Arab Journal of Arid Environments المجلة العربية للبيئات الجافة

Volume 13 | Number 1 Article 11

2022

Spectral Signature Description of Some Wheat Genotypes and Study Their Relationship with Yield Prediction Spectraly in the Semi Arid Zones, توصيف البصمة الطيفية لبعض طرز القمح ودراسة علاقتها بتنبؤ الإنتاجية طيفياً في المناطق شبه الجافة

Nasser Ibrahem
Cereal Program, The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands / ACSAD.,
dr.nasser.ibrahem@gors.sy

Husam Farag
Cereal Program, The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands / ACSAD

Follow this and additional works at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/aae

Part of the Plant Breeding and Genetics Commons

Recommended Citation

Ibrahem, Nasser and Farag, Husam (2022) "Spectral Signature Description of Some Wheat Genotypes and Study Their Relationship with Yield Prediction Spectraly in the Semi Arid Zones, توصيف البصمة الطيفية لبعض طرز القمح ودراسة علاقتها بتنبؤ الإنتاجية طيفياً في المناطق شبه الجافة," *Arab Journal of Arid Environments المجلة العربية للبيئات الجافة*: Vol. 13: No. 1, Article 11.
Available at: https://digitalcommons.aaru.edu.jo/aae/vol13/iss1/11

This Article is brought to you for free and open access by Arab Journals Platform. It has been accepted for inclusion in Arab Journal of Arid Environments المجلة العربية للبيئات الجافة by an authorized editor. The journal is hosted on Digital Commons, an Elsevier platform. For more information, please contact rakan@aaru.edu.jo, marah@aaru.edu.jo, u.murad@aaru.edu.jo.

توصيف البصمة الطيفية لبعض طرز القمح ودراسة علاقتها بتنبؤ الإنتاجية طيفياً في المناطق شبه الجافة

Spectral Signature Description of Some Wheat Genotypes and Study Their Relationship with Yield Prediction Spectraly in the Semi Arid Zones

د. ناصر ابراهيم [3-1] د. حسام فرج [2-1]

Dr. Nasser Ibrahem[1] Dr. Husam I.A. Farag[1-2]

dr.nasser.ibrahem@gors.sy or hossam_frg@yahoo.

(1) برنامج الحبوب، إدارة الموارد النباتية، المركز العربي لدراسات المناطق الجافة /أكساد.

(1) Cereal Program, The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands / ACSAD.

(2) قسم الأصول الوراثية النباتية، مركز بحوث الصحراء، المطرية، القاهرة، مصر.

(2) Plant Breeding Unit., Plant Genetic Resources Dept., Desert Research Center, El- Matarya, Cairo, Egypt.

(3) مدير بحوث، الهيئة العامة للإستشعار عن بعد، دمشق، سورية.

(3) General Organization of Remote Sensing (GORS), Damascus, Syria.

الملخص

تم في هذا البحث تحديد البصمة الطيفية ضمن المدى الموجي 350-2500 نانومتر عند كل 1 نانومتر خلال جميع مراحل النمو لبعض الطرز الوراثية للقمح المزروعة في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والقاحلة/أكساد (الصبورة، ريف دمشق، سورية) تحت ظروف المناطق شبه الجافة لموسم 2018. وذلك لبيان إمكانية استخدامها في برامج التربية للإنتاجية، وكذلك إيجاد العلاقة بين قيم الانعكاس الطيفي أثناء مراحل النمو المختلفة مع الإنتاجية الحبية وفق معادلات رياضية تعتمد على قيم الأدلة الطيفية المسجلة أثناء مراحل النمو المبكر وفق نماذج طيفية تحت ظروف تلك المنطقة. تباينت البصمة الطيفية لكل طراز عن الآخر وفي التوقيت الواحد بقيمة الانعكاس الطيفي عند كل أو بعض الأطوال الموجية، بما يقدر ويوصف السلوك الفسيولوجي لمحصلة فعل التركيب الوراثي النباتي لكل طراز مع الموفورات البيئية في تلك اللحظة، وبهذا يتميز عن الآخر. تم تطبيق الأنموذج الطيفي الخطي متعدد المراحل لتقدير إنتاجية (g/m^2) محصول القمح (W) من بيانات قيم الدليل الطيفي (NDVI) خلال مراحل النمو المتقدم في شهري آذار/مارس ونيسان/أبريل، المتوافقة بعد 68، 77، 85، 94، 103 و111 يوماً من بداية العام لموسم 2018 لظروف المناطق شبه الجافة، وفق المعادلة التالية:

$$W\ (g/m^2) = -120 - 535NDVI_{68} + 1170NDVI_{77} - 525NDVI_{85} + 60NDVI_{94} + 25NDVI_{103} + 990NDVI_{111}$$

من الضروري توصيف البصمة الطيفية، التي تعبر عن المقدرة والسلوك الفسيولوجي للتركيب الوراثي للطراز المحصولي في مركب النمو والإنتاجية ضمن بيئة منطقة الزراعة ولموسم النمو المحدد، وإمكانية استخدامها في برامج تربية النبات، كما يمكن من خلال تلك البصمة الطيفية معرفة وتحديد ورسم خريطة قدرة التراكيب الوراثية في مركب الإنتاجية لكل منطقة وموسم نمو.

الكلمات المفتاحية: البصمة الطيفية، طرز القمح الوراثية، أنموذج طيفي، تقدير الإنتاجية، مناطق شبه جافة.

©2020 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands, All rights reserved. **ISSN:2305 - 5243 ; AIF-181 (p:114 - 128)**

Abstract

In this research, the spectral signature was determined within the wavelength range 350-2500 nm at every 1 nm during all growth stages of some wheat genotypes cultivated in the Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry lands (Sabboura, Damascus countryside, Syria) under the semi arid zones conditions in season 2018. This is to demonstrate the possibility of using them in preeding programs for productivity, as well as finding the relationship between the values of spectral reflectance during the different stages of growth with grain productivity according to mathematical equations based on the values of spectral indices recorded during early growth stages according to spectral models under the region conditions. The spectral signature of each genotype varied at the same time with the value of the spectral reflectance at all or some wavelengths to estimate and descripe the phesological behaviour of action the genotype with environmental requirements at that moment, thus distinguishing from the other. Applying the linear multistage spectral model for estimating productivity (g/m^2) of wheat (W) according to NDVI values during advanced growth stages at Mars and April at Days Of Year 68, 77, 85, 94, 103 and 111 season 2018 under semi arid zones conditions, by the equation:

$$W\ (g/m^2) = -120 - 535NDVI_{68} + 1170NDVI_{77} - 525NDVI_{85} + 60NDVI_{94} + 25NDVI_{103} + 990NDVI_{111}$$

It is essential of describing the spectral segnature that expresses the abality and behavior physiological of the crop genotypes in the growth and productivity compound within the environment of the cultivation area and the specific growing season and the possibility of its use in plant breeding programs; also it is possible through the spectral segnature to know, define and mapping the ability of genotypes in the productivity compound for each region and growing season.

Keywords: Spectral signature, Wheat genotypes, Spectral model, Yeild prediction, Semi arid zone.

المقدمة

تُعَد تقانة الاستشعار عن بُعد فائق الدقة الطيفية من أهم التقانات الحديثة الفعالة في برامج تربية النبات بما تساعده – عن طريق دراسة صفات الانعكاس فائق الدقة الطيفية للكساء النباتي– على تقدير وتوصيف الطرز المظهرية والخصائص الفسيولوجية النباتية وكثير من العمليات الحيوية الفيزيائية والكيميائية التي تحدث في النبات خلال جميع مراحل النمو وللنباتات نفسها وصولاً إلى مركب الإنتاجية، واختيار الأمثل فيما بينها. كما تُعَد الدراسات الطيفية الراديومترية الحقلية ضمن الظروف الطبيعية مدخلاً أساسيا في دراسة السلوك الطيفي النباتي لكل نوع أو طراز، الذي يعكس محصلة عمليات النمو الفسيولوجية التي يتيحها التركيب الوراثي النباتي تحت الظروف البيئية التي ينمو بها في موسم ما وصولاً إلى مركب الإنتاجية النهائية لكل نطاق جغرافي ومناخي. كما أن هكذا تقانة تنجز المسح الميداني الواسع بطريقة غير هدامة وبدقة عالية وسرعة كبيرة، مقارنةً بالطرائق التقليدية.

