 1979. Association among productivity, production response and stability indices in oat varieties. *Euphytica*, 28: 17-24.
  30. Manivannan, P., C.A. Jaleel, A. Kishorekumar, B. Sankar, R. Somasundaram, R. Sridharan and R. Panneerselvam, 2007. Changes in antioxidant metabolism of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. By propiconazole under water deficit stress, *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 57: 69-74.
  31. Menshawy, A.M.M. A.A. El-Hag and S.A. El-Sayed, 2006. Evaluation of some agronomic and quality traits for some wheat cultivars under different irrigation treatments. *Proc. 1. Conf. Fiest Id Crops Res.*, Institute. ARC, Giza, Egypt., 22-24 Aug., 294-310.
  32. Nazeri, M., 2005. Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran.
  33. Oosterhuis, D.M. and P.M. Cartwright, 1983. Spike Differentiation and floret survival in semidwarf spring wheat as affected by water stress and photoperiod. *Crop Sci.*, 23: 711-716.
  34. Passioura, J.B., 1977. Grain yield, harvest index and water use of wheat. *J.Aust. Inst. Agric. Sci.*, 43: 117-120.
  35. Plaut, Z.B.J., C.S. Butow, Blumenthal and C.W. Wrigley, 2004. Transport of dry matter into developing wheat kernels. *Field Crops Res.*, 86: 185-198.
  36. Peltonen-Sainio, P.A., Y. Kangas, Salo and L. Jauhiainen, 2007. Grain number dominates grain weight in temperate cereal yield determination: Evidence based on 30 years of multi ocation trials. *Field Crops Research*, 100: 179-188.
  37. Rashid, A., Q. Saleem, A. Nazir and H.S. Kazim, 2003. Yield potential and stability of nine wheat varieties under water stress conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 5(1): 7-9.
  38. Richards, R.A., 1996. Increasing the yield potential of wheat: manipulating sources and sinks, 134-149. In M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab, eds. *Increasing Yield Potential*

- in Wheat: Breaking the Barriers. México, D.F.: CIMMYT.
39. Richards, R.A., A.G. Condo and G.J. Rbetzke, 2001. Trait to improve yield in dry environments In: Reynold, M.P., Ortiz - Monasterio, J.I. and McNab, A. (eds) Application physiology in wheat breeding. Mexico, D.F, CIMMYT, pp: 88-100.
  40. Robertson, M.J. and F. Giunta, 1994. Response of spring wheat exposed to pre- anthesis water stress. *Aust. J. Agric. Res.*, 45: 19-35.
  41. SAS. Institute, 1999. SAS/STAT user's guide. 8. Version. SAS Institute Inc. Cary. NC.
  42. Sharaan, A.N., F.S. Abd El- Samie and I.A. Abd El- Gawad, 2000. Response of wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) to some environmental influence. 1- Effect of planting date and drought at different plant stages on yield and its components. *Proc. 9th. Conf. Agron., Monfiya Univ.*, 1-2 Sept. 1-15.
  43. Shpiler, L. and A. Blum, 1991. Heat tolerance for yield and its components in different wheat cultivars. *Euphytica*, 51: 257-263.
  44. Shams-ud-din, A.K.M., 1987. Path analysis in bread wheat. *Indian J. Agric. Sci.*, 1(3): 237-240.
  45. Simane, B., P.C. Struik, M.M. Nachit and J.M. Peacock, 1993. Ontogenic analysis of field components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica*, 71: 211-219.
  46. Sio-Se Marde, A., K. Poustini and V. Mohammadi, 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop researches*, 98: 222-229.
  47. Slafer, G.A., D.F. Calderini and D.J. Miralles, 1996. Yield components and compensation in wheat: opportunities for further increasing yield potential. In M.P. Reynolds, S. Rajaram and A. McNab, eds. *Increasing Yield Potential in Wheat: Breaking the Barriers*, 101-133. México, D.F: CIMMYT.
  48. Slafer, G.A. and H.M. Rawson, 1994. Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modellers. *Aust. J. Plant Physiol.*, 21: 393-426.
  49. Smith, E.L., 1982. Heat and drought tolerant wheats of the future, pp: 141-147. In: *Proc. of the National Wheat Res. Conf. USA-ARS*, Beltsville, Maryland.
  50. Waddington, S.R., M. Osmanzai, M. Yoshida and J.K. Ransom, 1987. The yield of durum wheats released in Mexico between 1960 and 1984. *J Agric Sci Camb.*, 108: 469-477.
  51. Wittenbach, V.A., 1979. Ribulose biphosphate carboxylase and proteolytic activity in wheat leaves from anthesis through senescence. *Plant Physiol*, 64: 884-887.





## Research Article

# Investigation and selection index for drought stress in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) under Mediterranean condition

A.Guendouz<sup>1\*</sup>, S.Guessoum<sup>2</sup> and M. Hafsi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National institute of the agronomic research Of Algeria, Research Unit of Setif (INRAA)

<sup>2</sup> University Ferhat ABBAS, Setif, Department of Agronomy, Algeria

\*Email: guendouz.ali@gmail.com/ali.guendouz@inraa.dz

(Received: 14 Nov 2011; Accepted: 08 May 2012)

### Abstract

Drought is a wide-spread problem seriously influencing durum wheat (*Triticum durum* Desf.) production and quality, but development of resistant cultivars is hampered by the lack of effective selection criteria. The objective of this study was to evaluate the ability of several selection indices to identify drought tolerant cultivars under varying environmental conditions. Ten durum wheat cultivars were evaluated under both moisture stress and non-stress field environments using a randomized complete block design for each of the environment. Six drought tolerance indices including stress susceptibility index (SSI), stress tolerance index (STI), yield stability index (YSI), mean productivity (MP), harmonic mean (HMP) and geometric mean productivity (GMP) were used. The indices were adjusted based on grain yield under drought and normal conditions. Yields in the normal condition were not correlated with yields in the stress condition, better stress susceptibility index (SSI) was associated with low yield under normal conditions, and therefore this index could not identify cultivars with good performance in both stress and non-stress condition. The significant and positive correlation of GYp and MP, GMP and STI showed that these indices were more effective in identifying high yielding cultivars under different moisture conditions. Stress tolerance index (STI) gave identical cultivar classification with the geometric mean (GMP), both being better than SSI in identifying top yielders in contrasting water availability conditions. The results of calculated gain from indirect selection from moisture stress environment would improve yield in moisture stress environment than selection from non moisture stress environment. Wheat breeders should, therefore, take into account the stress severity of the environment in choosing an index.

### Key words

Durum wheat, drought, tolerance index, stress tolerance index, stress intensity.

### Introduction

Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) is one of the more widely cultivated crops in the Mediterranean basin, where drought is the main abiotic stress limiting its production (Royo et al., 1998), it's mostly grown under rain-fed conditions, where drought and heat stress usually constrain yield potential during the grain filling period (Simane et al., 1993). Drought stress at the grain filling period dramatically reduces grain yield. Visible syndromes of plant exposure to drought in the vegetative phase are leaf wilting, a decrease in plant height, number and area of leaves, and delay in accuracy of buds and flowers (Boyer, 1982; Passioura et al., 1993). The negative effect of drought stress on yield performance has been well documented as a major problem in many developed and developing countries of the world (Guo, 2004; Passioura, 2007). Amongst the crop plants, wheat cultivation inadvertently faces drought conditions under arid and semi arid regions. It is widely consumed by humans in producer countries and other countries where wheat cannot be grown. About 95% of the wheat grown worldwide is bread wheat (Dixon

et al., 2009), but durum wheat (*Triticum durum* Desf.) with a global production of 30 million tons, is an important adapted crop under drought conditions, particularly in the Mediterranean region where 75% of the world's durum grain is produced (Araus et al, 2002; Condon et al, 2004). Recently Siddique et al. (2000) has suggested that one important strategy for crop production, yield improvement, and yield stability is to develop drought tolerant crop varieties under water deficit conditions. Breeding for drought resistance is complicated by the lack of fast, reproducible screening techniques and the inability to routinely create defined and repeatable water stress conditions when a large amount of genotypes can be evaluated efficiently (Ramirez and Kelly, 1998). Achieving a genetic increase in yield under these environments has been recognized to be a difficult challenge for plant breeders while progress in yield gain has been much higher in favorable environments (Richards et al, 2002). Thus, drought indices which provide a measure of drought based on yield loss under drought conditions in comparison to normal



conditions have been used for screening drought-tolerant genotypes (Mitra, 2001). These indices are either based on drought resistance or susceptibility of genotypes (Fernandez, 1992). Drought resistance is defined by Hall (1993) as the relative yield of a genotype compared to other genotypes subjected to the same drought stress. Drought susceptibility of a genotype is often measured as a function of the reduction in yield under drought stress (Blum, 1988) whilst the values are confounded with differential yield potential of genotypes (Ramirez and Kelly, 1998). Rosielle and Hamblin (1981) defined stress tolerance (TOL) as the differences in yield between the stress (GYs) and non-stress (GYp) environments and mean productivity (MP) as the average yield of GYs and GYp. Fischer and Maurer (1978) proposed a stress susceptibility index (SSI) of the cultivar. Fernandez (1992) defined a new advanced index (STI = stress tolerance index), which can be used to identify genotypes that produce high yield under both stress and non-stress conditions. Other yield based estimates of drought resistance are geometric mean (GM). The geometric mean is often used by breeders interested in relative performance since drought stress can vary in severity in field environment over years (Ramirez and Kelly, 1998). Clark et al. (1992) used SSI for evaluation of drought tolerance in wheat genotypes and found year-to-year variation in SSI for genotypes and their ranking pattern. In spring wheat cultivars, Gutteri et al. (2001) using SSI criterion suggested that SSI more than 1 indicated above-average susceptibility to drought stress. Golabadi et al. (2006) and Sio-Se Mardeh et al. (2006) suggested that selection for drought tolerance in wheat could be conducted for high MP, GMP and STI under stressed and non-stressed environments. Fernandez (1992) had divided genotypes reaction on the basis of their yields into 4 categories under stressed and non-stressed conditions: group A are genotypes which have high yield in both conditions; group B are genotypes which have a high yield under non-stressed conditions; group C including genotypes which have a good yield under stressed conditions and finally group D are genotypes which have a low yield in both conditions. Selection of different genotypes under environmental stress conditions is one of the main tasks of plant breeders for exploiting the genetic variations to improve the stress-tolerant cultivars (Clark et al., 1984). The present study was undertaken to assess the selection criteria for identifying drought tolerance in durum wheat genotypes, so that suitable genotypes can be recommended for cultivation in the drought area of Algeria.

## Material and methods

Ten durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) were chosen for the study based on their differences in yield performance under irrigated and non-irrigated conditions (Table 1). These cultivars were planted on 30<sup>th</sup> November 2010, in the experimental fields of ITGC, Setif, Algeria (5°20'E, 36°8'N, 958 m above sea level). Genotypes were grown in randomized block design with four replicates. Plots were 2.5 m × 6 rows with 0.20 m row spacing and sowing density was adjusted to 300 g m<sup>-2</sup>. The soil at the experimental site is a rendzin, mollisol (Calcixeroll USDA) up to 0.6 m in depth, containing low organic matter. SULFAZOT (26% N, 12% S) was applied at 120 Kg/ha at tillage on all plots. Weeds were removed chemically by TOPIC (0.75L/ha) and GRANSTA (15g/ha). Irrigated plots were watered at elongation and flowering stage. Non-irrigated plots were grown under rain-fed conditions. The total dry weight and grain yield (Qx/h) were measured by harvesting each plot at crop maturity. Six plants were randomly chosen from each plot to measure the number of grains per spike (grain/spike), plant height and spike length. Drought resistance indices were calculated using the following relationships:

1. Harmonic mean (HM) (Kristin et al., 1997):

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

GYp and GYs were the yield of each cultivars, non-stressed and stressed, respectively.

2. Stress susceptibility index (SSI) (Fisher and Maurer, 1978):

$$SSI = 1 - (GYs / GYp) / SI$$

while SI = 1 - (GŶs / GŶp) whereas SI is stress intensity and GŶs and GŶp are the means of all genotypes under stress and well watered conditions, respectively.

3. Geometric mean productivity (GMP) and stress tolerance index (STI) (Fernandez, 1992; Kristin et al., 1997):

$$GMP = (GYp * GYs)^{1/2} \quad STI = (GYp * GYs) / (GŶp)^2$$

4. Yield Stability Index (YSI) (Bouslama and Schapaugh, 1984):

$$YSI = GYs / GYp$$

5. Mean productivity (MP) (Hossain et al., 1990):

$$(GYp + GYs) / 2$$

Data were analyzed using SAS for analysis of variance and Fisher's LSD multiple range test was employed for the mean comparisons.

## Results and Discussion

In this study, the stress intensity (SI) was 14.72 %. It is essential to say that this index is just to measure drought stress intensity in experiment and it has no efficiency to measure stress intensity in varieties (Fisher and Maurer, 1978). Achieved results from calculation of drought tolerance and drought sensitive



indices (Table 2) shows that the higher value of MP, GMP and STI indicated stress tolerance. Entries Waha, Dukem and Sooty yielded 6.46, 6.39 and 6.31 tons/ha respectively as stress adaptive genotypes. Genotype Sooty with yield of 6.31 tons/ha under stressed condition and 7.55 tons/ha under non stressed condition is identified as a tolerant variety. These indices had identified Oued Zenati and Polonicum with yields 5.22 and 5.64 tons/ha, respectively as the most sensitive genotypes under drought stress conditions. Stress sensitive index (SSI) value with less than one indicated high tolerance of variety to stress (Choukan et al., 2006), SSI indices, which indicate in lower amounts with relative tolerance to stress, identified Waha and Hoggar (with yields 6.43 and 6.00 tons/ha, respectively) as tolerant genotypes, as well as they identified Kucuk and Bousselem (with yields 5.39 and 5.50 tons/ha, respectively) as drought sensitive genotypes. Evaluation of genotypes by SSI, had divided experimental material on the basis of stress tolerance and stress sensitive, that helps to determine tolerant and sensitive genotypes regardless of their yield potential by this index (Naderi et al., 2000). Stress sensitive index is evaluated on the basis of proportion of each variety yield under stressed to non-stressed condition in comparison with this proportion to total varieties. Thus, varieties with low/high yield can have equal SSI rate in both conditions, so selection process on the basis of this index can cause mistake (Naeimi et al., 2006). The best index to select varieties, is stress tolerance index (STI), as it can separate varieties which has high yield in both stressed and non-stressed conditions (group A) from two groups of varieties which have just relatively batter yield under non- stressed (group B) or stressed (group C) conditions (Fernandez, 1992). Results from correlation between drought tolerance and yield indices (Table 3) can be applied to select the best genotypes and indices as a suitable standard. Yield in normal condition show positive and significant correlation with mean productivity (MP) ( $r = 0.88^{***}$ ), geometric mean (GMP) ( $r = 0.86^{**}$ ), stress tolerance index (STI) ( $r = 0.86^{**}$ ) and harmonic mean (HM) ( $r = 0.78^*$ ) in probability level of 0.1%, 1% and 5% respectively. These results are compatible with Roiselle and Hamblin (1981). They show that in a majority of comparative experiments, the correlation of yield between MP and GYp and also MP and GYs is positive. Yield under stressed conditions show positive and significant correlation with mean productivity (MP) ( $r = 0.77^{**}$ ), geometric mean (GMP) ( $r = 0.79^{**}$ ), stress tolerance index (STI) ( $r = 0.79^{**}$ ) and harmonic mean (HM) ( $r = 0.79^{**}$ ) in probability level of 1%; but it shows negative and significant correlation with stress sensitive (SSI) ( $r =$

