Damascus University

Faculty of Agriculture

Crops Department

جامعة دمشق

كلية الزراعة

قسم المحاصيل الحقلية

استعمال بعض القرائن الطيفية في تقييم الاستجابة الطيفية لنبات القمح خلال مراحل نموه تحت تأثير عاملي الري والتسميد الآزوتي

Using Some Spectral Indices to Evaluate the Spectral Response of Wheat its Growing under the Effect of Irrigation and Fertilization

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم المحاصيل الحقلية

إعداد

م. إيمان أحمد الحميَر

بإشراف

الدكتور يوسف نمر

أستاذ مساعد في قسم المحاصيل الحقلية

كلية الزراعة ـجامعة دمشق

(مشرفاً علمياً)

الدكتور إياد الخالد

باحث رئيس

الهيئة العامة للاستشعار عن بعد

(مشرفاً مشاركاً)

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في علوم المحاصيل الحقلية كلية الزراعة ــجامعة دمشق

This thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirements for Master Degree in Field Crops Sciences.
Faculty of Agriculture. Damascus University.

لجنة الحكم :

الدكتور يوسف: قسم المحاصيل الحقلية ، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً مشرفاً)

الدكتور وسيم مسبر: قسم علوم التربة، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً)

الدكتور حسين المحاسنة: قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق (عضواً)

نوقشت وأجيزت هذ الرسالة بتاريخ14 - 6 -2015

شهادة

نشـــهد بأنّ العمل الموصـــوف في هذه الأطروحة هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشـــحة إيمان الحميَر بإشراف الدكتور يوسف نمر، الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة بجامعة دمشق، والدكتور إياد الخالد، الباحث في الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ، وإنّ أية مراجع أخرى بحثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المرشحة	المشرف العلمي	المشرف المشارك
إيمان الحميَر	الدكتور يوسف نمر	الدكتور إياد الخالد

Certificate

We herby that the work described in this thesis is the result of a scientific research, performed by the researcher Iman Alhumaer, under the supervision of Dr. Yousef Nemr , and Dr. Ead Al-Khalid. All reference books resorted to by the researcher has been checked by the text.

Candidate	Supervisor	Co-supervisor
Iman Alhumaer	Dr. Yousef Nemr	Dr. Ead Al-Khalid

تصريح

أصرّح بأن العمل الموصوف في هذه الرسالة تحت عنوان:

استعمال بعض القرائن الطيفية في تقيم الاستجابة الطيفية لنبات القمح خلال مراحل نموه تحت تأثير عاملي الري والتسميد الآزوتي

هو عمل جديد لم يُدرس من قبل أي باحث ولم يسبق أن قدّم للحصول على أية درجة جامعية أخرى، وغير مقّدم حالياً لذلك، وإن كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي جهودي الشخصية، وبتوجيه من المشرف العلمي، وقد نسبت أيّة معلومات أو نتائج أخرى ذكرت في هذه الرسالة إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشّحة

إيمان الحميَر

Declaration

I declare that the present research entitled:

Using Some Spectral Indices to Evaluate the Spectral Response of Wheat its Growing under the Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization

Is a new research work that has never been studied by any other research for any one for degrees, and currently it is not submitted by any one for any degree, and all works and mentioned results are a personal efforts under the supervision of the chairman, and any information or other results mentioned in this thesis have been pointed out to it's resources and authors in the text and in the references list

Candidate
Iman Humayer

كلمة الشكر

أتقدّم بخالص شكري وامتناني لكل من قدّم لي يد المساعدة، ومهّد أمامي السبل لانجاز هذا البحث، وأخص بالشكر السادة الأستاذ الدكتور **يوسف نمر** والدكتور **إياد الخالد** لتفضّلهما بالإشراف على هذه الرسالة ولجهودهما المبذولة وتوجيهاتهما القيّمة .

كما أتوجه بالشكر والتقدير إلى كلية الزراعة في جامعة دمشق ممثّلة بالسيد العميد الأستاذ الدكتور محمد أيمن السعدي، ونائبيه للشؤون العلمية والإدارية، وجميع أعضاء الهيئة التدريسية في قسم المحاصيل الحقلية على دعمهم وجهودهم المبذولة.

خالص الشكر أتقدم به إلى لجنة الحكم الموقّرة المؤلفة من السادة الدكتور يوسف نمر و الدكتور حسين المحاسنة والدكتور وسيم المسبر لتكّرمهم بتحمل عناء قراءة وتحكيم هذه الرسالة .

كما أتقدم بالشكر والتقدير للهيئة العامة للاستشعار عن بعد لما قدمته من دعم ومساندة لانجاز هذا العمل، وأخص بالشكر الدكتور أسامة عمار مدير عام الهيئة العامة للاستشعار عن بعد .

كما أتوجه بالشكر لزملائي بوزارة الزراعة والاصلاح الزراعي في ميديرية التخطيط والتعاون الدولي وأخص بالشكر الأستاذ عبد الله فرهود وفريق مشروع سنارز لما قدموه من دعم معنوي وتشجيع أثناء مراحل هذه العمل.

أتوجه بالشكر الجزيل المفعم بكل المحبة والتقدير والامتنان لوالدي على تشجيعهما ودعائهما الدائم لي، كذلك ولأخي وأخواتي لمساهمتهم جميعاً في تذليل الصعوبات وتمهيد الطريق أمامي .

والحمد الله رب العالمين أولاً وآخراً وله الشكر والثناء الحسن وهو ولي التوفيق.

لكم مني جميعاً كل التقدير والاحترام

إيمان الحميَر

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
الملخص العربي	1
المقدمة	
مبررات البحث	7
أهداف البحث	7
الدراسة المرجعية	
الصفات الخضرية والإنتاجية	9
الأدلة الطيفية	13
مواد البحث وطرائقه	
المادة النباتية	26
موقع تنفيذ البحث	26
المعاملات المدروسة	27
الصفات المدروسة	29
النتائج والمناقشة	
تأثير الري والتسميد الآزوتي في الصفات الخضرية لنبات القمح	39
أثر عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في مؤشرات نمو وإنتاجية القمح	44
تأثير الري والتسميد الآزوتي على الأدلة الطيفية	65
دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية والصفات الخضرية والغلة	101
التنبؤ بانتاجية الغلة الحبية لمحصول القمح	105
الاستنتاجات	113
التوصيات	115
الملخص	116
المراجع العربية	119
المراجع الأجنبية	120

فهرس الجداول

رقم الجدول	الموضوع	الصفحة
1	كمية الأمطار في منطقة الصبورة وتوزعها خلال موسم نمو	26
2	التحليل الميكانيكي والكيميائي لتربة الموقع خلال 2014/2013	27
3	مواعيد وتواريخ تسجيل القراءات الراديومترية لنباتات القمح (2014)	31
4	تأثير الري والتسميد الآزوتي في تركيز اليخضور لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	40
5	تأثير الري والتسميد الآزوتي في دليل المساحة الورقية لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	42
6	تأثير الري والتسميد الآزوتي في الوزن الرطب لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	44
7	تأثير الري والتسميد الآزوتي في الوزن الجاف لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	46
8	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة ارتفاع نبات القمح	48
9	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة طول السنبلة	50
10	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات الكلية/ نبات	51
11	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات المثمرة/ نبات	53
12	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في معامل الاشطاء المثمر	55
13	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الحبوب / نبات	56
14	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط وزن الحبوب / نبات	58
15	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط وزن النبات (غ)	59
16	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الغلة من حبوب القمح (كغ/ هكتار)	61
17	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الغلة من الوزن الجاف (كغ/ هكتار).	63
18	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في مؤشر معامل حصاد القمح	64
19	تأثير الري والتسميد الآزوتي NDVI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	67
20	تأثير الري والتسميد الآزوتي فيSRI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	70
21	تأثير الري والتسميد الآزوتي في EVI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	72
22	تأثير الري والتسميد الآزوتي في NDVI705 لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	75
23	تأثير الري والتسميد الآزوتي في mSR_{705}لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	76
24	تأثير الري والتسميد الآزوتي فيmNDVI705 لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	78
25	تأثير الري والتسميد الآزوتي فيNDNI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	80
26	تأثير الري والتسميد الآزوتي فيWBI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	83

27	تأثير الري والتسميد الآزوتي في NDWI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	85
28	تأثير الري والتسميد الآزوتي في MSI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	87
29	تأثير الري والتسميد الآزوتي فيNDII لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة	89
30	معامل الارتباط بين الأدلة الطيفية والصفات الخضرية خلال مراحل النمو لنبات القمح	102
31	الارتباط بين الأدلة الطيفية المدروسة وكل من الغلة من القش والغلة الحبية عند كل قراءة راديومترية	104
32	معادلات الإنحدار الخطي البسيط للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة	106
33	معادلات الانحدار بطريقة Stepwise Regression للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة	106
34	معادلات الانحدار الخطي البسيط للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة	109
35	معادلات الانحدار بطريقة Stepwise Regression للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة	109

فهرس المخططات البيانية والأشكال

رقم الشكل	الموضوع	الصفحة
1	الاستجابة الطيفية للنباتات الخضراء	16
2	مخطط التجربة الحقلية	28
3	جهاز الراديوميتر	31
4	السلوك الطيفي لنبات القمح خلال مراحل نموه المختلفة	32
5	سلوك تركيز اليخضور خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	40
6	سلوك تركيز اليخضور خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	41
7	سلوك دليل المساحة الورقية خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	43
8	سلوك دليل المساحة الورقية خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	43
9	سلوك الوزن الرطب خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	45
10	سلوك الوزن الرطب خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	45

11	سلوك الـوزن الجاف خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	47
12	سلوك الـوزن الجاف خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	47
13	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة ارتفاع نبات القمح	49
14	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة طول السنبلة	50
15	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات الكلية/ نبات	52
16	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات المثمرةسنبلة/ نبات	54
17	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في معامل الاشطاء المثمر	55
18	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الحبوب / نبات	57
19	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط وزن الحبوب غ/ نبات	58
20	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط وزن النبات (غ)	60
21	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الغلة من حبوب القمح (كغ/ هكتار).	62
22	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الغلة من الوزن الجاف (كغ/ هكتار).	36
23	تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في مؤشر دليل حصاد القمح	65
24	سلوك دليل الـ NDVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	67
25	سلوك دليل الـSRI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	70
26	سلوك دليل الـ EVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	72
27	سلوك دليل الـ $NDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	73
28	سلوك دليل الـ mSR_{705} خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	77
29	سلوك دليل الـ $mNDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	79

30	سلوك دليل الـ NDNI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	81
31	سلوك دليل الـ WBI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	83
32	سلوك دليل الـ NDWI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	85
33	سلوك دليل الـ MSI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	88
34	سلوك دليل الـ NDII خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي	90
35	سلوك دليل الـ NDVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	91
36	سلوك دليل الـ SRI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	92
37	سلوك دليل الـ EVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	93
38	سلوك دليل الـ $NDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	94
39	سلوك دليل الـ mSR_{705} خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	95
40	سلوك دليل الـ $mNDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	96
41	سلوك دليل الـ NDNI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	97
42	سلوك دليل الـ WBI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	98
43	سلوك دليل الـ NDWI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	99
44	سلوك دليل الـ MSI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	100
45	سلوك دليل الـ NDII خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري	101
46	علاقة الانحدار بين الغلة الحبية لمحصول القمح والأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة	108
47	علاقة الانحدار بين الغلة الحبية لمحصول القمح والأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة	111

المخلص:

نُفذت تجربة حقلية في حقول الهيئة العامة للاستشعار عن بعد (محافظة ريف دمشق، سورية) خلال الموسم الزراعي 2014/2013 لاستعمال بعض القرائن الطيفية (NDVI-SR-EVI- $NDVI_{705}$-mSR_{705}-$mNDVI_{705}$-NDNI- WBI- NDWI- MSI NDII) في تقيم الاستجابة الطيفية لنبات القمح خلال مراحل نموه تحت تأثير عاملي الري والتسميد الآزوتي ومحاولة التنبؤ بالإنتاجية من خلال هذه الأدلة الطيفية بالإضافة لدراسة سلوك بعض الأدلة الطيفية الخضرية وأدلة الإجهاد المائي و الآزوتي لنبات القمح خلال المراحل الفينولوجية المختلفة، واستخدام هذه الأدلة الطيفية لدراسة تأثير عوامل الدراسة على سلوكها الطيفي وتحديد أفضلها، مع دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية من جهة وبعض المؤشرات الخضرية والإنتاجية من جهة أخرى، ومحاولة التنبؤ بالإنتاجية من خلال الأدلة الطيفية.

تم تصميم التجربة وفق تصميم القطع المنشقة (split- plot Design) وبثلاث مكررات. تم تسجيل القراءات الرديومترية بفاصل زمني (20) يوم تقريبا في كل قطعة تجريبية مترافقة مع بعض المؤشرات الخضرية (دليل المساحة الورقية والوزن الرطب والجاف ومحتوى الأوراق من الكلورفيل) من عينة نباتية من بداية عمر النبات وحتى نهاية موسم النمو. بالإضافة إلى القراءات الخاصة بالمحصول ومكوناته التي أخذت عند الحصاد من أجل دراسة العلاقة بين الغلة الحبية والأدلة الطيفية ومحاولة التنبؤ بالغلة الحبية.

بينت النتائج تأثير الري والتسميد الازوتي في كل من محتوى الاوراق من اليخضور والمساحة الورقية حيث وجد فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات كما وجود فروق معنوية واضحة بالنسبة لمعاملات الري بعد 77 من الزراعة وحتى نهاية عمر النبات وبلغت أعلى قيمة لهذه المؤشرات في مرحلة النمو الخضري الأعظمي (112–165 يوم من الزراعة)، كما لوحظ تزايد قيم الوزن الرطب بدءاً من المراحل الأولى من عمر النبات حتى عمر 148 يوم تقريباً لتبدأ بعدها بالتناقص وبلغت أعلى قيمة لها في مرحلة النمو الخضري الأعظمي، بينما استمرت قيم الوزن الجاف في التزايد حتى نهاية عمر النبات، كما لوحظ وجود فروقات معنوية في قيم الوزن الرطب والجاف بين مستويات التسميد الآزوتي المختلفة منذ المراحل الأولى لنمو النبات، وكانت هذه الفروقات معنوية بعد 112 يوم من الزراعة لمعاملة الري وحتى نهاية عمر النبات.

وكانت الفروقات معنوية بين معاملات الري، ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها في كل من صفة (ارتفاع النبات، طول السنبلة، عدد الاشطاءات الكلي ، عدد الاشطاءات

المثمرة ، معامل الاشطاء المثمر، عدد الحبوب في النبات وزن الحبوب في النبات وزن النبات ، الغلة من الحبوب ، الغلة من القش، دليل الحصاد) فكانت قيم المؤشرات المدروسة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكانت القيم الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد)، في حين حققت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت أعلى القيم معنوياً ولوحظ في التفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة أن القيم الأعلى معنوية قدتم الحصول عليها عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى.

وُجد أن جميع الأدلة الطيفية سلكت سلوك متشابهاً، حيث أن قيم هذه الأدلة كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً مع الوصول لمرحلة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد متأثرة بسلوك الصفات الخضرية، ماعدا الدليل MSI سلك سلوك معاكس. لوحظ تباين في هذه القيم تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي المختلفة حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N_0 أقل قيم مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N_1 وN_2 وN_3 على التوالي مع وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات.

لوحظ تباين طفيف في قيم الأدلة الطيفية تحت مستويات الري I_0 وI_1 وI_2 في المراحل الأولى من عمر النبات حتى 97 يوم من الزراعة ، لتظهر الفروقات المعنوية بعد هذا التاريخ بين معاملات الري بعد نتيجة لتطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة (مرحلة الاشطاء).

أظهرت النتائج عند دراسة علاقات الارتباط بين الأدلة المدروسة ودليل المساحة الورقية وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية بين الأدلة المختلفة ودليل المساحة الورقية، وكانت موجبة عند مستوى دلالة 0.05 مع كل من الأدلة EVI وNDII وWBI ومع باقي الأدلة عند مستوى دلالة 0.01 عدا دليل MSI سجل ارتباط سالب معنوي عند مستوى دلالة 0.05 أما صفة الوزن الرطب أظهرت علاقة ارتباط موجبة ومعنوية مع كل من الأدلة EVI وNDII وWBI وسالبة ومعنوية مع MSI عند مستوى دلالة 0.05 ويلاحظ أن ثلاثة منها أدلة طيفية ذات علاقة بالمحتوى المائي أما صفة الوزن الجاف أظهرت علاقة ارتباط موجبة وغير معنوية مع كل الأدلة المدروسة فيما عدا دليل الـ MSI كان معامل الارتباط سالب وغير معنوي.

وجدت علاقة ارتباط عالية المعنوية بين هذه الأدلة والغلة الحبية عند كل التواريخ المسجل بها القياسات الراديومترية فيما عد القراءة المسجلة بعد 62 و208 يوم من الزراعة والموافقة لمراحل النمو الأولى والأخيرة من حياة النبات ولوحظ أن أعلى قيم لمعامل الارتباط سجلت للأدلة NDII وNDWI وWBI وNDNI وNDVI بعد 145 يوم من الزراعة أما باقي الأدلة MSI وmNDVI$_{705}$ وmSR$_{705}$ وNDVI$_{705}$ وEVI وSRI فسجلت أعلى القيم لمعامل الارتباط بعد 165 يوم من الزراعة والتي توافقت مع فترة النمو الخضري الأعظمي. وسجلت نتائج مشابه عند دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية المدروسة والغلة من القش

بينت النتائج أن أفضل علاقة للتنبؤ بالغلة كانت مع الأدلة NDII وWBI وNDWI عند 145 يوم من الزراعة بطريقة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وباستخدام طريقة الانحدارالمتدرج Stepwise Regression ،مع جميع الأدلة كان دليل NDII ومع الأدلة الخضرية كان دليل SRI ومع أدلة الإجهاد المائي كان دليل NDII. وعند دراسة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وجد أن أفضل علاقة للتنبؤ بالغلة كانت مع الأدلة SRI وNDII وmSR$_{705}$ عند 165 يوم من الزراعة بطريقة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وباستخدام طريقة الانحدارالمتدرج Stepwise Regression عند 165 يوم من الزراعة ،مع جميع الأدلة كانت الأدلة SRI وNDWI وNDII وNDNI ومع الأدلة الخضرية كان دليل SRI ومع أدلة الإجهاد المائي كانت الأدلة NDII وNDWI وWBI.

الفصل الأول

المقدمة وأهداف البحث

Introduction & Research Objectives

أولاً–مقدمة Introduction

تعد محاصيل الحبوب من المحاصيل الغذائية المهمة، والركن الأساسي في غذاء الإنسان لأنها تؤمن 75% من الطاقة التي يحتاجها وأكثر من 50% من حاجته من البروتين، التي تزرع بشكل عام تحت ظروف الزراعة البعلية فى غرب آسيا وشمال أفريقيا من حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث يعد الإجهاد المائي العامل البيئي الرئيس المحدد لإنتاجها وصفاتها التكنولوجية (Loss و Siddique 1994 ، Royo وآخرون 2000 ، Mardeha وآخرون 2006)ويُعد القمح المحصول الغذائي الأول في جميع أنحاء العالم، وتزداد أهميته نتيجة للتزايد السكاني على مستوى العالم في القرن الحالي، حيث يعد الخبز الغذاء الرئيس لأكثر من ثلاثة أرباع سكان الكرة الأرضية، ويزود جسم الإنسان بالطاقة والبروتين أكثر من أي محصول حبي آخر (Abd-El-Haleem وآخرون 2009). ويُعد القمح مادة أولية للعديد من الصناعات الغذائية (الخبز، المعجنات، المعكرونة، السميد، البرغل، أغذية الأطفال وغيرها). كما أنَّ القمح محصولاً مهماً على الصعيدين الاقتصادي والغذائي، ويعتمد استقرار أي بلد وأمنه الغذائي على مدى توافر هذه المادة زراعةً وإنتاجاً وتخزيناً (ديب وسوسي، 2004). يشغل القمح عالمياً المركز الأول من حيث الإنتاج والمساحة، حيث ينتج العالم من حبوب القمح ما يقارب 625 مليون طناً من مساحة تقدر بنحو 215 مليون هكتاراً، بمردود قدره 2898 كغ.هكتار$^{-1}$ (FAO,2011). والقمح القاسي الأكثر شيوعاً في منطقة حوض المتوسط، والأكثر استعمالاً من حيث استهلاك منتجاته الغذائية(Elouafi و Nachit،2004) يتميز القمح بقدرته العالية على التكيف لذا تنتشر زراعته في كافة مناطق العالم الواقعة بين خطي عرض 30–65ْ شمال خط الاستواء، 27–40ْ جنوبه، يزرع على مستوى سطح البحر وأخفض منه وأعلى حتى ارتفاع 4500 م على منحدرات جبال الهيمالايا، ويعد القمح الغذاء الرئيس، ومصدر طاقة لجسم الإنسان بكافة الدول النامية منها والمتطورة، حيث أن 90% من منتجات القمح تستهلك مباشرةً من قبل الإنسان(Evans، 1933)، كما يستخدم حالياً وسيلة ضغط بين الدول لتحقيق بعض الأهداف السياسية. تبلغ المساحة المزروعة بالقمح في الوطن العربي نحو 10360 ألف هكتار، والإنتاج نحو 23848 ألف طن بمردود وسطي قدره 2302 كغ /هكتار (FAO,2010).تعد زراعة القمح في سورية قديمة قدم التاريخ، ومرت فترات على القطر كان يتم فيها تصدير القمح إلى العديد من الدول العربية والأجنبية، غير أن الزيادة السريعة في عدد السكان، زيادة الوعي الاجتماعي والصحي، دخول محاصيل أخرى اقتصادية منافسة له، وتذبذب معدلات الهطول المطري من عام لآخر وعدم تجانس توزيعها ضمن الموسم الواحد جعل المساحة المزروعة وبالتالي الإنتاج غير مستقراً ما أدى لاستيراد بعض كميات القمح والطحين لسد حاجات الاستهلاك المتزايدة. يحتل القطر العربي السوري المرتبة الثالثة على مستوى الوطن العربي من حيث المساحة المزروعة، حيث وصلت إلى قرابة 1.61 مليون هكتاراً، وبمتوسط إنتاجية مقدارها 2252 كغ.هكتار$^{-}$

[1]، والإنتاج قرابة 3.609 مليون طنا (المجموعة الإحصائية الزراعية ،2012). وهو من المحاصيل الإستراتيجية في القطر العربي السوري، ويغطي قرابة 50% من المساحة المزروعة بمحاصيل الحبوب (Belaid،2000). وقد تطورت زراعة القمح في القطر العربي السوري لاسيما في تسعينات القرن الماضي لتحقيق الاكتفاء الذاتي وتكوين فائض استراتيجي من حبوب القمح وخاصة زيادة المساحة المطرية إلى أكثر من مليون هكتار، بيد أنه من موسم 1997 وحتى موسم 2006 لوحظ تذبذب في حجم المساحة البعلية وتزايد المساحة المروية لإجمالي القمح، وحدثت زيادة في الإنتاجية بفعل زيادة متوسط المردود في الزراعة المروية من 2950 كغ/هكتار عام 1997 حتى 4404 كغ/هكتار. يعزى تراجع غلة محصول القمح في الزراعات المطرية رغم ازدياد المساحة المزروعة التي تغطي مساحة لا بأس بها من المساحة الكلية المزروعة إلى قلة معدلات الهطول المطري السنوية والتذبذب الحاد في معدلات الهطول المطري من موسم زراعي لآخر وعدم انتظام توزع الامطار خلال موسم النمو بما يتناسب واحتياجات النبات المائية وبخاصة خلال المراحل المتقدمة الحرجة (الازهار وامتلاء الحبوب) من نمو نباتات محصول القمح وتطورها.حيث تهطل معظم الامطار في منطقة حوض البحر الابيض المتوسط خلال فصلي الخريف والشتاء وتبدأ بوادر العجز المائي بالظهور خلال فصل الربيع، بسبب تراجع معدل الهطول المطري وبدء ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط، فتتعرض نباتات القمح في نظم الزراعة المطرية إلى الاجهاد المائي المعتدل الشدة خلال مرحلة الازهار ، وتزاد وطأة الاجهاد المائي المتزامن مع الحرارة المرتفعة خلال مرحلة امتلاء الحبوب، بسبب انحباس الامطار وتراجع محتوى التربة المائي (Edmeades وآخرون، 1989).