وجد كل من Yang و Anderson (1996) أن ارتفاع النبات والكتلة الحية والغلة ارتبطت بشكل جيد مع المجال تحت الأحمر والدليل الطيفي النباتي (NDVI). وأوضح Li وزملاؤه(2001) بأن انعكاس نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (797-829) نانومتر يرتبط أُسِّياً مع الكتلة الحيوية الطرية للنبات، إذ يزداد انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة بشكل متسارع مع زيادة الكتلة الحيوية الطرية للنبات في المراحل الخضرية المبكرة عنه في المتأخرة في موسم النمو. بينما أوضح Jensen (2007) أن الصبغات النباتية، كالكلوروفيل، والكاروتين-β، والكزانتوفيل، هي المسؤولة عن انعكاس الأشعة على الاوراق، إذ تمتص هذه الصبغات 70-90 % من الضوء الأزرق (430-450 نانومتر)، والمجال الأحمر (650-660 نانومتر)، أما طبيعة النسيج الاسفنجي للأوراق فهي المسؤولة عن الانعكاس في المجال تحت الأحمر القريب (NIR) من الطيف الكهرومغناطيسي (700 - 1300 نانومتر)، وهذه الطاقة تمتص أقل من 5-10 %، وتعكس 40-70 %.

أظهر Aparicio وزملاؤه (2002) أن قياسات الانعكاس الطيفي خلال مرحلتي الإزهار وامتلاء الحبة اللبني هي العظمى لرصد اختلافات الطرز الوراثية للقمح القاسي. بينما أوضح Bort وزملاؤه (2005) أن جميع الأدلة الطيفية قد أظهرت تباينات معنوية خلال فترة أسبوع واحد لإمتلاء الحبة بما يعكس التغيرات الموجودة لكل من الطور الفينولوجي والتقدم بالشيخوخة بين الطرز الوراثية للقمح القاسي المدروسة. كما أظهرت التغيرات المسجلة لقيم معاملات الارتباط ضمن الطرز الوراثية بين المحصول الحبي وبعض صفات الأدلة الطيفية استجابةً متباينةً للطرز الوراثية للحرارة المرتفعة والجفاف خلال مراحل امتلاء الحبة المتأخر. لقد ساعدت البيانات الطيفية بذلك على فهم الصفات الفينولوجية والإنتاجية الحبية للقمح القاسي.

درس ابراهيم (2008) الانعكاسات الطيفية للمحاصيل الشتوية والفصل الطيفي فيما بينها في موسم 2007/2006 في المنطقة الشرقية من سورية. وبيَّن Royo و Villegas (2011) أن قياسات الانعكاس الطيفي تُقدم فوائد جمة في تقدير صفات النمو وإنتاجية المحاصيل، ومنها:

أنها طريقة غير هدامة في تأمين قياسات نمو دورية للنباتات نفسها أو وحدة المساحة، وما يؤول إليها من إنتاجية لتلك النباتات نفسها أو وحدة المساحة خلال دورة الحياة، إضافةً لتجنبها الأخطاء المترافقة عن عملية أخذ وقطع عينات الكتلة الحية. كما أن إحدى أهم التطبيقات الخاصة لتقانة الانعكاس الطيفي، هي استخدامها كأداة دورية في غربلة المادة الوراثية في برامج التربية عند أخذ تلك القياسات على أساس الطراز الوراثي، ولاسيما بما يقلل عدد التجارب.

أظهرت دراسة Lobos (2014) لاختبار 70 دليلاً طيفياً على 368 سلالةً وصنفاً من القمح؛ أن أفضل ارتباط لكمية الإنتاج بالأدلة الطيفية كان في مرحلة امتلاء الحبة وفق معادلات الانحدار البسيط، كما أن الأدلة الطيفية في المجال تحت الأحمر القريب كانت أفضل منها في المجال المرئي لبناء نماذج التنبؤ الطيفي للإنتاجية.

طور Ajayia وزملاؤه (2016) نماذج طيفية لتوصيف 20 طرازاً وراثياً من القمح الطري لصفات كل من دليل مساحة الأوراق، والإنتاجية تحت ظروف الأراضي المروية والجافة في المناطق شبه الجافة، وأظهرت النتائج أن النطاقات الطيفية في المجال المرئي (350 - 700 نانومتر)، وتحت الأحمر القريب (700 - 1300 نانومتر)، وتحت الأحمر المتوسط (1300 - 2500 نانومتر) كانت حساسةً لقياس كل من دليل مساحة الأوراق والإنتاجية الحبية، ولاسيما المجال تحت الأحمر المتوسط. كما تم تطوير نماذج طيفية للغربلة السريعة للمادة الوراثية والانتخاب بين الطرز الوراثية للقمح الطري.

هدفت دراسة Silva-Perez وزملائه (2018) إلى اختبار ما إذا كان بالإمكان استخدام صفات الانعكاس فائق الدقة الطيفية، كطريقة لتقدير صفات الورقة (النيتروجين في وحدة مساحة الورقة، كتلة الورقة الجافة في وحدة المساحة الورقية) لـ 76 طرازاً وراثياً من القمح الطري. لقد أظهرت تلك الدراسة أن تطبيق النماذج الطيفية المستنبطة على السلالات تشابه تلك التي تقدر النيتروجين باستخدام SPAD (Soil Plant Analysis Development)، لكن كانت تلك النماذج بقيم أكبر بالنسبة لتقدير الكتلة الجافة للأوراق.

أوضح Anderegg وزملاؤه (2019) فعالية استخدام الاستشعار عن بُعد فائق الدقة الطيفية في برامج التربية للكشف عن أمراض المحاصيل وتحديدها بطريقة سريعة وغير هدامة. إذ أكدت النتائج أهمية المراقبة الزمنية المستمرة لتغيرات الانعكاس الطيفي في توصيف المرض والحالة الفسيولوجية للنبات وأنماط المقاومة، وذلك وفق نماذج مبنية على 18 طرازاً وراثياً للقمح. وقد تم التحقق من صحة النماذج المستندة إلى الصفات الطيفية والزمنية على 330 طرازاً وراثياً للقمح.

أثبت Krause وزملاؤه (2019) أن كل من الانعكاس الطيفي فائق الدقة الطيفية للطرز المظهرية مع الانتخاب الوراثي، هما تقانتان واعدتان ذات إمكانيات كامنة فعالة في تربية النبات لتحسين دقة تقدير الإنتاجية الحبية، وذلك من خلال المدى الطيفي الواسع الذي يصف كماً كبيراً من العمليات الحيوية الفيزيائية والكيميائية في النبات. إذ أظهرت تلك التقانات فعاليةً عاليةً بتطبيق مقاربة (Multi-kernel GBLUP) للانتخاب الوراثي باستخدام الواسم الوراثي، وانتخاب النسب، والبيانات فائقة الدقة الطيفية في تقدير الإنتاجية الحبية للقمح ضمن وبين المعاملات في حلقات التربية المنفذة لتوقع القيمة الوراثية للسلالات في برامج تربية القمح الطري في المركز الدولي لتحسين القمح والذرة (CIMMYT).

هدفت دراسة Xie وزملائه (2020)، والتي توفر أساساً نظرياً ومرجعاً عملياً لتقييم الطيف فائق الدقة لمحصول القمح الشتوي أثناء إجهاد درجات الحرارة المنخفضة إلى دراسة استجابة الانعكاس الطيفي لكساء القمح الشتوي تحت إجهاد الصقيع في مرحلة الإشطاء، وكذلك تقدير الإنتاجية من مراحل النمو المبكرة. إذ أظهرت النتائج أن الذروة الخضراء والوادي الأحمر في الأطوال الموجية المرئية قد تغيرا بشكل واضح، وأن الحافة الحمراء قد تحركت تدريجياً نحو أحزمة الموجة الزرقاء. كما ازداد الانعكاس الطيفي للكساء النباتي في مجال الأشعة تحت الحمراء مع زيادة في إجهاد درجات الحرارة المنخفضة. علاوةً على ذلك، ثبت أن الانعكاس في منطقة الحافة الحمراء تحت ضغط درجات الحرارة المنخفضة يتعلق بإنتاج القمح، وتركز نحو 38 % من الموجات الطيفية في منطقة الحافة الحمراء (680-780 نانومتر). بعد حدوث الصقيع، فإن الانعكاس الطيفي تحسس تغيرات الكساء الخضري للقمح الشتوي وارتبطت منطقة الحافة الحمراء ارتباطًا وثيقًا بحالة النمو والإنتاج، إذ بلغ معامل التحديد (R^2) لأنموذج التنبؤ 0.887 وباستقرار قوي، إذ يؤكد ذلك أن المراقبة الطيفية الآنية فعالة في تقدير غلة القمح الشتوي.