$-0.64^*$ ) in probability level of 5%. Choukan et al. (2006), Khalilzade and Karbalaei Khiavi (2002) and Farshadfar et al. (2001) believed that the best suitable index to select stress tolerance varieties, is index in which there is relatively high correlation with grain yield in both stressed and non-stressed conditions. Therefore, by evaluation of correlation rate between grain yield and stress tolerance in both conditions, it can be possible to identify most suitable index. Since mean productivity (MP), geometry mean of productivity (GMP), harmonic mean (HM) and Fernandez index show high correlation in both normal irrigation and drought stress conditions, introduced as major indices. Farshadfar et al. (2001) in a research about pea reported that all of indices show positive and significant correlation with yield under non-stressed condition. Fernandez (1992) in a three years study in normal and low-water stress conditions realized that there was a significant and negative correlation between grain yield and stress sensitive indices. They reported that there is positive and significant correlation between STI and GMP indices with wheat yield. Shafazade et al. (2004) in a study of wheat genotypes, reported positive and significant correlation between yield in non-stressed condition and MP, GMP and STI and also they expressed that there is positive and significant correlation between yield in non-stressed condition and all drought tolerance and drought sensitive indices. They suggested that existence of positive and significant correlation between indices and yield in both conditions (stressed and non-stressed) means these indices are suitable to evaluate drought tolerance of genotypes. Bahmaram et al. (2006) in their reports about evaluation of drought tolerance of spring varieties expressed that STI can be better applied to evaluate drought tolerance of varieties than SSI. Results of this research are compatible with Taghizade et al. (2002). They realized that among the indices, MP, GMP and STI indices have a positive and significant correlation with yield in both conditions, while evaluation of drought tolerance references in lentil genotypes in a research, realized that there is no relation between stress sensitive index (SSI) and grain yield (Fernandez, 1992). Choukan et al. (2006) by evaluation of some drought tolerance indices in some genotypes of spring barley, reported significant correlation between with MP and GMP in both stressed and non-stressed conditions. Rosielle and Hamblin (1981) showed that in a majority of comparative experiments, the correlation of yield between MP and GYp, and MP and GYs are positive. According to their reports, selection on the basis of MP generally cause to increasing yield in both normal and stressed conditions. Fernandez (1992) declared that sensitivity of GMP index is less than different



amounts of GYp and GYs, while MP index which is on the basis of computation mean, has up-curve, as there is relatively high difference between GYp and GYs, thus GMP has the highest capability to separate major genotypes in comparison with MP. Correlation between drought tolerance and yield indices (Table 3) can be applied as a suitable standard to select better genotypes and indices. As STI, GMP and MP were able to identify cultivars producing high yield in both conditions. When the stress was severe, TOL, YSI and SSI were found to be more useful indices discriminating resistant cultivars, although none of the indicators could clearly identify cultivars with high yield under both stress and non-stress conditions (group A cultivars). It is concluded that the effectiveness of selection indices depends on the stress severity supporting the idea that only under moderate stress conditions, potential yield greatly influences yield under stress (Blum, 1996; Panthuan et al., 2002). In order to grouping genotypes, we used from ear analysis by the Ward way on the basis of standardized mean of evaluated drought tolerance indices during both stressed and normal conditions and 10 under-study genotypes were placed on two groups (Figure. 1). First group including genotypes like Waha, Dukem and Sooty; second group including genotypes like Oued Zenati, Altar, Polonicum, Mexicali, Kucuk, Hoggar and Bousselem. Principal component analysis (PCA) revealed that the first PCAs explained 66.14 % of the variation with GYs, GYp, HM, GMP, STI and MP (Figure 2). Thus, the first dimension can be named as the yield potential and drought tolerance. Considering the high value of this biplot, genotypes that have high values of these indices will be high yielding under stress and non-stress environments. The second PCA explained 32.51 % of the total variability and correlated positively with YSI and negatively with SSI. Therefore, the second component can be named as a stress-tolerant dimension and it separates the stress-tolerant genotypes from non-stress tolerant ones. Thus, selection of genotypes that have high PCA1 and low PCA2 are suitable for both stress and non-stress environments. Therefore, genotypes Waha, Dukem and Sooty were superior genotypes for both environments with high PC1 and low PC2. Genotypes Oued Zenati, Altar, Polonicum, Mexicali, Kucuk, Hoggar and Bousselem with high PC2 were more suitable for non-moisture stress than for moisture-stress environment. Farshadfar and Sutka (2003), Sio-Se Mardeh et al. (2006) and Golabadi et al. (2006) obtained similar trends in multivariate analysis of drought tolerance in different crops. First and second main components had justified 98.65 % of total variations (Table 4). In stressed and non-stressed conditions and by charting of 3D (3-dimension)

diagram about yield of varieties in both conditions, as well as about STI and GMP indices, it was obvious that genotypes which are located in group A, had high STI and GMP and introduced these two indices as the best. The biplot diagram had divided into four quadrants named A, B, C and D on the basis of two first components and genotypes which are placed on A region, have the high yield under drought stress and normal irrigation and also drought tolerance conditions. On the other hand, genotypes which are placed on D region have the lowest yield in both conditions and also they are sensitive. Indices that have a high correlation with yield under drought stress and normal irrigation conditions, emerged as major indices, in addition they placed on between yield under drought stress and normal irrigation conditions.

### Conclusions

Over all, drought stress reduced significantly the yield of some genotypes and some of them revealed tolerance to drought, which suggested the genetic variability for drought tolerance in this material. In our study, Waha, Dukem and Sooty revealed a high tolerance to drought. Therefore, based on this limited sample and environments, testing and selection under non-stress and stress conditions alone may not be the most effective approach for increasing yield under drought stress. The significant and positive correlation of GYp and MP, GMP and STI showed that these criteria indices were more effective in identifying high yielding cultivars under different moisture conditions. The results of calculated gain from indirect selection in moisture stress environment would improve yield in moisture stress environment better than selection from non-moisture stress environment. Wheat breeders should, therefore, take into account the stress severity of the environment when choosing an index for identifying drought adaptive genotypes.

### References

- Araus, J.L., G.A. Slafer, M.P. Reynolds and Royo, C. 2002. Plant Breeding and Drought in C3 Cereals: *Annals of Botany.*, **89**: 925-9 29.
- Behmaram, R.A., A. Faraji and Amiri Oghan, H. 2006. Evaluation of drought tolerance of spring varieties (*Brassica napus*). Summary of essays in 9<sup>th</sup> Iranian congress of agricultural sciences and plant breeding. University of Tehran. Pardis Abu-Reyhan, pp: 496.
- 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, pp: 191-199.



- Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regul.*, **20**: 135-148.
- Bousslama, M. and Schapaugh, W.T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Sci.*, **24**, 933-937.
- Boyer, J.S. 1982. Plant productivity and environment. *Science.*, **218**: 443-448.
- Choukan, R., T. Taherkhani, M.R. Ghannadha and Khodarahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance maize lines by drought stress tolerance indices. *Iranian J. Agric. Sci.*, **8**: 2000-2010.
- Clarke, J.M., T.M. Townley-Smith, T.N. McCaig and Green, D.G. 1984. Growth analysis of spring wheat cultivars of varying drought resistance. *Crop Sci.*, **24**: 537-541.
- Clarke, J.M., De Pauw, R.M. and Townley-Smith, T.M. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. *Crop Sci.*, **32**: 732-728.
- Condon, A.G., R.A. Richards, G.J. Rebetzke and Farquhar, G.D. 2004. Breeding for high water use efficiency. *Journal of Experimental Botany.*, **55**: 2447-2460.
- Dixon, J., H.J. Braun, P. Kosina and Crouch, J. 2009. *Wheat Facts and Futures*. Mexico, D.F. CIMMYT.
- Farshadfar, A., M. Zamani, M. Matlabi and Imam Jome, A. 2001. Selection for drought tolerance in pea lines. *Iranian Agric. Sci. J.*, **32**: 65-77.
- Farshadfar, E. and Sutka, J. 2003. Screening drought tolerance criteria in maize. *Acta Agronomica Hungarica.*, **50**: 411-416.
- 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.
- Fischer, R.A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield response. *Aust. J. of Agric. Res.*, **29**: 897-912.
- Golabadi, M., A. Arzani, S.A. and Maibody, M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *Afr J Agric Res.*, **5**: 162-171.
- Guo, T.C., W. Feng and Zhao, H.J. 2004. Photosynthetic characteristics of flag leaves and nitrogen effects in two winter wheat cultivars with different spike type. *Acta Agronomica Sin.*, **30**: 115-121.
- Guttieri, M.J., J.C. Stark, K. Brien and Souza, E. 2001. Relative sensitivity of spring wheat grain yield and quality parameters to moisture deficit. *Crop Sci.*, **41**, 327-335.
- 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.
- Hossain, A.B.S., A.G. Sears, T.S. Cox and Paulsen, G.M. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Sci.*, **30**: 622-627.
- Khalilzadeh, G.R. and Karbalae Khiavi, H. 2002. Effects of drought and heat stress to advanced lines of durum wheat. Summary of essays in the 7 Iranian congress of agronomy science and plant breeding. Research institute of reformation and seed and plant production in Karaj, pp: 563-564.
- Kristin, A.S., R.R. Senra, F.I. Perez, B.C. Enriquez, J.A.A. Gallegos, P.R. Vallego, N. Wassimi and Kelley, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci.*, **37**: 43-50.
- Mitra J, 2001. Genetics and genetic improvement of drought tolerance in crop plants. *Curr Sci.* **80**: 758-762.
- Naeimi, M., G.A. Akbari, A.H. Shirani Rad, S.A.M.M. Sanavi, S.A. Sadat Noori and Sadeghzade-Ahari, D.H. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dryland promising durum wheat genotypes. *Iran. J. Crop. Sci.*, **8**: 30-45.
- Naderi, A., E. Majidi-Hevan, A. Hashemi-Dezfoli and Nourmohammadi, G. 2000. Efficiency analysis of indices for tolerance to environmental stresses in field crops and introduction of a new index. *Plant and Seed Journal.*, **15**: 390-402.
- Panthuwan, G., S. Fokai, M. Cooper, S. Rajatasereekul and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part 1: grain yield and yield components. *Field Crop Res.*, **41**: 45-54.
- Passioura, J.B., A.G. Condon and Richards, R.A. 1993. Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. In: Smith J.A.C., Griffiths H. (eds). *Water deficits plant responses from cell to community*. BIOS Scientific Publishers limited, Oxford, 253-264.
- Passioura, J.B. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives, *Journal of Experimental Botany.*, **58**: 113-117.



- Ramirez, P and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought tolerance in common bean. *Euphytica.*, **99**: 127-136.
- 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 AA and Hamblin J, 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci.*, **21**: 943-946.
- Royo, C., Michelena, A., Carrillo, J.M., Garcí'a, P., Juan-Aracil, J and Soler, C. 1998. Spanish durum wheat breeding program. In: Nachit MM, Baum M, Porceddu, Monneveux, Picard E (eds). SEWANA (South Europe, West Asia and North Africa) durum research network. Proceedings of the SEWANA durum network workshop, 20–23 March 1995. ICARDA: Aleppo, Syria, pp 80–87.
- Shafazade, M., A. Yazdan Sepas, A. Amiini and Ghannadha, M.R. 2004. Study of end-season drought tolerance in preferential genotypes of winter wheat by sensitive and tolerance indices. *Seed and Plant Journal.*, **20**: 57-71.
- Siddique, M.R.B., A. Hamid and Islam, M.S. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Bot. Bull. Acad. Sin.*, **41**: 35-39.
- Simane, B., P. C. Struik., M. M. Nachit and Peacock, J. M. 1993. Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water-limited environments. *Euphytica.*, **71**:211-219.
- Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Res.*, **98**, 222-228.
- Taghizade, R., M. Valizade., A. Nazirzade., S. Aharizad and Mostafaei, H. 2002. Evaluation of drought stress tolerance of references in lentil genotypes in Ardabil by drought tolerance and drought sensitive indices. Summary of essays in 7<sup>th</sup> congress of agriculture and plant breeding, Karaj, pp: 366.



**Table 1. Origin of the ten genotypes used in the study**

| Cultivar | Name        | Origin  | Cultivar | Name     | Origin |
|----------|-------------|---------|----------|----------|--------|
| 1        | Bousselem   | Algeria | 6        | Altar    | Mexico |
| 2        | Hoggar      | Algeria | 7        | Dukem    | Mexico |
| 3        | Oued Zenati | Algeria | 8        | Kucuk    | Mexico |
| 4        | Polonicum   | Algeria | 9        | Mexicali | Mexico |
| 5        | Waha        | Algeria | 10       | Sooty    | Mexico |

**Table 2. Estimation of sensitivity rate of 10 durum wheat genotypes by different drought tolerance indices under normal and stressed conditions**

|             | GYs      | GYp    | HM      | SSI      | YSI     | STI       | GMP      | MP       |
|-------------|----------|--------|---------|----------|---------|-----------|----------|----------|
| Oued Zenati | 5.22d    | 5.74b  | 5.60ef  | 0.995abc | 0.865ab | 0.671e    | 5.46e    | 5.48e    |
| Altar       | 5.59bcd  | 6.91ab | 6.15cd  | 1.13abc  | 0.825ab | 0.87bcd   | 6.20bcd  | 6.25bcd  |
| Sooty       | 6.31abc  | 7.55a  | 6.82a   | 0.994abc | 0.843ab | 1.065a    | 6.88a    | 6.93a    |
| Polonicum   | 5.64abcd | 6.01ab | 5.51f   | 0.775bc  | 0.87ab  | 0.758de   | 5.79de   | 5.83de   |
| Waha        | 6.46a    | 6.59ab | 6.67abc | 0.4213c  | 0.938a  | 0.955abc  | 6.52abc  | 6.52abc  |
| Dukem       | 6.39ab   | 7.27ab | 6.74ab  | 0.855bc  | 0.875a  | 1.039ab   | 6.80ab   | 6.83ab   |
| Mexicali    | 5.96abcd | 6.34ab | 6.27bcd | 0.779bc  | 0.901a  | 0.849cd   | 6.14cd   | 6.15cd   |
| Kucuk       | 5.39d    | 7.35a  | 6.20bc  | 1.758a   | 0.742b  | 0.891abcd | 6.29abcd | 6.37abcd |
| Hoggar      | 6.00abcd | 6.23a  | 5.93def | 0.528bc  | 0.916a  | 0.828cde  | 6.05cde  | 6.12cde  |
| Bousselem   | 5.50cd   | 6.77ab | 6.06de  | 1.38ab   | 0.813b  | 0.833cde  | 6.09cd   | 6.13cd   |
| Mean        | 5.85     | 6.68   | 6.19    | 0.961    | 0.859   | 0.876     | 6.22     | 6.26     |
| Min         | 5.22     | 5.74   | 5.51    | 0.421    | 0.742   | 0.671     | 5.46     | 5.48     |
| Max         | 6.46     | 7.55   | 6.82    | 1.758    | 0.938   | 1.065     | 6.88     | 6.93     |
| LSD (5%)    | 0.815    | 0.977  | 0.549   | 0.889    | 0.137   | 0.175     | 0.632    | 0.651    |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$ ; GYs: Yield under stress condition (tons/ha), GYp: Yield under non-stress condition (tons/ha), HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, YSI: Yield Stability Index, STI: Stress tolerance index, GMP: Geometric mean productivity and MP: Mean productivity