تُعد تقنية الاستشعار عن بعد من أهم وأحدث التقنيات المستخدمة في الدراسات المتعلقة بمختلف فروع العلوم الزراعية للاستفادة من هذه التقنية في دراسة العديد من المشكلات والظواهر المختلفة بغرض الوصول إلى نتائج وحلول سريعة موفرة بذلك الكثير من الوقت والجهد والتكلفة، ولقد كانت عملية مراقبة المحاصيل الزراعية وحساب مساحتها وتقدير غلتها تحت الظروف الطبيعية والغير طبيعية مثل الإصابة وظروف الإجهاد المختلفة من أهم أهداف واستخدامات هذه التقنية في المجال الزراعي.

ثانياً: مبررات البحث:

يعد القمح مادة أساسية في غذاء الإنسان كما أن محصول القمح يحتل المرتبة الأولى من حيث الأهمية في الجمهورية العربية السورية حيث يشكل 20% تقريباً من مجمل الأراضي القابلة للزراعة. ويختلف إنتاج محصول القمح في سورية من سنة إلى أخرى تبعاً لعمليات الخدمة والأساليب المستخدمة في الزراعة ولظروف المناخية التي اتجهت في السنوات الأخيرة إلى الجفاف. وإذا نظرنا إلى الزيادة السنوية للسكان تبين لنا مدى تزايد الحاجة الكبيرة إلى هذه المادة سنة بعد أخرى وهذا يتطلب السعي باستمرار للحفاظ على التوازن بين الناتج العام والطلب من خلال البحث عن أساليب علمية جديدة لتطوير زراعة محصول القمح واستغلال المتوافر من الإمكانيات والوسائل بالشكل الأمثل من الأرض والمياه والبذار والمخصبات للوصول إلى أعلى إنتاج كماً ونوعاً.

وبما أن تقنية الاستشعار عن بعد من التقنيات الحديثة التي ساعدت مؤخراً في العديد من الدراسات الزراعية، مثل تصنيف الترب ومراقبة الأمراض النباتية والكشف المبكر لهذه الأمراض من خلال الخواص الطيفية. كما تم مراقبة الكثير من الإجهادات التي يتعرض لها هذا النبات من جفاف ونقص عناصر والتمييز بين المحاصيل من خلال دراسة السلوك الطيفي لنبات القمح تحت هذه الظروف المختلفة. حيث تتمتع تقنية الاستشعار عن بعد بخصائص مميزة منها قدرة التمييز المكاني والطيفي والزماني والراديومتري، فالأهداف تتمايز فيما بينها طيفياً تحت الظروف المختلفة التي تتعرض لها (البصمة الطيفية). كما يمكن استنباط العديد من العلاقات بالاعتماد على المجالات الطيفية المختلفة لاظهار نوع هذه الاجهادات وتميزها عن النباتات السليمة وبالتالي تمكننا من الحصول على معلومات بدقة مقبولة وسرعة عالية مع القليل من الجهد لمساحات واسعة جداً.

ثالثاً: أهداف البحث:

1- استخدام بعض الأدلة الطيفية لدراسة تأثير عوامل الدراسة(الري والتسميد الآزوتي) على السلوك الطيفي وتحديد الدليل الطيفي الأكثر كفاءة .

2- دراسة علاقات الارتباط بين الأدلة الطيفية من جهة وبعض المؤشرات الخضرية والإنتاجية من جهة أخرى.

3- محاولة التنبؤ بالإنتاجية الحبية لمحصول القمح من خلال الأدلة الطيفيةالمدروسة تحت ظروف الري والتسميد الأزوتي.

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

Literature Review

2- الدراسة المرجعية

2-1- الصفات الخضرية والانتاجية:

2-1-1- تأثير التسميد على الصفات الخضرية والانتاجية:

يعد التسميد الآزوتي إحدى أهم المعاملات الزراعية التي تؤثر في الصفات الخضرية والانتاجية لمحصول القمح فقد أشار Gallagher وBiscoe (1978) إلى تباين استجابة نباتات القمح للتسميد الآزوتي، ويعزى ذلك إلى الاختلافات في العوامل البيئية، والتربة، والصنف المزروع، والممارسات الزراعية. ووضح Spierz وزملاؤه (1984) أن إضافة السماد الآزوتي خلال المراحل المبكرة من حياة النبات تشجع على تشكل الاشطاءات ونمو الأوراق، في حين تؤدي الإضافة المتأخرة إلى زيادة فترة النمو الخضري ،واستطالة الأوراق.

أشارت الأبحاث التي أجراها Nagy (1997) أن الرّي يحسن من كفاءة التسميد الآزوتي، حيث وجد علاقة قوية بين الاستخدام الفعّال للأسمدة وكمية مياه الرّي المقدمة. كما بيّن Stanchev وIvanova (1985) أنّ زيادة كمية مياه الرّي مع تناقص مستوى السماد الآزوتي يؤدي إلى انخفاض في كمية اليخضور في النباتات. وأشار Woodruff وآخرون (1984) في تجربة لمستويات مختلفة من الرطوبة الأرضية (35، 70، 100% من السعة الحقلية)، ومستويات من التسميد الآزوتي (0، 112، 224 كغ.هكتار$^{-1}$) أنّ التفاعل بين السماد الآزوتي وإضافة الماء مهماً في تحديد الإنتاجية الحبية، في حين لم يكن له أهمية في تحديد الوزن الجاف. وبينت نتائج Biljana و Aca (2009) أن نقص الآزوت يؤدي إلى فقدان اللون الأخضر في الأوراق، و انخفاض مساحة الورقة وكفاءة التمثيل الضوئي، لذلك فإن للتسميد الآزوتي تأثيراً كبيراً في نمو الأوراق لأنه يزيد من مساحة الورقة في النبات، وعلى هذا النحو، فإنه يؤثر في عملية التمثيل الضوئي، ومحتوى الكلوروفيل يتناسب تقريبا مع محتوى الأوراق من الازوت.

وأكد Tucker (2004) أن نبات القمح يحتاج للآزوت بكميات اكبر من جميع عناصر المعدنية المغذية التي يمتصها النبات من التربة كما أن هناك صلة وثيقة جدا بين الكلوروفيل ومحتوى الآزوت وذلك لأن الآزوت هو عنصر هيكلي في الكلوروفيل وجزيئات البروتين، وبالتالي يؤثر في تشكيل البلاستيدات الخضراء وتراكم الكلوروفيل فيها. كما وجد Ciene وزملاؤه (2008) أن تراكم الكلوروفيل في أوراق القمح أكثر حساسية لمستويات التسميد الآزوتي المختلفة. وأكد Gitelson وآخرون (2006) أن محتوى النبات من الآزوت وإنتاجيته من المادة الجافة ودليل مساحته الورقية يرتبط بشكل مباشر بكمية اليخضور في أوراق النبات. وأشار Abdul Basitوآخرون (2005) أن القمح حساس جدا لنقص الازوت في التربة، ويستجيب بشكل كبير للتسميد الآزوتي. ويتجلى الدور المهم لعنصر الآزوت في النبات في كونه يدخل في تركيب البروتينات التي تعد بمنزلة مواد البناء

الأساسية التي تصنع منها المواد الحية أو البروتوبلاسم في الخلايا النباتية، والنيكليوتيدات، والهرمونات، والفيتامينات والأنزيمات. وأكد كل منRimer وآخرون (1996) و Silberbus وزملاؤه (2002) أن عنصر الآزوت من العناصر المعدنية المغذية المحددة لانتاجية الأنواع المحصولية.

يوجد الآزوت في معظم خلايا النبات بنسبة من 2–6% ويدخل في تكوين البروتينات والبلاسيدات الخضراء والكلورفيل، وغيرها من المركبات المكونة لخلايا النبات وأنسجته ولكي يمتص الآزوت من قبل جذور النبات يجب أن يكون محتوى التربة من الرطوبة جيداً نظراً لأنه عنصر يتحرك مع ماء التربة، حيث يؤدي انخفاض محتوى التربة المائي إلى عدم استفادة النبات من الآزوت مايؤدي إلى تراجع معدل النمو الخضري، ووضح Alley وآخرون (1999) أن عملية ضبط كمية الأسمدة الآزوتية الكيميائية المضافة للتربة، تساعد في تحسين كفاءة استعمال الآزوت Nitrogeuse Use Efficiency NUE) من خلال تحسين كفاءة الامتصاص (Uptake efficiency) وكفاءة الاستعمال (Utilization efficiency) للآزوت الممتص والمخزن في الأوراق والسوق ونقله على شكل مادة جافة إلى المصب (الحبوب) الأمر الذي يؤدي إلى تحسين الغلة الحبية لمحصول القمح وزيادة المحتوى البروتيني للحبوب.

وأشارت جنود وآخرون (2013) إلى أن إضافة الاسمدة الأزوتية في أثناء الزراعة تسهم في زيادة معدل النمو الأولي للسويقة الجنينية، ومن ثّم التبكير في ظهور البادرات فوق سطح التربة مايضمن التغطية المبكرة لسطح التربة، ومن ثم تقليل مساحة الأرض المكشوفة والمعرضة بشكل مباشر لاشعة الشمس مايقلل من معدل فقد المياه بالتبخر، ومن ثّم المحافظة على محتوى التربة المائي، وتزداد استجابة أصناف القمح بنوعيها القاسية والطرية للتسميد الآزوتي بازدياد محتوى التربة المائي ومعدل التسميد الآزوتي وتسهم إضافة السماد الآزوتي على دفعتين (عند الزراعة، بداية استطالة الساق) في زيادة كفاءة استعمال الآزوت من خلال تحسين جميع الصفات المدروسة. أفاد Simpson وآخرون (1994) بأنّ الغلة الحبية لمحصولي الشعير والقمح يتعلق بعدة عوامل كالتربة ومحتواها من العناصر المعدنية وخاصة الآزوت.

بينت نتائج دراسة قام بها Abad وآخرون (1998) لتقييم تأثير مستويات متباينة من التسميد الآزوتي (0، 50، 150، 200كغN.هكتار$^{-1}$) في غلة القمح القاسي ونوعيته (*Triticum turgidum L.var durum*) في موقعين مختلفين بيئيا، تحسن الغلة من حبوب القمح ونوعيتها بازدياد معدل التسميد الآزوتي في كلا الموقعين المدروسين، حيث ازداد متوسط غلة الحبوب من 2728 إلى 3476كغ .هكتار$^{-1}$ في موقع Torregrossa في أمريكا نتيجة زيادة معدلات التسميد الآزوتي من 0 إلى 200 كغ.هكتار$^{-1}$، في حين بلغ متوسط غلة الحبوب في الموقع الثاني (Bell-lloc) في اسبانيا قرابة 4.257 كغ.هكتار$^{-1}$، كما وجد مخائيل (1992) أن السماد الآزوتي والرطوبة

هما المتغيران الأكثر أهمية وتأثيرا في الغلة الحبية للقمح وجودتها، كما أن استعمال الآزوت أدى إلى زيادة الغلة الحبية للقمح بصورة كبيرة كما أن الاستجابة للآزوت قد تتأثر كثيرا بتكرار عملية الري خلال الموسم.

أشار العودة (2005) أنَّ امتصاص الآزوت إلى التربة تؤدي إلى زيادة معدل انقسام واستطالة الخلايا النباتية الأمر الذي يؤدي إلى زيادة حجم المسطح الورقي الأخضر الفعال في عملية التمثيل الضوئي وزيادة كمية الطاقة الضوئية الفعالة في عملية التمثيل الضوئي الممتصة ومن ثم كفاءة النبات التمثيلية وغلة المحصول الحبية.

2-1-2- تأثير الري في الصفات الخضرية والانتاجية:

تتعرض الكثير من بقاع الأرض سنوياً إلى موجات قصيرة أو طويلة من الجفاف، والذي عادة ما يؤثر سلباً في إنتاج الكثير من المحاصيل الزراعية (Boyer،1982 و Ludlow و Muchow،1990). وبين Kramer (1980) من الممكن أن يفوق الفاقد في الغلة المحصولية بسبب الجفاف الفاقد الناتج عن مجمل العوامل الأخرى. كما تشير توقعات الخبراء في البنك الدولي إلى أن مشكلة نقص المياه في القرن الحادي والعشرين ستحتل المرتبة الأولى عوضاً عن النفط في أسباب اندلاع الحروب لأنه بحلول عام 2050 سيعاني حوالي نصف سكان العالم من نقص المياه (Clarck وKing ،2004)، حيث يعد نقص الماء العامل البيئي الأكثر تأثيراً على المحاصيل الزراعية في العالم بأكمله وخاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة

(Volaire ،2003؛ SettersYu ،2003). أشارت بيانات المركز الدولي لبحوث القمح والذرة إلى تناقص معدلات الأمطار السنوية على المستوى العالمي مما أدى إلى اختزال مياه الري لمحصول القمح إلى نصف ما كانت عليه سابقاً (CIMMYT ،2009).

أشار Shivani وآخرون (2003) إلى أن معدل نمو النبات كان أكبر عند إعطاء محصول القمح خمس ريّات مقارنةً بمنحه ريتيّن فقط خلال المراحل المتقدمة من حياة النبات، وذلك لأن المحصول الذي يحصل على كفايته من مياه الري يكون معدل صافي التمثيل الضوئي لديه أكبر مما يدل على أهمية توفر كميّة كافية من الماء خاصة عند الزراعة البعلية خلال المراحل المتقدمة من حياة النبات. وقام Iqbal وزملاؤه (1999) بتطبيق إجهاد مائي خلال مراحل مختلفة من النمو على أصناف من القمح القاسي ووجدوا بالنتيجة انخفاض في طول السنبلة وعدد الحبوب بالسنبلة عند تطبيق الإجهاد المائي خلال مرحلة الإزهار.

وأشارBlum (2005) وPlaut وآخرون (2004) إلى تأثر نبات القمح بنقص الماء المتاح في التربة وينعكس ذلك سلباً على كلّ من عدد الاشطاءات الكليّة، وعدد الإشطاءات المثمرة، ووزن الساق، وطول حامل السنبلة، وعدد الحبوب في المتر المربع، ووزن الحبوب بالسنبلة ووزن الألف حبة.

أوضح Traore وآخرون (2000) أن نقص الماء يؤثر في العدد الكلّي من الأوراق، ويخفّض من صفتي ارتفاع النبات ومن المساحة الورقية للنبات، حيث تظهر على النبات في مرحلة النمو الخضري بعض التغيرات المرئية بسبب الجفاف لا سيما تلك التي تتعلق بارتفاع النبات، عدد الأوراق والمساحة الورقية للنبات ، كما بين Benmoussa وAchouch (2005) أن نقص المياه له تأثير معنوي في كلّ من ارتفاع النبات، وعدد الأيام للإسبال، ووزن الألف حبة وعدد الحبوب بالسنبلة.

أكد عويس (2003) أن التدني في رطوبة التربة في الزراعة المطرية عادة يكون خلال أكثر مراحل نمو محاصيل الحبوب النجيلية حساسية للرطوبة (بداية فصل الربيع) مما ينعكس سلباً على نمو المحاصيل وإنتاجيتها، كما أوضح جودة وجابر (1997) بأنه لا يوجد عامل يسبب ضياعاً في الإنتاج بمقدار ما يسببه نقص الماء، حيث يؤدي الإجهاد المائي الشديد إلى موت النباتات ولكن النقص في إنتاج النباتات المعرضة للإجهاد الرطوبي دون موتها هو الحالة المألوفة في غالبية البيئات، ويعتبر توقف النمو في النبات هو الأكثر شيوعاً للإجهاد الرطوبي وتتميز هذه النباتات بنقص المساحة الورقية وبالتالي نقص في حجم مسطح التمثيل الضوئي إضافة لإغلاق المسام وقلّة امتصاص CO_2 وبالتالي إلى كتلة حيوية أصغر. وجدت صالح(2012) أن توفير كميات كافية من مياه الري لمحصول القمح يسبب زيادة في وزن الأوراق، وذلك يعزى إلى تشكيل النبات عدد أكبر من الأوراق على النبات وتأخره بالنضج الفيزيولوجي الأمر الذي أدى بالنتيجة لتخزين نواتج التمثيل الضوئي فيها وبالتالي زيادة الوزن الكلي لها، لذلك تعد زيادة الوزن الجاف للأوراق جيدة ضمن حدود معينة، كما أكد Rafiq (2004) على أن توفير كميات كافية من مياه الري لمحصول القمح يسبب زيادة في وزن الأوراق.

أشار كل من Hamid وGrafius (1978)؛ Garcia del Moral وآخرون (1991) إلى أن غلة محصول القمح الحبية تتحدد بثلاثة مكونات رئيسة، هي عدد السنابل في المتر المربع، وعدد الحبوب في السنبلة، ووزن 1000 حبة، كما أوضح Araus وزملاؤه (2008) أن الغلّة تعد صفة كميّة يتحكم بها عدد كبير من المورثات وتتأثر بالبيئة إلى حد بعيد كما تتأثر من سنة لأخرى بالظروف البيئية المناخية والإجهادات الحيوية واللاحيوية. وبينت نتائج Semenov و Halford (2009) أن استجابة أي محصول خلال مراحل نموه المختلفة تعتمد على الظروف البيئية، حيث يعد نقص الماء من أهم العوامل التي تحدّ من إنتاجية المحصول ويؤثر في العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية في النبات.

وأوضح Shpiler وBlum (2009) أن المرحلة من استطالة الساق وحتى الإزهار هي من أكثر مراحل النمو حساسيةً للجفاف والملوحة من وجهة نظر مقدار التراجع الحاصل في الغلة الحبية، حيث تؤثر الظروف البيئية غير المناسبة خلال تلك المرحلة سلباً في عدد السنيبلات، وعدد الحبوب

في السنبلة. ذكر Villegas وآخرون (2001) أن معامل الحصاد ينخفض عند تعرّض النبات لنقص المياه بسبب انخفاض الوزن الكلّي للنبات بما فيها وزن الحبوب والذي بدوره ينتج عن انخفاض معدل نمو النبات. وأكّد Sharma وزملاؤه (2003) أن دليل الحصاد في الظروف البيئية القاسية كالجفاف يكون أقل منه في الظروف المرويّة. وأشار كل منDestro وآخرون(2001) وTalebi وزملاؤه (2010) إلى أن الاختلاف في كمية المياه الواصلة إلى محصول القمح يسبب تباينات واضحة في دليل الحصاد.

تُعد عملية تشكل الإشطاءات من العمليات التطورية الأولى، وتحدث خلال مرحلة النمو الأولى، وتعتمد بشكلٍ رئيس على مدى توافر المياه والسماد الآزوتي في التربة (Garcia del Moral وزملاؤه ،1991) ؛وSimane وآخرون 1993. وأوضح Hafid وآخرون (1998) أنه في ظل نظم الزراعة المطرية في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط فإن قلة معدل الهطول المطري، وعدم انتظامه خلال موسم النمو وعبر السنوات يُعد من العوامل المحددة لإنتاج القمح، وأشار Lobel وزملاؤه (2008) إلى أن ارتفاع درجات الحرارة نتيجةً للتغيرات المناخية المترافقة مع انخفاض معدلات الهطول المطري في المناطق نصف الجافة سوف يسبب انخفاضا في غلّة الذرة، والقمح، والأرز، ومحاصيل أخرى ثانوية في العقدين القادمين كل ذلك يدفع للبحث عن سبل زيادة الغلة ضمن ظروف مائية أقل على اعتبار أن أكبر انخفاضاً للغلة يحدث بسبب الإجهادات البيئية.

ذكر مخائيل (1992) أن هناك علاقة بين الانتاج وكمية الري وأن الري التكميلي لمحصول القمح أدى إلى زيادة الإنتاج بشكل موثوق احصائيا. وقد أشار المحاسنة (2012) أن الماء من العوامل المهمة المحددة لمعدلات نمو نباتات المحاصيل المزروعة وإنتاجيتها ونظرا للدور البالغ الأهمية للماء في استقلاب النبات على الصعيد الخلوي ومستوى النبات ككل، فإن أي انخفاض في كمية المياه المتاحة سيؤثر سلبا في نمو النباتات والعديد من العمليات الحيوية المهمة حيث حدث أكبر انخفاض في صفا الغلة الحبية عندما تعرضت نباتات القمح للإجهاد المائي طول موسم النمو.

2-2- الأدلة الطيفية:

2-2-1- الاستجابة الطيفية النباتية:

قبل الخوض في مفهوم الأدلة الطيفية وتأثير عوامل الدراسة عليها لابد من الإشارة إلى إلى مفهوم الاستشعار عن بعد ومعنى الاستجابة الطيفية النباتية.

تُعرّف تقنية الاستشعار عن بعد بأنها دراسة الظواهر أو الأشياء دون أي تماس فيزيائي معها. حيث بدأ هذا المفهوم بملاحظة الأشياء بالعين المجردة إلى استخدام الكاميرات إلى تطويرها وحملها على المناطيد ثم الطائرات إلى أن وصل في الوقت الحالي إلى استخدام صور الأقمار

الصناعية الملتقطة بواسطة مستشعرات خاصة. وفي جميع وسائل الاستشعار عن بعد يتم دراسة هذه الظواهر أو الأشياء عن طريق دراسة التفاعل بينها وبين الأشعة الكهرومغناطيسية الساقطة عليها أو المنبعثة منها. وتعتبر الأجهزة الراديوميترية من الأجهزة المندرجة تحت وسائل وتقنيات الاستشعار عن بعد حيث يمكن التعبير عنها بمفهوم مبسط على أنها مستشعرات أرضية تقوم بتسجيل التفاعل بين الظواهر والأشياء من جهة ومصدر الطاقة من جهة أخرى، ويتم التعامل مع مثل هذه الأجهزة لاعتبارات معينة، (الخالد وياغي ،2007).

تُعد الأشعة الكهرومغناطيسية هي مصدر الطاقة الأساسي التي تعتمد عليها تقنية الاستشعار عن بعد. حيث يمتد الطيف الكهرومغناطيسي من الأمواج القصيرة جدا (كأشعة غاما والأشعة السينية) إلى الأشعة فائقة الطول (الأمواج الميكروية والراديوية). وهناك عدة مجالات من الطيف الكهرومغناطيسي يعتمد عليها الاستشعار عن بعد بالدراسات الخضرية أهمها:

1-**المجال المرئي:** إن الضوء الذي تراه أعيننا يدعى بالمجال المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي. ومن المهم معرفة مدى صغر المجال المرئي مقارنة بغيره من المجالات. يغطي المجال المرئي الأشعة الممتدة من 400 إلى 700 نانومتر، وأقصر الأطوال الموجية المرئية هو البنفسجي وأطولها هو الأحمر. ويمكن تقسيم المجال المرئي إلى الأقسام التالية:

البنفسجي: 400 –446 نانومتر.