أوصى ابراهيم (2018) بدراسة موسعة لتطبيق 22 دليلاً طيفياً نباتياً (منها NDVI)؛ باستخدام النمذجة الطيفية الخطية متعددة المراحل ونمذجة الشبكات العصبونية، في دراسة ونمذجة تأثير الإجهادات البيئية المرحلية في مركب الإنتاجية المحصولية، ثم التنبؤ بالإنتاجية الحبية تحت ظروف الإجهادات المائية والغذائية المرحلية ومتعددة المراحل على النمو وفق نماذج تنبؤية طيفية خلال مراحل النمو المبكرة والمتقدمة بدقة تقديرية بلغت أكثر من 98 % من القيمة الفعلية الحقلية المسجلة. بينما قدر Cattani وزملاؤه (2017) إنتاجية عدة أصناف من القمح باستخدام التوصيف الطيفي متعدد المراحل بقيم الدليل الطيفي النباتي NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). وقد سبق أن استخدم Raun وزملاؤه (2001) الدليل الطيفي النباتي (NDVI) في تقدير غلة بعض أصناف القمح الشتوي تحت مستويات مختلفة من الآزوت. وكذلك أوضح Ma وزملاؤه (2001) إمكانية استخدام دليل NDVI في التنبؤ بالغلة، وأن الدلائل الطيفية تكون أفضل لتقدير الغلة في مراحل الإثمار عنها في مراحل النمو الخضري المبكر.

هدف البحث:

1 - توصيف البصمة الطيفية ضمن المدى الموجي (350-2500 نانومتر) عند كل 1 نانومتر، باستخدام الأجهزة الطيفية السبكتروراديومترية، خلال جميع مراحل النمو لعدد من طرز القمح القاسي والطري المزروعة في المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والقاحلة/ أكساد، تحت ظروف المناطق شبه الجافة (منطقة الصبورة بريف دمشق/ سورية) لموسم 2018.

2 - دراسة علاقة توصيف البصمة الطيفية كمؤشر قوي يقدر الصفات الفسيولوجية تحت البيئات المختلفة لاستخدامها في برامج التربية وتقدير الإنتاجية.

3 - تحديد العلاقة بين قيم الانعكاس الطيفي أثناء مراحل النمو المختلفة للتنبؤ بالإنتاجية الحبية وفق معادلات رياضية، تعتمد على قيم الدليل الطيفي النباتي (NDVI) المسجلة أثناء مراحل النمو وفق نماذج طيفية، تحت ظروف المناطق شبه الجافة لنطاق جغرافي واسع ولمساحات كبيرة.

مواد البحث وطرائقه

نُفذت التجربة تحت ظروف المناطق شبه الجافة ذات معدل الهطول السنوي 250 - 300 ملم، في محطة منظمة المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد) في منطقة الصبورة بمحافظة ريف دمشق التي تقع على ارتفاع 900م تقريباً عن سطح البحر، ضمن تجارب برامج التربية المنفذة في أكساد للموسم الزراعي 2018، ويبين الجدول 1 كمية الهطول المطري خلال موسم النمو (2018/2017).

الجدول 1. كمية الهطول المطري الشهري خلال موسم النمو 2018/2017 في منطقة التجربة.

الشهر/العام	كمية الهطول (ملم)
2017/11	5
2017/12	7
2018/1	90
2018/2	36
2018/3	4
2018/4	39
2018/5	32
الموسم	213

بينما يبين الجدول 2 نتائج تحليل التربة المزروعة في منطقة الدراسة.

الجدول 2. نتائج تحليل تربة منطقة إجراء الدراسة.

عمق العينة	كربونات كلية	كربون عضوي	مادة عضوية	N كلي	P متاح	متاح K	PH	Ec ds/m	رمل	سلت	طين	قوام التربة
سم	(%)	(%)	(%)	(%)	ملغ/كغ	ملغ/كغ	مستخلص 5/1		(%)	(%)	(%)	
15 -0	18.74	0.72	1.25	0.031	18.3	476	8.14	0.142	18.1	25.5	56.4	طينية
30 -15	40.03	0.34	0.59	0.018	5.4	112	8.27	0.14	24.4	24	51.6	طينية
60- 30	47.69	0.3	0.53	0.027	3.4	90	8.35	0.127	20.4	23.9	55.7	طينية

تم اختيار ثمانية طرز من القمح ضمن برامج التربية في المركز العربي - أكساد، هي:
أربعة طرز قمح قاسي: **W_D_ACS 1105**، **W_D_ACS 1527**، **W_D_ACS 1523**، **W_D_ACS 1487**، وأربعة طرز قمح طري: **W_B_ACS 1344**، **W_B_ACS 1300**، **W_B_ACS 1288**، **W_B_ACS 885** (الجدول 3).

الجدول 3. طرز القمح المستخدمة في الدراسة.

الطراز	الرمز في أكساد (ACS)	النوع	المحصول
W_D_ACS 1487	ACS 1487	قاسي (Durum)	القمح (Wheat)
W_D_ACS 1523	ACS 1523		
W_D_ACS 1527	ACS 1527		
W_D_ACS 1105	ACS 1105		
W_B_ACS 885	ACS 885	طري (Bread)	
W_B_ACS 1288	ACS 1288		
W_B_ACS 1300	ACS 1300		
W_B_ACS 1344	ACS 1344		

وضعت التجربة وفق تصميم العشوائية الكاملة (CRD) بأربعة مكررات، وتم تسجيل البيانات الطيفية المحصولية بوساطة جهاز السبيكتروراديوميتر (FieldSpec®Pro) ضمن المدى الموجي 350-2500 نانومتر، كل 7 إلى 15 يوماً من الإنبات حتى الحصاد، إذ تم في كل قراءة طيفية حقلية أخذ أربعة تسجيلات راديومترية لكل طراز. تم بعد ذلك حساب قيم الدليل النباتي NDVI (Normalized difference vegetation index) خلال جميع مراحل النمو لكل طراز وفق المعادلة:

$$NDVI = [NIR - Red] / [NIR + Red]$$

حيث:
Red: قيم الانعكاس في المجال الأحمر، وNIR: قيم الانعكاس في المجال تحت الأحمر القريب.
كما تم تسجيل الإنتاجية الحبية في وحدة المساحة عند الحصاد، وتم استخدام برنامج HySCAP للتحليل الطيفي، وبرامج SPSS وEXCEL لاستنباط النماذج التقديرية.