**Table 3. Correlation between grain yield under non-stress, stress conditions and drought tolerance indices**

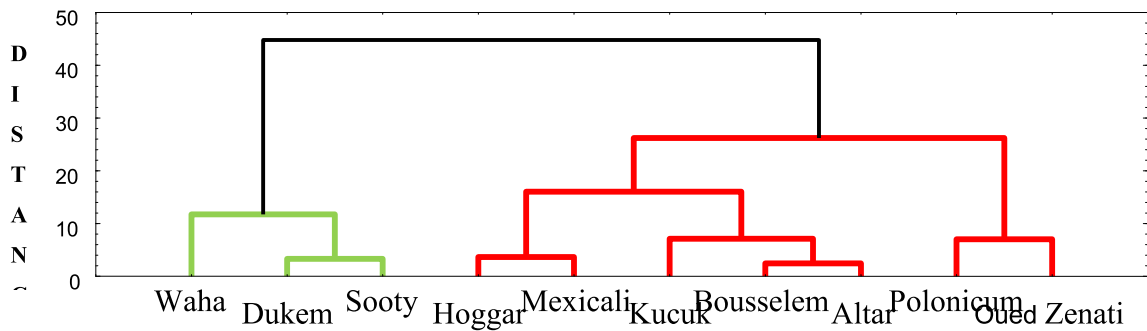
|     | GYs    | GYp     | HM      | SSI      | YSI   | STI     | GMP     | MP |
|-----|--------|---------|---------|----------|-------|---------|---------|----|
| GYs | 1      |         |         |          |       |         |         |    |
| GYp | 0.37   | 1       |         |          |       |         |         |    |
| HM  | 0.79** | 0.78*   | 1       |          |       |         |         |    |
| SSI | -0.64* | 0.46    | -0.09   | 1        |       |         |         |    |
| YSI | 0.6    | -0.5    | 0.08    | -0.98*** | 1     |         |         |    |
| STI | 0.79** | 0.86**  | 0.95*** | -0.05    | -0.00 | 1       |         |    |
| GMP | 0.79** | 0.86**  | 0.96*** | -0.04    | -0.00 | 1.00*** | 1       |    |
| MP  | 0.77** | 0.88*** | 0.94*** | -0.01    | -0.04 | 1.00*** | 1.00*** | 1  |

\*, \*\* and \*\*\* significantly at  $p < 0.05$ ,  $< 0.01$  and  $< 0.001$ , respectively. GYs: Yield under stress condition (tons/ha), GYp: Yield under non-stress condition (tons/ha), HM: Harmonic mean, SSI: Stress susceptibility index, YSI: Yield Stability Index, STI: Stress tolerance index, GMP: Geometric mean productivity and MP: Mean productivity

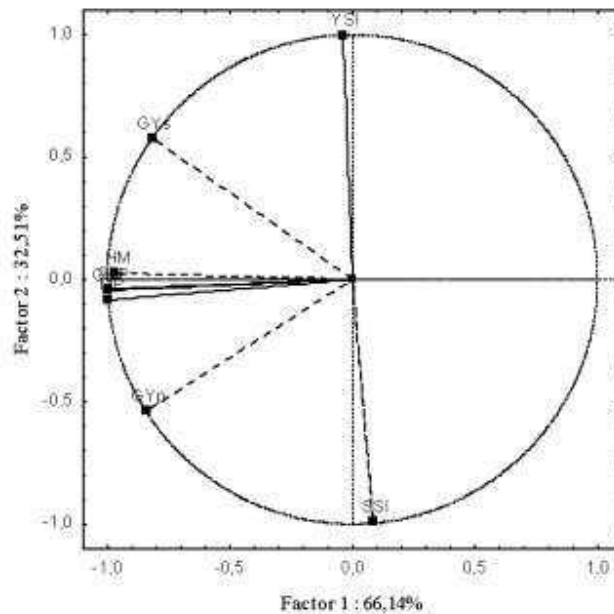


**Table 4.** Principal component loadings for the measured traits

| Component | Proportion of total variation (%) | Variables |        |        |       |        |        |        |        |
|-----------|-----------------------------------|-----------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|
|           |                                   | GYs       | GYp    | HM     | SSI   | YSI    | STI    | GMP    | MP     |
| Factor 1  | 66,14                             | -0.814    | -0.839 | -0.968 | 0.083 | -0.041 | -0.998 | -0.998 | -0.994 |
| Factor 2  | 32.51                             | 0.574     | -0.538 | 0.027  | -0.99 | 0.995  | -0.04  | -0.044 | -0.081 |
| Factor 3  | 1.11                              | -0.056    | -0.055 | 0.249  | 0.087 | 0.074  | -0.045 | -0.034 | -0.066 |



**Figure 1.** Achieved dendrogram form ear analysis by the minimum variance of ward way on the basis of drought tolerance indices of 10 wheat genotypes under normal irrigation and drought stress conditions



**Figure 2.** Principal component analysis of drought resistance indices



# The effect of supplementary irrigation on Reflectance at Red and Blue and its relationships with Grain yield, Chlorophyll content, Senescence parameters and Drought resistance indices in Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars.

A. Guendouz<sup>1</sup> \*, S. Guessoum<sup>2</sup>, K. Maamri<sup>2</sup>, M. Benidir<sup>1</sup> and M. Hafsi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National institute of the agronomic research Of Algeria, Unit of Research, Setif (INRAA), Algeria

<sup>2</sup>University Ferhat ABBAS, Setif, Department of Agronomy, Algeria

\*Email: guendouz.ali@gmail.com

MS Received : 7<sup>th</sup> April 2012 MS Accepted: 5<sup>th</sup> June 2012

## 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%. 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<sup>-1</sup> 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.

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

The chlorophylls, chlorophyll a and chlorophyll b, are virtually essential pigments for the conversion of light energy to stored

chemical energy. The amount of solar radiation absorbed by a leaf is a function of the photosynthetic pigment content; thus,

chlorophyll content can directly determine photosynthetic potential and primary production (Curran *et al.*, 1990; Filella *et al.*, 1995). In addition, chlorophyll gives an indirect estimation of the nutrient status because much of leaf nitrogen is incorporated in chlorophyll (Filella *et al.*, 1995; Moran *et al.*, 2000). Furthermore, leaf chlorophyll content is closely related to plant stress and senescence (Hendry, 1987; Peñuelas and Filella, 1998). Senescence is defined as the gradual deterioration of its functions with age, as leaves change color because chlorophyll is broken down, water content is reduced and membranes break down (Hafsi *et al.*, 2000). Traditionally, leaf extraction with organic solvents and spectrophotometric determination in solution is required for pigment analysis with wet chemical methods (Lichtenthaler, 1987). Recently, alternative solutions of leaf pigment analysis (i.e. chlorophyll, carotenoids and anthocyanins) with non-destructive optical methods have been developed. These newer methods are non-destructive, inexpensive, quick and now possible in the field (Buschmann and Nagel, 1993).

Transmittance and reflectance spectroscopy is applied extensively for non-destructive estimation of leaf chlorophyll (Gitelson and Merzlyak, 1994). Relationships between reflectance in the visible range and leaf chlorophyll content are essentially nonlinear (Buschmann and Nagel, 1993; Gitelson and Merzlyak, 1994). First-difference transformation of the apparent absorbance, the logarithm of reciprocal reflectance, was found to be the best predictor for nitrogen and chlorophyll in fresh big leaf maple leaves (Yoder and Pettigrew-Crosby, 1995). Gitelson and Merzlyak (1994) have found that reflectance in the spectral bands located quite far from the main absorption bands of pigments near 550 nm and 700 nm were closely hyperbolically related to chlorophyll for a variety of plant species and in a wide range of pigment content and composition. Indices based at these spectral bands were proposed and used to estimate chlorophyll content in the leaves of various plant species (Chappelle *et al.*, 1992; Gitelson *et al.* 1996; Lichtenthaler *et al.*, 1996). Breeding for drought resistance is complicated by the lack of fast, reproducible screening techniques and the inability to routinely create defined and repeatable water stress conditions when a large amount of genotypes can be evaluated efficiently (Ramirez and Kelly, 1998). Achieving a genetic increase in yield under these environments has been recognized to be a difficult challenge for plant breeders while progress in yield grain has been much higher in favorable environments (Richards *et al.*, 2002). Thus, drought indices which provide a measure of drought based on yield loss under drought conditions in comparison to normal conditions have been used for screening drought-tolerant genotypes (Mitra, 2001). These indices are either based on drought resistance or susceptibility of

genotypes (Fernandez, 1992). Drought resistance is defined by Hall (1993) as the relative yield of a genotype compared to other genotypes subjected to the same drought stress. Drought susceptibility of a genotype is often measured as a function of the reduction in yield under drought stress (Blum, 1988) whilst the values are confounded with differential yield potential of genotypes (Ramirez and Kelly, 1998). Rosielle and Hamblin (1981) defined mean productivity (MP) as the average yield of GYs (yield under stress condition) and GYp (yield under non stress condition). Fernandez (1992) defined a new advanced index (STI = stress tolerance index), which can be used to identify genotypes that produce high yield under both stress and non-stress conditions.

The geometric mean productivity (GMP) is often used by breeders interested in relative performance since drought stress can vary in severity in field environment over years (Ramirez and Kelly, 1998). Golabadi *et al.* (2006) and Sio-Se Mardeh *et al.* (2006) suggested that selection for drought tolerance in wheat could be conducted for high MP, GMP and STI under stressed and non-stressed environments. This study aims to evaluate the efficiency of using Image Pro Plus software in the measure of the reflectance at Red and Blue (RB) wavelengths and to investigate the spectral behavior of the relationship between reflectance at RB, Grain yield, mean senescence and chlorophyll content in set of durum wheat genotypes and evaluate the relationship between drought indices and reflectance at Red and Blue. This is to test the difference between genotypes for the percentage of reflectance under two different conditions (irrigated and non irrigated conditions).

## Materials and Methods

Field experiment was conducted during the 2010-2011 cropping season at the experimental field of Setif ITGC, Algeria (5°20'E, 36°8'N, 958 m above mean sea level). The statistical design employed was split plot based on a complete randomized block design (CRBD) with four replications. Total precipitation was recorded as 360.1 mm in 2010-2011 growing season.

Ten durum wheat cultivars (Oued Zenati, Altar, Sooty, Polonicum, Waha, Dukem, Mexicali, Kucuk, Hoggar and Bousselem) were used in this study. These cultivars were planted on November 30, 2010 on a clay-silty soil. The seeds were sown using an experimental drill in 1.2 m x 2.5 m plots consisting of 6 rows with a 20 cm row space and the seeding rates for both experiments were about 300 seeds per m<sup>2</sup>. All plots of the irrigation experiment were irrigated by using a Sprinklers system and the volume of water input for each plot was controlled. Two irrigation regimes were applied; the first irrigation (20 mm) was performed at the time of Elongation (20/

04/2011) (30 zadoks cods) and the second irrigation (20 mm) was applied on (08/05/2011) after heading (50 zadoks cods). Leaf senescence was evaluated by numerical image analysis (NIA) according to Hafsi *et al.* (2000).

Leaves were photographed on black surface, between 11:00 and 12:00 solar time with a color digital camera (Canon, Power Shot A460, AiAF, CHINA). Images were stored in a JPEG (Joint Photographic Expert Group) prior to be downloading onto a PC computer and analyzed using IPP (Image Pro Plus, Version 4, Media Cybernetics, Silver Spring, MA, USA) software. Senescence was expressed as the ratio of senesced area to total leaf area (in percent). Average senescence (Sa %) was calculated as the mean of the  $S_1$  to  $S_6$  values. The date of mid-senescence ( $\hat{O}50$ ) was evaluated from the experimental curves  $S = f(\hat{O}t)$  as the sum of temperature corresponding to the S value of 50%.

The velocity of senescence (Vs) was calculated for each date of senescence measurement as  $(S_{i+1} - S_i) / (\hat{O}t_{i+1} - \hat{O}t_i)$  and Vsa, its mean of velocity (V1 to V12). The SPAD-502 measures the content of chlorophyll (CC) in the leaf, which is related to leaf greenness, by transmitting light from light emitting diodes (LED) through a leaf at wavelengths of 650 and 940 nm; leaf reflectance at Red and Blue (RB) were measured by using IPP (Same images used for measuring leaf senescence used for measuring leaf reflectance in percent). Furthermore, grain yield (GY) was determined from sub-samples taken from harvested grains of each plot. All these parameters were measured under both conditions (irrigated and non irrigated). Drought resistance indices were calculated using the following relationships:

1. Harmonic mean (HM) (Kristin *et al.*, 1997):

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

GYp and GYs were the yield of each cultivars, non-stressed and stressed, respectively.

2. Geometric mean productivity (GMP) and stress tolerance index (STI) (Fernandez, 1992; Kristin *et al.*, 1997):

$$GMP = (GYp * GYs)^{1/2} \quad STI = (GYp * GYs) / (Gvp)^2$$

3. Mean productivity (MP) (Hossain *et al.*, 1990):

$$(GYp + GYs) / 2$$

Data were analyzed using SAS (version 9) for analysis of variance and Fisher's LSD multiple range test was employed for the mean comparisons.

## Results and Discussion

### Reflectance at Red and Blue

As shown in Table 1, 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. Moreover, interaction effect of irrigation regime  $\times$  genotype was highly significant for all the reflectance measured. The results of the present study indicated that the two different conditions of growth (irrigated and non irrigated) had different considerable effects on reflectance at Red (Table 1). Under irrigated condition, reflectance at Red ranged from 9.46% for Bousselem to 36.35% for Hoggar with an average of 21.22% over all genotypes; but under non irrigated condition, reflectance at Red ranged from 10.81% for Waha to 46.92% for Oued Zenati. The difference between reflectance at Red under irrigated and non irrigated condition is 19.35%, where it shows high mean value under non irrigated condition (Table 1).

The ability to assess water stress symptoms in vegetation using spectral reflectance measurements is an important goal for remote sensing research (Jackson *et al.*, 1983). In agricultural crops, it is important to be able to detect the onset of water stress as soon as possible so that preventive measures such as irrigation can be undertaken. The effects of cultivars and irrigation treatment on reflectance at Blue were highly significant (Table 1).

Under non irrigated condition, the percentage of reflectance at Blue ranged from 42.39% for Oued Zenati to 11.05% for Kucuk, but under well watered condition, the reflectance at Blue ranged from 31.32% for Oued Zenati to 8.75% for Polonicum. The higher mean value of reflectance at Blue was recorded under stressed condition (Table 1). Water stress can increase reflectance from corn leaves in both visible and infrared portions of the spectrum (Wooley, 1971). The effect of irrigation on reflectance at Red and Blue wavelengths is illustrated in Fig. 1.

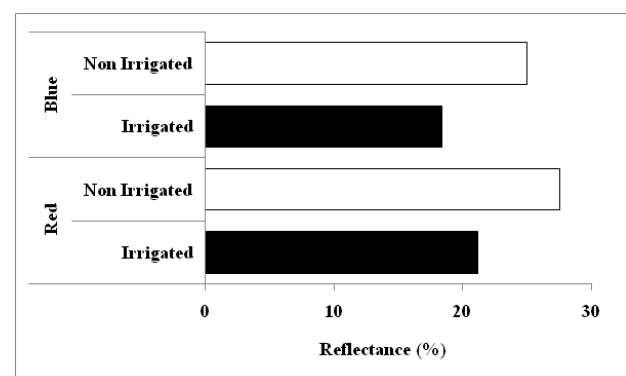


Fig. 1: The effect of irrigation on reflectance at Red and Blue wavelength

**Table 1:** Response of reflectance at Red and Blue of ten durum wheat genotypes tested under irrigated and non irrigated conditions.

| 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         |
| Genotype effect    | ***                | ***           | ***                 | ***           |
| Irrigation effect  | ***                |               | ***                 |               |
| Interaction effect | ***                |               | ***                 |               |
| % Differences      | 19,35              |               | 26,53               |               |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  (SNK test)

### Grain yield and Chlorophyll Content

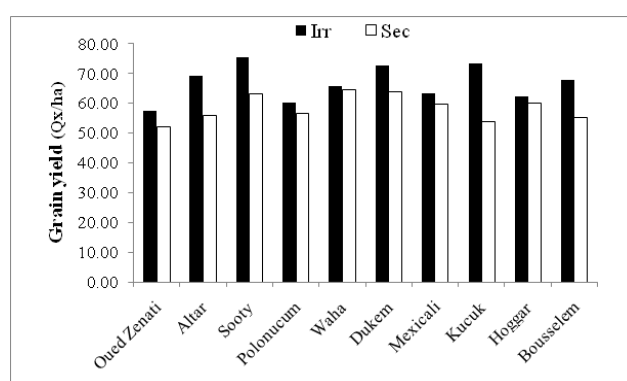
In both conditions (irrigated and non irrigated), the genotype effect was highly significant for grain yield and chlorophyll content (Table 2). Under stressed condition, grain yield ranged from 52.20 Qx ha<sup>-1</sup> for Oued Zenati to 64.63 Qx ha<sup>-1</sup> for Waha with an average of 58.50 Qx ha<sup>-1</sup> over all genotypes, but under well watered condition, grain yield ranged from 57.45 Qx ha<sup>-1</sup> for Oued Zenati to 75.55 Qx ha<sup>-1</sup> for Sooty with a mean of 66.8 Qx ha<sup>-1</sup> over all genotypes. Drought resistance is usually quantified by grain yield under drought.