الأزرق :446 – 500 نانومتر.

الأخضر: 500 – 578 نانومتر.

الأصفر: 578 – 592 نانومتر.

البرتقالي: 592 – 620 نانومتر.

الأحمر: 620 – 700 نانومتر.

ويعتبر الأزرق والأخضر والأحمر الألوان الرئيسية نظرا لعدم إمكانية تشكيل أي لون من اللونين الآخرين. إلا أن كل الألوان الأخرى يمكن تركيبها من الأزرق والأخضر والأحمر.

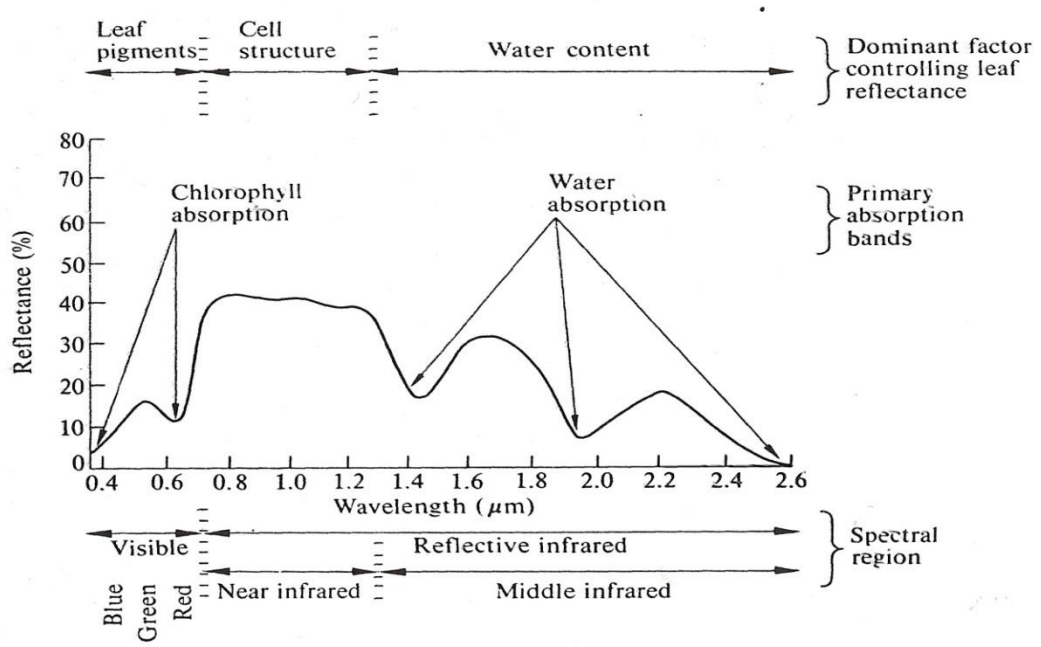
2-المجال تحت الأحمر: وهو المجال الواقع بين الطول الموجي 700 و100,000 نانومتر، يقسم المجال تحت الأحمر إلى نوعين حسب خصائص الأشعة في هذا المجال هما:

الأشعة تحت الحمراء المنعكسة: وهي الأشعة المنعكسة عن الأهداف الطبيعية وتستخدم بنفس طريقة استخدام الأشعة المرئية في تطبيقات الاستشعار عن بعد وهي تغطي المجال من 700 إلى 3000 نانومتر أو 3 ميكرومتر وتقسم إلى الأشعة تحت الحمراء القريبة 700-1350 والأشعة تحت الحمراء المتوسطة (القصيرة) من 1350-3000 ويعدان من أهم المجالات الطيفية في الدراسات الخضرية.

الأشعة تحت الحمراء الحرارية: وهي الأشعة التي تشعها الأجسام الطبيعية على شكل حرارة وبالتالي تختلف عن الأشعة المرئية والأشعة تحت الحمراء المنعكسة وتغطي المجال من 3 إلى 100 ميكرومتر.

تكون الهيئات الأرضية بمختلف أشكالها من مسطحات مائية وتربة ونباتات وصخور ...إلخ مادة الدراسة الأساسية في عملية الاستشعار عن بعد، حيث تتميز كل من هذه الهيئات بعكس كمية ونوعية معينة من الأشعة الساقطة عليها ضمن النطاقات الطيفية المختلفة مما يؤدي إلى تمايزها عن بعضها طيفياً وهذا ما يدعى بالبصمة الطيفية. كما أن لكل هدف من الأهداف المندرجة تحت الهيئة الأرضية الواحدة استجابة طيفية أو بصمة طيفية أو تفاعل مع مصدر الطاقة يختلف عن الأهداف الأخرى فمثلاً تتباين البصمة الطيفية لكل نوع من أنواع الصخور كما أن لكل نوع نباتي بصمة طيفية أو استجابة طيفية تختلف عن النوع النباتي الأخر، وقد تكون التغيرات في الاستجابة الطيفية لبعض الأهداف محدودة ولا تتأثر كثيرا بالظروف المحيطة بها في الفترات الزمنية القصيرة كما في حالة الصخور في حين أن بعض الأهداف تكون الاستجابة الطيفية فيها متغيرة بشكل كبير مع تغير الزمن ومثال ذلك الحقول المزروعة بالمحاصيل الحقلية حيث تمتلك هذه المحاصيل استجابة طيفية متغيرة مترافقة مع التغير في مراحل نموها(الخالد وياغي،2007).

تمتلك الانعكاسات الطيفية للنباتات الخضراء استجابة مميزة مع التغير في الطول الموجي، ففي المنطقة الطيفية المرئية تلعب الصبغات الدور الرئيسي في الاستجابة الطيفية ولا سيما الكلوروفيل وتظهر لبعض الصبغات الأخرى دور في الاستجابة الطيفية بعد غياب الكلوروفيل من النبات أو تهدمه لسبب من الأسباب، وفي المنطقة الطيفية التحت حمراء القريبة نجد هناك ارتفاع كبير في الانعكاس الطيفي والسبب يعود إلى أن الأوراق الخضراء يكون فيها امتصاص الطاقة قليل جداً. وفي المناطق التحت حمراء المتوسطة يلعب المحتوى المائي للورقة الدور الأساسي في تحديد الاستجابة الطيفية حيث يكون الامتصاص في هذه المناطق كبيراً لكون الورقة الخضراء تمتلك محتوى عالي من الرطوبة (Swain و Davis ، 1978). ويوضح الشكل (1) الاستجابة الطيفية للنباتات الخضراء في المجال الطيفي المرئي والتحت أحمر القريب والمتوسط والعوامل النباتية المؤثرة في الاستجابة عند هذه المجالات.



الشكل (1) الاستجابة الطيفية للنباتات الخضراء

وهنا لابد من إلقاء نظرة إلى الآلية الفيزيائية والبيولوجية التي تؤثر في الاستجابة الطيفية للنباتات بشكل عام.

تتحدد الاختلافات في الصفات الطيفية للنباتات (البصمة الطيفية) نتيجة التفاعل بين مصدر الطاقة (الشمس كمصدر للأشعة) والنبات كهدف مدروس. وقد وضح Gates (1970) أن الأشعة الشمسية بأطوالها الموجية المختلفة حين تصطدم بالنبات كهدف مدروس تأخذ ثلاثة أشكال وهي الممتصة والنافذة والمنعكسة والتي يعبر عنها بالمعادلة التالية:

$$I = A + T + R$$

حيث**I** : **الأشعة الساقطة الكلية** Incident energy (الشمس كمصدر للأشعة).

A : **الأشعة الممتصة** Absorbed energy وهي الأشعة التي يقوم النبات بامتصاصها وتختلف نسبتها باختلاف المنطقة الطيفية (الطول الموجي).

T : **الأشعة النافذة** Transmitted energyوهي الأشعة النافذة من خلال طبقات الأوراق وتتأثر بعدد الطبقات الورقية والتركيب الداخلي للورقة وتختلف نسبتها باختلاف المنطقة الطيفية (الطول الموجي).

R: الأشعة المنعكسة Reflected energy وهي الأشعة المنعكسة عن النبات وتختلف نسبتها باختلاف المنطقة الطيفية (الطول الموجي).

وتعد الأشعة المنعكسة هي الأشعة التي تعتمد عليها تقنيات الاستشعار عن بعد في دراسة الغطاء النباتي ضمن المجال الطيفي من 0,3 إلى 3 ميكروميتر والتي يمكن أن تستنتج من العلاقة (Swain و Davis، 1978) :

$$\mathbf{R = I - (A + T)}$$

ولا بد لنا من التعرض بشيء من التفصيل إلى الصفات الانعكاسية للأوراق الخضراء للنباتات ضمن المجال الطيفي المرئي والتحت أحمر القريب والمتوسط. حيث تكون الانعكاسات الطيفية منخفضة جداً ضمن المنطقة الزرقاء والحمراء من المجال الطيفي المرئي، ويعود هذا الانخفاض إلى اعتبار تلك المنطقتين منطقتي امتصاص الكلوروفيل حيث أن الورقة تمتص معظم الطاقة الساقطة في هاتين المنطقتين الطيفيتين والمتوافقتين تقريباً مع الأطوال الموجية 0.45 و0.65 ميكروميتر في حين يلاحظ ارتفاع بسيط في منحني الانعكاس بين هاتين المنطقتين (المنطقة الطيفية الخضراء المرئية) ويعود ذلك إلى أن الامتصاص يكون أقل في هذه المنطقة في حالة النباتات السليمة. كما تؤدي بعض الصبغات الأخرى دوراً في الصفات الانعكاسية للنباتات قد يختلف تأثيرها حسب تواجدها أو تواجد صبغة الكلوروفيل، مثل صبغتي الكاروتين والكزانتوفيل (صبغات صفراء) وصبغة الانثوسيانين (صبغة حمراء). وتمتص الصبغات الصفراء السابقة الذكر فقط ضمن المجال الطيفي الأزرق وفي حالة النباتات الطبيعية والسليمة وعند تواجد صبغة الكلوروفيل تقوم هذه الصبغة بحجب عمل الصبغات الصفراء ولا يظهر تأثيرها إلا في الظروف الاستثنائية مثل تهدم الكلوروفيل أثناء شيخوخة الورقة أو في فصل الخريف قبل تساقط الأوراق. كما أن بعض الأنواع النباتية تنتج صبغة الانثوسيانين والتي تؤدي إلى امتلاك الورقة لون أحمر فاتح. فالنباتات التي لا تحتوي على أي من الصبغات يكون الامتصاص فيها قليل جداً والانعكاس ضمن هذه المنطقة المرئية يكون كبير لمثل هذه النباتات وقد تتقارب مع قيم الانعكاس في المنطقة التحت حمراء القريبة في حين أن الانعكاس يأخذ قيم منخفضة في حالة وجود الصبغات بمختلف أشكالها سواء الخضراء أو الحمراء (Holler وJohannsen، 1969).

ونلاحظ بالانتقال إلى المنطقة التحت حمراء القريبة زيادة واضحة في الانعكاس عن المنطقة المرئية تبدأ تقريباً من 0.7 ميكروميتر، حيث يكون الانعكاس مرتفع جداً والنفاذية مرتفعة جداً والامتصاص منخفض جداً، وتتراوح نسبة الانعكاس في هذه المنطقة من 45–50% كذلك تكون نسبة الأشعة النافذة في حين أن نسبة الأشعة الممتصة تكون أقل من 5% في هذه المنطقة الطيفية (Swain و Davis ، 1978). وقد لاحظ كل من Knipling (1967) وGates (1970) التأثير الكبير لدور التركيب الداخلي للورقة على الانعكاس ضمن هذه المنطقة الطيفية.

تؤدي كل من الكتلة الحيوية للنبات Biomass وكذلك دليل المساحة الورقية Leaf area index LAI دوراً كبيراً في التأثير على الاستجابة الطيفية ضمن هذه المنطقة الطيفية، وقد وضح Abd El-Gawad وآخرون (2000) ذلك على نبات القمح، حيث تأخذ الانعكاسات الطيفية أعلى قيمة لها عندما يحقق النبات أعلى قيمة لكل من الكتلة الحيوية ودليل المساحة الورقي وعدد طبقات الأوراق كذلك حصل Al–Khaled وآخرون (2005) على نتائج مشابهة لكل من نبات القطن، والذرة، والأرز، كما أن لعدد طبقات الأوراق في النبات دوراً هاماً في تحديد نسبة الانعكاس ضمن

هذه المنطقة الطيفية فيزداد الانعكاس بزيادة عدد هذه الطبقات والتي تترافق دوماً مع التطور والنمو في النبات ولاسيما محاصيل الحقل (Myers ،1970).

ويلاحظ في المنطقة تحت الحمراء المتوسطة التأثير الكبير للمحتوى المائي لأوراق النباتات الخضراء على انعكاسيتها، حيث تعد الأطوال الموجية 1.4، 1.9، 2.7 ميكرومتر مناطق قوية لامتصاص الطاقة ويعتبر الطول الموجي 2.7 منطقة امتصاص بخار الماء. وقد تؤثر عوامل أخرى على تأثير المحتوى المائي في الانعكاس مثل وجود الكلوروفيل.

2-2-2- علاقة الأدلة الطيفية بالصفات الخضرية والانتاجية:

من خلال البحث والدراسة والحاجة إلى تمييز بعض الأهداف بعينها وفصلها عن الأهداف الأخرى في الصور الرطبائية أو القياسات الراديومترية لجأ الباحثون إلى وضع العديد من المعادلات الرياضية التي تعتمد على مجالات طيفية مختلفة لصياغة هذه المعادلات كون أن هذه المجالات لوحدها قد لا تلبي الغرض أو لا تمكن من الفصل والتمييز. وعند الدراسة في المجال الزراعي وضع العلماء عدد من هذه المعادلات التي تدعى القرائن أو الأدلة النباتية (Indices) لتمييز النباتات بشكل عام عن الأهداف الأخرى غير النباتية وطورت هذه الدلائل لإمكانية تمييز النباتات عن بعضها أو الأنواع عن بعضها. أو تلك المعرضة لإجهاد معين أو معاملة معينة. معظم القرائن النباتية الموضوعة تستخدم المجالات الطيفية المرئي والتحت أحمر القريب والتحت أحمر المتوسط. فقد ناقش Perry و Lautenschlager (1984) خمسة عشر (15) دليل نباتي خضري منها.

RVI = NIR /R — Ratio vegetation index

PVI = a1 (NIR) - a2(R) — Perpendicular vegetation index

a1 و a2 (Wiegand و زملاؤه،1979)

SAVI = 1.5 ((NIR-R) /(NIR + R) + 0.5 — Soil adjust vegetation index

(Huete ،1997)

حيث **R** المجال الطيفي المرئي الأحمر و**NIR** المجال الطيفي التحت احمر القريب.

ولكن أشهرها وأكثرها استخداما على الإطلاق هو ثابت

NDVI= NIR – R / NIR + R Normalized Difference Vegetation Index

(Rouse وآخرون 1973)، حيث تتراوح قيمة هذا الدليل بين −1 و +1 وتكون القيم الموجبة للنباتات.

بشكل عام معظم هذه القرائن النباتية الخضرية ترتبط بكمية خضرية النباتات إن صح التعبير مثل دليل المساحة الورقية Leaf area index (LAI) والكتلة الحية للنبات Biomass ونسبة التغطية الأرضية Cover% والتي يمكن أن تستخدم كمؤشر على النمو الخضري (Tucker

،Wiegand 1979 وآخرون 1991، Abd El-Gawad وزملاؤه 2000). كما أن هناك أدلة خضرية جفافية بحيث تتأثر بمحتوى النبات من الماء.

يتم استخدام قياسات الانعكاس الطيفي للمحاصيل لمراقبة نموها كما أن هذه الانعكاسات الطيفية تعكس مجموعة واسعة من القياسات البيوكيميائية والفسيولوجية. لذلك تعتبر تطبيقات الاستشعار عن بعد التي تستند على قياس وتفسير الانعكاس الطيفي للمحاصيل الزراعية اهم الأدوات لتقييم نمو المحاصيل والغلة (Aparicio وآخرون ،2000). كما استخدم Al-Gaadi وزملاؤه (2014) تطبيقات الاستشعار عن بعد التي أصبحت جزءا أساسيا من الزراعة لمراقبة نمو المحاصيل لدراسة تأثير نقص المواد الغذائية الأساسية على نمو المحاصيل والغلة من خلال تقييم بعض المؤشرات الفيزيائية الحيوية حيث وجدوا أن هذه التقنية تعزز كفاءة إدارة الموارد الزراعية. و وأظهر كل من Pearson وزملاؤه (1972) إمكانية تقدير الكتلة الحيوية الخضراء عن طريق قياسات الانعكاس الطيفي، حيث وجد ارتباطاً موجبا بين الانعكاسات الطيفية والكتلة الحيوية الخضراء، كما وجد Daughtr (1980) ارتباطاً عالياً بين الانعكاسات الطيفية وكل من نسبة تغطية التربة ودليل المساحة الورقية والكتلة الحيوية والمحتوى المائي للنبات، مع الإشارة إلى تأثر هذه الانعكاسات بمراحل نمو المحصول.

بيّن Flesch وGallo (1989) أنه يمكن استخدام NDVI Normalized Difference Vegetation Index بالتنبؤ بتغيرات الكتلة الخضراء أو الوزن الرطب للنبات في مراحل مبكرة من موسم النمو وحتى المراحل المتقدمة ،كما درس Danson وآخرون (1992) من خلال دليل NDVI آثار بنيه الورقة على مجالات امتصاص الماء وتبين أن مشتقات الانعكاس (الأدلة الطيفية) حسبت لتقلل من تأثير بنيه الورقة وبذلك تحقق أقصى قدر من الحساسية لمحتوى الورقة من الماء، تركزت عدة جهود بحثية على تطبيق بعض الأدلة على مستوى الورقة تحسب من مجالات امتصاص المياه ،والعلاقات الإحصائية بين انعكاس الورقة والمحتوى المائي لها، حيث طوّرDas وآخرون(1993) مجموعة من الطرق للتنبؤ بدليل المساحة الورقية والمادة الجافة وغلة الحبوب لمحصول القمح بواسطة تقنيات الاستشعار عن بعد الحرارية وعدد من لمؤشرات الطيفية، فكان الارتباط إيجابياً ما بين LAI والمادة الجافة وغلة الحبوب مع الدليل الخضري(NDVI) ، حيث تم الحصول على أفضل النتائج في الفترة الواقعة بين مرحلة الإزهار ومرحلة النضج اللبني، كما وجد علاقة طردية بين LAI وكل من دليل (NDVI)، ودليل الغطاء النباتي (Triangular vegetation index TVI) لنبات القمح والتي كانت جيدة للتنبؤ بالغلة. أيضا وجد(Smith وزملاؤه (1995) أن هناك ارتباطاً معنوياً بين NDVI والغلة النهائية لنبات القمح وذلك في الفترة ما بين 3-5 أشهر قبل الحصاد. كما أشارBuscagLAI وزملاؤه (1999) إلى ارتباط دليل الـ (NDVI) إيجاباً بكل من المحتوى الآزوتي المتاح في التربة وإنتاجية المادة الجافة ودليل مساحة الأوراق.

واستخدم Zarco (2003) دليل NDVI لتقدير الخصائص المتعددة للنباتات بما في ذلك LAI والتبخر والتمثيل الضوئي والانتاجية ودورة الكربون في النبات من حيث امتصاصه وتوزعه في الغطاء النباتي. ووجد تأثير غير مباشر للمحتوى المائي على الانعكاس عند طول موجي 400 نانومتر وعند حافة الحمراء وأنه مؤشر جيد لتقدير المحتوى الآزوتي والكتلة الحية على مستوى المظلة النباتية. ووضح Stancalie وآخرون (2014) عند دراسة العلاقة بين بعض أدلة الغطاء النباتي المشتقة من الصور الرطبائية مثل (NDVI و EVI Enhanced Vegetation Index و NDWI Normalized Difference Water Index و Normalized Difference NDII Infrared Index) و دليل المساحة الورقية (LAI) لتقييم حالة الغطاء النباتي تحت تأثير الجفاف الزراعي إن هذه الأدلة تعد مؤشر جيد لحالة الغطاء النباتي تحت ظروف الإجهاد الجفافي والمرتبطة بمدة وشدة الجفاف. كما أشار إلى أن دليل EVI والذي يعد دليل محسن عن NDVI ، والذي يستخدم منطقة الانعكاس الزرقاء لتصحيح انعكاسات التربة والحد من تأثيرات الغلاف الجوي حيث أنه يقلل تباينات انعكاس التربة ويحسن الحساسية لحالة النباتات لذلك يستخدم لتقليل تأثير التربة والغلاف الجوي. أشار Binfang وآخرون (2010) أن دليل EVI يعتبر دليلاً هاما في مراقبة النمو خلال المراحل الفيزيولوجية، والتنبؤ بالانتاج على نطاق واسع. كما توصل (Chen وآخرون 2013) باستخدام الصور الرطبائية من نوع MODIS على مساحات واسعة لمحصول القمح إلى أن الدليلين NDVI وEVI لهما فعالية في قياس اخضرار الغطاء النباتي، والمحتوى المائي وكثافة المظلة النباتية للمحاصيل. وأن دليل EVI حساس لامتصاص الضوء من قبل كلوروفيل الاوراق، ويمتلك حساسية أعلى من NDVI في المناطق عالية الكتلة الحيوية. وأن قيمة EVI تزداد تدريجيا مع مراحل النمو الخضري والوصول إلى الذروة في بداية مرحلة التسنبل ومن ثم تبدأ في الانخفاض في مرحلة نضج السنابل وحتى الحصاد. وأن استخدام السلاسل الزمنية للصور الرطبائية MODIS/EVIلها القدرة على تميز الدورات الزراعية والكثافة المحصولية. حيث وجد Le Li وآخرون(2014) في تجربة نفذت بحقول الأرز أن قيم EVI تزيد بعد الزراعة وتبلغ الذروه في انتهاء مرحلة الاشطاء، وتتناقص مع تقدم النبات بالعمر وذبول الاوراق قبل الحصاد. أوضح Aparicio وزملاؤه (2000) تناقص قيم الأدلة الطيفية وNDVI وSRI Simple Ratio Index مع تقدم مراحل النمو من مرحلة النمو الخضري الأعظمي إلى النضج والحصاد في القمح القاسي تحت ظروف الزراعة المروية، وأنه يمكن استخدام هذه الأدلة على نطاق واسع لتقييم الظروف الفسيولوجية المختلفة عن المظلة النباتية مثل كمية المادة الجافة وLAI والقدرة على التمثيل الضوئي. وأشار Raun وزملاؤه (2001) إلى إمكانية استخدام دليل SRI للتنبؤ في غلة محصول الحبوب للقمح تحت البيئات المجهدة مائيا، وأن العلاقة بين أدلة NDVI وSRI من جهة والغلة الحبية لمحصول القمح من جهة أخرى كانت قوية تحت ظروف إجهاد الرطوبة وإمكانية استخدام هذه المؤشرات

الطيفية في ظل هذه الظروف، ولكن في ظل ظروف الري الجيد كانت العلاقة القائمة ضعيفة. كما استخدم Babar وآخرون (2006) دليل SRI للتنبؤ ببعض المؤشرات الخضرية المختلفة للنبات مثل مؤشر الكتلة الحيوية الخضراء و(LAI) وأن هنالك علاقة بين SRI وغلة الحبوب ومكونات الغلة لمحصول القمح. حيث وجد ارتباط بين SRI والعائد الكلي من غلة الحبوب. وأن في NDVI و SRI انخفضت كلما اتجه النبات الى مرحلة ملء الحبوب.

