



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE

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



فعالية الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير المحتوى اليخضوري في القمح الصلب (*Triticum durum* Desf.)

قندوز علي*¹، مومني إلياس¹، عشيري علي¹ 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.

ARTICLE INFO

ملخص

Reçu : 14 – 05 - 2015
Accepté : 29 - 12 - 2015

الكلمات المفتاحية

القمح الصلب،
الانعكاس الضوئي
الورقي، المحتوى
اليخضوري، الشيخوخة
الورقية.

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. أعتمدت تقنية تحليل الصور الرقمية (NIA) في تقديرات تغيرات كل من الانعكاس الضوئي الورقي و الشيخوخة 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 سلبي 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.

Abstract

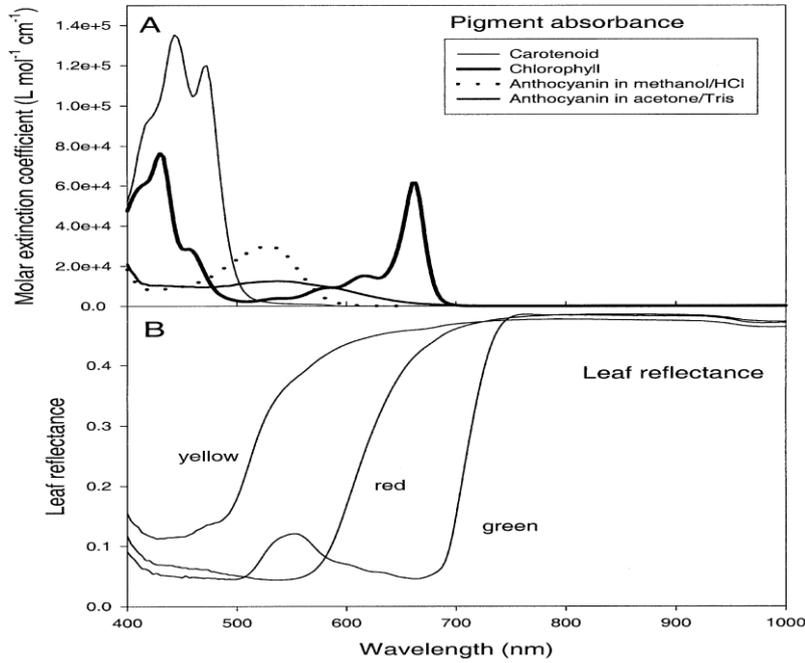
The present study was led on the experimental site of ITGC (Technical Institute of Field Crops) station of Setif, during the 2010/2011 cropping year. The objective of this study is to evaluate the efficiency of using leaf RGB reflectance to estimate chlorophyll content. The leaf reflectance at RGB (Red, 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 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.

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

1- مقدمة

الصبغات الورقية مرتبطة مباشرة و الوظائف الفيزيولوجية للورقة، اليخضور يمتص طاقة الأشعة الضوئية ويحولها إلى طاقة كيميائية كامنة في المادة العضوية الناتجة عن التركيب الضوئي و ذلك على مستوى الأنظمة الضوئية للصانعة الخضراء. الصبغات الكاروتينية (الصبغات الصفراء) تساهم أيضا في نشاط الأنظمة الضوئية للصانعة 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 للصانعة 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). قديما 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 (شكل 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)، لذلك فإن تقدير المحتوى اليخضوري يكون أكثر دقة بالاعتماد على المعطيات الناتجة عن استعمال طول الموجة 700 نانومتر.



Source: Lichtenthaler (1987)

شكل 1. (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 وحتى الشيخوخة ترجع إلى التغيرات المسجلة في كل من المحتوى اليخضوري وكذا توضع 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 وجهاز الكمبيوتر المزود ببرامج خاصة بمثابة أدوات جد فعالة وغير مكلفة لتحليل التغيرات اللونية في أوراق مختلف الأنواع النباتية.

