



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE

Revue home page: <http://www.http://revue-agro.univ-setif.dz/>

فعالية استعمال الانعكاس الضوئي الورقي كمؤشر لتحمل الجفاف في القمح الصلب

(Triticum durum Desf.) في المناطق شبه الجافة

قندوز علي^{1*}، بن نوي صافية¹ و حفصي ميلود²

1 - المعهد الوطني الجزائري للبحث الزراعي - وحدة البحث سطيف -

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

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

ARTICLE INFO

Reçu : 09-04-2017

Accepté : 20-11-2017

الكلمات المفتاحية

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

ملخص

تمت هذه الدراسة على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى، سطيف، خلال موسمين زراعيين 2010/2011 و 2011/2012. 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 المرود 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، المرود الحي و مؤشرات تحمل الجفاف بإمكانية استعمال مؤشر الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير و/أو التنبؤ بقيمة المرود 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 بقيمة 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 عال تحت ظروف الجفاف.

ABSTRACT

The present study was led on the experimental site of ITGC station of Sétif, 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

Key words:

Durum wheat, Leaf reflectance, Senescence, Chlorophyll content.

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.

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 سطح الورقة الذي يمكن أن يكون مغطى بطبقات شمعية أو شعيرات هدية، 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 النتج (تأثير حراري) (Slatyer, 1967; Gates, 1968). الأشعة النشطة للتركيب الضوئي (-Photosynthetically active radiation-PAR) 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 جزيئة 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 اللاحيوية 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). أستعمل لتقدير الجفاف مؤشرات يعتمد في قياسها على الفرق في المردود بين ظروف نمو مجهد 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 تمت في نفس ظروف الإجهاد. تُقاس حساسية صنف ما للجفاف اعتمادا على الانخفاض في المردود الحبي في ظروف الجفاف (Blum, 1988).

Rosielle and Hamblin (1981) عرّفوا مؤشر 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) والذي يمكن استعماله لتحديد الأصناف ذات المردود العالي في كلتا الظروف المجهدة 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). أضيف 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

Cultivar	Name	Origin	Cultivar	Name	Origin
1	Bousselem	ICARDA/CIMMYT	6	Altar ₈₄	CIMMYT
2	Hoggar	Espagne	7	Dukem	CIMMYT
3	Oued Zenati	Algeria	8	Kucuk	CIMMYT
4	Polonicum	Algeria	9	Mexicali ₇₅	CIMMYT
5	Waha	ICARDA/CIMMYT	10	Sooty	CIMMYT

الظروف المطرية.

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

أُعتد خلال هذه الدراسة التصميم العشوائي بالأجنحة حيث ضم أربعة أجنحة، قدرت أبعاد كل قطعة أرضية جزئية بـ 1.5 x 2.5 م، ضمت كل قطعة ستة خطوط المسافة العرضية بين خط و آخر قدرت بـ 20 سم و عدلت كثافة الزرع لتساوي 300 بذرة/م². أُستعمل خلال هذه الدراسة 10 أصناف من القمح الصلب أثبتت اختلافا معنويا في مردودها الحبي في ظروف الإجهاد و الري التكميلي الجدول 1.

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. أُعتد في تقدير نسب الانعكاس الضوئي الورقي و الشيخوخة الورقية على تقنية تحليل الصور الرقمية وفقا لكل من Guendouz et al. (2012a) و Hafsi et al (2000) 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. 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(Σt)) و يرمز لهذا المؤشر كميالي Σ50. 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 الحي لكل صنف في ظروف الري التكميلي و الإجهاد المائي على التوالي.

2- متوسط الإنتاجية الهندسية (GMP) و مؤشر تحمل الجفاف (STI):

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

GŶp 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.