بين Edytaa و Nasilowska (2011) امكانية استخدم بيانات متعددة الأطياف والفائقة الطيفية على نطاق واسع لتحديد كمية الآزوت في الغطاء النباتي كما يمكن لدليلي SRI و NDVI المشتقين من هذه البيانات تقدير الاجهاد الآزوتي الذي تتعرض له المحاصيل، و أوضحPradhan وآخرون (2014) إمكانية استخدام دليل (SRI) لتقييم الكتلة البيولوجية الخضراء وعملية التمثيل الضوئي والمحتوى المائي النسبي والمغذيات والاجهادات البيئية لمحصول القمح. والتنبؤ بالغلة من الحبوب والكتلة الحيوية وأن الدليلين (SRI) و(NDVI) هما الأكثر استخداما لتقدير الكتلة الجافة للمحاصيل، ودليل المساحة الورقية، والكلوروفيل.

أشارVerrelst وآخرون (2006) أن دليل $NDVI_{705}$ **Red Edge Normalized Difference Vegetation Index** يستخدم لإظهار أقصى قدر من الحساسية لمحتوى الكلوروفيل وأن دليل $NDVI_{705}$ الضيق الحزمة، وهو تعديل لـ NDVI النطاق العريض التقليدي، وغالبا مايسلكا سلوكا مشابها، كما وجد Hamzeha وزملاؤه (2013) أن$NDVI_{705}$يرتبط مع نمو النباتات، والكتلة الحيوية ومساحة الورقة والمحتوى من الكلوروفيل.

أوضحVerrelst وآخرون (2006) أن $mSRI_{705}$ **Modified Red Edge Simple Ratio Index** و $mNDVI_{705}$ **Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index** مؤشرات ضيقة الحزمة وضعت لتعويض تأثير ارتفاع سطح الورقة على الانعكاس. كما وجد Sovoe (2011) أن $mNDVI_{705}$ هو واحد من مؤشرات الغطاء النباتي ضيقة الحزمة وهو مقياس متطور للكتلة الكلية والغطاء النباتي الحيوي وهو يتراوح من 1 إلى−1، هذا المؤشر يقيس في حافة الجزء الأحمر من انعكاس طيف الغطاء النباتي مما يجعله أكثر حساسيه للتغيرات الطيفية في صحة النبات مقارنة بمؤشرات النطاق العريض التقليدية. وقد تم اختيار الأطوال الموجية على حافة الحمراء من طيف الغطاء النباتي (705 و750 نانومتر) لاختبار مؤشرات الغطاء النباتي $mNDVI_{705}$، $NDVI_{705}$ لأجل تقدير محتوى الكلوروفيل و LAI في هيكل المظلة. أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها(Qi-fa Zhou وآخرون 2010)أن الآزوت في نباتات الأرز يمكن أن يتم الكشف عنه بفعالية من خلال الدليل .mSR_{705}.

واشار Sims وGamon (2002) أن دليل (mSR_{705}) لديه حساسية جيدة لمؤشرات الغطاء النباتي الفيزيائية الحيوية (المحتوى من الكلوروفيل و LAI) وأنها ذات علاقة خطية مع هذه

المؤشرات والذي أعطى نتائج جيدة لتقديرها عن أغطية نباتية مختلفة. وأن mSR_{705} كان حساس لمستويات عالية من الازوت، في حين أنه لم يسجل هذه الحساسية عند المستويات المنخفضة. وفي دراسة قام بها Al-Gaadi وآخرون (2014) وجدوا أن الأدلة الطيفية NDII و NDNI **Normalized Difference Nitrogen Index** وWBI **Water Band Index** أظهرت استجابة كبيرة إلى مستويات ري مختلفة. وسجل الدليلين NDII وNDNI أعلى ارتباط مع دليل مساحة الورقة LAI ، كما أظهرت نتائج هذه الدراسة أن أفضل علاقة لوحظت بين دلائل الغطاء النباتي NDII، NDNI وLAI والغلة لمحصول القمح كما لاحظوا أيضا أن القياسات الطيفية التي أخذت في مرحلة امتلاء السنابل أسفرت عن علاقة ضعيفة بين الدلائل الطيفية وLAI ويعزى ذلك إلى التغيرات التي تحدث للأوراق في هذة المرحلة، التي جفت وأخذت بالإصفرار. كما وجدوا أن العلاقة الأكثر أهمية بين الغلة من حبوب القمح والمؤشرات الطيفية المشتقة من المجال الطيفي التحت أحمر القريب NIR، يمكن استخدامها بشكل كبير لتقييم غلة القمح في وقت مبكر (مرحلة التسنبل Booting). وأوضح David وLusch (1999) ارتباط انعكاس الورقة عكسيا مع المحتوى المائي في المجال الطيفي التحت الأحمر المتوسط (MIR)، حيث يكون الانعكاس مرتفعا ضمن المجال تحت الأحمر المتوسط عند جفاف النبات نتيجة لحدوث تغيرات كبيرة في الانعكاس في نطاقات امتصاص الماء الرئيسية عند 1450، 1920، و2700 ميكرومتر، كما ذكر Royo وآخرون (2003) أن مرحلة النضج اللبني كانت مرحلة النمو المثلى لتقييم غلة القمح باستخدام المؤشرات الطيفية (NDII، NDNI). كما أشار Jackson وزملاؤه (2004) أن دليل NDII يعتبر حساس لزيادة محتوى الورقة من الماء في المظلة النباتية. وتزداد قيمه هذا الدليل بزيادة محتوى الماء.استخدم Hunt وآخرون (2007) دليل(NDII) ضمن النطاق الطيفي تحت الأحمر القريب لتحديد المحتوى المائي لمحصولي الذرة وفول الصويا في كل من اريزونا نيو مكسيكو وأيوا في الولايات المتحدة الأمريكية لعامي 2004 و2005 ووجدوا أن الـ NDII شكل علاقة خطية مع المحتوى المائي للمجموع الخضري للغطاء النباتي لكلا المحصولين حيث كان قيمة معامل الارتباط R2 =0.81. ووجد Al-Gaadi وآخرون (2014) أن كلا الدليلين NDII وNDNI أظهرا علاقة طردية خطية مباشرة مع LAI . وبيّن أن الدليل NDII يمكن استخدامه كمؤشر على قيمة الـ LAI لمحصول القمح حيث أظهرت علاقة ارتباط قوية مع LAI. كما أمكن استخدامه للتنبؤ بغلة محصول القمح. ووجد Manjeet وSharma (2012) أن جميع قيم المؤشرات الطيفية (NDVIو RVI و MSI **Moisture Stress Index**) كانت في الحد الأقصى مع الجرعة القصوى من النيتروجين كما كانت مرتبطة على نحو أفضل مع المؤشرات الطيفية التي سجلت خلال مرحلة الاشطاء. وأشار Gupta وآخرون (2006)، إلى ظهور علاقة ذات دلالة إحصائية بين LAI وNDII كما أنّ العلاقة بينLAI ودليل NDII يمكن اعتبارها علاقة ضعيفة نسبيا في المرحلة التسنبل Booting

كما تم الحصول على نتائج مماثلة من قبل Zhang وآخرون (2012). بين Gao (1995) أن NWDI مؤشر حساس للتغيرات في محتوى الماء في الغطاء النباتي حيث أنّ الانعكاس عند طول موجة الانعكاس في 857 نانومتر و 1241 نانومتر له خصائص امتصاص الماء.

وأوضح Stancalie وآخرون (2014) أن دليل NDWI مشتق من المجال الطيفي تحت أحمر القريب Near Infra Red NIR والتحت أحمر القصير Short Wave Infra Red . SWIR،قيم NDWI وتزداد قيم هذا الدليل مع زيادة المحتوى المائي للغطاء النباتي مما مكن من رصد الجفاف باستخدام هذا الدليل وذلك لاستجابة المجالات الطيفية المشتق منها للتغيرات في محتوى الماء في الغطاء النباتي. وأكد على ذلك Sahay وآخرون (2014) بأن دليل الـ NDWI يعد دليلاً جيدا للتعبير عن محتوى الأوراق من الماء وللكشف ومراقبة الرطوبة في الغطاء النباتي. لأن الانعكاس في المجال التحت أحمر القصير SWIR يعبّر عن التغيرات في كل من محتوى الماء للغطاء النباتي والورقة، في حين أن الانعكاس في مجال NIR يتأثر بالبنية الداخلية للورقة ومحتوى المادة الجافة. هذا المزج بين NIR مع SWIR من خلال دليل SWIR يزيل الاختلافات الناجمة عن البنية الداخلية للورقة ومحتوى المادة الجافة، وتحّسن وتمكّن من في تحديد محتوى الماء للغطاء النباتي بشكل دقيق. ليحمل إمكانات كبيرة لرصد الجفاف لأن المجالات الطيفية المستخدمة بالدليل SWIR تستجيب للتغيرات في محتوى الماء.

وأوضح Sovoe (2011) أن دليل WBI مشتق من قيم الانعكاس عند 900 نانومتر و970 نانومتر لقياس المحتوى المائي للاوراق، وأن الماء في الأوراق يؤثر على انعكاس النبات في مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة والقصيرة، وأن قوة الامتصاص للماء عند 970 نانومتر تزيد بنسبها عن الامتصاص عند 900 نانومتر، وأن الدلائل $mNDVI_{705}$ وWBI هي دلائل لتقييم صحة المحاصيل في ظل اساليب وكميات الري، كما أشار إلى وجود علاقة مكانية بين مؤشرات الغطاء النباتي، حيث أن المناطق التي كانت فيها قيمة منخفضة للـ $mNDVI_{705}$ كانت قيمة WBI هي الاعلى، وأن المناطق ذات قيمة WBI الاعلى أظهرت امتصاص أعلى للـ CO_2 أو نشاط ضوئي أعلى، وان قيمة WBI المرتفعة يقابلها زيادة في النشاط الضوئي وبالتالي فان توفر المياه هو أكثر أهمية من توافر المواد الغذائية للمحاصيل في موقع الدراسة، كما أظهرت هذه الدراسة أن الاجهاد قد يسبب تغيرات بيوكيميائية في المستوى الخلوي للورقة والتي يكون لها تأثير على أنظمة الأصبغة والمحتوى الرطوبي للمظله النباتية. وأن القدرة على أخذ قياسات في نطاقات طيفية ضيقة من الطيف الكهرومغناطيسي يجعل من الممكن استغلالها بشكل مميز في مجال الادارة البيئية، وأن الاستشعار عن بعد هو الاداة الزراعية الدقيقة لتي يمكن استخدامها لتحسين إنتاجية المحاصيل. حيث بين Champagne وآخرون (2001) أن دليل WBI يعبر عن حساسية الغطاء النباتي للتغيرات في الوضع المائي للمظلة النباتية.

أشار Zarco وزملاؤه (2007) أن مؤشرات (WBI,NDWI) تختلف حسب نوع الغطاء النباتي، ودليل المساحة الورقية، والحالة الفيسيولوجية للنبات، كما أن مؤشر WBI يستخدم في وضع خرائط المحتوى المائي للغطاء النباتي كما وجد أنه لايتأثر بالمحتوى المائي فقط ولكن أيضا لهيكلية المظلة وهندستها دور كبير أيضاً. أظهر Al-Gaadi وزملاؤه (2014) أن دليل WBIارتبط معنوياً بالغلة الحبية لمحصول القمح. وكان لدليل الـ (WBI) أفضل علاقة مع غلة الحبوب من القمح مقارنة بالمؤشرات الطيفية الأخرى (NDNI ، NDII).

توصل Ceccato وزملاؤه (2001) إلى أن دليل MSI يعتبر حساس لزيادة محتوى الورقة من الماء حيث تزداد قوة الامتصاص عند حوالي 1599 نانومتر بزيادة محتوى الورقة من الماء في المظلة النباتية وأن الامتصاص عند 819 نانومتر لا يتأثر تقريباً بتغيير محتوى الماء، لذلك يتم استخدام هذا الدليل كمرجع عن حالة المحتوى المائي في الأوراق. كما أوضحت النتائج التي توصل إليها Marumbwa وآخرون (2007) أن الدليل الرطوبي النباتي MSI المشتق من بيانات الصور الرطبائية من نوع (Landsat TM)يستطيع التمييز بسهولة بين الحقول المروية والحقول البعلية عند درجة موثوقية ($P<0.05$) . كما أن هناك علاقة ايجابية عند درجة موثوقية ($P<0.05$) بين مياه الري المستخدمة ودليل الرطوبة النباتي MSI المشتق من بيانات Landsat TM2 وكان ($r=0.787$)، حيث أن معدل استخدام مياه الري قيست في الحقل باستخدام قراءات مقياس تدفق الماء flow meter وهذا يؤكد فائدة استخدام هذا الدليل MSI في تقدير ومراقبة احتياجات ماء الري. و توصلKumhálová وآخرون (2014) إلى أنه هناك ارتباط كبير بين MSI والغلة لمحصول القمح .

الفصل الثالث

مواد البحث و طرائقه

Materials and Methods

3- مواد البحث وطرائقه Materials and Methods

3-1- المادة النباتية : Plant material

نُفذت الدراسة على صنف القمح شام 5، مصدره دائرة أبحاث المحاصيل الحبية التابعة للهيئة العامة للبحوث الزراعية، وهو من أصناف القمح القاسي مقاوم للجفاف، اعتمد للزراعة البعلية في مناطق الاستقرار الثانية (250-350 مم)، يمتاز بتأقلم Tuckerواسع، ويمتاز بطول الساق وبتحمل جيد للصقيع متوسط طول الساق (56 سم) ولون السنبلة كريمي وشكلها هرمي. لون الحبوب عنبري، وهو صنف مقاوم للانفراط والرقاد.

3-2- موقع تنفيذ التجربة: Experimental site

نُفذت التجربة في حقول الهيئة العامة للاستشعار عن بعد في منطقة الصبورة في محافظة ريف دمشق، التي تقع على مسافة 17 كم غرب مدينة دمشق، على خط طول 36.15^0 شرقاً وخط عرض 32.51^0 شمالاً. وترتفع قرابة 950 م عن سطح البحر. ويقدر معدل الهطول المطري السنوي في المنطقة بنحو 255 ملم.سنة$^{-1}$ أعلى هطول مطري بمتوسط قدره75 ملم. وتسجل أعلى درجات الحرارة فيها خلال شهر آب/أغسطس بمتوسط قدره 24.8 درجة مئوية في حين يسجل في شهر كانون الثاني/ يناير وأدنى متوسط درجة حرارة خلال العام (5.8 درجة مئوية). ويوضح الجدول (1) كميات الهطول المطري والثلجي لموسم 2013-2014

الجدول (1) كمية الأمطار في منطقة الصبورة وتوزعها خلال موسم نمو

تاريخ الهطول	كمية الهطول (مم)	نوع الهطول مطري -ثلجي
2013/9/22	1	مطري
2013/11/1	2	مطري
2013/11/9	5	مطري
2013/11/11	1	مطري
2013/11/18	25	مطري
2013/12/4	4	مطري
2013/12/5	20	مطري
2013/12/6	10	مطري
2013/12/13	50	ثلجي
2013/12/29	20	مطري
2014/1/28	5	مطري
2014/2/16	5	مطري
2014/3/9	14	مطري
2014/3/13	4	مطري
2014/3/25	2	مطري
2014/4/19	3	مطري
2014/5/8	23	مطري
المجموع	194	

يبين الجدول رقم (2) التركيب الكيميائي لتربة موقع تنفيذ الدراسة.

الجدول (2) التحليل الميكانيكي والكيميائي لتربة الموقع خلال 2014/2013

التحليل الميكانيكي %			قوام التربة	الآزوت المتاح (مغ/كغ)	الفوسفور المتاح (مغ/كغ)	البوتاس المتاح (مغ/كغ)	التحليل الكيميائي لمستخلص عجينة التربة		
رمل	سلت	طين					حموضة التربة PH	التوصيل الكهربائي ميليموز/سم	كربونات الكالسيوم CaCo3
24	48	28	سلتية طينية	6.0	2	320	8	1.3	25

3-3- المعاملات المدروسة: Treatments

3-3-1- معاملة الري (I): حيث تمَّ دراسة ثلاثة معاملات هي:

شاهد (I_0): أي زراعة مطرية تمت بالاعتماد على كمية الهطول المطري خلال موسم نمو القمح.

رية (I_1): إعطاء رية واحدة فقط وذلك في مرحلة الإشطاء بتاريخ 2014/3/10.

ريتان(I_2):إعطاء ريتين خلال مرحلتي الإشطاء والتسنبل بتاريخ 2014/3/10 و2014/4/23).

تم الري بطرقة الغمر، وحُسبت كمية المياه في الرية كالتالي:

كمية المياه في كل رية =شدة تدفق المياه (3.6 $م^3.سا^{-1}$) x مدة الري (4 ساعة)

= 3.6 x 4=14 $م^3$

14x1000=14000لتر

14 $م^3$ لمساحة 216 $م^2$ اي64.81 لتر.$م^{-2}$ مايعادل 64.81 ملم هطول مطري

3-3-2- معاملة **التسميد الأزوتي: حيث تمَّ هنا دراسة أربع معاملات هي:**

شاهد (N_0): دون إضافة السماد الآزوتي.

معدل1 (N_1): المعدل المنصوح به من وزارة الزراعة120 كغ.هكتار$^{-1}$.

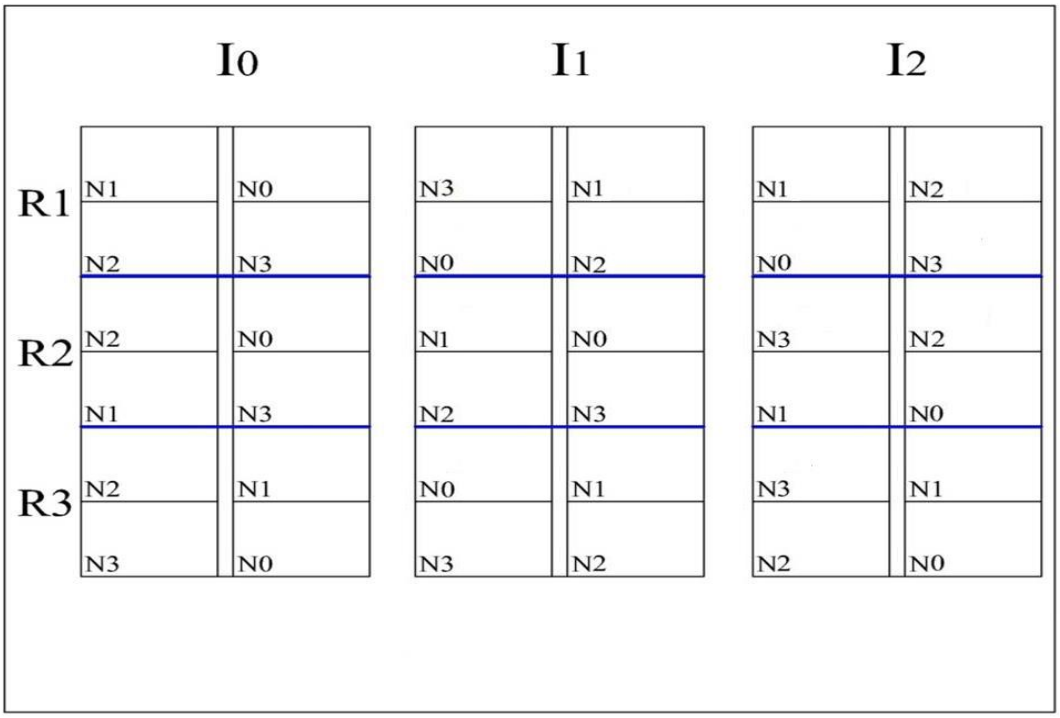
معدل2 (N_2): المعدل المنصوح به من وزارة الزراعة + 50% من هذا المعدل 180 كغ.هكتار$^{-1}$.

معدل3(N_3): المعدل المنصوح به من وزارة الزراعة+ 100% من هذا المعدل 240 كغ.هكتار$^{-1}$.

علما أن كمية السماد المنصوح بها هي 120كغ.هكتار$^{-1}$من الازوت للزراعة المروية والأصناف عالية الإنتاجية وتم إضافة السماد الآزوتي (يوريا) على دفعتين (ثلث عند الزراعة وثلثان عند الاشطاء).

3-4- التصميم التجريبي: experimental design

تم استخدام تصميم القطع المنشقة لمرة واحدة Split-Plot Design حيث احتل فيها عامل الري القطع الرئيسية وزعت معاملات التسميد عشوائياً على القطع الثانويةعلى ثلاث مكررات بمعدل 12 قطعة تجريبة في كل مكرر (الشكل 2).



الشكل(2) مخطط التجربة الحقلية

3-5- طريقة الزراعة: planting method

تمت الزراعة نثرا بمعدل 250 كغ.هكتار$^{-1}$، بتاريخ 2013/11/28، حيث حضرت الأرض للزراعة من خلال تنفيذ عدة فلاحات بهدف تنعيم التربة والتخلص من الأعشاب الموجودة في الحقل، ثم قسمت الأرض الى مساكب بأبعاد (3x3) م^2 بحيث تمثل كل مسكبة قطعة تجريبية وتركت مسافة بين القطع الرئيسية بحدود 1م وتم نثر الحبوب والسماد الفوسفوري والبوتاسي وفق الكميات المنصوح بها من قبل وزارة الزراعة، ثم أعطيت رية خفيفة بطريقة الغمر لمساعدة البذور على الانبات، واعتمدت القطع الرئيسة (بدون ري) على الهطول المطري، وتم إعطاء الرية للمعاملة I_1 عند مرحلة الاشطاء وريتين للمعاملةI_2 عند الاشطاء وعند التسنبل. أضيفت الاسمدة الأزوتية للمعاملات المسمدة وفق الكميات المدروسة على دفعتين الاولى عند الزراعة بتاريخ 11/28، والثانية عند الاشطاء بتاريخ 3/4 وتم عند الحصاد بتاريخ 2014/6/28 حصاد كافة النباتات الموجودة في مربع أبعاده 0.5م x 0.5م

3-6- الصفات المدروسة: Investigated traits

تم خلال مراحل النمو والتطور مراقبة النباتات وتسجيل القراءات الراديومترية بفاصل زمني 15 يوم تقريباً وفق الظروف المناخية من الزراعة وحتى موعد النضج الكامل والحصاد باستخدام جهاز الراديوميتر الحقلي (FieldSpecPro RS3).

3-6-1- الصفات الخضرية:

تم دراستها بشكل متزامن مع القراءات الطيفية:

1. **محتوى الأوراق من الكلورفيل Chlorophyll content** تم قياس محتوى الأوراق من الكلورفيل بواسطة جهاز قياس الكلورفيل SPAD502 plus Chlorophyll Meter.
2. **مساحة الأوراق ودليل المساحة الورقية Leaf area index:** تم حساب المساحة الورقية للنبات باستخدام جهاز قياس مساحة الأوراق LI-3000C وُحسب دليل المساحة الورقية باستخدام العلاقة الرياضية (LAI=LA/GA). حيث LA: مساحة المسطح الورقي وGA: مساحة الأرض التى يشغلها النبات.
3. **الوزن الرطب والجاف للنبات Fresh and Dry weight.** تم حساب الوزن الرطب والجاف للنباتات خلال مراحل النمو المدروسة وذلك لعشر نباتات. فحسب للوزن الرطب (Fresh weight FW) بعد الحش مباشرة بواسطة ميزان حقلي ثم تمّ وضع العينات في مجفف باستخدام المجفف على حرارة 105 م0 لمدة 24 ساعة لحساب الوزن الجاف (Dry weight DW) للنبات.
4. **ارتفاع النبات (سم):** تم قياس ارتفاع النبات من قاعدته عند سطح التربة وحتى قاعدة السنبلة باستخدام المسطرة. ثم تم حساب متوسط ارتفاع النبات لكل معاملة مدروسة .