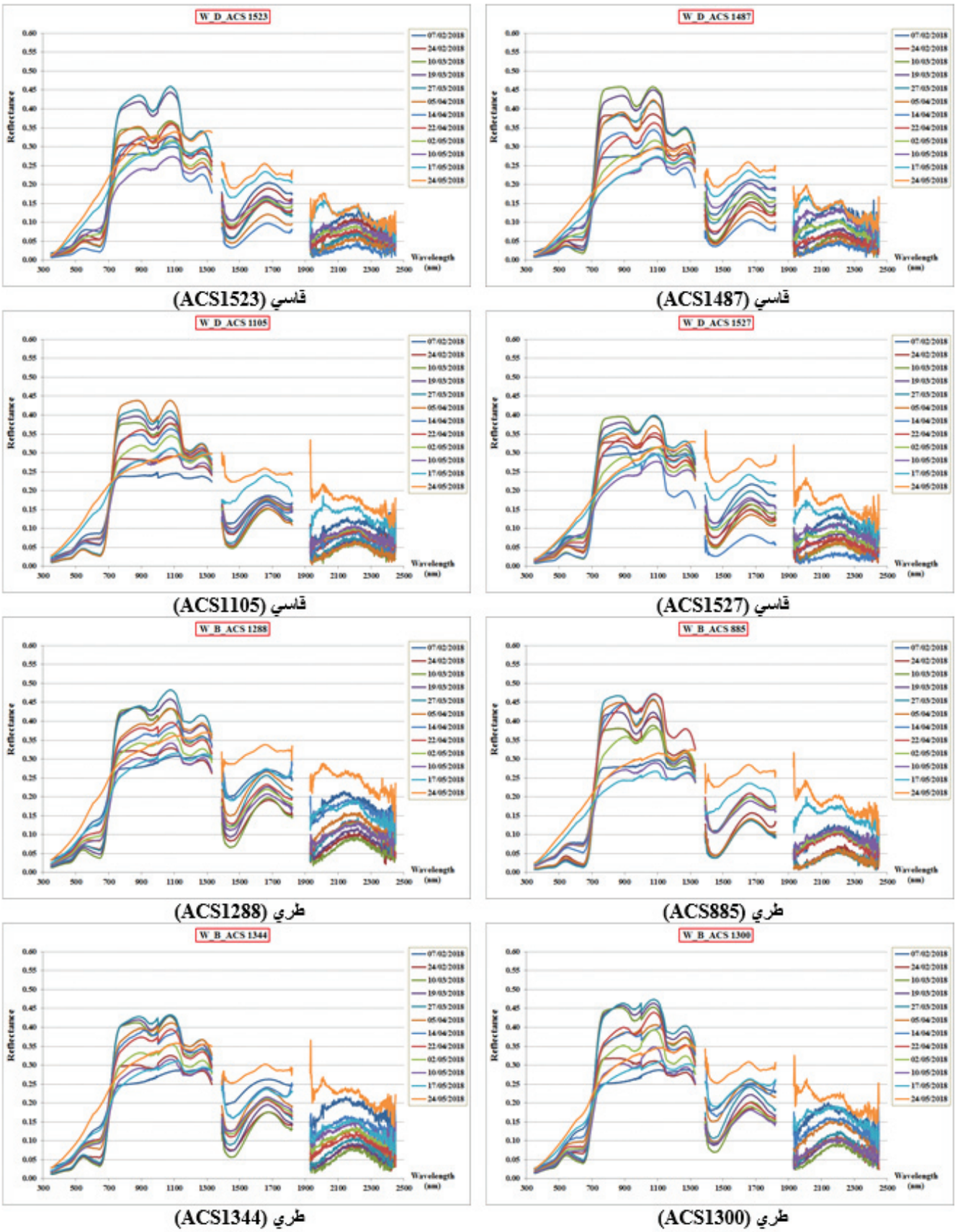
النتائج والمناقشة

- البصمة الطيفية:

1 - البصمة الطيفية للطرز:

تم تنضيد البصمة الطيفية (Spectral signature) لقيم الانعكاس الطيفي ضمن المدى الموجي من 350 إلى 2500 نانومتر، بفاصل طيفي 1 نانومتر، ويُبين الشكل 1 البصمة الطيفية لجميع طرز القمح المدروسة كلٌّ على حدة أثناء جميع مراحل النمو المدروسة، اعتباراً من الزراعة والإنبات، وصولاً للحصاد موسم 2018 في منطقة الدراسة (الصبورة).

Published by Arab Journals Platform, 2022



قاسي (ACS1523)
قاسي (ACS1487)
قاسي (ACS1105)
قاسي (ACS1527)
طري (ACS1288)
طري (ACS885)
طري (ACS1344)
طري (ACS1300)

الشكل 1. البصمة الطيفية لطرز القمح المدروسة خلال جميع مراحل النمو خلال موسم 2018 في منطقة الصبورة.

توضح البصمة الطيفية للقمح أثناء مراحل النمو مايلي:

- يكون المخطط الطيفي في بداية مراحل النمو (إذ تكون النباتات صغيرة في مشهد الانعكاس)، قليل الاستجابة (لا يتضمن انحناءات نوعية كثيرة) لتغيرات النمو عند جميع الأطوال الموجية (من 350 الى 2500 نانومتر).
- مع تقدم مراحل النمو إلى أوج النمو الخضري؛ يكون المخطط الطيفي كبير الاستجابة (انحناءات نوعية كثيرة) لمؤشرات النمو من عدد وحجم خلوي، ومحتوى مائي، ومادة جافة، وأصبغة نباتية سواء الفعالة في التمثيل الضوئي (الكلوروفيل ...)، أو تلك غير الفعالة (الأنثوسيانين ...) ضمن الوسط البيئي الذي ينمو به.
- أما في مراحل النمو المتأخرة خلال الإثمار والنضج وصولاً للحصاد، يعود المخطط الطيفي إلى ضعف الاستجابة (قلة الانحناءات النوعية)، وبالتالي تتراوح قيم الانعكاس الطيفي خلال أي من مراحل النمو النباتي أجمع وفق مجالات طيفية نوعية بين النسب التالية:
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 350 – 400 نانومتر (فوق البنفسجي) بين 1 – 3 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس في المجال 400 – 700 نانومتر (المرئي) بين 2 – 15 %، وللنباتات الخضراء أقل من 9 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 700 – 750 نانومتر (الحافة الحمراء) بين 5 – 45 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 750 – 900 نانومتر (تحت الحمراء القريبة) بين 20 – 46 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 900 – 1000 نانومتر بين 25 – 43 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 1000 – 1100 نانومتر (تحت الحمراء المتوسطة) بين 27 – 48 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 1100 – 1300 نانومتر بين 23 – 40 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 1300 – 1500 نانومتر بين 5 – 20 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 1500 – 1900 نانومتر بين 10 – 25 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 1900 – 2000 نانومتر بين 1 – 22 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 2000 – 2300 نانومتر بين 7 – 20 %.
  - تتراوح قيم الانعكاس الطيفي في المجال 2300 – 2500 نانومتر بين 1 – 20 %.

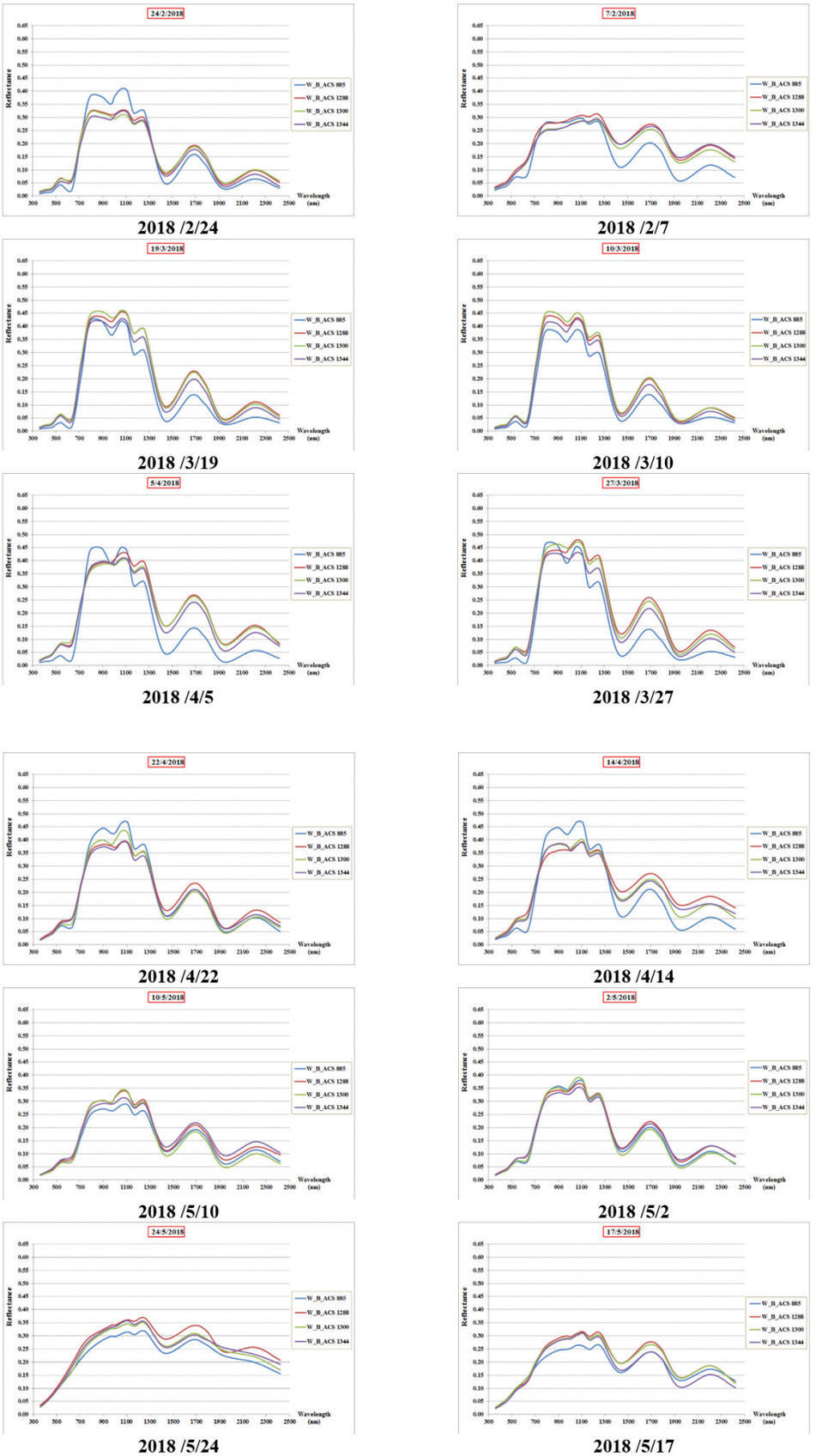
تباينت البصمة الطيفية لكل طراز وراثي من مرحلة نمو لأخرى بما يعكس المقدرة، وحالة النمو الفسيولوجي، والصفات الحيوية والكيمائية والفيزيائية تحت ظروف النمو نفسها ولجميع الطرز، وتباينت البصمة الطيفية لكل طراز وراثي عن الآخر بقيمة الانعكاس الطيفي عند كل أو بعض الأطوال الموجية ضمن نسب الانعكاس السابقة المحددة لكل مجال فيما بين تلك الطرز ضمن النوع المحصولي. يعبِّر هذا التباين في قيم الانعكاس فيما بينها عن محصلة سلوك التركيب الوراثي النباتي مع الموفورات البيئية في تلك اللحظة، وبذلك تعد البصمة الطيفية توصيفاً كمياً ونوعياً للحالة الفسيولوجية المعبرة عن تفاعل التركيب الوراثي مع الموفورات البيئية في تلك المرحلة لكل طراز تحت تلك الظروف، وبها يتم توصيف وتمييز كلٌّ منها عن الآخر.