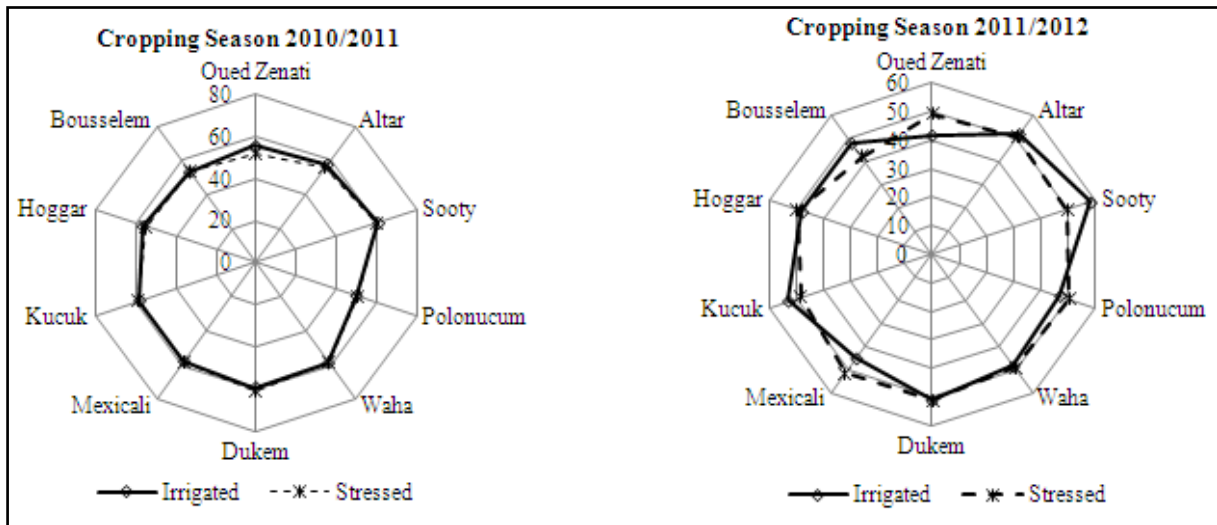
3- النتائج و المناقشة

3-1- المحتوى اليخضوري (CC) و المردود الحي (GY)

تظهر نتائج هذه الدراسة أن ظروف النمو (المطرية و المروية) أثرت معنويا في قيم المردود الحي، 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.

الوثيقة 1. تغيرات قيم المحتوى اليخضوري تحت الظروف المطرية و المروية خلال الموسمين الزراعيين (2010/2011 و 2011/2012)

تغيرات متوسط قيم المردود الحي للأصناف العشرة المختبرة موضح في الجدول 2. خلال الموسم الزراعي الأول (2011/2010) و تحت ظروف الري التكميلي قيم متوسط المردود الحي تراوحت ما بين 57.45 ق/هـ بالنسبة للصنف Oued Zenati و 75.55 ق/هـ بالنسبة للصنف Sooty مع متوسط مردود حي كلي قدر بـ 66.8 ق/هـ، في حين تحت الظروف المطرية قدر متوسط المردود الحي ما بين 52.20 ق/هـ بالنسبة للصنف Oued



Zenati و 64.63 ق/هـ بالنسبة للصنف Waha مع متوسط مردود حي كلي قدر بـ 58.5 ق/هـ. تراوحت قيم متوسط المردود الحي 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 الحي ما بين 58.56/26.62 ق/هـ (الجدول 2).

الجدول 2. تغيرات قيم المردود الحي 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 letter are not significantly different at $p < 0.05$,

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

قدرت نسبة الاختلاف في المردود الحي بين الظروف المطرية و المروية و خلال الموسمين الزراعيين 2011/2010 و 2012/2011 ب 12.42 و 29.88% على التوالي. عموما، تكميم تحمل الجفاف يكون اعتمادا على تغيرات قيم المردود الحي في ظروف الجفاف. يتحكم في تغيرات قيم المردود الحي في القمح كل من القدرة الإنتاجية و التطورات الفينولوجية للأصناف (Acevedo, 1991). العجز المائي المسجل بعد مرحلة الإزهار يؤثر سلبا في كل من طول مرحلة ملء الحب، وزن الحب و المردود الحي النهائي (Donaldson, 1996; Nazeri, 2005).

تعتبر عملية انتخاب أصناف ذات مردود حي عالي في ظروف جيدة و متوسطة الرطوبة المبدأ الأساسي للانتخاب في القمح الصلب و اللين (Blum, 1988).