3-6-2- الصفات الإنتاجية:

تم أخذ **عشرة نباتات** عند الحصاد من كل قطعة تجريبية ودُرست الصفات الإنتاجية التالية:

1. **طول السنبلة (سم):** تم قياس طول كل سنبلة من قاعدة السنبلة باستخدام المسطرة. ثم حساب متوسط طول السنابل لكل معاملة.
2. **عدد الاشطاءات الكلي (إشطاء / نبات):**تم عد الإشطاءات على النبات لكل معاملة ولكل مكرر.
3. **عدد السنابل في النبات:**تم عد السنابل/ نبات ثم حُسب متوسط عددها في المعاملة.
4. **معامل الاشطاء المثمر:** حُسب من خلال قسمة عدد الإشطاءات المثمرة (السنابل) على عدد الإشطاءات الكلية.
5. **عدد الحبوب ووزنها في السنبلة:** تم عد الحبوب ووزنها في السنبلة ثم أخذ متوسط عدد الحبوب الكلي لكل معاملة مدروسة.

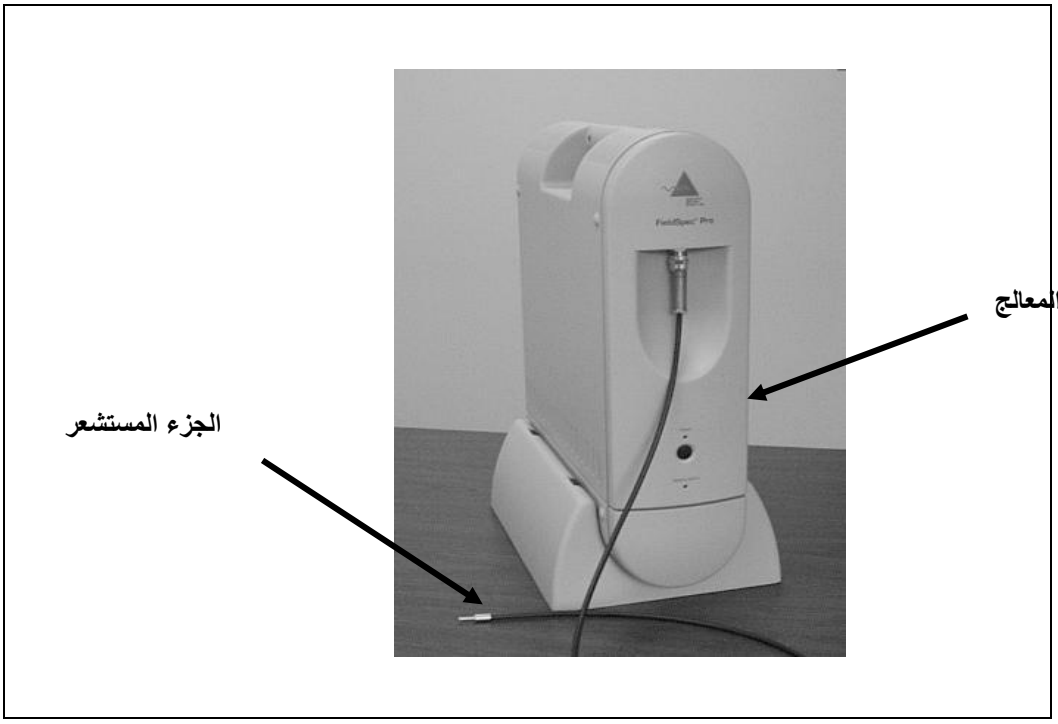
6. **الغلة الحبية Grain yield (غ. م$^{-2}$):** وذلك بحساب متوسط وزن الحبوب لجميع النباتات المحصودة في المتر المربع من الأرض ضمن كل قطعة تجريبية.
7. **الغلة من البيولوجية Biological yield:** وذلك بحساب متوسط الوزن الجاف الكلي لجميع النباتات المحصودة في المتر المربع من الأرض ضمن كل قطعة تجريبية.
8. **دليل الحصاد Harvest Index**: وهو عبارة عن النسبة المئوية بين الغلة الاقتصادية (وزن الحبوب) والغلة البيولوجية في وحدة المساحة (الحبوب + القش) (مشنطط ، 1991) وحسب وفق المعادلة التالية:

$$\text{معامل الحصاد} = \frac{\text{الغلة الحبيّة (وزن الحبوب)}}{\text{الوزن الكلي للمجموع الهوائي}} \times 100$$

3-6-3- القراءات الطيفية:

تم تسجيل القياسات الراديومترية من جميع القطع التجريبية بمعدل مرة كل15- 20 يوم تقريباً بدأ من 62 يوم من الزراعة وحتى نضج المحصول والحصاد باستخدام جهاز الراديوميتر الحقلي FieldSpecPro RS3هو جهاز راديوميتري حقلي ومخبري محمول، سهل الحمل، خفيف الوزن يمسح الجهاز مجال طيفي من350 إلى 2500نانوميتر بفاصل طيفي 2 نانوميتر مما يسمح بدراسات طيفية دقيقة ضمن المجالات الطيفية المرئية وتحت حمراء القريبة والمتوسطة (الشكل 3) مؤلف من مجموعتين من الأجزاء:

الجزء المستشعر: وهو المسؤول عن تسجيل الانعكاسات عن الأهداف المدروسة وهو عبارة عن كبل من الألياف الضوئية Fiber cable تستقبل الطيف الكهرطيسي المنعكس عن الأهداف المدروسة وتحوله إلى إشارات لتنقلها إلى **المعالج** المسؤول عن استقبال الانعكاسات ليعالجها ويحولها إلى منحنيات رقمية تمثل قيم الانعكاس المسجلة عن الهدف المدروس لتظهرها على الجزء الثالث الحاسب المحمول أما المجموعة الثانية فهي عبارة عن البرمجيات المسئولة عن إظهار البيانات وتخزينها ومعالجتها وتحويلها إلى قيم رقمية يسهل التعامل معها وتفسيرها من خلال البرمجيات الشائعة.

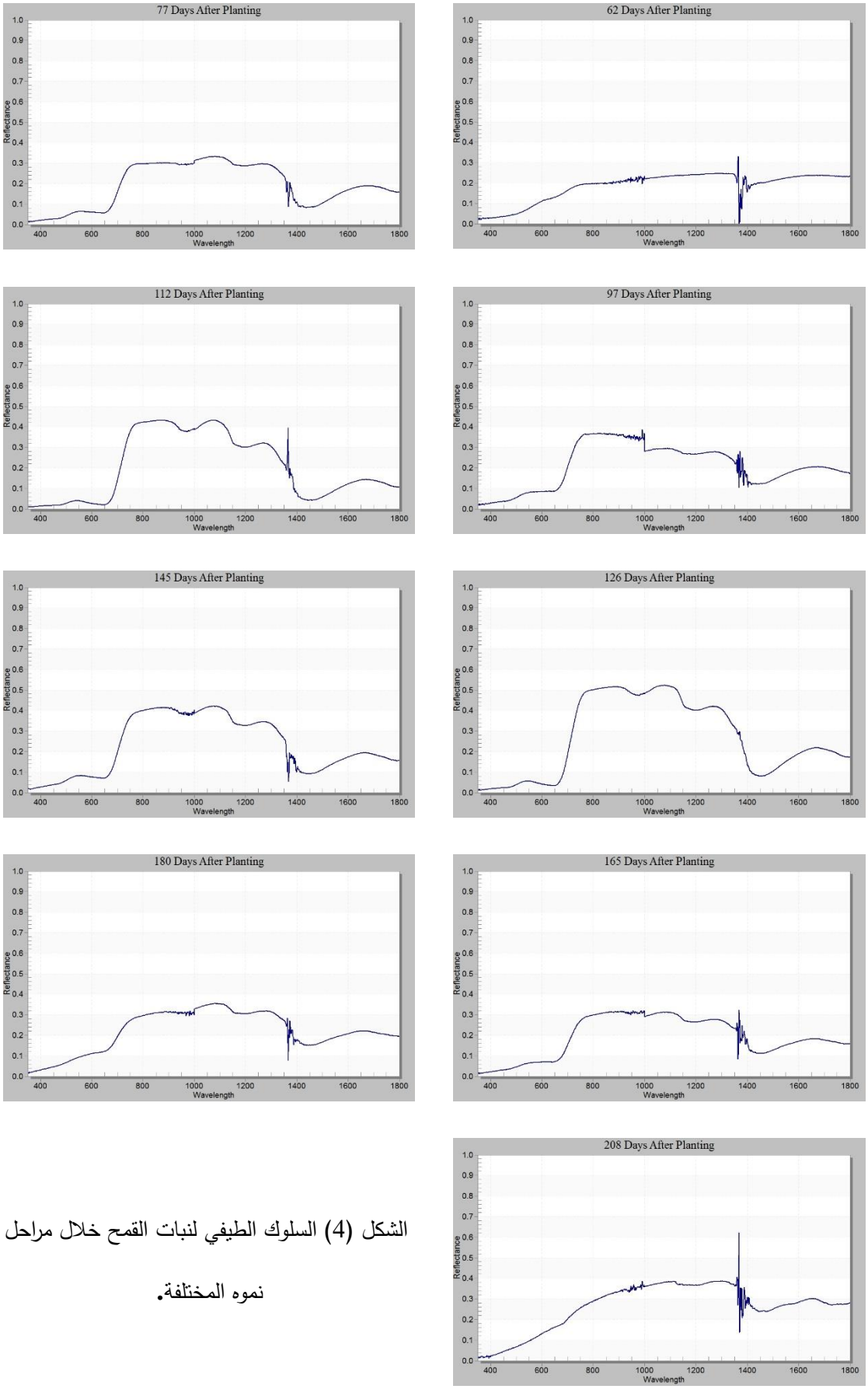


الشكل (3) جهاز الراديوميتر FieldSpecPro

الجدول (3) مواعيد وتواريخ تسجيل القراءات الراديومترية لنباتات القمح (2014)

الموعد الأول	الموعد الثاني	الموعد الثالث	الموعد الرابع	الموعد الخامس	الموعد السادس	الموعد السابع	الموعد الثامن	الموعد التاسع
2014/1/24	2014/2/12	2014/3/4	2014/3/19	2014/4/2	2014/4/16	2014/5/4	2014/5/19	2014/6/17

تم تسجيل ثلاثة قراءات راديومترية في كل قطعة تجريبية أي 108 قراءات راديومترية في كل موعد أُخذت عنده القراءة مما يعني أنه سُجل 972 قراءة لـ 9 مواعيد سُجلت عنده القراءات الراديومترية خلال فترة نمو نبات القمح. عن طريق برمجية VeiwSpecPro الملحقة بالجهاز تم تحويل كل قراءة راديومترية مسجلة إلى منحنيات طيفية على شكل صورة لاستبعاد ماهو شاذ ضمن كل ثلاثة قراءات ممثلة لكل قطعة تجريبية والشكل (4) يوضح شكل المنحني الطيفي لكل قطعة تجريبية لـ 9 قراءات مأخوذة من الزراعة حتى الحصاد، وبنفس البرمجية تم تحويل القراءات الراديومترية إلى صيغ رقمية يمكن التعامل معها ببرمجية Excel. وتم استبعاد القيم من 1800 حتى 2500 لعدم دخولها في حساب أي دليل طيفي من الأدلة المدروسة. تم التعامل مع متوسط ثلاثة قراءات راديومترية لكل قطعة تجريبية لحساب الأدلة الطيفية المدروسة سواء كانت ضيقة الحزمة الطيفية أم عريضة



الشكل (4) السلوك الطيفي لنبات القمح خلال مراحل نموه المختلفة.

3-6-4- الأدلة الطيفية:

بعد أن تم تسجل القياسات الراديومترية لكل قطعة تجريبية تمّ حساب الأدلة الطيفية المستخدمة في الدراسة لكل قطعة تجريبية وبالتواريخ المسجلة فيها القياسات الراديومترية وفق المجالات الطيفية المستعملة لكل دليل من الأدلة التي منها الخضري والمتعلق بالآزوت والمحتوى المائي للنبات، وهي:

أ) الأدلة الطيفية الخضرية عريضة الحزمة:Broadband Greenness Indices

يقصد بالأدلة العريضة الحزمة الأدلة التي يستخدم في حسابها الانعكاس الناتج عن مجال طيفي واسع مثل المجال الطيفي التحت أحمر القريب أو المتوسط أو المرئي الأحمر....إلخ

1- دليل الغطاء النباتي للاختلافات الطبيعية Normalized Difference(NDVI):
Vegetation Index

(Rouse, *et al*., (1973). Tucker (1979). Jackson, *et al*., (1983). Sellers, (1985).)

هذا الدليل من أشهر الأدلة وأكثرها شيوعاً واستخداماً على الإطلاق وهو مقياس **لصحة الغطاء النباتي الأخضر**، يحسب من المجالات الطيفية الأعلى امتصاص للأشعة نتيجة للكلورفيل والأعلى انعكاس تصل إلى اعلى قيمة له في ظروف الغطاء النباتي الكثيف (النمو الخضري الأعظمي للنبات). قيمة هذا المؤشر تتراوح من −1إلى 1 .المدى الشائع للغطاء النباتي الأخضر 0.2 إلى 0.8. ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$NDVI = \frac{P_{NIR-} P_{RED}}{P_{NIR+} P_{RED}}$$

حيث P_{NIR} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي التحت أحمر القريب. و P_{RED} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي الأحمر المرئي.

2- دليل النسبة البسيطة Simple Ratio Index (SRI) :

Rouse, *et al*., (1973). Tucker (1979). Sellers, (1985)

هو دليل قديم أيضا وقيمته تتراوح من 0 إلى أكثر30. والمدى الشائع لهذا الدليل في النمو الخضري الأعظمي هو 2 وحتى 8. هذا المؤشر هو نسبة أعلى انعكاس للنبات عند المجال الطيفي التحت أحمر القريب إلى أعلى امتصاص في المجال الطيفي الأحمر المرئي (نتيجة للكلورفيل). واستخدامه فعال على نطاق واسع من الظروف (Birth, G., and G. 1968 . McVey). ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$SR = \frac{P_{NIR}}{P_{RED}}$$

حيث P_{NIR} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي التحت أحمر القريب. و P_{RED} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي الأحمر المرئي.

3- دليل الغطاء النباتي المحسنEnhanced Vegetation Index(EVI):

(Huete, *et al*., 1997)

ويستخدم الانعكاس من المجال الطيفي الأزرق المرئي لتصحيح انعكاسات التربة والحد من تأثيرات الغلاف الجوي. ويكون أكثر فائدة في بعض الأحيان من NDVI. قيمة هذا المؤشر يتراوح من−1 إلى1 المدى الشائع لهذا الدليل في الأعظمية النباتية الخضراء هو 0.2 وحتى 0.8 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$EVI = 2.5\left(\frac{P_{NIR-}\ P_{RED}}{P_{NIR} + 6P_{RED} - 7.5P_{BLUE}\ + 1}\right)$$

حيث P_{NIR} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي التحت أحمر القريب. و P_{RED} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي الأحمر المرئي. و P_{BLUE} الانعكاس الناتج عن المجال الطيفي الأزرق المرئي.

ب) الأدلة الطيفية الخضرية ضيقة الحزمة Narrowband Greenness Indices :

يقصد بالأدلة الطيفية ضيقية الحزمة هي الأدلة التي تعتمد في بنائها على قيم طيفية محددة بعينها وهذا مايميزها عن عريضة الحزمة المعتمدة على مجال طيفي واسع ويعود ذلك إلى الاعتقاد بأن للأدلة الطيفية ضيقة الحزمة دور بارز في إيضاح التأثير المباشر للعلاقة مع الهدف التي من الممكن عدم وضوحها في العلاقات المعتمد على الحزم عريضة الحزمة ومنها.

1-دليل الغطاء النباتي لمنطقة الحافة الحمراء Red Edge Normalized Difference Vegetation Index($NDVI_{705}$):

Gitelson, and Merzlyak, (1994). Sims and Gamon, (2002)

هذا الدليل هو **تعديل لـ NDVI العريض النطاق التقليدي**. يستخدم في التطبيقات الزراعة الدقيقة، والكشف عن إجهاد الغطاء النباتي .ويختلف عن NDVI باستخدام النطاقات الطيفية على طول الحافة الحمراء، فهو يستفيد من حساسية الحافة الحمراء للتغيرات الصغيرة في الغطاء النباتي، كنقص المغذيات، والشيخوخة. قيمة هذا المؤشر يتراوح من−1 إلى1 المدى الشائع لهذا الدليل في الأعظمية النباتية الخضراء هو 0.2 وحتى0.9 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$NDVI_{705} = \frac{P_{750} - P_{705}}{P_{750} + P_{705}}$$

حيث P_{750} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 750 نانومتر وهو عند نهاية الحافة الطيفية الحمراء. و P_{705} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 705 نانومتر وهو عند بداية الحافة الطيفية الحمراء.

2- دليل النسبة البسيطة العريض النطاق المعدل Modified Red Edge Simple Ratio Index($mSRI_{705}$):

(Sims and Gamon, (2002). Datt, (1999)

هذا الدليل هو **دليل (SR) العريض النطاق المعدل**. ويختلف عن SR باستخدام نطاقات على طول الحافة الحمراء، كما أنه يتضمن تصحيح انعكاس الورقة اللامعة . ويستخدم في التطبيقات الزراعة الدقيقة، والكشف عن الإجهاد الغطاء النباتي. قيمة هذا المؤشر يتراوح من0 إلى30 المدى الشائع لهذا الدليل في الأعظمية النباتية الخضراء هو 2 وحتى 8 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$mSR_{705} = \frac{P_{750} - P_{445}}{P_{705} + P_{445}}$$

حيث P_{750} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 750 نانومتر وهو عند نهاية الحافة الطيفية الحمراء. وP_{705} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 705 نانومتر وهو عند بداية الحافة الطيفية الحمراء. وP_{455} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 455 نانومتر وهو في المجال الطيفي الأزرق المرئي.

3- دليل الغطاء النباتي للحافة الحمراء المعدل Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index($mNDVI_{705}$):

(Datt, (1999). Sims and Gamon, (2002)

هذا الدليل هو **دليل معدل للـ $NDVI_{705}$** يقوم بتصحيح انعكاس الورقة اللامعة. فهو يستفيد من حساسية الحافة الحمراء للتغيرات الصغيرة في الغطاء النباتي، كنقص المغذيات، والشيخوخة. قيمة هذا المؤشر يتراوح من−1 إلى1 المدى الشائع لهذا الدليل في الأعظمية النباتية الخضراء هو 0.2 وحتى0.7 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$mNDVI_{705} = \frac{P_{750} - P_{705}}{P_{750} + P_{705} - 2P_{445}}$$

ج) دليل الآزوت للمظلة النباتية: Canopy Nitrogen

1-دليل الآزوت للاختلافات الطبيعية Normalized Difference Nitrogen Index (NDNI) :

(Serrano, *et al.*, (2002). Fourty, *et al.*, (1996)

تم تصميم هذا المؤشر لتقدير الكميات النسبية من الآزوت التي ترد الى الغطاء النباتي، فالانعكاس عند 1510 نانومتر يتأثر إلى حد كبير بمحتوى الآزوت في الأوراق،وكذلك الكتلة الحية للغطاء النباتي، ويتم الجمع بين محتوى الآزوت والكتلة الحية للمظلة عند 1510 نانومتر للتنبؤ بالمحتوى الازوتي في المظلة النباتية .تتم مقارنة هذا إلى الانعكاسات المرجعية عند 1680نانومتر، الذي ينبغي أن يتضمن انعكاسات مماثلة بسبب الكتلة الحية الورقية، ولكن من دون تأثير امتصاص الآزوت. قيمة هذا المؤشر يتراوح من 0 إلى1 المدى الشائع لهذا الدليل في الأعظمية النباتية الخضراء هو 0.02 وحتى0.1 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$NDNI = \frac{\log(1/P_{1510}) - \log(1/P_{1680})}{\log(1/P_{1510}) + \log(1/P_{1680})}$$

حيث P_{1510} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 1510 نانومتر وهو عند بداية المجال الطيفي التحت أحمر المتوسط. وP_{1680} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 1680 نانومتر ضمن المجال الطيفي التحت أحمر المتوسط.

هـ) دليل المحتوى المائي للمظلة النباتية: Canopy water content

1- دليل نطاق الماء Water Band Index(WBI):

(Penuelas, et al., (1995). Champagne, *et al.*, (2001)

هذا المؤشر يعتبر حساس للتغيرات بحالة المياه في المظلة النباتية، حيث تزداد قوة امتصاص عند 970 نانومتر نانومتر بازدياد المحتوى المائي للنبات نسبة إلى 900 نانومتر، ويستخدم في تطبيقات تحليل الاجهاد للمظلة النباتية، والتنبؤ بالإنتاجية، وإدارة الأراضي الزراعية. المدى الشائع لهذا الدليل للأغطية النباتية هو 0.8 إلى 1.2 ويحسب وفق المعادلة التالية

$$WBI = \frac{P_{900}}{P_{970}}$$

حيث P_{900} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 900 نانومتر في المجال الطيفي التحت أحمر القريب. وP_{970} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 970 نانومتر في المجال الطيفي التحت أحمر القريب.

2-دليل الماء للاختلافات الطبيعية Normalized Difference Water Index(NDWI):

(Gao,(1995))

هذا الدليل النباتي حساس للتغير في محتوى الغطاء النباتي المائي. لان الانعكاس عند 857 نانومتر و1241 نانومتر لديهما خصائص امتصاص مائية متشابهة ولكن مختلفة بشكل بسيط. وتشمل التطبيقات تحليل الاجهاد ودراسات مؤشر مساحة الورقة في الغطاء النباتي الكيثف، والتنبؤ بالإنتاجية النباتية. قيمة هذا المؤشر هي −1 وحتى 1+ والمدى الشائع للأغطية النباتية هو −0.1 إلى 0.4 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$NDWI = \frac{P_{857} - P_{1241}}{P_{857} + P_{1241}}$$

حيث P_{857} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 857 نانومتر في بداية المجال الطيفي التحت أحمر القريب. وP_{1241} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 1241 نانومتر في نهاية المجال الطيفي التحت أحمر القريب.

3-دليل الإجهاد الرطوبي Moisture Stress Index(MSI):

(Hunt and Rock,(1989). Ceccato, *et al.*, (2001))

هذا الدليل هو قياس الانعكاس الذي يعتبر حساس لزيادة محتوى الورقة من الماء. فمع ازدياد محتوى الماء في أوراق الغطاء النباتي فان قوة الامتصاص حول 1995 نانومتر تزداد. الامتصاص عند 819 نانومتر هي تقريبا لا تتأثر بتغير محتوى الاوراق النباتية من الماء وعليه فإنها تستخدم كمرجع. قيمة هذا المؤشر تتراوح من 0 وحتى أكثر من3 والمدى الشائع له في الاغطية النباتية بين 0.4 و0.2 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$MSI = \frac{P_{1599}}{P_{819}}$$

حيث P_{819} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 819 نانومتر في بداية المجال الطيفي التحت أحمر القريب. وP_{1599} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 1599 نانومتر في المجال الطيفي التحت أحمر المتوسط.