However, wheat grain yield under drought depends on yield potential as well as the phenology of the genotype (Acevedo, 1991). In this study, the difference between grain yield under stressed and non stressed condition equal 12.42% (Fig. 2, Table 2). Moreover, Donaldson (1996) and Nazeri (2005) have reported that water deficit at post-anthesis stage decreased grain filling period, kernel weight and crop production. According to Blum (1988), identification of high yielding varieties under optimum moisture and water deficit conditions (slow stressing) has been a principal breeding approach for durum and bread wheat genotypes.

### Senescence Parameters

Analysis of variance revealed that average senescence, date of mid-senescence ( $\Sigma 50s$ ) and mean of velocity ( $V_{sa}$ ) was

highly significantly ( $P < 0.001$ ) affected under irrigation regime treatment (Table 3). In addition, the genotypic effect was shown highly significant for all senescence parameters under two conditions. Under irrigated condition, average senescence ranged from 56.51% for Kucuk to 40.24% for Oued Zenati. In this study, the difference between average senescence under irrigated and non irrigated condition equal 8.04%. Date of mid-senescence ( $\Sigma 50s$ ) ranged from 563.51°C day<sup>-1</sup> under irrigated condition to 542.14°C day<sup>-1</sup> under non irrigated



**Fig. 2:** Interaction effect of irrigation regime × genotype on the grain yield

**Table 2:** Response of grain yield and chlorophyll content of ten durum wheat genotypes tested under irrigated and non irrigated conditions.

|                    | GY <sub>I</sub> | GY <sub>NI</sub> | CC <sub>I</sub> | CC <sub>NI</sub> |
|--------------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| 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             |
| Genotype effect    | ***             | ***              | ***             | ***              |
| Irrigation effect  | ***             |                  | ns              |                  |
| Interaction effect | ns              |                  | ns              |                  |
| % Differences      | 12,42           |                  | 0,49            |                  |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  (SNK test).

**I:** Irrigated; **NI:** Non irrigated.

**Table 3:** Ranking of tested genotypes for Sa (Average Senescence),  $\sum 50S$  (Sums of Temperatures Corresponding to an S value 50%) and Vsa (Average Velocity of Senescence).

| Genotype           | Sa %       |               | Vsa       |               | " 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         |
| Genotype Effect    | ***        | ***           | ***       | ***           | ***        | ***           |
| Irrigation Effect  | ***        |               | ***       |               | ***        |               |
| Interaction effect | ***        |               | ***       |               | ***        |               |
| % Differences      | 8,04       |               | 2,97      |               | 3,84       |               |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  (SNK test).

**Table 4:** Resistance indices of ten durum genotypes under stress and non-stress conditions.

|             | 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         | 49,42       | 0,547       | 49,42        | 49,42        |
| Max         | 73,41       | 1,228       | 74,04        | 74,67        |
| LSD 0.05    | 5,495       | 0,175       | 6,323        | 6,511        |

Means followed by the same letter are not significantly different at  $p < 0.05$  (SNK test)

**Table 5.** Correlation between reflectance at Red and Blue wavelengths and grain yield, drought indices, senescence parameters and chlorophyll content under irrigated and non irrigated conditions.

|          | 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   |
| Vsa NI   | 0,66*   | 0,38   | 0,64*  | 0,46    |
| Vsa I    | 0,77**  | 0,41   | 0,69*  | 0,49    |
| “ 50s NI | -0,63*  | 0,001  | -0,63* | -0,03   |
| “ 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, “ 50s: Date of mid-senescence and CC: Chlorophyll content.

condition, the difference between both conditions equal 3.84%. Under irrigated condition, mean velocity of senescence ( $V_{s_a}$ ) ranged from 0.29 for Oued Zenati to 0.173 for Waha, but in non irrigated condition, mean velocity of senescence which is from 0.282 for Oued Zenati to 0.184 for Kucuk.

#### Drought Resistance Indices

In this study, the stress intensity (SI) equals 14.72 %. It is essential to say that this index is just calculable for measuring drought stress intensity in experiment and it has no efficiency to measure stress intensity in varieties (Fisher and Maurer,

1978). The achieved results from calculation of drought tolerance and drought sensitive indices (Table 4) show that MP, GMP and STI having high values indicated stress tolerance considering that Waha, Dukem and Sooty with yields of 64.63, 63.94 and 63.14 Qx ha<sup>-1</sup> respectively are stress tolerant genotypes. Sooty genotype with yield of 63.14 Qx ha<sup>-1</sup> is identified as a tolerant variety.

These indices had identified Oued Zenati and Polonicum with yields of 52.2 and 56.47 Qx ha<sup>-1</sup> respectively as the most critical genotypes under drought stress conditions. Yield and yield-

related traits under stress are independent of yield and yield-related traits under non-stress conditions, but this was not the case in less severe stress conditions. As STI, GMP and MP were able to identify cultivars producing high yield in both conditions (Talebi *et al.*, 2009).

### Correlation among Characteristics

Under both conditions (Irrigated and no irrigated), reflectance at Red and Blue showed a significant and positive correlation ( $r = 0.92$ ,  $r = 0.97$  in irrigated and non irrigated conditions respectively). Gitelson *et al.* (1996) noted the same correlation such as in our study. Grain yield showed a significant and negative correlation with reflectance at Red ( $r = -0.70$ ). The NDVI calculated with measurements of reflected light from the red and NIR bands, has long been used as an indirect measure of crop yield, including that of wheat (Tucker *et al.*, 1980; Pinter *et al.*, 1981).

The negative and significant correlation between reflectance at Red and Grain yield 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 decrease in the photosynthetic capacity is due to the decrease in Radiation-use efficiency.

Ferrio *et al.* (2005) showed that the higher grain yield is correlated with lower reflectance in visible. Under irrigated condition, reflectance at Red showed a significant and negative correlation between all drought resistance indices (HM, STI, GMP and MP) (Table 5). The best correlation between the reflectance at Red and drought resistance indices suggest the efficiency of using the reflectance at Red in screening under drought instead of the drought resistance indices.

Fig. 3 illustrates the regression between Chlorophyll content and reflectance at Red and Blue. The significant and negative correlation between chlorophyll content and reflectance at Red and Blue ( $r = -0.77$ ,  $r = -0.66$  respectively) suggested that the degradation in chlorophyll is paralleled with the increase in reflectance at Red and Blue. Under low chlorophyll content in the canopy (e.g. due to drought or crop senescence), sensitivity is greater in absorption peaks (450 nm, 670nm) (Ferrio *et al.*, 2005). Variations in leaf chlorophyll content detectable by Spectral reflectance have also been shown to be related to leaf development and senescence (Carter and Knapp, 2001).

In general, visible reflectance (400nm-700nm) increases in response to chlorophyll degradation (Knippling, 1970). In addition, there is a significant correlation between reflectance at Red and Blue and mean senescence (Sa %) ( $r = -0.84$ ,  $r = -0.67$  respectively); the reflectance at Red and Blue was significantly

and positively correlated with the velocity of senescence (Vs) under both conditions. In addition to this, the date of mid-senescence ( $\bar{O}50$ ) is negatively correlated with the reflectance at Red and Blue. All this correlation with reflectance at Red and Blue and senescence parameters suggest that the genotype with slow senescence have low values of reflectance, this information can be used in screening under drought condition. Changes in leaf reflectance of green leaves with maturation and senescence have been attributed to changes in chlorophyll and mesophyll arrangement (Grant, 1987).

More specifically, wavelengths near 550 nm and 700 nm have been shown to be particularly sensitive to changes in chlorophyll content during leaf senescence (Gitelson *et al.*, 1994). In addition, Fischer (1983) revealed that radiation use efficiency (RUE) declined during grain filling probably due to sink limitation and/or leaf senescence. Flag leaf photosynthesis in wheat contributed about 30-50% of the assimilates for grain filling (Sylvester-Bradley *et al.*, 1990) and initiation of grain filling coincides with the onset of senescence, therefore, photosynthesis of flag leaf is the most important basis of the formation of grain yield, and the onset and rate of senescence are important factors for determining grain yield (Zhang *et al.*, 2006). Chlorophyll a/b ratio, besides decreasing during senescence, also tends to decrease with decreasing light availability (Oberbauer and Strain, 1986), all this change affects indirectly the grain yield.

### Conclusion

This study confirmed suitability of using numerical image analysis (NIA) for measuring senescence in cereal leaves and give idea for using NIA for estimate the leaf reflectance. The significant correlation between reflectance at Red and Grain yield ( $r = -0.70^*$ ) suggest the efficiency of using the reflectance for the predicting of grain yield in durum wheat. In addition, the best correlation of reflectance at Red and Blue with chlorophyll content ( $r = -0.77^{**}$ ,  $r = -0.66^*$  respectively) suggests the feasibility of using the reflectance for estimate chlorophyll content. Senescence parameters were highly correlated to reflectance; this relation proves that the genotypes with slow senescence have low values of reflectance; all this affects positively photosynthetic ability and increase the final grain yield.

### References

- Acevedo, E. 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use 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, p. 273- 305. INRA, France.

- 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, pp: 191-199.
- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC. Press Inc. Florida, USA. 223 p.
- 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. (B)* **22**:247-252.
- Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J. and Merzlyak, M.N. 1996. Use of 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.
- 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 green 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.
- Oberbauer, S. F. and Strain, B. R. 1986. Effects of canopy position and irradiance on the leaf physiology and morphology of *Pentaclethra macroloba* (Mimosaceae). *Am. J. Bot.*, **73**:409-416.
- Peñuelas, J. and Filella, I. 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci.*, **3**:151-156.
- Pinter, P.J.J., Jackson, R.D., Idso, S.B. and Reginato, R.J. 1981. Multidate spectral reflectance as predictors of yield in water stressed wheat and barley. *Int. J. Remote Sens.* **2**:43-48.
- Ramirez, P. and Kelly, J.D. 1998. Traits related to drought tolerance in common bean. *Euphytica.* **99**:127-136.
- 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.
- Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K. and Mohammadi, V.



2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Res.*, **98**:222-22.
- 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 (1-2): 64-74.
- Tucker, C.J., Elgin, J.H.J. and McMurtrey J.E. III. 1980. Relationship of spectral data to grain yield variation. *Photogrammetric Eng. Remote Sens.* **46**: 657-666.
- 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**:199-211.
- 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.

**ORIGINAL ARTICLES****Predicting the efficiency of using the RGB (Red, Green and Blue) reflectance for estimating leaf chlorophyll content of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under semi arid conditions.****<sup>1</sup>A. Guendouz, <sup>2</sup>S. Guessoum, <sup>2</sup>K. Maamari and <sup>2</sup>M. Hafsi**<sup>1</sup>National institute of the agronomic research Of Algeria, Research Unit of Setif (INRAA).<sup>2</sup>University Ferhat ABBAS, Setif, Department of Agronomy, Algeria.A. Guendouz, S. Guessoum, K. Maamari and M. Hafsi; Predicting the efficiency of using the RGB (Red, Green and Blue) reflectance for estimating leaf chlorophyll content of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under semi arid conditions.**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 efficiency of using leaf RGB reflectance to estimate chlorophyll content. The leaf reflectance at RGB (Red, Green and Blue) and average senescence are measured using the numerical image analyses (NIA) and chlorophyll content (CC) is measured by SPAD instrument. The genotypic effect was shown highly significant for leaf reflectance at RGB, average senescence and chlorophyll content. The reflectance at Red and Blue were significantly correlated with Chlorophyll content ( $r = -0.77$ ,  $r = -0.66$ ; respectively). The results of this study prove the efficiency of using numerical image analysis for estimating leaf reflectance at RGB and the efficiency of using leaf reflectance to estimate chlorophyll content in durum wheat cultivars.

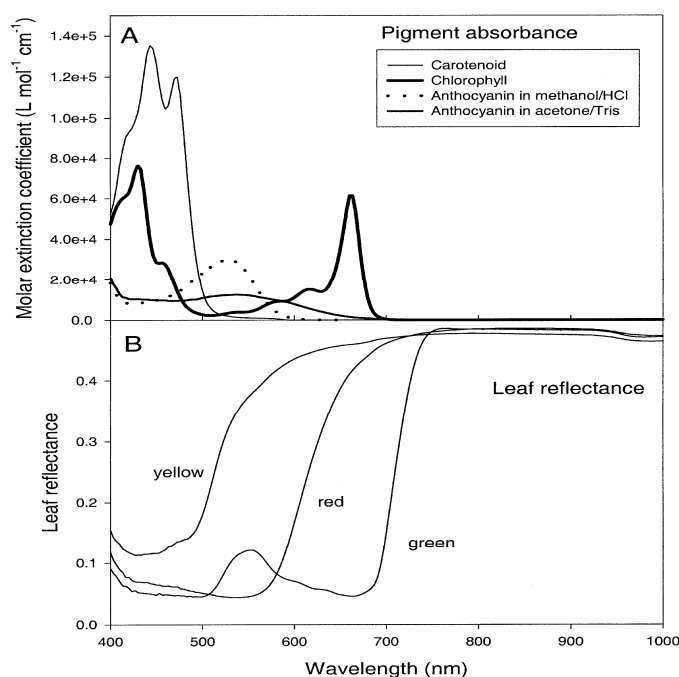
**Key words:** Durum wheat, leaf reflectance, chlorophyll content, senescence.**Introduction**

Pigments are integrally related to the physiological function of leaves. Chlorophylls absorb light energy and transfer it into the photosynthetic apparatus. Carotenoids (yellow pigments) can also contribute energy to the photosynthetic system. However, when incident light energy exceeds that needed for photosynthesis, the carotenoids that compose the xanthophyll cycle dissipate excess energy, thus avoiding damage to the photosynthetic system (Demmig-Adams and Adams, 1996). Anthocyanins (pink, purple, and red pigments) may also protect leaves from excess light or from UV light (Woodall and Stewart, 1998). Because of the importance of pigments for leaf function, variations in pigment content may provide information concerning the physiological state of leaves. Green plants all have unique spectral features, mainly because of the chlorophyll and carotenoid and other pigments and water content can together constitute the spectral feature of a plant (Philip and Shirly, 1978). Traditionally, the predominant method for measuring chlorophyll content is using the spectrophotometer; with this method plant tissues are used, which costs more time and sustain some damage to the plants. The chlorophylls have strong absorbance peaks in the red and blue regions of the spectrum (Figure 1). Since the blue peak overlaps with the absorbance of the carotenoids, it is not generally used for estimation of chlorophyll content. Maximal absorbance in the red region occurs between 660 and 680 nm. However, reflectance at these wavelengths has not proved as useful for prediction of chlorophyll content as has reflectance at slightly longer or shorter wavelengths. This is because relatively low chlorophyll contents are sufficient to saturate absorption in the 660–680 nm region, thus reducing the sensitivity to high chlorophyll contents of spectral indices based on these wavelengths. Consequently, empirical models for prediction of chlorophyll content from reflectance are largely based on reflectance in the 550 or 700 nm regions where higher chlorophyll contents are required to saturate the absorbance (Buschman and Nagel, 1993). Since anthocyanin also absorbs around 550 nm (Figure 1), we chose to work only with chlorophyll indices based on absorbance around 700 nm. As a leaf senesces, there is an increase in the reflectance of visible radiation presumably due to the degradation of chlorophyll (Knippling, 1967). Changes in leaf reflectance of green leaves with maturation and senescence have been attributed to changes in chlorophyll and mesophyll arrangement (Grant, 1987). Recently, digital imagery has become a new trend in plant color analysis. Digital cameras or scanners in combination with computers and appropriate software can be used to photograph, scan, and evaluate leaves for color with relative ease and at an affordable cost. In agriculture, digital technology has been used to characterize color in apples

**Corresponding Author:** A. Guendouz, National institute of the agronomic research Of Algeria, Research Unit of Setif (INRAA).