2 - البصمة الطيفية للطرز ضمن النوع:

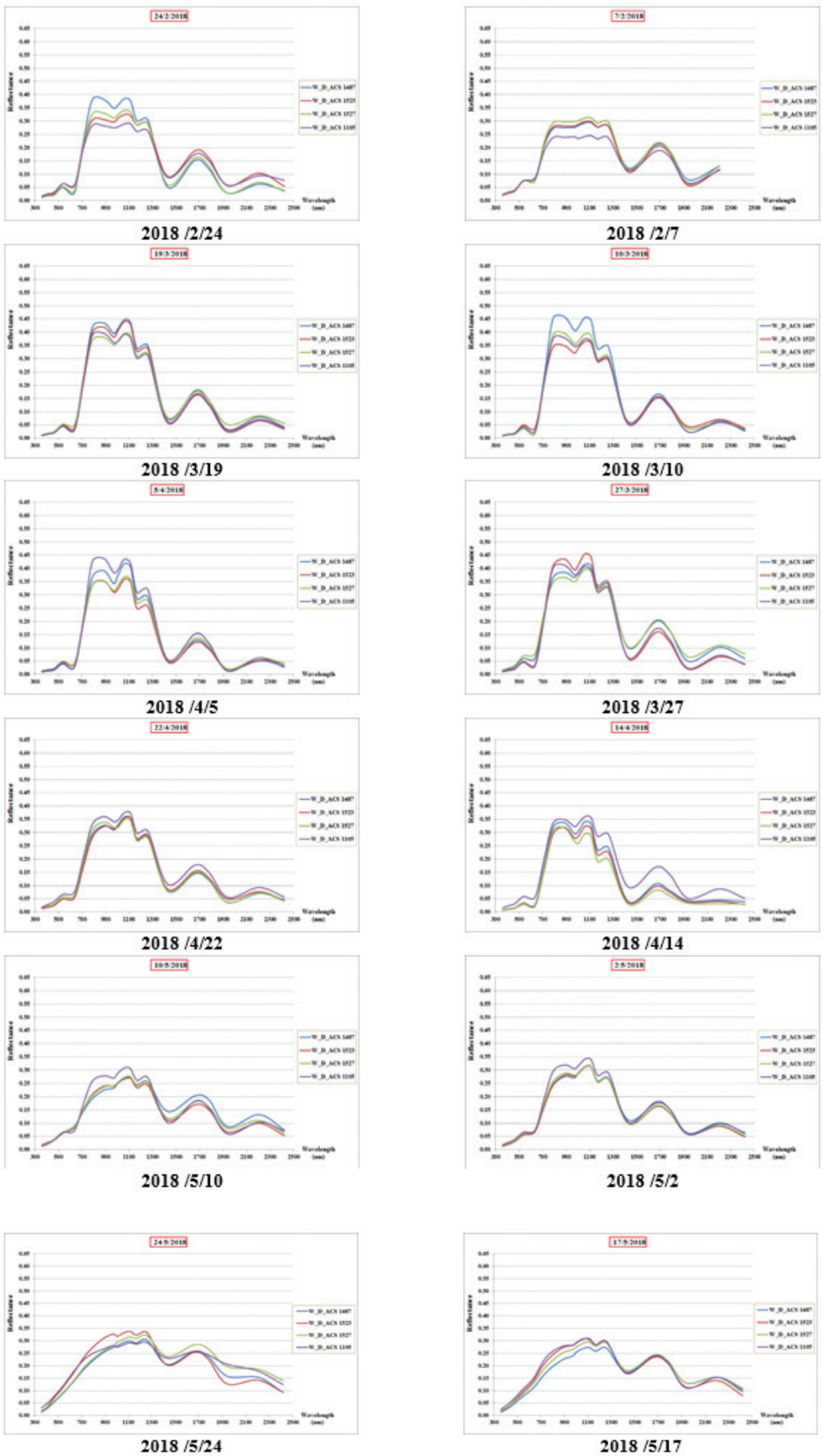
تباينت البصمة الطيفية لكل طراز عن الآخر ضمن النوع وفي التوقيت الواحد، غير أن هذا التباين لم يستمر في اتجاه واحد محدد بين الطرز عند توقيت آخر، بل قد يتفوق طراز ما عند طول موجي ما على آخر كان متفوقاً عليه في مرحلة سابقة خلال موسم النمو 2018 في منطقة الدراسة. ويبين الشكل 2 البصمة الطيفية لطرز القمح الطري المدروسة أثناء جميع مراحل النمو خلال موسم 2018.

تقاربت قيم البصمة لطرز القمح الطري فيما بينها (الشكل 2) مع تبادل قيم كل منحنى طراز مع الآخر في عدد من مراحل النمو، إذ لوحظ تميز بصمة الطراز W_B_ACS 885 عن بقية الطرز، ولاسيما في مراحل النمو الفعالة في تكوين وتخزين المادة الجافة المصنعة والإنتاجية، من منتصف آذار/ مارس حتى نهاية نيسان/ أبريل، والتي تقابل فينولوجياً من الإسبال حتى بداية النضج. وذلك من خلال ارتفاع قيم الانعكاس الطيفي في المجال تحت الأحمر القريب والبعيد بما يكافئ قيم مساحة ورقية وكتلة حية ومحتوى مائي أعلى، حسب ما قررته جميع المراجع العلمية مثل Jensen (2007)، وكذلك انخفاض قيم الانعكاس في المجال المرئي الأحمر والأخضر والأزرق، بما يكافئ فعاليةً عاليةً في امتصاص الطاقة الضوئية، وفعالية كفاءة التمثيل الضوئي، حسب ما قررته جميع المراجع العلمية ومنها على سبيل المثال Yang و Anderson (1996)، وLi (2001) عن بقية الطرز. وهذا ما جعل من هذا الطراز متفوقاً عن بقية الطرز في كفاءة التربة والانتاج. بينما في أطوار النمو اللاحقة (النضج والحصاد) كان اختلاف الطرز فيما بينها طفيفاً، ويعود ذلك لتماثل النباتات في الاصفرار ودرجة الجفاف لدخولها في مرحلة الحصاد. ويبين الشكل 3 البصمة الطيفية لطرز القمح القاسي المدروسة أثناء جميع مراحل النمو خلال موسم 2018.

Published by Arab Journals Platform, 2022



الشكل 2. البصمة الطيفية لطرز القمح الطري المدروسة أثناء مراحل النمو خلال موسم 2018 في منطقة الصبورة.