4-دليل تحت الأحمر للختلافات الطبيعيةNormalized Difference Infrared Index

(Hardisky, *et al.*, (1983). Jackson, *et al.*, (2004))

هذا الدليل النباتي هو دليل يقيس الانعكاس الذي يعتبر حساس للتغير في محتوى الماء في النبات في الغطاء النباتي. وهو يستخدم معادلة التغير الطبيعي بدلا من معادلة النسبة البسيطة. تتغير قيمة هذا الدليل زيادة مع زيادة المحتوى المائي. تتراوح قيمة هذا الدليل بين −1و+1 المدى

الشائع لهذا الدليل في الاغطية النباتية الخضراء هو 0.02 وحتى 0.6 ويحسب وفق المعادلة التالية:

$$NDII = \frac{P_{819} - P_{1649}}{P_{819} + P_{1649}}$$

حيث P_{819} الانعكاس الناتج عن القيمة الطيفية 819 نانومتر في بداية المجال الطيفي التحت أحمر القريب. وP_{1649} الانعكاس الناتج القيمة الطيفية 1649 نانومتر في المجال الطيفي التحت أحمر المتوسط.

التحليل الإحصائي للتجربة Statistical analysis of experiment:

تم تحليل البيانات بعد جمعها وتبويبها إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائي GenStat لحساب قيم أقل فرق معنوي (L.S.D) و اختبار (Duncan) عند مستوى5% بين المتغيرات المدروسة، وتم حساب قيم معامل الارتباط (r) بين الصفات الخضرية والإنتاجية من جهة والأدلة الطيفية من جهة أخرى إضافة إلى دراسة الانحدار بطريقة الانحدار الخطي البسيط وبطريقة Stepwise Regression باستخدام برنامج التحليل الإحصائي SPSS للتنبؤ المبكر بالغلة الحبية لمحصول القمح.

الفصل الرابع

النتائج والمناقشة

Results and Discussion

1- النتائج والمناقشة:

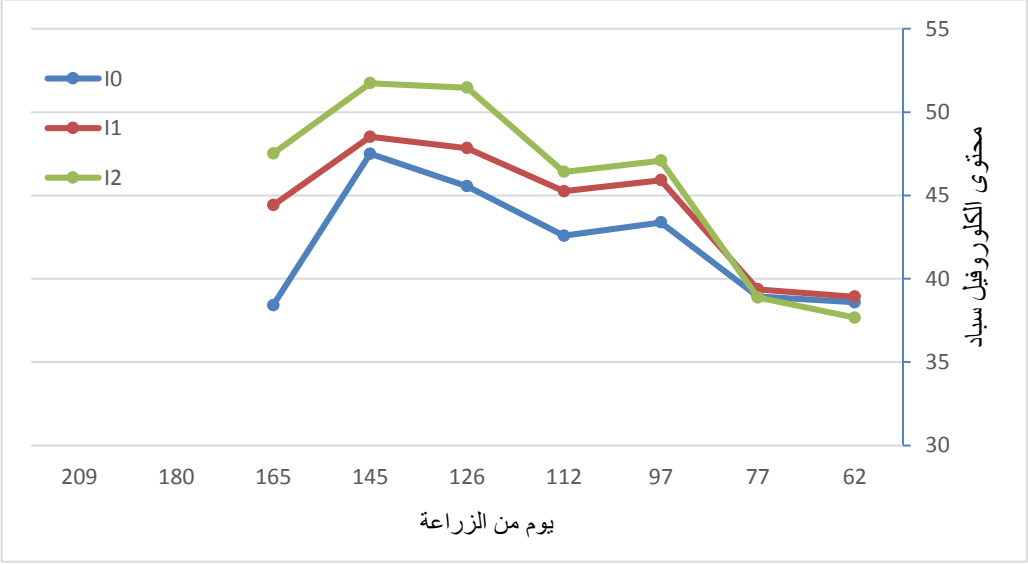
4-1- تأثير الري والتسميد الآزوتي في الصفات الخضرية لنبات القمح:

4-1-1- محتوى الاوراق من اليخضور Chlorophyll content (Chl):

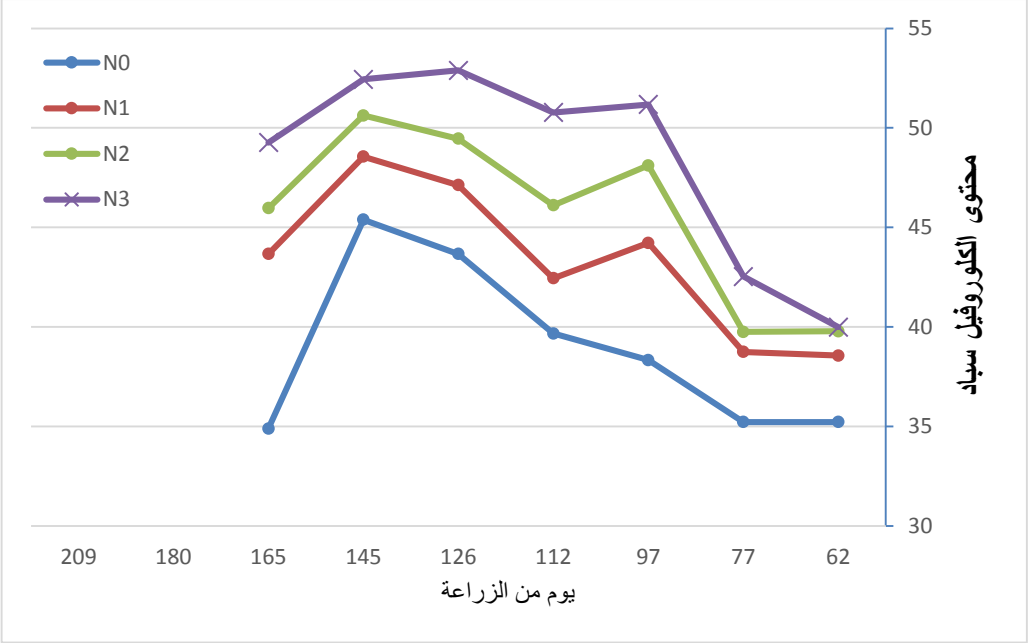
بينت النتائج أن قيم محتوى الأوراق من اليخضور قد تزايدت بدءا من المراحل الأولى من عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع دخول النبات مرحلة الشيخوخة نتيجة لتهدم الكلوروفيل قي الأوراق في هذه المرحلة الشكل (5 و6). وعند مقارنة قيم محتوى الأوراق من اليخضور تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة لوحظ وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى إضافة كميات السماد الازوتي حسب المعاملات المدرسة بدءا من الزراعة والتي أحدثت تأثير على تركيز الكلورفيل التي تزيد بزيادة كمية السماد الأزوتي وهذا يتوافق مع النتائج التي توصل إليها (2004 Tucker) (الجدول4) .وبلغت أعلى قيمة في مرحلة النمو الخضري الأعظمي (112-165) فكانت قيم محتوى الأوراق من اليخضور بعد 126 من الزراعة 43.667 ، 47.122 ، 49.456 ، 52.889 وحدة (سباد) لمستويات التسميد N0 وN1 وN2 وN3 على التوالي(الجدول 4)، وهذا يتوافق مع ما وصل اليه (2009، Biljana وAca) حيث وجد صلة وثيقة جدا بين الكلوروفيل والمحتوى الآزوتي في النبات، وذلك لأن الآزوت هو عنصر هيكلي في الكلوروفيل وبروتين الجزيئات، وبالتالي يؤثر في تشكيل البلاستيدات الخضراء وتراكم الكلوروفيل فيها. أما بالنسبة لتأثير معاملة الري في قيم محتوى الأوراق من اليخضور فقد لوحظ وجود فروق معنوية واضحة بالنسبة لمعاملات الري بعد77يوم من الزراعة وحتى نهاية عمر النبات فقد تزايدت قيم محتوى الأوراق من اليخضور تحت تأثير معاملة الري وبلغت أعلى قيمة في مرحلة النمو الخضري الأعظمي فكانت قيم محتوى الأوراق من اليخضور بعد 126 من الزراعة 45.550 ،47.833، 51.467 وحدة (سباد) لمستويات الري I_0 وI_1 وI_2 على التوالي (الجدول 4). ويعزى ذلك إلى تأثير الماء في استمرار عملية انقسام واستطالة الخلايا النباتية، وزيادة المسطح الورقي الأخضر، ما انعكس على زيادة قيم اليخضور للنباتات، حيث جاءت هذه النتائج متوافقة مع ما توصل إليه (Hatfield وآخرون ، 1988؛ Boehm وآخرون ، 2004).

جدول(4) تأثير الري والتسميد الآزوتي في تركيز اليخضور لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

موعد القراءة / المعاملة	62 يوم	77 يوم	97 يوم	112 يوم	126 يوم	145 يوم	165 يوم
ري							
I_0	38.583 a	38.942ab	42.583a	43.383a	45.550a	47.500 a	38.408 a
I_1	38.917 a	39.367 a	45.250b	45.917b	47.833 a	48.517 a	44.417 b
I_2	37.658a	38.875 b	46.417c	47.083b	51.467 b	51.742 a	47.517 c
LSD	1.419	0.478	1.157	1.711	3.553	4.861	1.677
التسميد الاوزتي							
N0	35.222 a	35.222 a	39.667a	38.333a	43.667 a	45.389 a	34.889a
N1	38.556 b	38.744 b	42.444b	44.222b	47.122 b	48.556 b	43.667 b
N2	39.778 b	39.744 b	46.111c	48.111c	49.456 c	50.622 c	45.967 c
N3	39.989 b	42.533 c	50.778d	51.178d	52.889 d	52.444 d	49.267 d
LSD	2.948	1.470	1.371	1.467	1.000	1.015	1.648



الشكل (5) سلوك تركيز اليخضور خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير مستويات مختلفة من الري



الشكل (6) سلوك تركيز اليخضور خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

4-1-2- دليل المساحة الورقية (LAI):

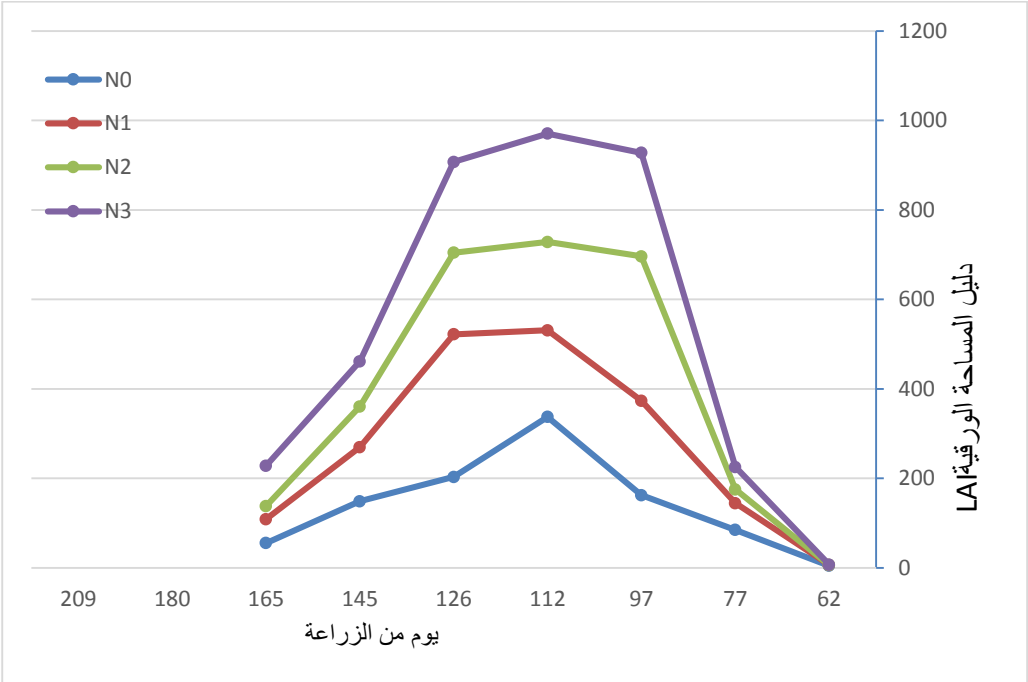
تشير النتائج إلى أن قيم دليل المساحة الورقية للنبات قد تزايدت بدءا من المراحل الأولى من عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي نتيجة لنمو النبات وزيادة عدد الأوراق والإشطاء مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد وذلك بسبب بدء النبات بالجفاف وخروج الأوراق السفلية اليابسة من حساب المساحة الورقية الخضراء الشكل (7 و8). اماعند مقارنة قيم الـ **LAI** تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (5) إلى وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد الآزوتي المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى أنّ إضافة كميات السماد الازوتي المختلفة حسب المعاملات المدرسة بدءاً من الزراعة قد أدى إلى زيادة عدد الأوراق ومعدل انقسام الخلايا وزيادة مساحة الأوراق (Tucker ,2004). وازدادت الفروقات المعنوية بين المعاملات المدروسة بعد إضافة الدفعة الثانية من التسميد الآزوتي حيث بلغت LAI أعلى قيم لها فكانت قيمها بعد 112 يوم من الزراعة(1.835، 2.886، 3.960، 5.277)لمستويات التسميد N0 وN1 وN2 وN3 على التوالي (الجدول 5) .اي أن إضافة الأسمدة الآزوتية قد سببت ازديادا في دليل المساحة الورقية، ويعزى ذلك إلى كون التسميد الآزوتي يزيد من عدد الأوراق ومساحة الورقة وطولها ، هذه النتائج تتوافق مع ما توصل إليه كل من Boehm وآخرون (2004)، والمحاسنة (2013). أما بالنسبة لتأثير معاملة الري على قيم دليل المساحة الورقية LAI للنبات فقد لوحظ وجود فروق معنوية واضحة بالنسبة لمعاملات الري ابتداءاً من تاريخ

2013 /3/10 موعد الرية الاولى وحتى نهاية موسم النمو الشكل (7)، كانت قيم LAI الأعلى بعد 112 يوم من زراعة(3.181 ، 3.655 ، 3.632) لمستويات الريI_0 وI_1 وI_2 على التوالي (الجدول 4). اي أن إضافة مياه الري قد سبب ازديادا في دليل المساحة الورقية، ويعزى ذلك إلى تأثير الري ودور الماء في استمرار عملية انقسام واستطالة الخلايا النباتية وزيادة المسطح الورقي الأخضر مما انعكس على زيادة دليل المساحة الرورقية، تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Hatfield وآخرون (1988) ؛Boehm وآخرون (2004). يؤدي تراجع محتوى التربة المائي نتيجة قلة الأمطار وعدم الري إلى تراجع معدل امتصاص الماء، فتصبح كمية الماء الممتصة من قبل الجذور غير كافية لتعويض كمية الماء المفقودة بالنتح مما يؤثر سلبا في معدل استطالة الأوراق وتقلص مساحة المسطح الورق لأخضر تتوافق هذه النتائج مع نتائج Cossgrove (1989).

جدول(5) تأثير الري والتسميد الآزوتي في دليل المساحة الورقية لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

موعد القراءة / المعاملة	62 يوم	77 يوم	97 يوم	112 يوم	126 يوم	145 يوم	165 يوم
ري							
I_0	0.034 a	0.856 a	2.870 a	3.181 a	2.868 a	1.088 a	0.503 a
I_1	0.035 a	0.810 a	2.803 a	3.655 b	3.289 b	1.577 b	0.609 b
I_2	0.032 a	0.903 a	3.131 a	3.632 b	3.370 b	2.395 c	1.053 c
LSD	0.0131	0.143	0.9364	0.3295	0.2423	0.4320	0.0306
التسميد الاوزتي							
N0	0.025a	0.462 a	0.883 a	1.835 a	1.105 a	0.809 a	0.303 a
N1	0.036bc	0.785 b	2.030 b	2.886 b	2.837 b	1.467 b	0.592 b
N2	0.033b	0.953 c	3.785 c	3.960 c	3.829 c	1.961 c	0.751 c
N3	0.039c	1.225 d	5.042 d	5.277 d	4.932 d	2.509 d	1.241 d
LSD	0.0052	0.1282	1.0806	0.4985	0.6172	0.2296	0.0372

الشكل (7) سلوك دليل المساحة الورقية خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري



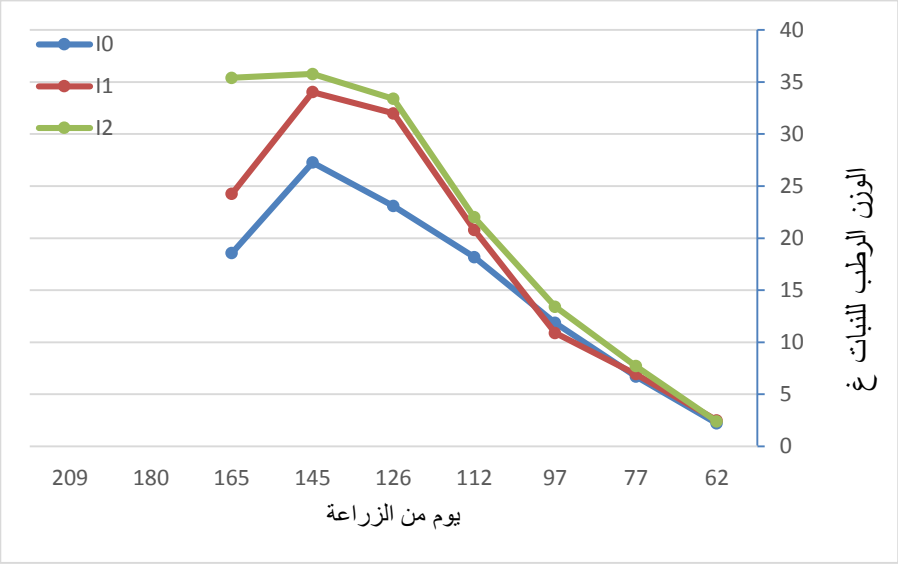
الشكل (8) سلوك دليل المساحة الورقية خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

4-1-3- الوزن الرطب للنبات (غ)Fresh weight(FW):

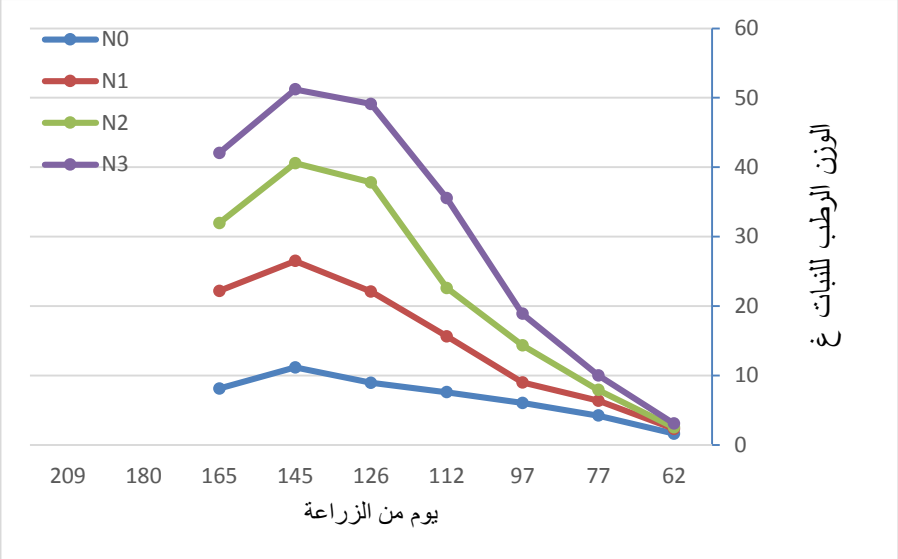
أظهرت النتائج أن قيم الوزن الرطب قد تزايدت بدءا من المراحل الأولى من عمر النبات حتى عمر 148 يوم تقريباً من حياة النبات لتبدأ بعدها بالتناقص ويعود هذا التناقص نتيجة شيخوخة الأوراق السفلية وجفافها وقلة وزنها في الأوراق التي دخلت مرحلة الشيخوخة الشكل (9 و10). وعند مقارنة قيم الوزن الرطب تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة لوحظ وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى إضافة كميات السماد الازوتي المختلفة حسب المعاملات المدرسة بدءا من الزراعة التي أحدثت تأثيراً على الكتلة الحية والمساحة الورقية المعروف زيادتها بزيادة كمية السماد الأزوتي.وبلغت أعلى قيمة في مرحلة النمو الخضري الأعظمي فكانت قيم الوزن الرطب بعد 145 من الزراعة(11.149 ،26.496 ،40.570 ،51.203)غ لمستويات التسميد N0 وN1 وN2 وN3 على التوالي (الجدول 6)، ويعزى ذلك إلى كون التسميد الآزوتي يزيد من الكتلة الحية للنبات نتيجةً لدور الآزوت في تركيب اليخضور واستمرار عملية التمثيل الضوئي وتصنيع المادة الجافة مما يتطلب محتوى مائي أعلى ويؤدي لزيادة الوزن الرطب للنباتات، وهذا ما أشار إليه (Boehm وآخرون ، 2004) في نتائجهم التي توصلوا إليها. أما بالنسبة لتأثير معاملة الري في قيم الوزن الرطب فقد لوحظ وجود فروق معنوية واضحة بالنسبة لمعاملات الري بعد 112 من الزراعة وحتى نهاية عمر النبات فقد تزايدت قيم الوزن الرطب للنبات تحت تأثير معاملات الري. و هذا يتوافق مع ماتوصلت اليه صالح 2012 التي وجدت أن توفير كميات كافية من مياه الري لمحصول القمح يسبب زيادة في وزن الأوراق. ويعزى ذلك إلى تأثير ماء الري في استمرار عملية انقسام واستطالة الخلايا النباتية وزيادة المسطح الورقي الأخضر مما انعكس على زيادة قيم الوزن الرطب للنباتات، وذلك يتطابق مع نتائج Hatfield وآخرون (1988) ؛ Boehm وزملاؤه (2004).