استعملت تقنية تحليل الصور الرقمية في الميدان الزراعي وبشكل جد واسع مثل تقدير التغيرات اللونية في التفاح (Schrevens and Raeymaeckers, 1992)، التمييز بين الأعشاب الضارة والمحاصيل (Perez et al., 2000)، تقدير الشيخوخة الورقية في القمح اللين (Adamsen et al., 1999) والقمح 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 والخضراء (RGB) هذا من جهة ومن جهة أخرى اختبار مدى فعالية الانعكاس الضوئي الورقي في تقدير المحتوى اليخضوري في القمح الصلب في الظروف شبه الجافة.

2- مواد و طرق العمل

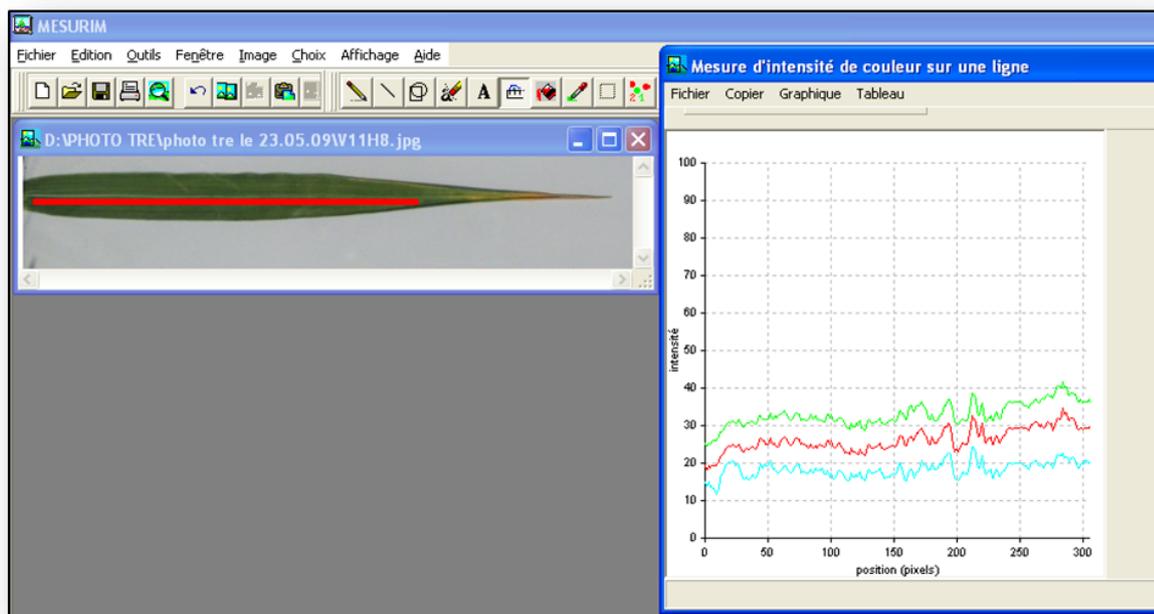
تمت الدراسة التجريبية على مستوى الحقول التجريبية التابعة للمعهد التقني للمحاصيل الكبرى (ITGC) سطيف (5°20'E, 36°8'N) والذي يرتفع عن سطح البحر بـ 958 متر. أُستعمل خلال هذه الدراسة عشرة أصناف من القمح الصلب (**الجدول 1**) زرعت هذه الأخيرة بتاريخ 30 نوفمبر 2010 و باستعمال آلة الزرع حيث قدرة كثافة الزرع بـ 300 بذرة في المتر المربع، وأبعاد كل قطعة أرضية قدرت بـ 1.2 × 2.5 م و تضم كل قطعة أرضية 6 خطوط المسافة بين خط و آخر تساوي 20 سم. أُستعمل خلال هذه الدراسة السماد الضارة كان باستعمال المبيد TOPIC (0.75L/ha) الخاص بالأعشاب أحادية الفلقة و المبيد GRANSTAR (15g/ha) الخاص بالأعشاب ثنائية الفلقة.

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

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

أُستعمل 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 تنتقل لاحقا إلى جهاز الكمبيوتر المزود ببرنامج خاص يساعد على تقدير الانعكاس الضوئي هو Mesurim Pro (Version 3.3) و الشكل 2 يوضح الخطوات المختلفة لتقدير

الانعكاس الضوئي الورقي. أضيف إلى ذلك فإن الشبخوخة 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 الشبخوخة الورقية (Sa%) لكل صنف يعبر عنه بمتوسط ستة قياسات للشبخوخة الورقية؛ تم أيضا خلال هذه الدراسة تقدير تغيرات المحتوى اليخضوري في الأصناف العشرة المختبرة باستعمال جهاز SPAD.