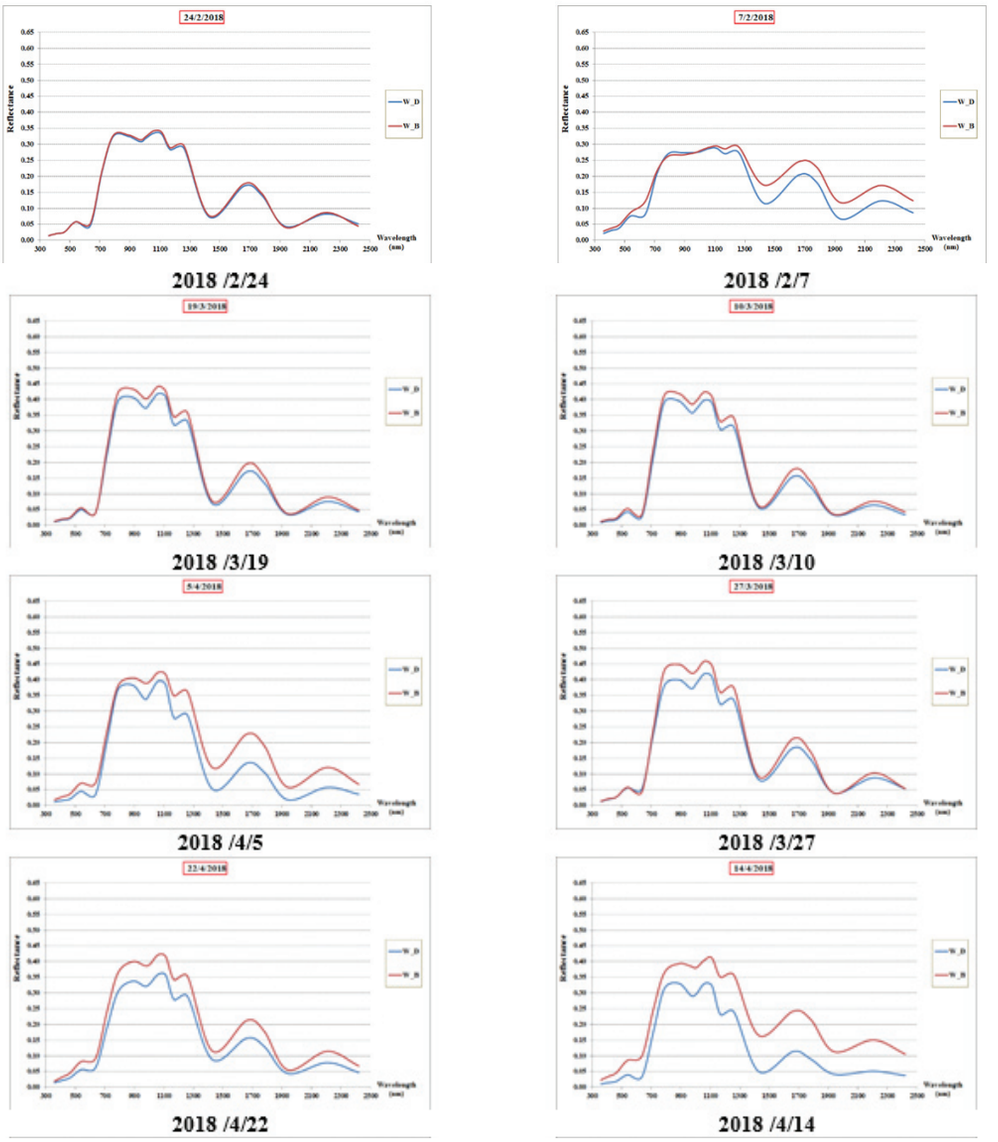


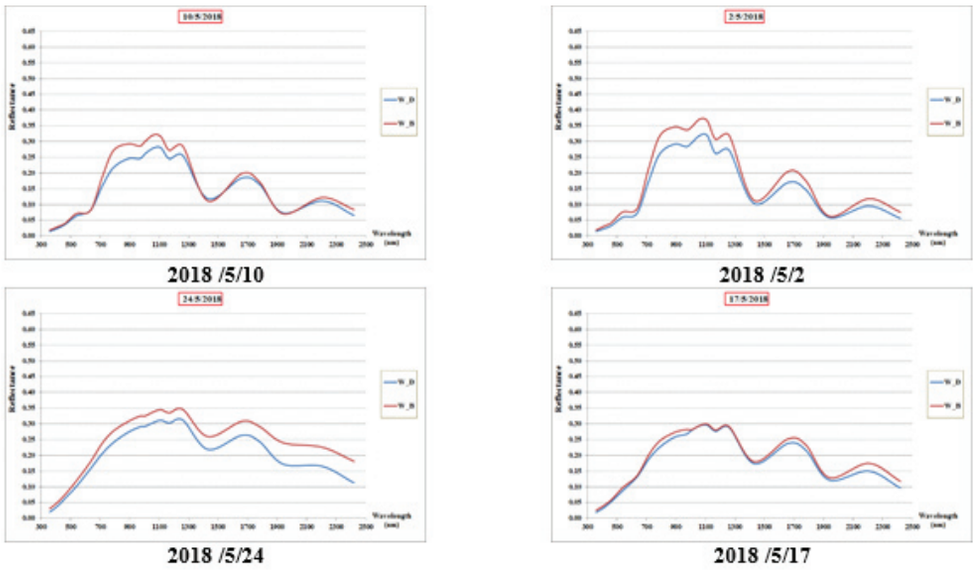
الشكل 3. البصمة الطيفية لطرز القمح القاسي المدروسة أثناء مراحل النموخلال موسم 2018 في منطقة الصبورة.

و بأسلوب مناقشة طرز القمح الطري نفسه، فإن البصمة الطيفية لطرز القمح القاسي المدروسة، ولاسيما خلال مراحل النمو الفعالة في الحالة الفسيولوجية ومشهد الانعكاس الطيفي من منتصف مارس إلى نهاية أبريل. تشير البصمة الطيفية الى تفوق الطرازين W_D_ACS 1487 و W_D_ACS 1523 من بداية مارس حتى منتصفه، لكن تفوقت البصمة الطيفية للطراز W_D_ACS 1105 من النصف الثاني لشهر مارس حتى منتصف أيار/مايو، والتي تقابل الأطوار الفينولوجية الفعالة في التركيب الضوئي وتكوين المادة الجافة، وصولاً إلى مركب الإنتاجية، وذلك خلال مراحل الإزهار حتى النضج والحصاد. إذ يؤكد ذلك بيانياً ارتفاع قيم الانعكاس الطيفي في المجالين تحت الأحمر القريب والمتوسط مع انخفاضه في المجال المرئي بنطاقاته الحمراء والخضراء والزرقاء، والتي ترتبط فسيولوجياً مع الصفات الحيوية والكيميائية النباتية (الدراسات التعليلية المنضدة نفسها في الفقرة السابقة للقمح الطري).

3 - البصمة الطيفية للأنواع المحصولية:

يبين الشكل 4 البصمة الطيفية لنوعي القمح الطري والقاسي أثناء جميع مراحل النمو خلال موسم 2018 في منطقة الصبورة. إذ يتضح من الشكل تفوق القمح القاسي في قيم انعكاسه ضمن المجال تحت الأحمر القريب، بينما كان الأخفض في المجال الأحمر عنه للقمح الطري، وذلك خلال مراحل النمو الأولى حتى تاريخ 3/26، لكن بعد هذا التاريخ تفوق القمح الطري حتى النضج ليتماثلا بعد النضج.



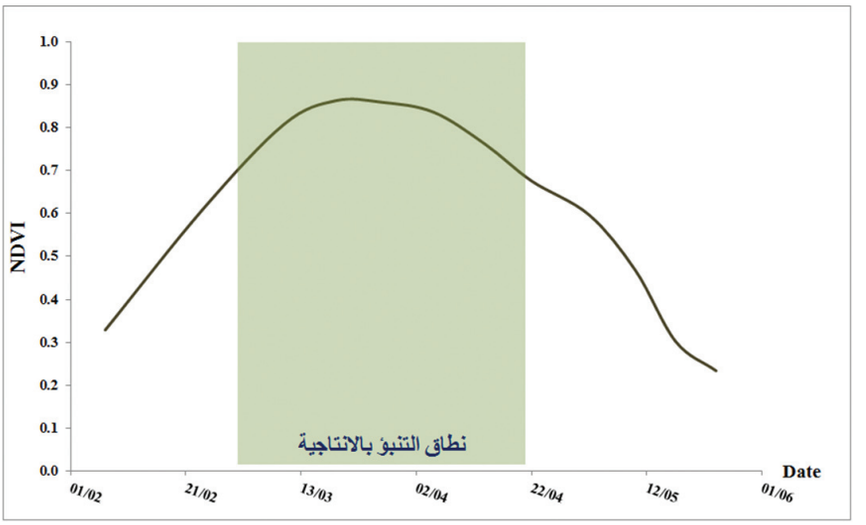


الشكل 4. البصمة الطيفية للقمح الطري والقاسي أثناء مراحل النمو خلال موسم 2018 في منطقة الصبورة.