2-3- مؤشرات تحمل الجفاف (DRIs)

قدرت شدة الإجهاد خلال هذه الدراسة و بضبط خلال الموسم الزراعي الأول (2011/2010) ب 12.72%، 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) تظهر تحملا للجفاف مم يدل على أن الأصناف Waha Dukem و Sooty ذات المردود الحي 64.63، 63.94 و 63.14 ق/هـ على التوالي أكثر الأصناف تحملا للجفاف خلال الموسم الزراعي الأول؛ كما أظهرت أيضا قيم مؤشرات تحمل الجفاف السابقة الذكر أن الصنفين المحليين Oued Zenati و Polonicum هما الصنفين الأكثر حساسية للجفاف مقارنة باقي الأصناف خلال الموسم الزراعي الأول (الجدول 3).

الجدول 3. تغيرات قيم مؤشرات تحمل الجفاف خلال الموسمين الزراعيين (2011/2010 و 2012/2011) بالنسبة للأصناف العشرة المختبرة

Cropping Season 2010/2011					Cropping Season 2011/2012				
	Traits					Traits			
Genotype	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 $p < 0.05$

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

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). فيما يخص الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الزرقاء و تحت الظروف المطرية و خلال الموسم الأول دائما فإن قيم الانعكاس تراوحت 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).

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

Cropping Season 2010/2011					Cropping Season 2011/2012				
	Traits					Traits			
Genotype	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%.

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% (الجدول 4). 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 الذرة (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 ($\sum 50s$) تأثر جد معنويا بظروف النمو (المطرية و المروية) (الجدول 5). 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 للصنف Kucuk و 40.24% بالنسبة للصنف Oued Zenati قدر الفرق بين متوسط الشيخوخة الورقية تحت الظروف المطرية و المروية خلال الموسم الأول 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 الموافقة 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 للصنف Oued Zenati و 64.04% بالنسبة للصنف Dukem و ذلك تحت الظروف المروية، بينما تحت الظروف المطرية تراوحت قيم متوسط الشيخوخة الورقية ما بين 48.56% بالنسبة للصنف Oued Zenati و 67.76% بالنسبة للصنف 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 الموافقة لحدوث 50% من الشيخوخة الورقية في الظروف المروية و المطرية بـ 6.12% (الجدول 5).

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

Cropping Season 2010/2011					Cropping Season 2011/2012				
Traits					Traits				
	Sa %		Σ 50 s			Sa %		Σ 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 الحي (GY)**

سجلت خلال هذه الدراسة و خلال الموسمين الزراعيين معا علاقة ارتباط معنوية و سلبية بين المردود الحي و قيم الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء (الجدول 6). توجي علاقة الارتباط المعنوية و السلبية المسجلة ما بين المردود الحي 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 الحي 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 الحي في ظروف الجفاف و الظروف الملائمة في انتخاب أصناف متحملة للجفاف (Mitra, 2001). كما يوضحه الجدول 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 (2011/2010)، 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 (2012/2011)، 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 ارتباطا معنويا و سلبيا مع جميع مؤشرات تحمل الجفاف باستثناء مؤشر تحمل الجفاف (STI) (الجدول 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. توجي 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، خلال الموسمين الزراعيين 2011/2010 و 2012/2011 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 الشبخوخة ($\Sigma 50s$) و الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و ذلك خلال الموسمين الزراعيين معا و تحت ظروف النمو المطرية و المرورية. توجي علاقات الارتباط سابقة الذكر بأن الأصناف متأخرة الشبخوخة أصناف تتميز بقيم انعكاس ضوئي منخفضة، تسمح هذه المعلومات بإمكانية استعمال مثل هذه المؤشرات في انتخاب أصناف متحملة للجفاف في المناطق شبه الجافة.

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 وكذلك تحت الظروف المطرية و المروية (الجدول 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 وكذلك 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). أضف 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). توجي 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. أضف 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، توجي جميع نتائج هذه الدراسة بفعالية الانعكاس الضوئي الورقي في انتخاب أصناف متحملة للجفاف ضمن المناطق شبه الجافة.

Références bibliographiques

- 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 measurements in durum wheat under contrasting Mediterranean conditions. *Int. J. Remote Sens.* **25**: 1131–1152.
- 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.
- 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.
- 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, 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Peñuelas, J. and Filella, I. 1998.** Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends Plant Sci.*, **3**:151-156.
- 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.
- 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.
- 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.
- Talebi, R., Fayazl, F. and Najj, 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.
- 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, 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.
- 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.