الشكل 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 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 الشبخوخة 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. اعتمادا على نتائج قياسات الانعكاس الضوئي الورقي عند أطوال الموجات

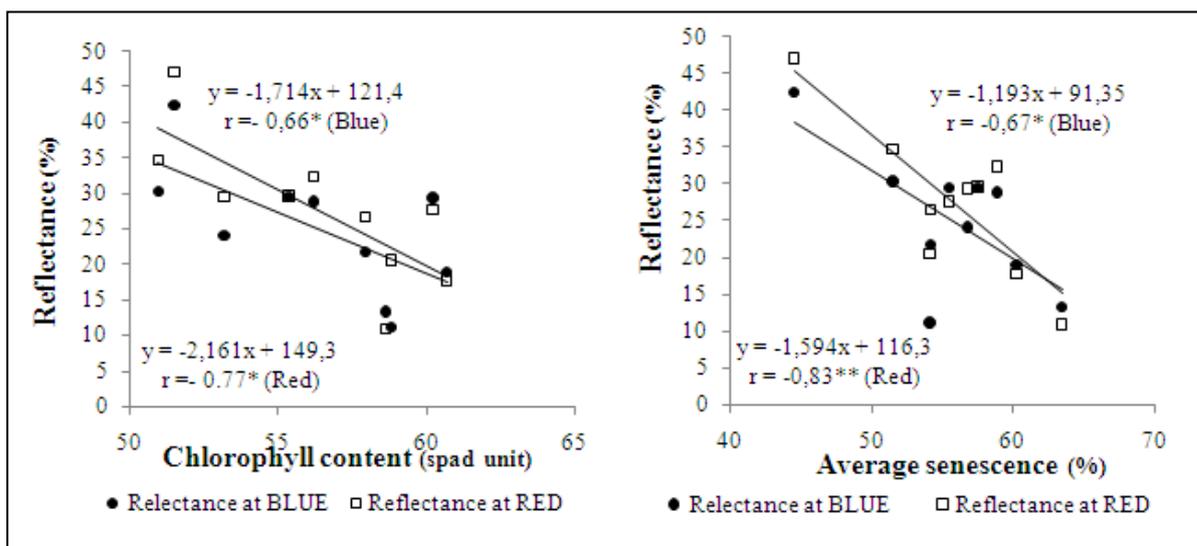
الثلاثة فإن الصنف المحلي Oued Zenati سجل أقصى قيم انعكاس ضوئي (الجدول 2). متوسط قيم الانعكاس الضوئي في الأصناف العشرة المختبرة أظهر أن أدنى قيم للانعكاس الضوئي الورقي سجلت عند طول الموجة الزرقاء (24.99%)، هذه النتائج تتوافق ونتائج دراسة Merzlyak and Gitelson (1995).

الجدول 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 _{0,05}	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% و 63.44% بالنسبة للصنف Waha و 44.51% بالنسبة للصنف Oued Zenati، متوسط الشيخوخة الورقية ارتبط معنويا و سلبيا مع الانعكاس الضوئي الورقي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء ($r = -0.84^{**}$, $r = -0.67^{*}$) على التوالي (الشكل 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).



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

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

دراسة الارتباط أظهرت وجود ارتباط معنوي بين الانعكاس الضوئي عند طول الموجة الحمراء و الزرقاء و المحتوى اليخضوري (**الوثيقة 3**)، 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).

عموماً 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 توحى 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 الشبخوخة الورقية توحى بأن طيف الانعكاس ضمن مجال الأشعة المرئية يتناقص مع تطور الشبخوخة 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

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.** Chlorophyll and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Method Enzymol.*, **148**:331–382
- 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.
- 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., Benlloch, 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.
- 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.
- Turrell, EM., J.R. Weber and Austin, S.W. 1961.** Chlorophyll content and reflection spectra of citrus leaves. *Bot. Gaz.*, **123**:10-16.
- 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.