E-mail: guendouz.ali@gmail.com / ali.guendouz@inraa.dz

(Schrevens and Raeymaeckers, 1992), distinguish weeds from crops (Perez, et al., 2000), identify storage-associated color change in chickory (Zhang, et al., 2003) and apple (Vervaeke, et al., 1994), and evaluate senescence rates in spring wheat (Adamsen, et al., 1999) and durum wheat (Hafsi, et al., 2000 and Guendouz and Maamari, 2011). The objective of this study is to evaluate the efficiency of using numerical image analysis (NIA) for estimate the reflectance at Red, Green and Blue (RGB) and evaluate the efficiency of using the reflectance at RGB to estimate the chlorophyll content in durum wheat cultivars under semi arid conditions.



**Fig. 1:** The upper panel (A) shows molar extinction coefficient spectra for mixed carotenoids, chlorophyll a + b and anthocyanin. Lower panel (B) shows representative leaf reflectance spectra for yellow, red and green *L. styraciflua* leaves. (Lichtenthaler, 1987).

## Materials and methods

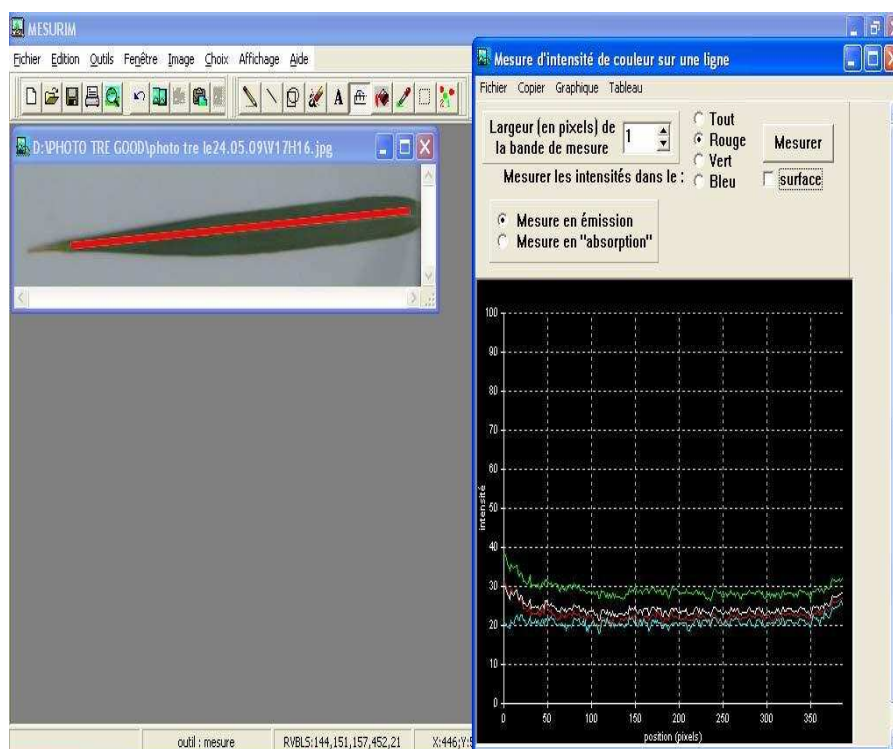
Field experiment was done during the 2010-2011 growing season at the experimental field of ITGC, Setif, Algeria (5°20'E, 36°8'N, 958m above mean sea level). A set of 10 genotypes of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) (Table 1) were planted on November 30, 2010 on a clay-silt. The seeds were sown using an experimental drill in 1.2 m x 2.5 m plots consisting of 6 rows with a 20 cm row space and the seeding rates for experiments were about 300 seeds per m<sup>2</sup>. The plots were fertilized with SULFAZOT (26 % N, 12 % S, 120 Kg ha<sup>-1</sup>) was applied at tillage. Weeds were removed chemically by TOPIC (0.75 L ha<sup>-1</sup>) and GRANSTAR (15 g ha<sup>-1</sup>). In this study, we use the numerical image analysis (NIA) for estimate the reflectance at Red, Green and Blue (RGB). Leaves were photographed on black surface, between 11:00 and 12:00 solar time with a color digital camera (Canon, Power Shot A460, AiAF, CHINA). Images were stored in a JPEG (Joint Photographic Expert Group) prior to downloading onto a PC computer and analyzed using Mesurim Pro (Version 3.3) software (Figure 2). In addition, senescence was expressed as the ratio of senesced area to total leaf area (in per cent). Average senescence (Sa %) was calculated as the mean of the S1 to S6 values using Mesurim Pro software. The SPAD-502 measures the content of chlorophyll (CC) in the leaf, which is related to leaf greenness, by transmitting light from light emitting diodes (LED) through a leaf at wavelengths of 650 and 940 nm.

**Table 1:** Origin of the ten genotypes used in the study.

| Cultivar | Name        | Origin  | Cultivar | Name     | Origin |
|----------|-------------|---------|----------|----------|--------|
| 1        | Bousselem   | Algeria | 6        | Altar    | Mexico |
| 2        | Hoggar      | Algeria | 7        | Dukem    | Mexico |
| 3        | Oued Zenati | Algeria | 8        | Kucuk    | Mexico |
| 4        | Polonicum   | Algeria | 9        | Mexicali | Mexico |
| 5        | Waha        | Algeria | 10       | Sooty    | Mexico |

## Results and discussion

As shown in Table 2, analysis of variance revealed that the reflectance at different wavelengths Red, Green and Blue (RGB) and Average senescence (Sa%) were highly significant ( $P < 0.001$ ) affected by different genotypes. The reflectance at Red is ranged between 46.92% for Oued Zenati to 10.81% for Waha, at Green wavelength the reflectance is ranged between 46.47% for Oued Zenati to 12.87% for Waha. In addition, the reflectance at Blue is ranged from 42.39% for Oued Zenati to 11.05% for Kucuk. At different wavelengths Red, Green and Blue, Oued Zenati register the high values of reflectance (46.92%, 46.47% and 42.39% respectively). The lowest reflectance was observed in the Blue range of the spectrum from 400 to 500 nm (24.99%). This result is confirmed with the study of Merzlyak and Gitelson (1995). Average senescence was ranged from 63.44% for Waha to 44.51% for Oued Zenati. Average senescence correlated positively and significantly with the leaf reflectance at Red and Blue ( $r = 0.84^{**}$ ,  $r = 0.67^*$  respectively). Chlorophyll tends to decline more rapidly than carotenoids when plants are under stress or during leaf senescence (Gitelson and Merzlyak, 1994). Variations in leaf chlorophyll content detectable by spectral reflectance have also been shown to be related to leaf development and senescence (Carter and Knapp, 2001). The genotypic effect was shown highly significant for the chlorophyll content ( $P < 0.001$ ). The chlorophyll content is ranged from 60.7 for Sooty to 50.96 for Polonicum (Table 2). The study of correlation shows that there is a significant and negative correlation between the reflectance at Red and Blue and chlorophyll content ( $r = -0.77^*$ ,  $r = -0.66^*$ ; respectively) (Figure 3), but, there is not a significant correlation between leaf reflectance at Green and chlorophyll content. The chlorophylls have strong absorbance peaks in the Red and Blue regions of the spectrum. The negative and significant correlation between reflectance at Red and Blue and chlorophyll content suggest that the decrease in the photosynthetic capacity of the canopy increase leaf reflectance at Red and Blue due to the degradation of chlorophyll content. Since the Blue peak overlaps with the absorbance of the carotenoids, it is not generally used for estimation of chlorophyll content (Sims and Gamon, 2002). Given that the estimation of canopy chlorophyll content by crop reflectance depends on the product of green biomass and chlorophyll concentration at the leaf level (Filella et al., 1995). In the Blue region, both chlorophylls and carotenoids have high absorbances (Penuelas and Filella, 1998). Provided negative coefficients in the region where only chlorophylls absorb (500–700 nm), the positive coefficients in the Blue region might account for variations in the ratio between carotenoids and chlorophylls. Red reflectance, especially when standardized by reflectance in a non-absorbing waveband is highly correlated with chlorophyll content (Turrell et al. 1961; Everitt et al. 1985). Therefore, Red reflectance should be a reliable metric for chlorophyll content (Horler et al., 1980).

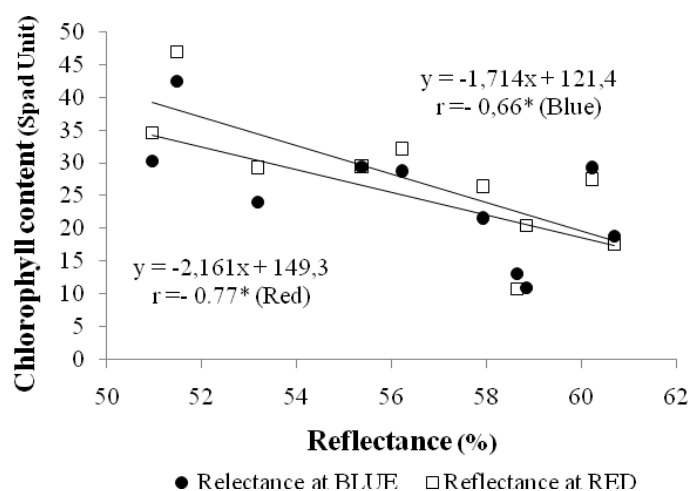


**Fig. 2:** Description of measuring the reflectance at RGB (Red, Green, Blue) using Mesurim Pro software.

**Table 2:** Ranking of tested genotypes for the reflectance at Red, Green and Blue; Chlorophyll content and Average senescence.

| Genotype            | Reflectance (%) at |           |           | Chlorophyll content<br>(SPAD unit) | Average<br>senescence (%) |
|---------------------|--------------------|-----------|-----------|------------------------------------|---------------------------|
|                     | RED                | GREEN     | BLUE      |                                    |                           |
| Oued Zenati         | 46,92(a)           | 46,47(a)  | 42,39(a)  | 51,48(f)                           | 44,51(f)                  |
| Altar               | 32,21(c)           | 31,17(c)  | 28,79(c)  | 56,22(cd)                          | 58,94(bc)                 |
| Sooty               | 27,52(e)           | 27,53(f)  | 29,34(bc) | 60,24(ab)                          | 55,5(cde)                 |
| Polonucum           | 34,63(b)           | 34,79(b)  | 30,24(b)  | 50,96(f)                           | 51,53(e)                  |
| Waha                | 10,81(h)           | 12,87(i)  | 13,20(g)  | 58,65(abc)                         | 63,44(a)                  |
| Dukem               | 17,6(g)            | 18,35 (h) | 18,85(f)  | 60,7(a)                            | 60,26(ab)                 |
| Mexicali            | 26,46(e)           | 25,81(g)  | 21,64(e)  | 57,94(bcd)                         | 54,18(de)                 |
| Kucuk               | 20,47(f)           | 19,44(h)  | 11,05(h)  | 58,85(abc)                         | 54,12(de)                 |
| Hoggar              | 29,5(d)            | 30,19(d)  | 29,41(bc) | 55,37(de)                          | 57,53(bcd)                |
| Bousselem           | 29,3(d)            | 28,6(e)   | 24,01(d)  | 53,18(ef)                          | 56,79(bcd)                |
| Mean                | 27,54              | 27,55     | 24,99     | 56,359                             | 55,68                     |
| Min                 | 10,81              | 12,87     | 11,05     | 50,96                              | 44,51                     |
| Max                 | 46,92              | 46,47     | 42,39     | 60,7                               | 63,44                     |
| LSD <sub>0,05</sub> | 1,096              | 0,957     | 1,004     | 2,73                               | 4,12                      |
| Genotype effect     | ***                | ***       | ***       | ***                                | ***                       |

Different letters indicated significant difference at 0.05 level.

**Fig. 3:** The correlation between reflectance at Red, Blue and Chlorophyll content.

#### Conclusions:

The significant negative correlation between leaf reflectance at Red, Blue and Chlorophyll content ( $r = -0.77^*$ ,  $r = -0.66^*$ ; respectively) suggests that the degradation in chlorophyll content is paralleled with the increase in leaf reflectance. In addition, the significant and positive correlation between average senescence and leaf reflectance suggests that the development of leaf senescence and reflectance are synchronically. Over all, the rustles of this study prove proportionally the efficiency of using numerical image analysis (Mesurim Pro v 3.3) for estimating leaf reflectance at RGB and the efficiency of using leaf reflectance to estimate chlorophyll content in durum wheat cultivars.

#### References

- Adamsen, F.J., Jr., P.J. Pinter, E.M. Barnes, [ et al.], 1999. Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop Science*, 39(3): 719-724.
- Buschmann, C. and E. Nagel, 1993. In vivo spectroscopy and internal optics of leaves as basis for remote sensing of végétation. *Int. J. Remote Sens*, 14: 711-722.
- Carter, G.A. and A.K. Knapp, 2001. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J Bot.*, 84: 677-684.
- Demmig-Adams, B. and W.W. Adams, 1996. The role of xanthophyll cycle carotenoids in the protection of photosynthesis. *Trends in Plant Science*, 1: 21-27.
- Everitt, J.H., A.J. Richardson and H.W. Gaussman, 1985. Leaf reflectance-nitrogen-chlorophyll relations in buffelgrass. *Photogr. Engineer. Remote Sensing*, 51: 463-466.

- Filella, I., L. Serrano, J. Serra and J. Penuelas, 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Sci.*, 35: 1400-1405.
- Gitelson, A. and M.N. Merzlyak, 1994. Spectral reflectance changes associated with autumn senescence of *Aesculus hippocastanum* L and *Acer platanoides* L leaves - spectral features and relation to chlorophyll estimation. *J. Plant Physiol.*, 143: 286-292.
- Grant, L., 1987. Diffuse and Specular Characteristics of Leaf Reflectance. *Rem. Sens. Environ.*, 22: 309-322.
- Guendouz, A. and K. Maamari, 2011. Evaluating durum wheat performance and efficiency of senescence parameter usage in screening under Mediterranean conditions, *Electronic Journal of Plant Breeding*, 2(3): 400-404.
- Hafsi, M., W. Mechmeche, L. Bouamama, A. Djekoune, M. Zaharieva and P. Monneveux, 2000. Flag leaf senescence, as evaluated by numerical image analysis, and its relationship with yield under drought in durum wheat. *J. Agronomy and Crop Sci.*, 185: 275-280.
- Horler, D.N.H., J. Barber and A.R. Barringer, 1980. Effects of heavy metals on the absorbance and reflectance spectra of plants. *Int. J. Remote Sensing*, 1: 121-136.
- Knipling, E.B., 1967. Physical and physiological basis for differences in reflectance of healthy and diseased plants In Proc. Workshop on Infrared Color Photography and diseased plants; Florida Dept. of Agriculture: Winter Haven, Florida.
- Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: S. P. Colowick, & N. O. Kaplan (Eds.), *Methods in enzymology*, (48: 350-382). San Diego, CA: Academic Press.
- Merzlyak, M.N. and A. Gitelson, 1995. Why and what for the leaves are yellow in autumn? On the interpretation of optical spectra of senescing leaves (*Acer platanoides* L.). *J. Plant Physiol.*, 145: 315-320.
- Penuelas, J. and I. Filella, 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci.*, 3: 151-156.
- Perez, A.J., F. Lopez, J.V. Benloch and S. Christensen, 2000. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 25(3): 197-212.
- Philip, H.S. and M.D. Shirly, 1978. *Remote sensing: the quantitative approach*. Mc Graw-Hill, New York. pp: 226-227.
- Schrevens, E. and L. Raeymaeckers, 1992. Colour characterization of golden delicious apples using digital image processing. *Acta Horticulturae*, 304: 159-166.
- Sims, D.A. and J.A. Gamon 2002. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages, *Remote Sensing of Environment*, 81: 337-354.
- Turrell, E.M., J.R. Weber and S.W. Austin, 1961. Chlorophyll content and reflection spectra of citrus leaves. *Bot. Gaz.*, 123: 10-16.
- Vervaeke, F., E. Schrevens, J. Verreydt, [et al.], 1994. The use of digitized video images for monitoring color and color evolution of Jonagold apples during shelf life. In: Yano, T.; Matsuno, R.; Nakamura, K., eds. *Proceedings of the sixth international congress on engineering and food*; 1993 May 23-27; Chiba, Japan. London, UK: Blackie Academic and Professional: 200-202.
- Woodall, G.S. and G.R. Stewart, 1998. Do anthocyanins play a role in UV protection of the red juvenile leaves of *Syzygium*, *Journal of Experimental Botany*, 325: 1447-1450.
- Zhang, M., J. De Baerdemaeker and E. Schrevens, 2003. Effects of different varieties and shelf storage conditions of chicory on deteriorative color changes using digital image processing and analysis. *Food Research International.*, 36(7): 669-676.