جدول(6) تأثير الري والتسميد الآزوتي في الوزن الرطب لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

موعد القراءة / المعاملة	62 يوم	77 يوم	97 يوم	112 يوم	126 يوم	145 يوم	165 يوم
ري							
I_0	2.200 a	6.703 a	11.860 a	18.172 a	23.081 a	27.264 a	18.558
I_1	2.490 a	6.933 a	10.898 a	20.799 b	31.980 b	34.032 b	24.248
I_2	2.393 a	7.705 a	13.409 a	22.006 c	33.392 b	35.768 b	35.392
LSD	0.5318	1.163	3.202	0.804	3.214	3.560	5.635
التسميد الاوزتي							
N0	1.603a	4.207 a	6.037 a	7.588 a	8.941 a	11.149 a	8.098 a
N1	2.289 b	6.356 b	8.977 a	15.617 b	22.073 b	26.496 b	22.167b
N2	2.504 b	7.900 c	14.327 b	22.581 c	37.814 c	40.570 c	31.944c
N3	3.047 c	9.993 d	18.883 c	35.517 d	49.108 d	51.203 d	42.056d
LSD	0.3280	0.947	3.342	1.955	4.391	2.373	3.194



الشكل (9) سلوك الوزن الرطب للنبات خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري



الشكل (10) سلوك الوزن الرطب للنبات خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

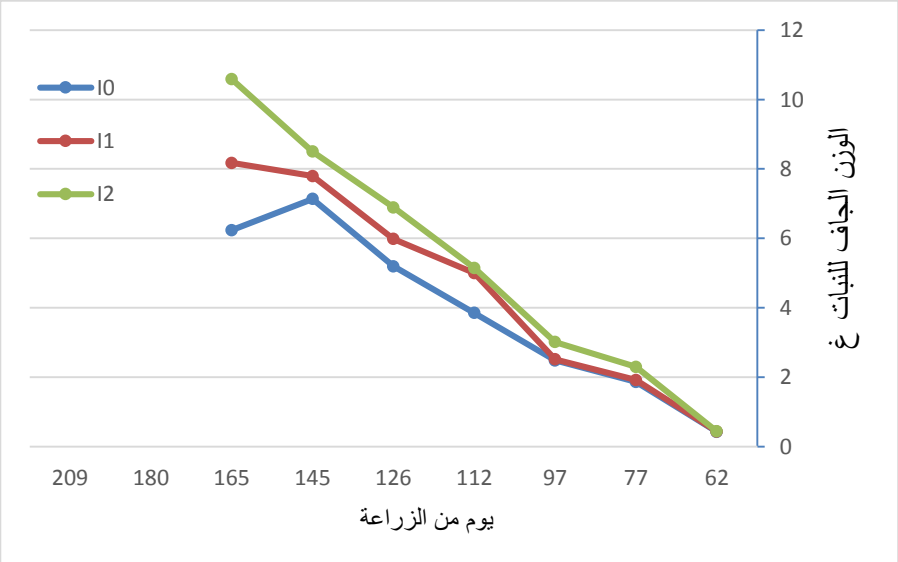
4-1-4- الوزن الجاف للنبات (غ)Dry weight:

بين النتائج في الجدول (7) أن قيم الوزن الجاف قد تزايدت بدءاً من المراحل الأولى من عمر النبات حتى نهاية عمر النبات حيث خالف سلوك الوزن الرطب في هذه المرحلة وقد يكون ذلك نتيجة ظهور السنابل وتكوين الحبوب فيها مركز تخزين المادة الجافة في النبات الشكل (11 و12). وعند مقارنة قيم الوزن الجاف تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة لوحظ وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى أنّ إضافة كميات السماد الازوتي المختلفة حسب المعاملات المدرسة بدءاً من الزراعة قد أحدثت تأثيراً على الكتلة الحية والمساحة الورقية وتركيز الكلورفيل المعروف زيادتها بزيادة كمية السماد الأزوتي.وبلغت أعلى قيمة للوزن الجاف بعد 165 يوم من الزراعة باستثناء معاملة الشاهد(بدون تسميد N0) مع ملاحظة فروقات واضحة في قيم الوزن الجاف تحت تأثير معاملة التسميد في هذه المرحلة وكانت (3.767، 8.022، 9.711 ، 11.818 لمستويات التسميد N0 وN1 وN2 وN3 على التوالي)(الجدول 7). و قد يعزى ذلك إلى تشكيل النباتات تحت مستويات التسميد المرتفعة عدد أكبر من الأوراق على النبات وتأخرها بالنضج الفيزيولوجي الأمر الذي أدى بالنتيجة لزيادة بتخزين نواتج التمثيل الضوئي فيها وبالتالي زيادة الوزن الجاف لها، وهذا يتوافق مع ما وصل اليه (صالح،2012). أما بالنسبة لتأثير معاملة الري في قيم الوزن الجاف فقد لوحظ وجود فروق معنوية بالنسبة لمعاملات الري بعد 77 من الزراعة و حتى نهاية عمر النبات ، فقد تزايدت قيم الوزن الجاف للنبات تحت تأثير معاملة الري وبلغت أعلى قيمة في مرحلة النمو الخضري الأعظمي لكل من معاملة N1 وN2 فكانت قيم الوزن الجاف بعد 165 من الزراعة (6.233، 8.172، 10.583) تحت مستويات الري I_0 و I_1 و I_2 على التوالي (الجدول 7) ، ويعزى ذلك إلى

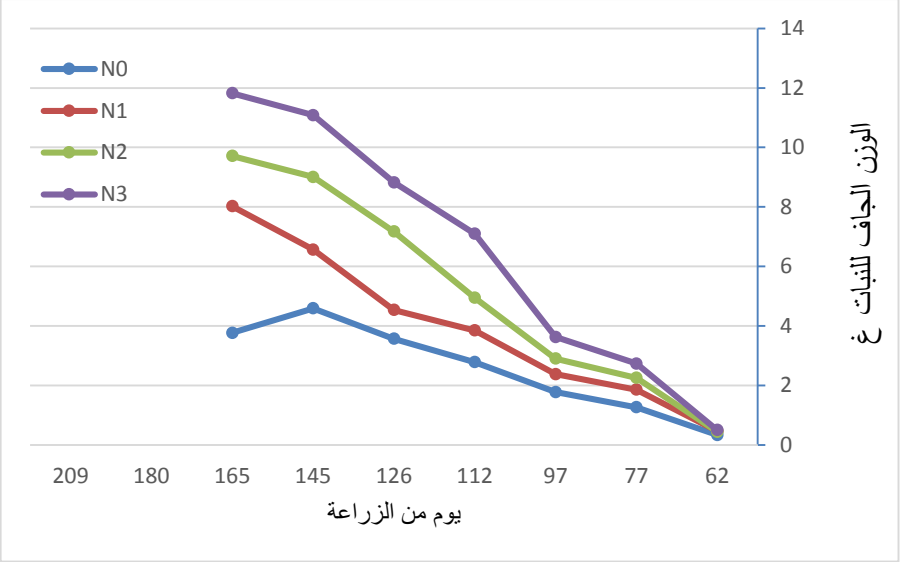
تأثير ماء الري في استمرار عملية انقسام واستطالة الخلايا النباتية وزيادة المسطح الورقي الأخضر مما انعكس على زيادة قيم الوزن الرطب للنباتات، وبالتالي زيادة الوزن الجاف لها أيضاً، تتوافق هذه النتائج مع ما توصل إليه Hatfield وآخرون ،(1988)،Boehm وآخرون ، 2004).

جدول(7) تأثير الري والتسميد الآزوتي في الوزن الجاف لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

المعاملة / موعد القراءة	62 يوم	77 يوم	97 يوم	112 يوم	126 يوم	145 يوم	165 يوم
ري							
I_0	0.423 a	1.863 a	2.481 a	3.850 a	5.194 a	7.136 a	6.233 a
I_1	0.433 a	1.919 a	2.513 a	4.998 b	5.983 d	7.794 ab	8.172 b
I_2	0.439 a	2.296 b	3.010 b	5.148 b	6.893 c	8.498 b	10.583 c
LSD	0.1855	0.1154	0.4889	0.9536	0.437	0.8399	0.738
التسميد الاوزتي							
N0	0.332 a	1.264 a	1.776 a	2.779 a	3.567 a	4.587 a	3.767 a
N1	0.458 b	1.854 b	2.378 b	3.847 b	4.534 b	6.563 b	8.022 b
N2	0.439 b	2.251 c	2.896 b	4.941 c	7.169 c	9.003 c	9.711 c
N3	0.499 b	2.733 d	3.622 c	7.094 d	8.822 d	11.083 d	11.818 d
LSD	0.0632	0.2712	0.5215	0.5621	0.835	0.5916	0.706



الشكل (11) سلوك الوزن الجاف خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري



الشكل (12) سلوك الوزن الجاف خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

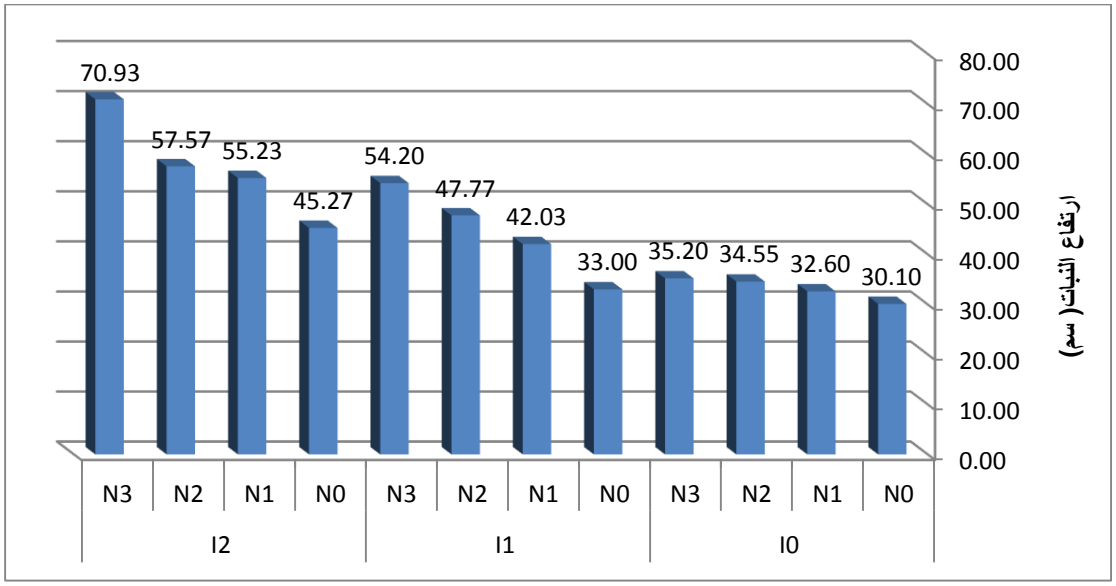
4-1-5- ارتفاع النبات (سم):

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول(8) وجود فروقات معنوية في صفة ارتفاع النبات بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، حيث لوحظ زيادة في ارتفاع النبات مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح، فكان ارتفاع النبات الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين خلال (الاشطاء و التسنبل) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (شاهد أو الزراعة المطرية)، إذ أدى إعطاء ريتين إضافيتين إلى زيادة في ارتفاع النبات بحدود 24 سم مقارنة مع الشاهد مما سيكون له تأثير أكبر في مؤشرات النمو والإنتاجية الأخرى، حيث يؤدي انخفاض ارتفاع النبات إلى تقارب وتداخل الأوراق بعضها مع بعض مما ينعكس سلباً في امتصاصها للأشعة الشمسية فتقل بذلك كفاءة الأوراق السفلية في عملية التمثيل الضوئي في نبات القمح وهذا يتوافق مع ما توصل إليه كل منHethernigton(2001)و جنود (2007)، ومتوج (2007)، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان ارتفاع النبات الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد)، في حين كانت معاملة إضافة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (52.91 سم)، وتبين معطيات الجدول (8) عدم وجود فروقات معنوية بين معدل الآزوت المنصوح به من قبل وزارة الزراعة (120 كغ. هكتار$^{-1}$) ومعدل (180 كغ. هكتار$^{-1}$) (43.82 و 46.63 سم على التوالي) مما يعني أن زيادة معدل السماد الآزوتي المضاف بنسبة 50 % لم يكن له تأثير معنوي في صفة ارتفاع النبات.

جدول(8) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة ارتفاع نبات القمح

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	29.60^{e}	32.60^{e}	34.55^{e}	35.20^{e}	32.99
رية واحدة	33.00^{e}	43.63^{d}	47.77^{cd}	52.60^{bc}	44.25
ريتان	45.27^{cd}	55.23^{b}	57.57^{b}	70.93^{a}	57.25
متوسط السماد	35.96	43.82	46.63	52.91	44.83
LSD 0.05	I*N=6.97		N=4.19	4.25	I=
Cv(%)			9.4		

وتظهر معطيات الجدول (8)و الشكل رقم (13) قيم ارتفاع النبات للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث يلاحظ أن ارتفاع النبات كان الأعلى معنوياً 70.93 سم عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ ، ومن ثم في المعاملتين السماديتين 120 كغ. هكتار$^{-1}$ و 180 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين دون أن تكون بينهما فروقات معنوية (55.23 و 55.57 سم على التوالي)، في حين كانت قيم ارتفاع النبات الأدنى معنوياً في معاملة الشاهد دون ري، حيث أن غياب الري وقلة الأمطار في الموسم الزراعي 2013 – 2014 أدت إلى عدم الاستفادة من معدلات الآزوت المضافة وضياعها مما انعكس سلباً على نمو النبات، وأدى إعطاء رية واحدة للنبات (رية عند الاشطاء) إلى زيادة معنوية في ارتفاع النبات مقارنة مع الشاهد لاسيما عند معدل السماد الازوتي الأعلى (52.60 سم)، عموماً فأن توفر المياه شرط ضروري لنمو النبات واستفادته من العناصر الغذائية في التربة أو من السماد المضاف، حيث أن الآزوت يتحرك مع ماء التربة فيؤدي انخفاض محتوى التربة المائي إلى عدم إستفادة النبات من الآزوت مما يسبب تراجع النمو الخضري (Rimer وآخرون 1996و Silberbush،2002) وتتطابق هذه النتائج مع جنود (2014)



شكل (13) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة ارتفاع نبات القمح

4-2- أثر عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الصفات الإنتاجية لنبات القمح:

4-2-1- طول السنبلة الرئيسة (سم):

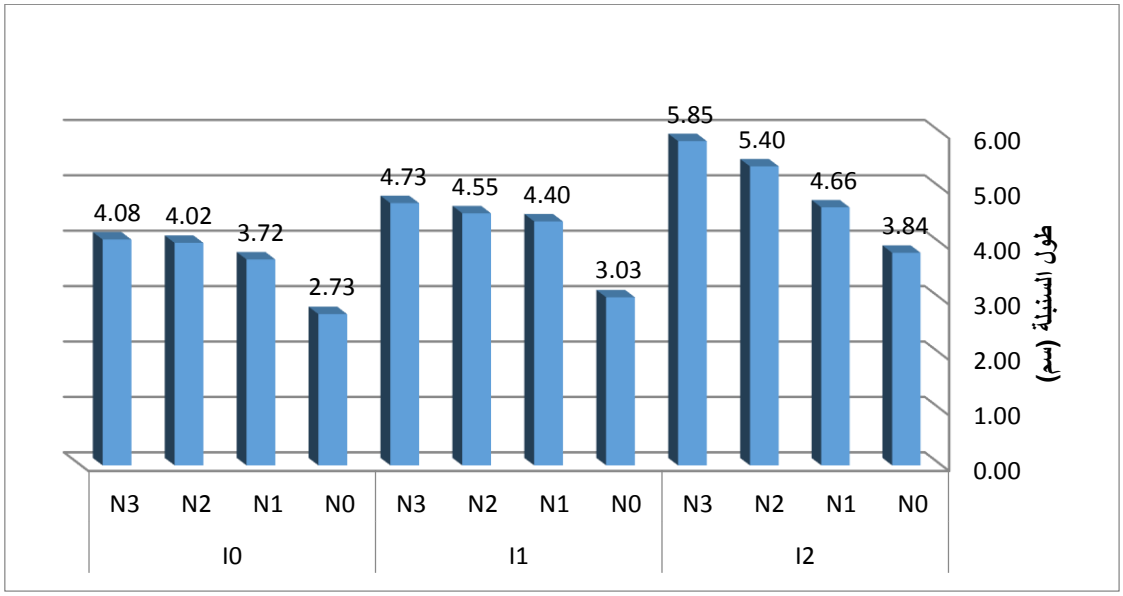
توضح نتائج التحليل الإحصائي المبينة في الجدول(9) وجود فروقات معنوية بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها في صفة طول السنبلة الرئيسية، حيث يلاحظ زيادة في طول السنبلة الرئيسة مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح موضوع الدراسة، حيث كان طول السنبلة الرئيسة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(4.94 سم) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (شاهد أو الزراعة المطرية) (3.60 سم)، ونلاحظ أن إعطاء ريتين إضافيتين أدى إلى زيادة في طول السنبلة الرئيسة بحدود 1.34 سم مقارنة مع الشاهد مما سيكون له تأثير أكبر في عدد الحبوب ووزنها في السنبلة الرئيسة، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان طول السنبلة الرئيسة الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (3.20 سم)، في حين أعطت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت أعلى طول سنبلة رئيسة (4.84 سم)، دون أن تسجل فروق معنوية بين معدلي السماد الأزوتي 180 كغ. هكتار$^{-1}$ و 240 كغ. هكتار$^{-1}$ مما يعني أن زيادة معدل السماد الآزوتي بمعدل 60 كغ. هكتار$^{-1}$ لم يكن له تأثير معنوي في صفة طول السنبلة الرئيسة (4.65 و 4.84 سم على التوالي).

جدول(9) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة طول السنبلة

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	2.73^{f}	3.72^{e}	5.02^{de}	3.95^{de}	3.60
رية واحدة	3.03^{f}	4.40^{cd}	4.55^{c}	4.74^{c}	4.180
ريتان	3.84^{e}	4.66^{c}	5.40^{b}	5.85^{a}	4.936
متوسط السماد	3.200	4.257	4.654	4.84	4.240
LSD 0.05	I*N=0.47		N= 0.25		I= 0.38
Cv(%)			5.9		

وتوضح معطيات الجدول (9) والشكل (14) قيم طول السنبلة الرئيسة للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث يلاحظ أن طول السنبلة الرئيسة كان الأعلى معنوياً 5.85 سم عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى، ومن ثم في المعاملة السمادية 180 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين (5.40 سم) أيضاً بفروقات معنوية مع بقية التفاعلات، في حين كان طول السنبلة الرئيسة الأدنى معنوياً في معاملة الشاهد دون ري وعند إعطاء رية واحدة (2.73 و 3.03 سم) على التوالي، حيث أدى غياب الري وقلة الأمطار في الموسم الزراعي 2013 – 2014 إلى عدم الاستفادة من معدلات الآزوت المضافة وضياعها مما انعكس سلباً على نمو النبات، وأدى إعطاء رية واحدة للنبات (رية

عند الاشطاء)مع إضافة السماد الآزوتي إلى زيادة معنوية في طول السنبلة الرئيسة مقارنة مع الشاهد لاسيما عند معدل السماد الازوتي الأعلى (4.74 سم)، عموماً إنّ توفر المياه شرط ضروري لنمو النبات واستفادته من العناصر الغذائية في التربة أو من السماد المضاف، حيث أن الآزوت يتحرك مع ماء التربة فيؤدي انخفاض محتوى التربة المائي إلى عدم إستفادة النبات من الآزوت مما يسبب تراجع النمو الخضري (Rimer وآخرون 1996و Silberbush ، 2002) و تتطابق هذه النتائج مع جنود (2014).



شكل (14) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في صفة طول السنبلة

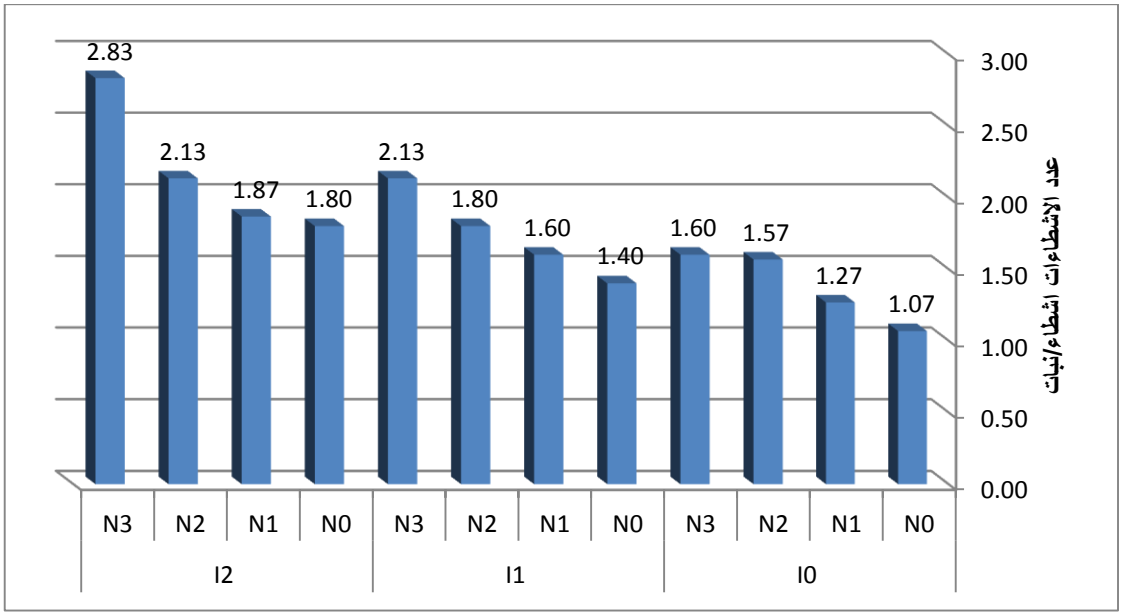
4-2-2- عدد الاشطاءات الكلي (إشطاء / نبات):

بينت نتائج التحليل الإحصائي جدول(10) وجود فروقات معنوية في متوسط عدد الاشطاءات الكلية في النبات بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، حيث لوحظ زيادة في عدد الاشطاءات الكلية مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح، حيث كان عدد الاشطاءات الكلية الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(2.158 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (شاهد أو الزراعة المطرية) (1.325 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$)، أي أدى إعطاء ريتين إضافيتين إلى زيادة في عدد الاشطاءات الكلية بحدود 0.833 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$ مقارنة مع الشاهد مما سيكون له تأثير أكبر في مكونات الغلة الأخرى، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان عدد الاشطاءات الكلية الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (1.422 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$) ودون فروقات معنوية مع معدل السماد الازوتي المنصوح به من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، في حين كانت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (2.11 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$)، وبفروق معنوية مع كافة المعاملات السمادية الأخرى المدروسة.

جدول (10) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات الكلية في نبات القمح

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	1.067e	1.267de	1.567cde	1.400cde	1.325
رية واحدة	1.400cde	1.600cd	1.800bc	2.133b	1.733
ريتان	1.800bc	1.867bc	2.133b	2.833a	2.158
متوسط السماد	1.422	1.578	1.833	2.122	1.739
LSD 0.05	I*N=0.47		N=0.27	I= 0.33	
Cv(%)			15.7		

وتوضح معطيات الجدول (10)الشكل (15)عدد الاشطاءات الكلية المسجلة للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كان هذا العدد الأعلى معنوياً 2.833 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$ عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى، ومن ثم في المعاملة السمادية 180 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين (2.133 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$) وبفروق معنوية مع بقية التفاعلات الأخرى أيضاً عدا معاملة ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء رية واحدة (2.133 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$)، مما يدل على انه يمكن في هذه الحالة إعطاء رية إضافية لتوفير في كمية السماد الأزوتي بمعدل كغ. هكتار$^{-1}$ في حين كان عدد الاشطاءات الكلية الأدنى معنوياً في معاملة الشاهد دون ري (1.067 اشطاء كلي. نبات$^{-1}$).