تماثل المنحنى الطيفي لكل من نوعي القمح القاسي والطري في قيم الانعكاس ضمن كامل طول الطيف الموجي المسجل وذلك خلال مراحل النمو الأولى حتى تاريخ 2018/2/24، ويعود ذلك الى سيادة التربة في مشهد الانعكاس لقلة التغطية النباتية في مراحل النمو المبكرة. لكن بعد تلك المراحل وبتاريخ 3/10 تفوقت قيم انعكاس القمح الطري ضمن كامل أطوال الطيف الموجي (350-2500 نانومتر) المسجل في مجالات الطيف المرئي، تحت الأحمر القريب والمتوسط والبعيد إلى الموجات القصيرة. أما بتاريخ 3/19 فقد تماثل كل من القمح الطري والقاسي في قيم انعكاس المجال المرئي، بينما كان للقمح الطري قيماً انعكاسية أعلى مقارنةً بالقاسي في المجالات تحت الحمراء والموجات القصيرة. سجلت القيم الانعكاسية للقمح الطري ارتفاعاً عنه مقارنةً بالقاسي في المجالين تحت الأحمر والموجات القصيرة، بينما كانت الأخفض في المجال المرئي الأحمر، مع تماثلهما في المجالين الأخضر والأزرق وذلك بتاريخ 3/27. أما بتاريخ 4/5 فقد كانت قيم انعكاس المجال المرئي (الفعال في التمثيل الضوئي) للقمح القاسي أقل منه مقارنةً بالطري، الذي كانت قيم انعكاسه الطيفي هي الأعلى في جميع المجالات الطيفية، ولاسيما تحت الأحمر (الفعال للمحتوى المائي والكتلة الحية). لقد حافظ المنحنى الطيفي (عند جميع المجالات الطيفية) للقمح الطري في تفوقه على القمح القاسي خلال المراحل الثلاث التالية بتاريخ 4/14، 4/22 ، 5/2 و2018/5/11، إذ تؤشر قيم الانعكاس الطيفي المنخفضة في المجال المرئي للقمح القاسي إلى استمرار عملية امتصاص ذاك النطاق من قبل اليخضور بفعالية أعلى ولمدة أطول في ذاك النوع المحصولي مما يعني استمرار فعاليته بكفاءة أعلى منها للقمح الطري في تلك المراحل المتأخرة من النمو وبما يصب في رفع كمية ناتج المادة الجافة المتكونة التي ترحل غالباً وبنسبة كبيرة في تلك الأوقات إلى مركب الإنتاجية الحبية. بينما تماثل النوعان بقيم انعكاسهما في المراحل اللاحقة المتزامنة فينولوجياً مع دخول النباتات في مرحلة الحصاد، إذ لا يخضور مع أقل محتوى مائي في النباتات. إذاً، وفق قاعدتي العلاقة العكسية بين قيم الانعكاس الطيفي في المجال المرئي وفعالية وكمية اليخضور في النسيج الحي (Jensen، 2007)، وقاعدة العلاقة الطردية بين قيم الانعكاس الطيفي في المجال تحت الأحمر القريب والبعيد بالكتلة الحية والمحتوى المائي في النبات (Yang و Anderson،1996 ؛ Li ،2001؛ Jensen، 2007)، وكذلك وفق منحنيات الطيف النباتي للنوعين المحصوليين فإن القمح القاسي قد استمر بالتركيب الضوئي لفترة أطول رغم انخفاض كتلته الحية عن القمح الطري الذي أعطى كتلة نباتية جافة أعلى لكن بإنتاجية حبية أقل. يؤكد ذلك متوسط قيم الإنتاجية الحبية المسجلة لطرز كلا النوعين عند الحصاد والبالغة 14.17 و 12.45 غ/م^2 للقمح القاسي والطري، على التوالي.

- الدليل الطيفي /NDVI/ والتنبؤ بالإنتاجية المحصولية

تم بناء نماذج التنبؤ الطيفي بإنتاجية القمح اعتماداً على قيم الدليل الطيفي (NDVI) خلال مراحل النمو المبكرة ذات الفعالية في تكوين المحصول الحبي في شهري آذار/مارس ونيسان/أبريل (الشكل 5)، والمتوافقة مع عدد الأيام من بداية العام (الجدول 4)، وكما أشار إليه ابراهيم (2018) عند النمذجة الطيفية لتحليل النمو والتنبؤ بإنتاجية عدد من المحاصيل تحت ظروف الإجهادات المرحلية بناءً على قيم الانعكاس الطيفي أثناء مراحل النمو المختلفة؛ وفق الآتي:

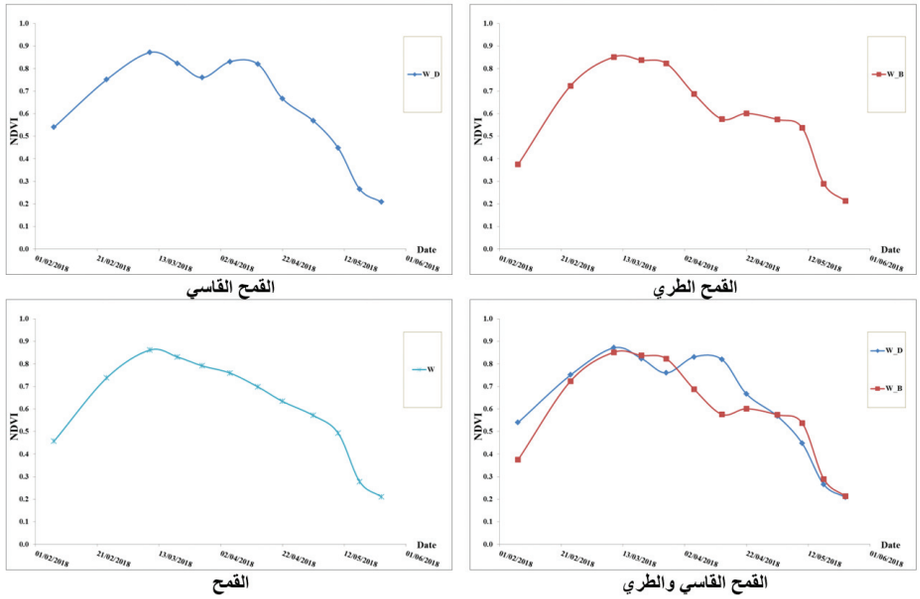


الشكل 5. المجال الزمني لتوقيت التنبؤ بالإنتاجية وفق المخطط الطيفي.

الجدول 4. عدد أيام مراحل النمو في شهري آذار/مارس ونيسان/ أبريل للتنبؤ المبكر بالإنتاجية.

الشهر	التاريخ	يوم من العام	رمز المرحلة
مارس	2018/03/10	68	NDVI68
مارس	2018/03/19	77	NDVI77
مارس	2018/03/27	85	NDVI85
أبريل	2018/04/05	94	NDVI94
أبريل	2018/04/14	103	NDVI103
أبريل	2018/04/22	111	NDVI111

تم حساب قيم الدليل الطيفي (NDVI) خلال جميع مراحل النمو لكل نوع محصولي ليتم بناء نماذج التنبؤ الطيفي اعتماداً على قيم الدليل الطيفي في المراحل المبكرة المقررة سابقا في شهري مارس وأبريل. ويبين الشكل 6 مخطط الدليل الطيفي النباتي (NDVI) لكل من القمح الطري، والقمح القاسي، والقمح معاً وبشكل مستقل أثناء جميع مراحل النمو لموسم 2018 في منطقة الصبورة تحت ظروف المناطق شبه الجافة.



الشكل 6. قيم الدليل الطيفي النباتي /NDVI/ لنباتات القمح أثناء مراحل النمو لموسم 2018 في منطقة الصبورة.