## Flag leaf Reflectance Efficiency as Indicator for Drought Tolerance in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) Under Semi Arid Conditions

A. Guendouz<sup>1</sup>, S. Guessoum<sup>2</sup>, K. Maamri<sup>2</sup>, M. Benidir<sup>1</sup>, M. Hafsi<sup>2</sup>

1- National institute of the Agronomic Research of Algeria, Unit of Research, Setif (INRAA), Algeria.  
2- University Ferhat ABBAS, Setif, Department of Agronomy, Algeria.

\*Corresponding Author: A. Guendouz

### Abstract

The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif, Algeria during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012). This study aims to evaluate the efficiency of using Mesurim Pro (Version 3.3) software in the measure of the reflectance at Red (654 nm) and Blue (450 nm) (RB) wavelengths, and to investigate the spectral behavior of the relationship between reflectance at RB, Grain yield, Senescence parameters and Chlorophyll content in set of durum wheat genotypes and evaluate the relationships between drought resistance indices and reflectance at Red and Blue. The reflectance is measured using the numerical image analyses (NIA). The results of the present study indicated that the two different conditions of growth (stress and irrigated conditions) had different considerable effects on all traits tested during the two cropping seasons. The best negative and significant correlation between flag leaf reflectance at Red, Blue, Grain yield and drought resistance indices suggest the efficiency of using the reflectance for the predicting of grain yield and screen tolerant genotypes in durum wheat. In addition, the best correlation between leaf reflectance and senescence parameters suggest that the genotypes with slow senescence have low values of leaf reflectance. All this results prove the efficiency of using Flag leaf reflectance at Red and Blue as suitable tool for screening in durum wheat cultivars for high grain yield and under drought condition.

**Keywords:** Durum wheat, flag leaf reflectance, drought indices, irrigation, Senescence, Chlorophyll, Mesurim Pro.

### Introduction

Solar radiation impinging on the leaf surface is either reflected, absorbed or transmitted. The nature and amounts of reflection, absorption and transmission depend on the wavelength of radiation, angle of incidence, surface roughness and the differences in the optical properties and biochemical contents of the leaves. The first contact of incoming radiation is with the leaf surface, which consists of the cuticle and epidermal layers. Some leaves also have wax and/or leaf hairs over the cuticle and these alter the amounts of light reflected or absorbed by the leaf. Incoming solar radiation is the primary source of energy for the numerous biological processes taking place in plants. The interactions between solar radiation and plants can be divided into three broad categories: thermal effects, photosynthetic effects, and photomorphogenic effects of radiation. Over 70 per cent of incoming solar radiation absorbed by plants is converted into heat and used for maintaining plant temperature and for transpiration (thermal effects) (Slatyer, 1967; Gates, 1968). Photosynthetically active radiation (PAR) (-28% of absorbed energy) is used in photosynthesis and for conversion to high-energy organic compounds. The optical properties of leaves in the PAR region depend on a number of factors, such as conditions of radiation, species, leaf thickness, leaf surface structure, chlorophyll and carotenoid content of leaves, dry matter content per leaf unit area and leaf internal structure (Ross, 1981). Canopy spectral reflectance provides an important method for plant canopy study under different environmental conditions. The visible region of the vegetation reflectance spectrum is characterized by low reflectance and transmittance due to strong absorptions by foliar pigments. For example, chlorophyll pigments absorb violet-blue and red light for photosynthesis. Green light is not absorbed for photosynthesis,

hence most plants appear green. The reflectance spectrum of green vegetation shows absorption peaks around 420, 490 and 660nm. Most of these are caused by strong absorptions of chlorophyll. Leaf optical properties are influenced by the concentration of chlorophyll and other biochemicals, water content, and leaf structure (Gates 1970; Knipling 1970; Woolley 1971). These leaf characteristics are all very variable and therefore also the reflectance of vegetation is a result of a very complex changing process within the leaves, the canopy and the stand.

The amount of solar radiation absorbed by a leaf is a function of the photosynthetic pigment content; thus, chlorophyll content can directly determine photosynthetic potential and primary production (Curran et al., 1990). In addition, chlorophyll gives an indirect estimation of the nutrient status because much of leaf nitrogen is incorporated in chlorophyll (Filella et al., 1995). Furthermore, leaf chlorophyll content is closely related to plant stress and senescence (Hendry, 1987; Peñuelas and Filella, 1998).

Leaf senescence, which is last stage in leaf development, is a highly regulated and programmed degeneration process governed by a variety of developmental and environmental signals (Lim et al., 2003). Senescence is defined as the gradual deterioration of its functions with age, as leaves change color because chlorophyll is broken down, water content is reduced and membranes break down (Hafsi et al., 2000). Environmental cues such as day length and temperature, and various biotic and abiotic sources of stress, can also affect the initiation and progress of leaf senescence. During senescence, some metabolic pathways are triggered and others turned off. These dramatic metabolic changes result in orderly degradation of cellular structures, starting with chloroplasts (Wiedemuth et al., 2005).

Thus, drought indices which provide a measure of drought based on yield loss under drought conditions in comparison to normal conditions have been used for screening drought-tolerant genotypes (Mitra, 2001). These indices are either based on drought resistance or susceptibility of genotypes (Fernandez, 1992). Drought resistance is defined by Hall (1993) as the relative yield of a genotype compared to other genotypes subjected to the same drought stress. Drought susceptibility of a genotype is often measured as a function of the reduction in yield under drought stress (Blum, 1988) whilst the values are confounded with differential yield potential of genotypes (Ramirez and Kelly, 1998). Rosielle and Hamblin (1981) defined mean productivity (MP) as the average yield of GYs (yield under stress condition) and GYp (yield under non stress condition). Fernandez (1992) defined a new advanced index (STI = stress tolerance index), which can be used to identify genotypes that produce high yield under both stress and non-stress conditions. The geometric mean productivity (GMP) is often used by breeders interested in relative performance since drought stress can vary in severity in field environment over years (Ramirez and Kelly, 1998). Golabadi et al. (2006) and Sio-Se Mardeh et al. (2006) suggested that selection for drought tolerance in wheat could be conducted for high MP, GMP and STI under stressed and non-stressed environments. This study aims to evaluate the efficiency of using Mesurim Pro (Version 3.3) software in the measure of the reflectance at Red (654 nm) and Blue (450 nm) (RB) wavelengths, and to investigate the spectral behavior of the relationship between reflectance at RB, Grain yield and chlorophyll content in set of durum wheat genotypes and evaluate the relationships between drought indices, senescence parameters and reflectance at Red and Blue, this study conducted under two different conditions irrigated and stressed and during two cropping seasons 2010/2011 and 2011/2012.

## Materials and Methods

Field experiment was conducted during the 2010-2011 and 2011-2012 cropping seasons at the experimental field of Setif ITGC, Algeria (5°20'E, 36°8'N, 958 m above mean sea level). The statistical design employed was split plot based on a complete randomized block design (CRBD) with four replications. Ten durum wheat cultivars (Oued Zenati, Altar, Sooty, Polonicum, Waha, Dukem, Mexicali, Kucuk, Hoggar and Bousselem) were used in this study. The seeds were sown using an experimental drill in 1.2 m x 2.5 m plots consisting of 6 rows with a 20 cm row space and the seeding rates for both experiments (irrigated and stressed) were about 300 seeds per m<sup>2</sup>. All plots of the irrigation experiment were irrigated by using a Sprinklers system and the volume of water input for each plot was controlled. Two irrigation regimes were applied; the first irrigation (20 mm) was performed at the time of Elongation (30 zadoks cods) and the second irrigation (20 mm) was applied after heading (50 zadoks cods). Flag Leaf reflectance (FLR) and leaf senescence (S) was evaluated by numerical image analysis (NIA) according to Guendouz et al. (2012a) and Hafsi et al (2000). Leaves were photographed on black surface, between 11:00 and 13:00 solar time with a color digital camera (Canon, Power Shot A460, AiAF, CHINA). Images were stored in a JPEG (Joint Photographic Expert Group) prior to be downloading onto a PC computer and analyzed using Mesurim Pro (Version 3.3) software. Average senescence (Sa %) was calculated as the mean of the S1 to S6 values. The date of mid-senescence ( $\sum 50$ ) was evaluated from the experimental curves  $S = f(\sum t)$  as the sum of temperature corresponding to the S value of 50%. The SPAD-502 measures the content of chlorophyll (CC) in the leaf, which is related to leaf greenness, by transmitting light from light emitting diodes (LED) through a



leaf at wavelengths of 650 and 940 nm. Furthermore, grain yield (GY) was determined from sub-samples taken from harvested grains of each plot. All these parameters were measured under both conditions (irrigated and non irrigated). Drought resistance indices were calculated using the following relationships:

1. Harmonic mean (HM) (Kristin et al., 1997):

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

GYp and GYs were the yield of each cultivars, non-stressed and stressed, respectively.

2. Geometric mean productivity (GMP) and stress tolerance index (STI) (Fernandez, 1992; Kristin et al., 1997):

$$GMP = (GYp * GYs)^{1/2}$$
$$STI = (GYp * GYs) / (GYp)^2$$

3. Mean productivity (MP) (Hossain et al., 1990):

$$(GYp + GYs) / 2$$

Data were analyzed using SAS (version 9) for analysis of variance and Fisher's LSD multiple range test was employed for the mean comparisons.

## Results and Discussions

### Grain yield (GY) and Chlorophyll content (CC)

The results of the present study indicated that the two different conditions of growth (stress and non stress conditions) had different considerable effects for grain yield but not for chlorophyll content during the two cropping seasons. The average of chlorophyll content under both conditions and during two cropping seasons is illustrated in Figure 1. The average of grain yield is presented in Table 1 of the 10 genotypes tested over two conditions. During the first cropping season (2010/2011) and under irrigated condition the grain yield ranged from 57.45 Qx ha<sup>-1</sup> for Oued Zenati to 75.55 Qx ha<sup>-1</sup> for Sooty with a mean of 66.8 Qx ha<sup>-1</sup> over all genotypes, but under stressed condition, grain yield ranged from 52.20 Qx ha<sup>-1</sup> for Oued Zenati to 64.63 Qx ha<sup>-1</sup> for Waha with an average of 58.50 Qx ha<sup>-1</sup> over all genotypes. In second cropping season (2011/2012), the grain yield of ten genotypes tested ranged between 21.45-36.87 q/ha in stressed condition and 26.62-58.56 q/ha in well-watered condition (Table 1). During two cropping seasons 2010/2011 and 2011/2012 the difference between grain yield under stressed and irrigated conditions equal 12.42 and 29.88% respectively. Drought resistance is usually quantified by grain yield under drought. However, wheat grain yield under drought depends on yield potential as well as the phenology of the genotype (Acevedo, 1991). Donaldson (1996) and Nazeri (2005) have reported that water deficit at post-anthesis stage decreased grain filling period, kernel weight and crop production. According to Blum (1988), identification of high yielding varieties under optimum moisture and water deficit conditions (slow stressing) has been a principal breeding approach for durum and bread wheat genotypes.

### Drought resistance indices (DRIs)

In this study and during the first cropping season (2010/2011), the stress intensity (SI) equal 14.72 %. It is essential to say that this index is just calculable for measuring drought stress intensity in experiment and it has no efficiency to measure stress intensity in varieties (Fisher and Maurer, 1978). The achieved results from calculation of drought tolerance and drought sensitive indices (Table 2) show that MP, GMP and STI having high values indicated stress tolerance considering that Waha, Dukem and Sooty with yields of 64.63, 63.94 and 63.14 Qx ha<sup>-1</sup> respectively are stress tolerant genotypes. Sooty genotype with yield of 63.14 Qx ha<sup>-1</sup> is identified as a tolerant variety. These indices had identified Oued Zenati and Polonicum with yields of 52.2 and 56.47 Qx ha<sup>-1</sup> respectively as the most critical genotypes under drought stress conditions. During the second cropping season (2011/2012), the stress intensity (SI) was 27.11 %. Achieved results from calculation of drought tolerance and drought sensitive indices (Table 2) shows that the higher value of MP, GMP and STI indicated stress tolerance. Under both conditions values of GMP, HM and MP ranged between 23-44. As STI, GMP and MP were able to identify cultivars producing high yield in both conditions (Talebi et al., 2009). According to Fernandez (1992) the best index to select varieties, is stress tolerance index (STI), as it can separate varieties which has high yield in both stressed and non-stressed conditions (group A) from two groups of varieties which have just relatively batter yield under non-stressed (group B) or stressed (group C) conditions.

### Flag Leaf Reflectance (FLR)

In this study flag leaf reflectance was measured at Red (654 nm) and Blue (450 nm), under stressed and irrigated conditions and during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012). As shown in Table 3, 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 and during two cropping seasons. Moreover, interaction effect of irrigation regime $\times$ genotype was highly significant for all the reflectance measured. The results of the present study indicated that the two different conditions of growth (irrigated and non irrigated conditions) had different considerable effects on reflectance at Red and Blue. During the first season (2010/2011) and under irrigated condition, reflectance at Red ranged from 9.46% for Bousselem to 36.35% for Hoggar with an average of 21.22% over all genotypes; but under non irrigated condition, reflectance at Red ranged from 10.81% for Waha to 46.92% for Oued Zenati. The difference between reflectance at Red under irrigated and non irrigated condition is 19.35%, where it shows high mean value under non irrigated condition (Table 3). Under non irrigated condition, the percentage of reflectance at Blue ranged from 42.39% for Oued Zenati to 11.05% for Kucuk, but under well watered condition, the reflectance at Blue ranged from 31.32% for Oued Zenati to 8.75% for Polonicum. The higher mean value of reflectance at Blue was recorded under stressed condition. During the second cropping season (2011/2012) and under stressed conditions leaf reflectance at Red is ranged between 14.1% for Waha to 23.86% for Dukem with an average of 20.45% over all genotypes, but under irrigated conditions ranged from 13.67% for Sooty to 24.1% for Oued Zenati with an average of 18.06% over all genotypes. The difference between reflectance at Red under irrigated and non irrigated condition is 11.77%, where it shows high mean value under non irrigated condition. Under non irrigated condition, the percentage of reflectance at Blue ranged from 23.98% for Mexicali to 31.49% for Bousselem with an average of 27.93%, but under well watered condition, the reflectance at Blue ranged from 20.67% for Dukem to 32.33% for Oued Zenati with an average of 25.21% (Table 3). The ability to assess water stress symptoms in vegetation using spectral reflectance measurements is an important goal for remote sensing research (Jackson et al., 1983). In agricultural crops, it is important to be able to detect the onset of water stress as soon as possible so that preventive measures such as irrigation can be undertaken. Water stress can increase reflectance from corn leaves in both visible and infrared portions of the spectrum (Wooley, 1971). A different approach in analyzing leaf reflectance spectrum employs a color description system that models color perception over the entire visible range. Since many plant stress factors impact on leaf biochemistry and morphology and consequently on reflectance spectral characteristics in the visible range, it follows that these changes can be related to leaf color. Hence, an analysis of stress in terms of leaf colorimetric response represents an entirely valid option (Bacci et al., 1998).