تأخذ النماذج المستنبطة للتنبؤ بالإنتاجية النمط الخطي المتعدد والمتوافق مرحلياً بعد 68، 77، 85، 94، 103 و111 يوماً من بداية العام لموسم 2018، كالآتي:

أنموذج القمح الطري:

$$W_B\ (g/m^2) = -930 + 1075NDVI_{68} + 395NDVI_{94} - 694NDVI_{103} + 1265NDVI_{111}$$

P-value: 0.000835 0.003604 0.000623 0.000454 1.6E-06

F = 88.5913 **Significance F =** 1.72E-07 **R^2 =** 0.969893

حيث قيم الدليل الطيفي ضمن المدى البيولوجي لنمو القمح: **1 > NDVI > 0.15**

أنموذج القمح القاسي:

$$W_D\ (g/m^2) = -565 - 435NDVI_{68} + 25NDVI_{85} + 990NDVI_{94} + 980NDVI_{103}$$

P-value: 0.006335 0.211856 0.01254 0.01198 1.1E-07

F = 42.30051 **Significance F =** 4.3E-06 **R^2 =** 0.938957

حيث قيم الدليل الطيفي ضمن المدى البيولوجي لنمو القمح: **1 > NDVI > 0.15**

أنموذج القمح:

$$W\ (g/m^2) = -120 - 535NDVI_{68} + 1170NDVI_{77} - 525NDVI_{85} + 60NDVI_{94} + 25NDVI_{103} + 990NDVI_{111}$$

P-value: 0.477027 0.206488 0.144305 0.176254 0.655158 0.831815 0.000244

F = 32.98119 **Significance F =** 1.04E-10 **R^2 =** 0.887836

حيث قيم الدليل الطيفي ضمن المدى البيولوجي لنمو القمح: **1 > NDVI > 0.15**

فيكون الأنموذج الطيفي المستنبط للتنبؤ بإنتاجية القمح ذو نمط خطي متعدد المراحل وفق الصيغة العامة التالية، والذي تختلف ثوابته من نوع محصولي لآخر، وحسب المنطقة البيئية من جافة إلى شبه جافة حتى الرطبة:

$$Y\ (g/m^2) = a + bNDVI_{68} + cNDVI_{80} + dNDVI_{90} + eNDVI_{100} + fNDVI_{110}$$

حيث: Y الإنتاجية (غ/م^2) وa، b، c، d، e، f ثوابت تتعلق بالنوع، NDVI قيم الدليل الطيفي النباتي خلال مراحل النمو في شهري مارس وأبريل (بعد 68، 80، 90، 100و 110 أيام من بداية العام).

الاستنتاجات والمقترحات:

تم تنضيد البصمة الطيفية (ضمن المدى الموجي من 350 الى 2500 نانومتر بفاصل طيفي 1 نانومتر) تحت ظروف المناطق شبه الجافة لعدد من طرز القمح القاسي والطري أثناء مراحل النمو اعتباراً من الإنبات حتى الحصاد في منطقة الصبورة، خلال موسم 2018. تختلف البصمة الطيفية لكل طراز محصولي عن الآخر بقيمة الانعكاس الطيفية عند كل أو بعض الأطوال الموجية بما يعكس محصلة سلوك التركيب الوراثي النباتي مع الموفورات البيئية في تلك اللحظة، وبهذا يتميز عن الآخر. تُعَد البصمة الطيفية توصيفاً نوعياً دقيقاً بهيئة مخططات طيفية زمنية للنمو والمقدرة الانتاجية لتعبير التركيب الوراثي في عمليات النمو والإنتاج بتدفق وقيام العمليات الفسيولوجية ضمن الموفورات البيئية من إضاءة وحرارة وماء وعناصر غذائية، وبتعبير آخر فإن البصمة الطيفية هي التعبير الوصفي الكمي للبصمة الوراثية لطراز نباتي بصورة النمو والإنتاج في منطقة ما وموسم محدد. يظهر البحث ضرورة توصيف البصمة الطيفية التي تعبر عن السلوك الفسيولوجي للتركيب الوراثي للطراز المحصولي في مركب النمو والإنتاجية ضمن بيئة منطقة الزراعة ولموسم النمو المحدد، وإمكانية استخدامها في برامج تربية النبات؛ وبالتالي يمكن من خلال تلك البصمة الطيفية معرفة وتحديد ورسم خارطة قدرة التراكيب الوراثية في مركب الإنتاجية لكل منطقة وموسم نمو.

Published by Arab Journals Platform, 2022

المراجع

-ابراهيم، ناصر. 2008. الانعكاسات الطيفية للمحاصيل الشتوية والفصل الطيفي فيما بينها لموسم 2006-2007. تقرير علمي. بالتعاون بين الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ووزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق.

-ابراهيم، ناصر. 2018. النمذجة الطيفية لتأثير الإجهادات المرحلية في الانتاجية، تقرير علمي. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق.

- Ajayia, S., S. K. Reddyb, P. H. Gowdac, Q. Xueb, J. C. Ruddb, G. Pradhand, S. Liub, B. A. Stewarte, C. Biradarf, and K. E. Jessupb. 2016. Spectral Reflectance Models for Characterizing Winter Wheat Genotypes. Journal of Crop Improvement. 30(2): 176–195.
- Anderegg, J., A. Hund, P. Karisto and A. Mikaberidze. 2019. In-Field Detection and Quantification of Septoria Tritici Blotch in Diverse Wheat Germplasm Using Spectral– Temporal Features. Frontiers in Plant Science October Vol. 10, Article 1355: 1-19.
- Aparicio, N.; D. Villegas, J. L. Araus, J. Casadesús and C. Royo. 2002. Relationship between growth traits and spectral reflectance indices in durum wheat. Crop Science. 42(5) : 1547-1555.
- Bort, J., J. Casadesus, M. M. Nachit And J. L. Araus. 2005. Factors affecting the grain yield predicting attributes of spectral reflectance indices in durum wheat: growing conditions, genotype variability and date of measurement. International Journal of Remote Sensing. 26(11): 2337–2358.
- Cattani, C. E. V., M. R. Garcia, E. Mercante, J. A. Johann, M. M. Correa and L. V. Oldoni. 2017. Spectral-temporal characterization of wheat cultivars through NDVI obtained by terrestrial sensors. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 21(11): 769-773, http://www.agriambi.com.br
- Jensen, J. R. 2007. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. 2nd ed. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ: 106–108.
- Krause, M. R., L. González-Pérez, J. Crossa, P. Pérez-Rodríguez, O. Montesinos-López, R. P. Singh, S. Dreisigacker, J. Poland, J. Rutkoski, M. Sorrells, M. A. Gore and S. Mondal. 2019. Hyperspectral Reflectance-Derived Relationship Matrices for Genomic Prediction of Grain Yield in Wheat. G3: Genes|Genomes|Genetics Early Online.
- Li , H., Lascano, R. J., R.M. Barnes, J. Booker, L.T. Wilson, K.F. Bronson, and E. Segarra,. 2001. Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, Soil Water and Texture, and Site Elevation. Agron. J. 93: 1327-1337.
- Lobos G. A., I. Matus, A. Rodriguez, S. Romero-Bravo1, J. Araus and A. del Pozo. 2014. Wheat genotypic variability in grain yield and carbon isotope discrimination under Mediterranean conditions assessed by spectral reflectance. Journal of Integrative Plant Biology. 56(5): 470–479
- Ma, B.L., L.M. Dwyer, C. Costa, E.L. Cober and M. J. Morrison. 2001. Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. Agron. J. 93:1227-1234
- Raun, W. R., J.B. Solie, G.V. Johnson, M.L. Stone, E.V. Lukina, W.E. Thomason and J. S. Schepers. 2001. In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy Journal, 93(1): 131-138.
- Royo, C. and D. Villegas. 2011. Field Measurements of Canopy Spectra for Biomass Assessment of Small-Grain Cereals. in (Biomass - Detection, Production and Usage, Ed. D. Matovic), pp 497. InTech, Available from: http://www.intechopen.com/books/biomass-detection-production-andusage/field-measurements-of-canopy-spectra-for-biomass-assessment-of-small-grain-cereals.
- Silva-Perez, V., G. Molero, S. P. Serbin, A. G. Condon, M. P. Reynolds, R. T. Furbank and J. R. Evans. 2018.

Hyperspectral reflectance as a tool to measure biochemical and physiological traits in wheat. Journal of Experimental Botany,. ,http://jxb.oxfordjournals.org/open_access.html

- Xie, Y., C. Wang, W. Yang, M. Feng, X. Qiao and J. Song. 2020. Canopy hyperspectral characteristics and yield estimation of winter wheat (*Triticum aestivum*) under low temperature injury. Scientific Reports, 10:244. www.nature.com/scientificreports.
- Yang, C., and G. L. Anderson. 1996. Determining within-field management zones for grain sorghum using Aerial Videography, Proceedings of the 26th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Vancouver, Canada, 25–29 March: 606–611.

N° Ref: 985