### Senescence parameters (S)

During two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012), analysis of variance revealed that average senescence (Sa%) and date of mid-senescence ( $\Sigma 50s$ ) was highly significantly ( $P < 0.001$ ) affected under irrigation regime treatment (Table 4). In addition, the genotypic effect was shown highly significant for all senescence parameters under two conditions (stressed and irrigated). During the first season (2010/2011) and under irrigated condition, average senescence ranged from 56.51% for Kucuk to 40.24% for Oued Zenati. In this season, the difference between average senescence under irrigated and non irrigated condition equal 8.04%. Date of mid-senescence ( $\Sigma 50s$ ) ranged from 563.51 $^{\circ}C\ day^{-1}$  under irrigated condition to 542.14 $^{\circ}C\ day^{-1}$  under non irrigated condition, the difference between both conditions equal 3.84%. During the second season, average senescence (Sa%) ranged from 44.06% for Oued Zenati to 64.04% Dukem under irrigated condition, but under stressed condition Sa% ranged from 48.56% for Oued Zenati to 67.76% for Waha. The difference between average senescence under irrigated and non irrigated condition equal 4.33%. Date of mid-senescence ( $\Sigma 50s$ ) ranged between 577.88  $^{\circ}C\ day^{-1}$  in irrigated condition to 542.48 $^{\circ}C\ day^{-1}$  in stressed condition and the difference between both conditions equal 6.12%.

### Correlation among Characteristics

#### Correlations among FLR and GY

In this study and during the two cropping seasons, grain yield showed a significant and negative correlation with reflectance at Red and Blue (Table 5). The best negative and significant correlation between leaf reflectance at Red and Grain yield ( $r = -0.70$ ) under stressed condition and in first cropping season (2010/2011) 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 decrease in the photosynthetic capacity is due to the decrease in Radiation-use efficiency. The measurement of the spectral signature of crop canopies at visible and near-infrared (VIS/NIR) regions of the electromagnetic spectrum has shown to be useful to monitor crop growth conditions (Bauer, 1975; Walburg et al., 1982). Spectral reflectance measurements have been successfully used to estimate biomass, leaf area index, photosynthesis and/or yield in several species of trees (Richardson et al., 2001), rice (Vaesen et al., 2001), bread wheat (Filella et al., 1995) and durum wheat (Aparicio et al., 2004; Royo et al., 2003). Ferrio et al.

(2005) showed that the higher grain yield is correlated with lower reflectance in visible. The results indicate the potential of using flag leaf reflectance wheat yield prediction.

### **Correlations among FLR and DRIs**

Drought indices which provide a measure of drought based on yield loss under drought conditions in comparison to normal conditions have been used for screening drought-tolerant genotypes (Mitra, 2001). As shown in Table 4 and during the two cropping seasons, leaf reflectance has a significant and negative correlation with Drought resistance indices (DRIs). During the first cropping season (2010/2011), leaf reflectance at Red and Blue has a significant and negative correlation with all drought indices under stressed condition only. During the second cropping season (2011/2012), the reflectance at Red under irrigated condition has significant and negative correlation with drought resistance indices, but under stressed condition only leaf reflectance at blue has a significant and negative correlation with all drought resistance indices except stress tolerance index (STI). The best correlation between flag leaf reflectance at Red, Blue and drought resistance indices suggest the efficiency of using the leaf reflectance in screening under drought instead of the drought resistance indices. Guendouz et al. (2012b) registered significant and negative correlations between leaf reflectance at Red, Blue and Drought resistance indices.

### **Correlations among FLR, Senescence parameters and Chlorophyll content**

As shown in Table 5 and during two cropping seasons average senescence (Sa%) correlated significantly and negatively with flag leaf reflectance. In addition, date of mid-senescence ( $\Sigma 50s$ ) correlated significantly and negatively with flag leaf reflectance at Red and Blue during two cropping seasons and under both conditions stressed and irrigated. These best correlations suggest that the genotype with slow senescence have low values of reflectance, this information can be used in screening under drought condition. Chlorophyll content showed a significant and negative correlation with leaf reflectance at red and blue during two cropping seasons and under both conditions stressed and irrigated. Changes in leaf reflectance of green leaves with maturation and senescence have been attributed to changes in chlorophyll and mesophyll arrangement (Grant, 1987). Variations in leaf chlorophyll content detectable by Spectral reflectance have also been shown to be related to leaf development and senescence (Carter and Knapp, 2001). In general, visible reflectance (400nm-700nm) increases in response to chlorophyll degradation (Knipling, 1970). More specifically, wavelengths near 550 nm and 700 nm have been shown to be particularly sensitive to changes in chlorophyll content during leaf senescence (Gitelson et al., 1994). In addition, Fischer (1983) revealed that radiation use efficiency (RUE) declined during grain filling probably due to sink limitation and/or leaf senescence. Flag leaf photosynthesis in wheat contributed about 30-50% of the assimilates for grain filling (Sylvester-Bradley et al., 1990) and initiation of grain filling coincides with the onset of senescence, therefore, photosynthesis of flag leaf is the most important basis of the formation of grain yield, and the onset and rate of senescence are important factors for determining grain yield (Zhang et al., 2006).

### **Conclusion**

This study confirmed suitability of using numerical image analysis (NIA) for measuring flag leaf reflectance in durum wheat leaves by Mesurim Pro (Version 3.3) software. The best negative and significant correlation between flag leaf reflectance at Red, Blue and Grain yield suggest the efficiency of using the reflectance for the predicting of grain yield in durum wheat, many studies showed that the higher grain yield is correlated with lower reflectance in visible. Flag leaf reflectance at Red and Blue showed a significant and negative correlation with drought resistance indices during two cropping seasons, this best correlation suggest that the leaf reflectance it's very suitable tool for estimate the crop drought resistance in durum wheat cultivars. In addition, Senescence parameters and Chlorophyll content was highly correlated to leaf reflectance, all this results prove the efficiency of using Flag leaf reflectance at Red and Blue as suitable tool for screening in durum wheat cultivars and under drought conditions.

Table 1. Ranking of tested genotypes for grain yield under both conditions stressed and irrigated and during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012)

| Cropping Season 2010/2011 |           |           | Cropping Season 2011/2012 |           |          |
|---------------------------|-----------|-----------|---------------------------|-----------|----------|
| Genotype                  | GY i      | GY s      | Genotype                  | GY i      | GY s     |
| Oued Zenati               | 57,45d    | 52,20d    | Oued Zenati               | 26,62 c   | 21,45 b  |
| Altar                     | 69,14abc  | 55,94bcd  | Altar                     | 43,04 abc | 24,86 ab |
| Sooty                     | 75,55a    | 63,14abc  | Sooty                     | 44,08 abc | 27,33 ab |
| Polonucum                 | 60,18cd   | 56,47abcd | Polonucum                 | 44,82 abc | 32,68 ab |
| Waha                      | 65,94abcd | 64,63a    | Waha                      | 49,11 ab  | 35,24 a  |
| Dukem                     | 72,70ab   | 63,94ab   | Dukem                     | 33,67 bc  | 29,75 ab |
| Mexicali                  | 63,44bcd  | 59,64abcd | Mexicali                  | 45,80 abc | 32,90 ab |
| Kucuk                     | 73,53a    | 53,96d    | Kucuk                     | 47,08 ab  | 36,87 a  |
| Hoggar                    | 62,36cd   | 60,05abcd | Hoggar                    | 58,56 a   | 30,23 ab |
| Bousselem                 | 67,75abc  | 55,01cd   | Bousselem                 | 46,66 ab  | 36,87 a  |
| Mean                      | 66,8      | 58,502    | Mean                      | 43,944    | 30,818   |
| Min                       | 57,45     | 52,2      | Min                       | 26,62     | 21,45    |
| Max                       | 75,55     | 64,63     | Max                       | 58,56     | 36,87    |
| LSD 0,05                  | 9,779     | 8,154     | LSD 0,05                  | 19,65     | 13,6     |
| Genotype effect           | ***       | ***       | Genotype effect           | ***       | ***      |
| Irrigation effect         | **        |           | Irrigation effect         | **        |          |
| Interaction effect        | ns        |           | Interaction effect        | ns        |          |
| % Differences             | 12,42%    |           | % Differences             | 29,88%    |          |

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

Table 2. Ranking of tested genotypes for drought resistance indices during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012)

| Genotype    | Cropping Season 2010/2011 |           |            |            |             | Cropping Season 2011/2012 |          |          |           |  |
|-------------|---------------------------|-----------|------------|------------|-------------|---------------------------|----------|----------|-----------|--|
|             | HM                        | STI       | GMP        | MP         | Genotype    | HM                        | STI      | GMP      | MP        |  |
| Oued Zenati | 56,008ef                  | 0,671e    | 54,668e    | 54,831e    | Oued Zenati | 23,65 b                   | 0,315 b  | 23,83 b  | 24,03 c   |  |
| Altar       | 61,523cd                  | 0,87bcd   | 62,027bcd  | 62,54bcd   | Altar       | 31,39 ab                  | 0,619 ab | 32,64 ab | 33,95 abc |  |
| Sooty       | 68,269a                   | 1,065a    | 68,805a    | 69,352a    | Sooty       | 32,53 ab                  | 0,623 ab | 34,05 ab | 35,71 abc |  |
| Polonucum   | 55,103f                   | 0,758de   | 57,926de   | 58,333de   | Polonucum   | 37,71 a                   | 0,794 a  | 38,23 a  | 38,75 ab  |  |
| Waha        | 66,705abc                 | 0,955abc  | 65,227abc  | 65,291abc  | Waha        | 40,03 a                   | 0,957 a  | 41,08 a  | 42,17 ab  |  |
| Dukem       | 67,476ab                  | 1,039ab   | 68,081ab   | 68,322ab   | Dukem       | 31,52 ab                  | 0,551 ab | 31,60 ab | 31,71 bc  |  |
| Mexicali    | 62,702bcd                 | 0,849cd   | 61,477cd   | 61,546cd   | Mexicali    | 37,80 a                   | 0,873 a  | 38,56 a  | 39,35 ab  |  |
| Kucuk       | 62,094bc                  | 0,891abcd | 62,915abcd | 63,749abcd | Kucuk       | 41,07 a                   | 0,972 a  | 41,52 a  | 41,98 ab  |  |
| Hoggar      | 59,392def                 | 0,828cde  | 60,582cde  | 61,208cde  | Hoggar      | 37,78 a                   | 0,902 a  | 40,81 a  | 44,40 a   |  |
| Bousselem   | 60,685de                  | 0,833cde  | 60,995cd   | 61,382cd   | Bousselem   | 40,59 a                   | 0,922 a  | 41,17 a  | 41,77 ab  |  |
| Mean        | 61,9957                   | 0,8759    | 62,2703    | 62,6554    | Mean        | 35,407                    | 0,7528   | 36,349   | 37,382    |  |
| Min         | 55,103                    | 0,671     | 54,668     | 54,831     | Min         | 23,65                     | 0,315    | 23,83    | 24,03     |  |
| Max         | 68,269                    | 1,065     | 68,805     | 69,352     | Max         | 41,07                     | 0,972    | 41,52    | 44,4      |  |
| LSD 0,05    | 5,495                     | 0,175     | 6,323      | 6,511      | LSD 0,05    | 12,25                     | 0,45     | 11,77    | 11,89     |  |

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

Table 3. Ranking of tested genotypes for Flag leaf reflectance under both conditions stressed and irrigated and during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012)

| Genotype           | Cropping Season 2010/2011 |         |          |          | Cropping Season 2011/2012 |          |           |          |          |
|--------------------|---------------------------|---------|----------|----------|---------------------------|----------|-----------|----------|----------|
|                    | Traits                    |         |          |          | Traits                    |          |           |          |          |
|                    | R Red i                   | R Red s | R Blue i | R Blue s | Genotype                  | R Red i  | R Red s   | R Blue i | R Blue s |
| Oued Zenati        | 35,27b                    | 46,92a  | 31,32a   | 42,39a   | Oued Zenati               | 24,1 a   | 22,3 bc   | 32,33 a  | 30,29 b  |
| Altar              | 16,82f                    | 32,21c  | 16,57d   | 28,79c   | Altar                     | 21,7 bc  | 22,62 ab  | 30,58 b  | 28,89 b  |
| Sooty              | 14,21g                    | 27,52e  | 15,01e   | 29,34bc  | Sooty                     | 13,67 g  | 18,4 fg   | 22,37 f  | 25,5 d   |
| Polonucum          | 10,21h                    | 34,63b  | 8,57h    | 30,24b   | Polonucum                 | 14,49 fg | 21,03 cd  | 22,37 f  | 30,36 b  |
| Waha               | 19,25e                    | 10,81h  | 16,79d   | 13,20g   | Waha                      | 15,95 e  | 17,6 g    | 22,83 f  | 26,69 c  |
| Dukem              | 17,28f                    | 17,6g   | 11,52f   | 18,85f   | Dukem                     | 14,96 ef | 23,86 a   | 20,67 g  | 26,53 c  |
| Mexicali           | 25,42d                    | 26,46e  | 20,76c   | 21,64e   | Mexicali                  | 22,53 b  | 19,39 ef  | 28,31 c  | 23,98 e  |
| Kucuk              | 27,98c                    | 20,47f  | 22,15b   | 11,05h   | Kucuk                     | 18,24 d  | 17,72 g   | 24,54 e  | 24,42 e  |
| Hoggar             | 36,35a                    | 29,5d   | 30,93a   | 29,41bc  | Hoggar                    | 14,08 fg | 20,54 de  | 21,16 g  | 30,13 b  |
| Bousselem          | 9,46i                     | 29,3d   | 10,03g   | 24,01d   | Bousselem                 | 20,88 c  | 21,28 bcd | 26,95 d  | 31,49 a  |
| Mean               | 21,22                     | 27,54   | 18,36    | 24,99    | Mean                      | 18,06    | 20,47     | 25,21    | 27,93    |
| Min                | 9,46                      | 10,81   | 8,57     | 11,05    | Min                       | 13,67    | 17,6      | 20,67    | 23,98    |
| Max                | 36,35                     | 46,92   | 31,32    | 42,39    | Max                       | 24,10    | 23,86     | 32,33    | 31,49    |
| LSD 0,05           | 0,697                     | 1,096   | 0,705    | 1,004    | LSD 0,05                  | 1,14     | 1,54      | 0,73     | 0,92     |
| Genotype effect    | ***                       | ***     | ***      | ***      | Genotype effect           | ***      | ***       | ***      | ***      |
| Irrigation effect  | ***                       |         | ***      |          | Irrigation effect         | ***      |           | ***      |          |
| Interaction effect | ***                       |         | ***      |          | Interaction effect        | ***      |           | ***      |          |
| % Differences      | -29,78%                   |         | -36,11%  |          | % Differences             | -11,77%  |           | -9,73%   |          |

Means followed by the same letter are not significantly different at p<0.05, \*\*\*: Significant at 0.1%.

Table 4. Ranking of tested genotypes for Senescence parameters under both conditions stressed and irrigated and during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012)

| Traits            | Cropping Season 2010/2011 |         |          |          | Cropping Season 2011/2012 |         |          |         |
|-------------------|---------------------------|---------|----------|----------|---------------------------|---------|----------|---------|
|                   | Genotype                  | Sa %    | Sec      | Σ 50 s   | Genotype                  | Sa %    | Sec      | Σ 50 s  |
| Oued Zenati       | 40,24d                    | 44,51d  | 356,78f  | 373,08f  | Oued Zenati               | 44,96e  | 48,56e   | 390,08f |
| Altar             | 51,79c                    | 58,94ab | 593,49cb | 615,05ab | Altar                     | 55,57c  | 63,26ab  | 622,05b |
| Sooty             | 52,37a                    | 55,5bc  | 594,93cb | 610,63ab | Sooty                     | 59,28bc | 56,69cd  | 617,63b |
| Polonucum         | 43,19b                    | 51,53c  | 479,54e  | 524,58d  | Polonucum                 | 46,97e  | 55,85cd  | 531,58d |
| Waha              | 51,1a                     | 63,44a  | 578,72c  | 640,59a  | Waha                      | 54,88d  | 67,76a   | 687,25a |
| Dukem             | 53,32a                    | 60,26ab | 515,37d  | 555,44c  | Dukem                     | 64,04a  | 57,64cd  | 562,44c |
| Mexicali          | 51,31a                    | 54,18bc | 612,43ab | 629,94ab | Mexicali                  | 57,96c  | 55,63d   | 636,94b |
| Kucuk             | 56,51a                    | 54,12bc | 625,25a  | 611,19ab | Kucuk                     | 57,90c  | 60,83bcd | 634,66b |
| Hoggar            | 55,8a                     | 57,53bc | 594,25cb | 604,97b  | Hoggar                    | 61,31b  | 60,12bcd | 611,97b |
| Bousselem         | 56,39a                    | 56,79bc | 470,64e  | 472,63e  | Bousselem                 | 60,17bc | 61,11bc  | 483,96e |
| Mean              | 51,2                      | 55,68   | 542,14   | 563,81   | Mean                      | 56,3    | 58,74    | 577,88  |
| Min               | 40,24                     | 44,51   | 356,78   | 373,08   | Min                       | 44,96   | 48,56    | 390,08  |
| Max               | 56,51                     | 63,44   | 625,25   | 640,59   | Max                       | 64,04   | 67,76    | 687,25  |
| LSD 0,05          | 3,98                      | 4,12    | 16,23    | 21,37    | LSD 0,05                  | 2,32    | 5,28     | 25,7    |
| Genotype Effect   | ***                       | ***     | ***      | ***      | Genotype Effect           | ***     | ***      | ***     |
| Irrigation Effect | ***                       | ***     | ***      | ***      | Irrigation Effect         | ***     | ***      | ***     |
| % Differences     | 8,04%                     | 3,84%   | 4,33%    | 6,12%    | % Differences             | 4,33%   | 6,12%    | 6,12%   |

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

Table 5. Correlation among Characteristics studies under both conditions stressed and irrigated and during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012)

|          |  | Cropping Season 2010/2011 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------|--|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          |  | GY i                      | GY s   | CC i   | CC s   | Sa i   | Sa s   | ∑ 50 i | ∑ 50 s | HM     | STI    | GMP    | MP     |
| R Red i  |  | -0,38                     | -0,21  | 0,19   | -0,04  | -0,08  | -0,35  | -0,08  | 0,00   | -0,26  | -0,38  | -0,38  | -0,37  |
| R Red s  |  | -0,58*                    | -0,70* | -0,48* | -0,77* | -0,63* | -0,84* | -0,71* | -0,63* | -0,77* | -0,75* | -0,77* | -0,76* |
| R Blue i |  | -0,40                     | -0,27  | 0,19   | -0,11  | -0,12  | -0,40  | -0,13  | -0,03  | -0,29  | -0,42  | -0,42  | -0,42  |
| R Blue s |  | -0,56*                    | -0,40  | -0,32  | -0,66* | -0,66* | -0,67* | -0,65* | -0,63* | -0,58* | -0,56* | -0,59* | -0,59* |
|          |  | Cropping Season 2011/2012 |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|          |  | GY i                      | GY s   | CC i   | CC s   | Sa i   | Sa s   | ∑ 50 i | ∑ 50 s | HM     | STI    | GMP    | MP     |
| R Red i  |  | -0,54*                    | -0,52* | -0,29  | 0,03   | -0,05  | -0,36  | -0,60* | -0,56* | -0,59* | -0,63* | -0,60* | -0,60* |
| R Red s  |  | -0,29                     | -0,11  | -0,46* | -0,23  | -0,20  | -0,14  | -0,26  | -0,21  | -0,15  | -0,11  | -0,20  | -0,25  |
| R Blue i |  | -0,04                     | -0,26  | -0,39  | -0,46* | -0,36  | -0,08  | -0,62* | -0,64* | -0,21  | -0,21  | -0,18  | -0,14  |
| R Blue s |  | -0,46*                    | -0,45* | -0,46* | -0,14  | -0,48* | -0,33  | -0,44  | -0,39  | -0,46* | -0,40  | -0,49* | -0,51* |

\* Significant correlation at 0.2 %



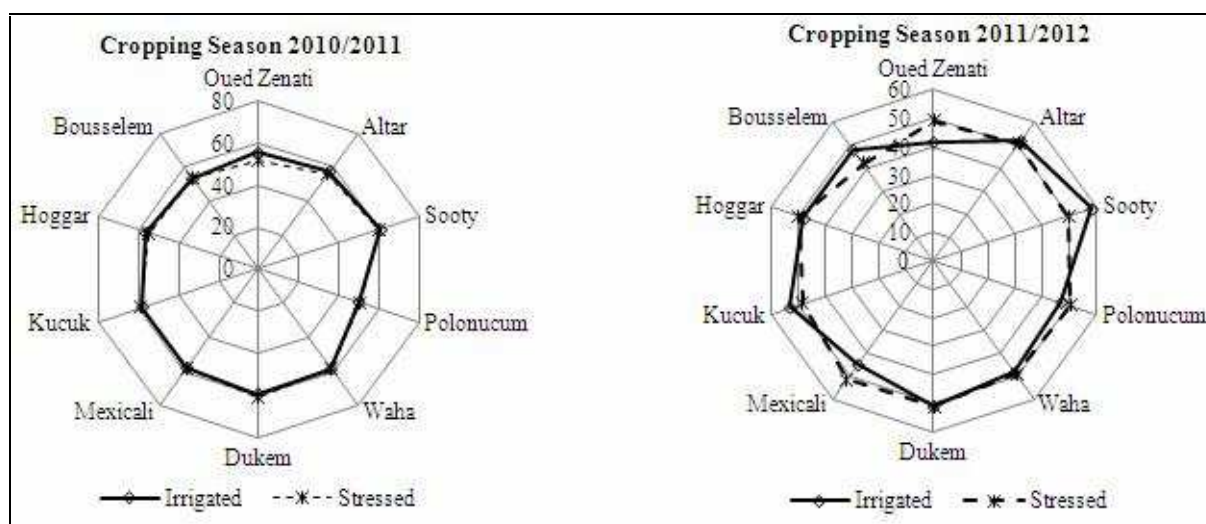


Figure 1. Interaction effect of irrigation regime  $\times$  genotype on Chlorophyll content during two cropping seasons (2010/2011 and 2011/2012)

### References

- Acevedo E, 1991. Improvement of winter cereal crops in Mediterranean environments: use 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*, p 273- 305.
- Aparicio N, Villegas D, Royo C, Casadesus J, Araus JL, 2004. Effect of sensor view angle on the assessment of agro-nomic traits by ground level hyper-spectral reflectance measurements in durum wheat under contrasting Mediterranean conditions. *Int. J. Remote Sens*, 25: 1131–1152.
- Bacci L, De Vincenzi M, Rapi B, Arca B, Benincasa F, 1998. Two methods for the analysis of colorimetric components applied to plant stress monitoring. *Comput. Electron. Agric*, 19:167-186.
- Bauer ME, 1975. The role of remote sensing in determining the distribution and yield of crops. *Adv. Agron*, 27: 271– 304.
- 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*, p 191-199.
- Carter GA, Knapp AK, 2001. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J Bot*, 84: 677–684.
- Curran PJ, Dungan JL, Gholz HL, 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 GCJ, 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, 1992.
- Ferrio JP, Villegas D, Zarco J, Aparicio, N, Araus JL, Royo C, 2005. Assessment of durum wheat yield using visible and near-infrared reuectance spectra of canopies. *Field Crops Res*, 94:126-148.
- Filella I, Serrano L, Serra J, Penuelas J, 1995. Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. *Crop Sci*, 35: 1400–1405.
- Fischer RA, 1983. Wheat. In *Proceeding Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments*, p 129-154.
- Fischer RA, Maurer R, 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield response. *Aust. J. of Agric. Res*, 29: 897-912.
- Gates DM, 1968. Transpiration and leaf temperature. *Annual Review of Plant Physiology*, 19: 211- 238.
- Gates DM, 1970. Physical and Physiological Properties of Plants .*Remote Sensing*, p 225-252.
- Gitelson AA, Merzlyak MN, 1994. Quantitative estimation of chlorophyll a using reflectance spectra: Experiments with autumn chestnut and maple leaves. *J. Photoch. Photobio*, 22: 247–252.
- Golabadi M, Arzani A, Maibody SAM, 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.
- Guendouz A, Guessoum S, Maamari K, Benidir M, Hafsi M, 2012b. The effect of supplementary irrigation on Reflectance at Red and Blue and its relationships with grain yield, Chlorophyll content, Senescence

- parameters and Drought resistance indices in Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars. *International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology*, 5(2): 151-159.
- Guendouz A, S. Guessoum K, Maamari Hafs M, 2012a. Predicting the efficiency of using the RGB (Red, Green and Blue) reflectance for estimating leaf chlorophyll content of Durum wheat (*Triticum durum* Desf.) genotypes under semi arid conditions. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 6: 102-106.
- Hafs M, Mechmeche W, Bouamama L, Djekoune A, Zaharieva M, 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 AE, 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*, 1993.
- Hendry GAF, Houghton JD, Brown SB, 1987. The degradation of chlorophyll biological enigma. *New Phytol*, 107: 255-302.
- Hossain ABS, Sears AG, Cox TS, Paulsen GM, 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. *Crop Sci*, 30: 622-627.
- Jackson RD, Slater PN, Pinter PJJ, 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 EB, 1970. Physical and physiological basis for the reflectance of visible and near infrared radiation from vegetation. *Rem. Sens. Environ*, 1: 155-159.
- Kristin AS, Senra RR, Perez FI, Enriquez BC, Gallegos JAA, Vallego PR, Wassimi N, Kelley JD, 1997. Improving common bean performance under drought stress. *Crop Sci*, 37: 43-50.
- Lim PO, Woo HR, Nam HG, 2003. Molecular genetics of leaf senescence in *Arabidopsis*. *Trends in Plant Science*, 8: 272-278.
- Mitra J, 2001. Genetics and genetic improvement of drought tolerance in crop plants. *Curr Sci*, 80: 758-762.
- Nazeri M, 2005. Study on response of triticale genotypes at water limited conditions at different developmental stages. PhD thesis, University of Tehran, Iran, 2005.
- Peñuelas J, Filella I, 1998. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci*, 3: 151-156.
- Ramirez P, Kelly JD, 1998. Traits related to drought tolerance in common bean. *Euphytica*, 99: 127-136.
- Richardson AD, Berlyn GP, Gregoire TG, 2001. Spectral reflectance of *Picea rubens* (Pinaceae) and *Abies balsamea* (Pinaceae) needles along an elevational gradient, Mt. Moosi-lauke, New Hampshire, USA. *Am. J. Bot*, 88: 667-676.
- Rosielle AA, Hamblin J, 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Sci*, 21: 943-946.
- Ross J, 1981. *The Radiation Regime and Architecture of Plant Stands*. Dr W. Junk Publishers, London, 1981.
- Royo C, Aparicio N, Villegas D, Casadesus J, Monneveux P, Araus JL, 2003. Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting Mediterranean environments. *Int. J. Remote Sens*, 24: 4403-4419.
- Sio-Se Mardeh A, Ahmadi A, Poustini K, Mohammadi V, 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Res*, 98:222-226.
- Slatyer RO, 1967. *Plant-water relationships*. Academic Press, London, 1967.
- Sylvester-Bradley R, Scott RK, Wright CE, 1990. *Physiology in the production and improvement of cereals*. Home-Grown Cereals Authority Research Review, HGCA, London, 1990.
- Talebi R, Fayazl F, Naji AM, 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *General and applied plant physiology*, 35 (1-2): 64-74.
- Vaesen K, Gilliams S, Nackaerts K, Coppin P, 2001. Ground-measured spectral signatures as indicators of ground cover and leaf area index: the case of paddy rice. *Field Crops Res*, 69, 13- 25.
- Walburg G, Bauer ME, Daughtry CST, Housley TL, 1982. Effects of nitrogen on the growth, yield and reflectance characteristics of corn. *Agron. J*, 74: 677-683.
- Wiedemuth K, Müller J, Kahlau A, Amme S, Mock HP, Grzam A, Hell R, Egle K, Beschow H, Humbeck K, 2005. Successive maturation and senescence of individual leaves during barley whole plant ontogeny reveals temporal and spatial regulation of photosynthetic function in conjunction with C and N metabolism. *Journal of Plant Physiology*, 162: 1226-1236.
- Woolley JT, 1971. Reflectance and transmittance of light by leaves. *Plant Physiology*, 47: 656-662.
- Zhang CJ, Chen GX, Gao XX, Chu CJ, 2006. Photosynthetic decline in flag leaves of two field-grown spring wheat cultivars with different senescence properties. *S. AFR. J. Bot*, 72: 15-23.

## الملخص

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف. تهدف هذه الدراسة إلى (I) إظهار مدى تأثير الري التكميلي في المردود الحي و مركباته و بعض الخواص المرفولوجية و الفيزيولوجية لمجموعة من أصناف القمح الصلب، (II) اختبار مدى فعالية مؤشرات تحمل الجفاف في انتخاب أصناف متحملة لظروف المناطق شبه الجافة و (III) فعالية استعمال تقنية تحليل الصور الرقمية و باستعمال البرنامج Mesurim Pro في تقدير تغيرات نسب الانعكاس الضوئي الورقي و الشيخوخة الورقية. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب حيث تم زرعها في ظروف نمو مختلفة مروية و جافة؛ التصميم التجريبي المعتمد هو التصميم العشوائي الكامل بالأجنحة و الذي ضم أربعة أجنحة. أظهر تحليل التغير أن ظروف النمو (مروي و جاف) و كذا النمط الوراثي كان لها تأثير جد معنوي ( $p < 0.001$ ) في كل من عدد السنابل في المتر المربع الواحد، وزن ألف حبة، طول النبات، المردود الحي و طول عنق السنبل. سُجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المردود الحي و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء ( $r = -0.70^*$ )؛ أضف إلى ذلك سُجلت علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء (654 نانومتر)، الزرقاء (450 نانومتر) و المحتوى اليخضوري ( $r = -0.77^*$ ,  $r = -0.66^*$ ) على التوالي. توحى علاقات الارتباط هذه بأن تناقص شدة التركيب الضوئي للمجموع الخضري تحفز زيادة الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و السبب أن طول الموجة الحمراء و الزرقاء يعتبر الأكثر امتصاصا من طرف الصبغات اليخضورية أثناء عملية التركيب الضوئي.

**الكلمات المفتاحية:** القمح الصلب، الري التكميلي، الانعكاس الضوئي الورقي، الشيخوخة الورقية، مؤشرات الجفاف.

## Abstract

The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif. The objectives of this study were (I) to detect the effects of irrigation on grain yield, yield components and some morphological and physiological traits in set of durum wheat genotypes, (II) to evaluate the ability of several selection indices of tolerance to identify drought tolerant cultivars under varying environmental conditions and (III) to evaluate the efficiency of using the numerical image analyses (NIA) by Mesurim Pro (Version 3.3) software in the measure of the leaf reflectance. Ten durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars were grown under well watered and natural drought condition; the experiment was laid out in split plot based on a complete randomized block design, with four replications. The number of spike  $m^{-2}$ , 1000-kernel weight, plant height, grain yield and peduncle length were highly significant ( $P < 0.001$ ) affected by water deficit conditions and genotype effects. Grain yield showed a significant and negative correlation with leaf reflectance at Red ( $r = -0.70^*$ ); in addition, the reflectance at Red and Blue were significantly correlated with Chlorophyll content ( $r = -0.77^{**}$ ,  $r = -0.66^*$ ; respectively). These correlations suggest that the decrease in the photosynthetic capacity of the canopy increase leaf reflectance at Red and Blue, because the Red and Blue light is the major radiation absorbed by chlorophyll pigments.

**Keywords:** Durum wheat, Irrigation, Leaf reflectance, Senescence, Drought index.