شكل (15) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات الكلية في نبات القمح

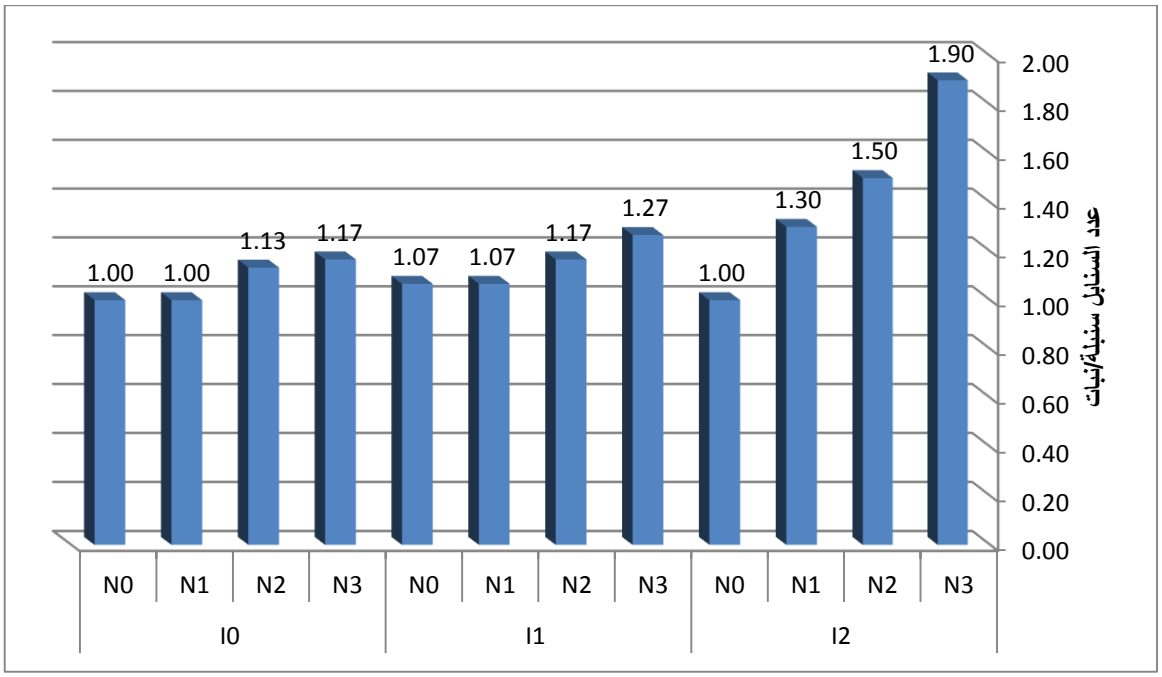
4-2-3- عدد الاشطاءات المثمرة (سنبلة / نبات):

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول(11) وجود فروقات معنوية في عدد الاشطاءات المثمرة بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، حيث لوحظ زيادة في عدد الاشطاءات المثمرة مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح، حيث كان عدد الاشطاءات المثمرة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(1.425 سنبلة. نبات$^{-1}$) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (شاهد أو الزراعة المطرية) (1.075 سنبلة. نبات$^{-1}$)، أي أدى إعطاء ريتين إضافيتين لمحصول القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنيل إلى زيادة في عدد الاشطاءات المثمرة بنحو 0.4 سنبلة. نبات$^{-1}$ مقارنة مع الشاهد مما سيكون له تأثير أكبر في زيادة عدد الحبوب ووزنها وبالتالي مردود وحدة المساحة من الغلة الحبية، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان عدد الاشطاءات المثمرة الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (1.022 سنبلة. نبات$^{-1}$) ودون فروقات معنوية مع معدل السماد الازوتي المنصوح به من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، في حين كانت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (1.422 سنبلة. نبات$^{-1}$)، وبفروق معنوية مع كافة المعاملات السمادية الأخرى المدروسة.

جدول (11) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات المثمرةفي نبات القمح

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	1.00d	1.00d	1.13cd	1.17cd	1.075
رية واحدة	1.07cd	1.13cd	1.17cd	1.20cd	1.142
ريتان	1.00d	1.30bc	1.50b	1.90a	1.425
متوسط السماد	1.022	1.144	1.267	1.422	1.214
LSD 0.05	Ir*fer= 0.23		Fer= 0.13	Ir= 0.16	
Cv(%)			11.1		

وتوضّح معطيات الجدول (11)الشكل (16)عدد الاشطاءات المثمرة المسجلة للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كان هذا العدد الأعلى معنوياً 1.90 سنبلة. نبات$^{-1}$ عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى، ومن ثم في المعاملة السمادية 180 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين (1.50 سنبلة. نبات$^{-1}$) وبفروق معنوية مع بقية التفاعلات الأخرى أيضاً عدا معدل السماد المنصوح به من قبل وزارة الزراعة 120 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين (1.30 سنبلة. نبات$^{-1}$)، وتشير هذه النتائج إلى أن زيادة كمية الازوت بنسبة 50% عن الكمية المنصوح بها من قبل وزارة الزراعة وإعطاء ريتين إضافيتين لمحصول القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنيل لم تنتج عنه زيادة معنوية في عدد السنابل في وحدة المساحة.



شكل (16) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الاشطاءات المثمرةسنبلة/ نبات

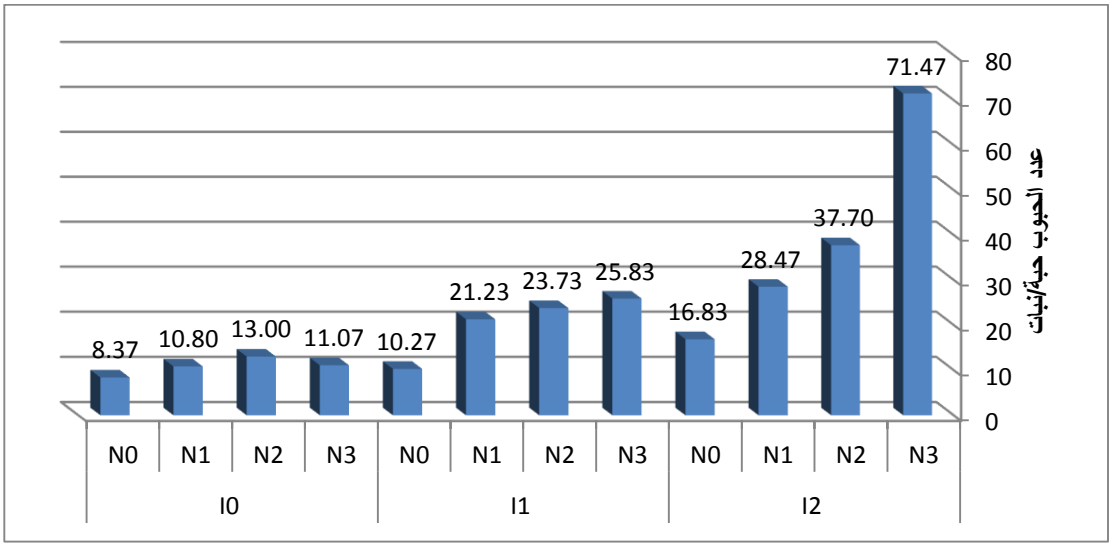
4-2-4- عدد الحبوب في النبات (حبة / نبات):

بينت نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول(13) وجود فروقات معنوية في عدد الحبوب في النبات بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، إذ ازداد عدد الحبوب في النبات مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح، حيث كان عدد الحبوب في النبات الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(38.62 حبة. نبات$^{-1}$) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (شاهد أو الزراعة المطرية) (10.81. نبات$^{-1}$)، أي أدى إعطاء ريتين إضافيتين لمحصول القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنبل إلى زيادة في عدد الحبوب في النبات بأربع أضعاف تقريباً مقارنة مع الشاهد مما انعكس ايجابياً على وزن الحبوب في التبات وبالتالي على مردود وحدة المساحة من الغلة الحبية، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان متوسط عدد الحبوب في النبات الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (11.82 حبة. نبات$^{-1}$) و بفروقات معنوية مع كافة معدلات السماد الازوتي المدروسة، في حين سجلت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت ثلاثة أضعاف عدد الحبوب في نباتات الشاهد وكانت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (36.37 حبة. نبات$^{-1}$)، وبفروق معنوية أيضاً مع كافة المعاملات السمادية الأخرى المدروسة.

جدول (13) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الحبوب في نبات القمح

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	8.37^{fg}	10.80^{fg}	13.00^{fg}	11.07^{fg}	C10.81
رية واحدة	10.27^{fg}	20.50^{de}	23.73^{cde}	26.57^{cd}	B20.27
ريتان	16.82^{ef}	28.47^{c}	37.70^{b}	71.47^{a}	A38.62
متوسط السماد	D11.82	C19.92	B24.81	A36.37	23.23
LSD 0.05	I*N =7.27		N=3.28		I=6.67
Cv(%)			14.3		

تظهر معطيات الجدول(13) الشكل (18)عدد الحبوب في النبات للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كان هذا العدد الأعلى معنوياً(71.47 حبة. نبات$^{-1}$) عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى، ومن ثم في المعاملة السمادية 180 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين (37.70 حبة. نبات$^{-1}$) وبفروق معنوية مع بقية التفاعلات الأخرى أيضاً، في حين لم يكن لكمية الأزوت المضافة أي دور فعال في زيادة عدد الحبوب في النبات عند غياب الري، حيث تراوح العدد بين 8.37 و 13.00 حبة. نبات$^{-1}$ وذلك عند الشاهد بدون تسميد وإضافة 180 كغ. هكتار$^{-1}$ تبين هذه النتائج أن زيادة كمية السماد الأزوتي بمعدل 60 كغ.هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين إضافيتين لمحصول(القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنيل) قد ساهم وبشكل واضح في مضاعفة عدد الحبوب في النبات.



شكل (18) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط عدد الحبوب في نبات القمح

4-2-5- وزن الحبوب في النبات (غ / نبات):

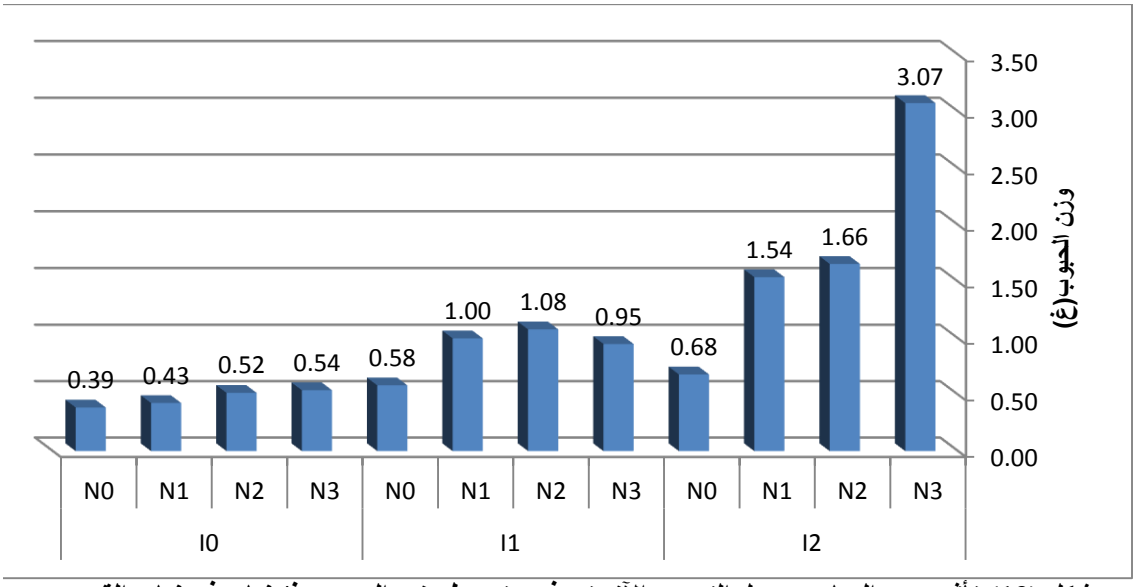
تظهر نتائج التحليل الإحصائي المدونة في الجدول(14) وجود فروقات معنوية في وزن الحبوب في النبات بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، إذ ازداد وزن الحبوب في النبات، كما هو الحال في عدد الحبوب، مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح، حيث كان وزن الحبوب في النبات الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(1.737 غ. نبات$^{-1}$) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (الشاهد أو الزراعة المطرية) (0.467 غ. نبات$^{-1}$)، أي أدى إعطاء ريتين إضافيتين لمحصول(القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنبل) إلى زيادة في وزن الحبوب في النبات بأربع أضعاف تقريباً مقارنة مع الشاهد مما انعكس ايجابيا على مردود وحدة المساحة من الغلة الحبية، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان متوسط وزن الحبوب في النبات الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (0.55 غ. نبات$^{-1}$) و بفروقات معنوية مع كافة معدلات السماد الازوتي المدروسة، في حين سجلت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت ثلاثة أضعاف وزن الحبوب في نباتات الشاهد وكانت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (1.568 غ. نبات$^{-1}$)، وبفروق معنوية أيضاً مع كافة المعاملات السمادية الأخرى، علماً أن الفروقات كانت غير معنوية في هذه الصفة بين معدلي السماد الآزوتي 120 كغ. هكتار$^{-1}$ المنصوح به من قبل وزارة الزراعة ومعدل 180 كغ. هكتار$^{-1}$ (0.942 و 1.084 غ. نبات$^{-1}$) مما يعني أن زيادة معدل السماد الأزوتي بمقدار 60 كغ. هكتار$^{-1}$ كان عديم الفائدة من وجهة النظر الاقتصادية.

جدول (14) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط وزن الحبوب في نبات القمح

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	0.387^{e}	0.427^{e}	0.517^{de}	0.540^{de}	C0.467
رية واحدة	0.583^{de}	0.860^{cd}	1.080^{c}	1.090^{c}	B 0.903
ريتان	0.680^{de}	1.540^{b}	1.657^{b}	3.07^{a}	A1.737
متوسط السماد	C0.550	B0.942	B1.084	A1.568	1.036
LSD 0.05	I*N =0.37		N=0.19	I=0.32	
Cv(%)			18.2		

وتبين معطيات الشكل رقم (19) متوسط وزن الحبوب في النبات للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كان هذا الوزن الأعلى معنوياً 3.07 غ. نبات$^{-1}$ عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأزوتي الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى كما هو الحال في صفة عدد الحبوب في النبات، ومن ثم في المعاملتين السماديتين 120 كغ. هكتار$^{-1}$ و180 كغ. هكتار$^{-1}$ مع إعطاء ريتين (1.540 و 1.657 غ. نبات$^{-1}$على التوالي) دون أن تكون بينهما فروقات معنوية وبفروق معنوية مع بقية التفاعلات الأخرى، في حين

لم يكن لكمية الأزوت المضافة أي دور فعال في زيادة وزن الحبوب في النبات عند غياب الري، حيث تراوح وزن الحبوب في النبات بين 0.387 و 0.540 غ. نبات$^{-1}$ وذلك عند الشاهد بدون تسميد وإضافة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وكانت هذه القيم الأدنى معنوياً. تبين هذه النتائج أن زيادة كمية السماد الأزوتي بمعدل 60 كغ.هكتار$^{-1}$ وبغض النظر عن توفر الري أو عدمه لم يساهم في زيادة وزن الحبوب في النبات.



شكل (19) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في متوسط وزن الحبوب غ/ نبات في نبات القمح

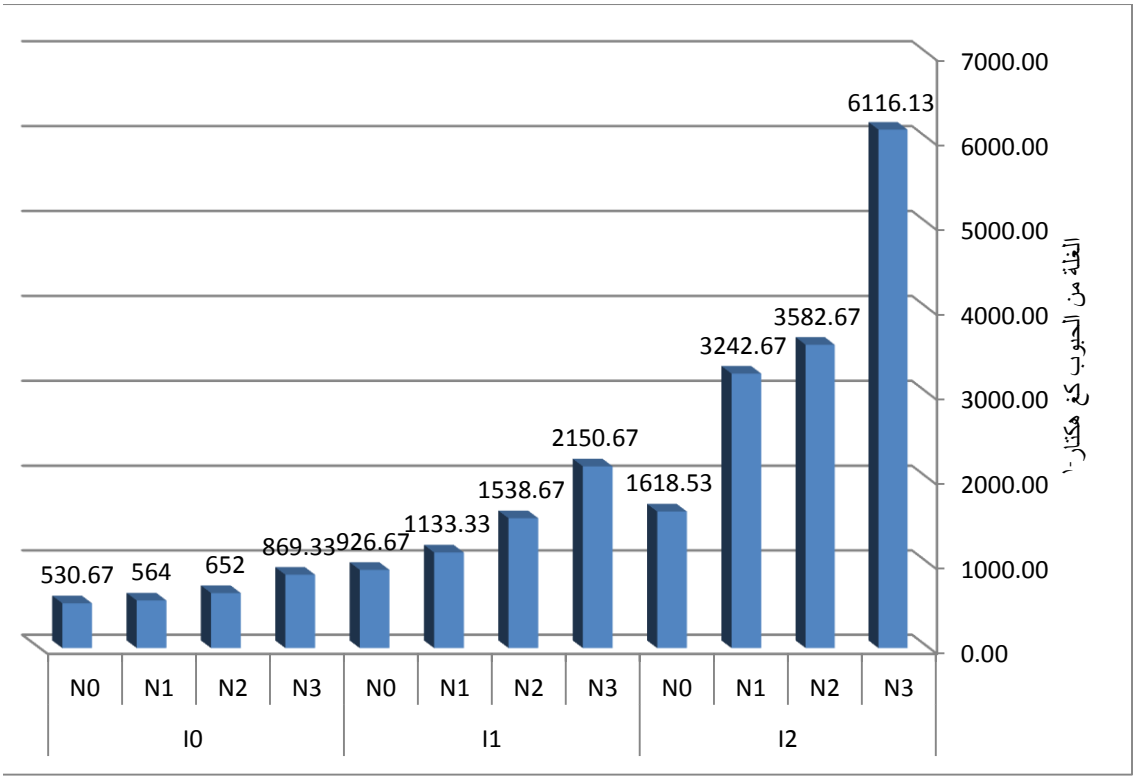
4-2-6- الغلة من الحبوب (كغ. هكتار$^{-1}$):

أوضحت نتائج التحليل الإحصائي للغلة الحبية والمبينة في الجدول(16) وجود فروقات معنوية في الغلة الحبية بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، إذ ازدادت الغلة الحبية لمحصول القمح مع زيادة عدد الريات التكميلية المعطاة للقمح، وكانت الغلة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(3640 كغ. هكتار$^{-1}$) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (الشاهد أو الزراعة المطرية) (654 كغ. هكتار$^{-1}$)، أي أدى إعطاء ريتين إضافيتين لمحصول القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنبل إلى زيادة في هذه الغلة بمعدل ستة أضعاف تقريباً مقارنة مع الشاهد دون ري، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان متوسط مردود وحدة المساحة من الغلة الحبية الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (531 كغ. هكتار$^{-1}$) و بفروقات معنوية مع كافة معدلات السماد الازوتي المدروسة، في حين سجلت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت أربع أضعاف تقريباً الغلة الحبية التي تم الحصول عليها من الشاهد وكانت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (3045 كغ. هكتار$^{-1}$)، وبفروق معنوية أيضاً مع كافة المعاملات السمادية الأخرى المدروسة.

جدول (16) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الغلة من حبوب القمح (كغ/ هكتار).

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	531.00^{e}	564.00^{e}	652.00^{e}	869.00^{e}	C 654
رية واحدة	927.00^{e}	1133.00^{de}	1539.00^{de}	2151.00^{cd}	B 1437
ريتان	1619.00^{de}	3243.00^{bc}	3583.00^{b}	6116.00^{a}	A 3640
متوسط السماد	C 1025	BC 1647	B 1924	A 3045	1910
LSD 0.05	I*N =1147.4		N=662.5	I= 573.7	
Cv(%)			35.5		

وتبين معطيات الشكل رقم (**21**) متوسط مردود وحدة المساحة من الغلة الحبية للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كانت هذه الغلة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأزوتي الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ (6116 كغ. هكتار$^{-1}$) وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى كما هو الحال في صفة وزن الحبوب في النبات، ومن ثم في المعاملتين السماديتين 120 كغ. هكتار$^{-1}$ و180 كغ. هكتار$^{-1}$ وإعطاء ريتين (3243 و 3583 كغ. هكتار$^{-1}$) دون أن تكون بينهما فروق معنوية وبفروق معنوية مع بقية التفاعلات الأخرى، في حين لم يكن لكمية الأزوت المضافة أي دور فعال في زيادة الغلة الحبية ، كما أن إعطاء رية واحدة بمرحلة الإشطاء لم يؤثر في هذه الصفة وذلك في حال عدم إضافة السماد الآزوتي أو حتى عند استخدام المعدل المنصوح به من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، ومعدل 180 كغ. هكتار$^{-1}$ ، وكذلك عند إعطاء ريتين للشاهد دون تسميد أزوتي، حيث تراوحت هذه الغلة بين 531 و 1619 كغ. هكتار$^{-1}$ وذلك في معاملة الشاهد بدون تسميد ودون ري و ومعاملة الشاهد بدون تسميد وإعطاء ريتين على التوالي وكانت هذه القيم هي الأدنى معنوياً.



شكل (21) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في الغلة من حبوب القمح (كغ/ هكتار$^{-1}$).

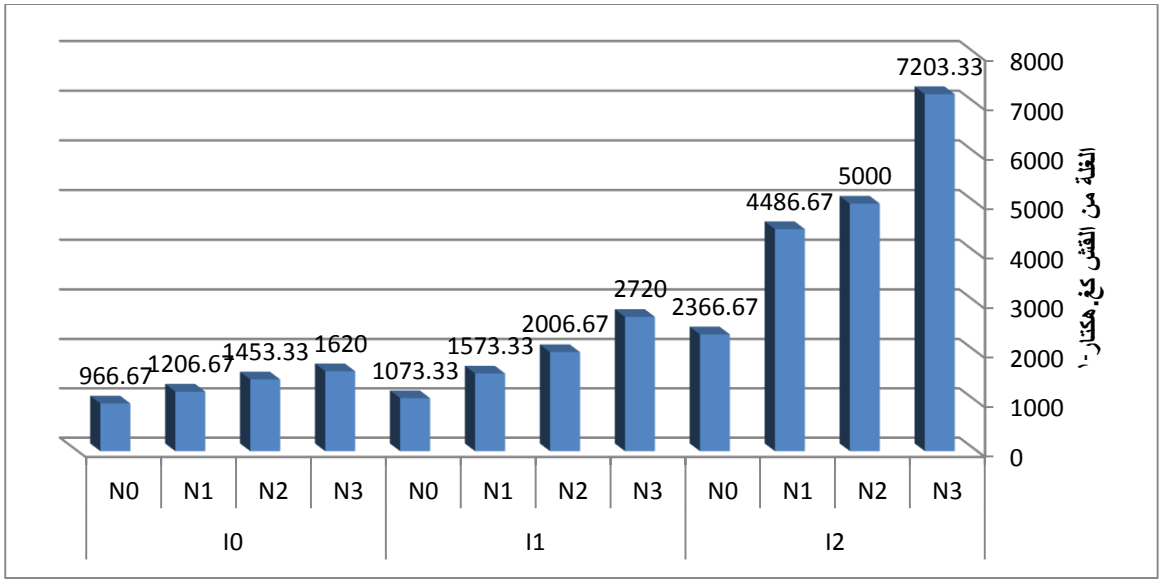
4-2-7- الغلة من القش (كغ. هكتار$^{-1}$):

بينت نتائج التحليل الإحصائي حول غلة القش والمبينة في الجدول(17) وجود فروقات معنوية بين عدد الريات التكميلية بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها، إذ ازدادت غلة القش مع زيادة عدد الريات المعطاة للقمح، فسجلت الغلة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل)(4764 كغ. هكتار$^{-1}$) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري (الشاهد أو الزراعة المطرية) (1312 كغ. هكتار$^{-1}$)، أي أدى إعطاء ريتين إضافيتين لمحصول القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنبل إلى زيادة في هذه الغلة بمعدل ثلاثة أضعاف ونصف تقريباً مقارنة مع الشاهد دون ري، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكان متوسط مردود وحدة المساحة من غلة القش الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد) (1469 كغ. هكتار$^{-1}$) و بفروقات معنوية مع كافة معدلات السماد الازوتي المدروسة، في حين سجلت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت ثلاثة أضعاف تقريباً غلة القش التي تم الحصول عليها من الشاهد وكانت الأعلى معنوياً في هذه الصفة (3848 كغ. هكتار$^{-1}$)، وبفروق معنوية أيضاً مع كافة المعاملات السمادية الأخرى المدروسة.

جدول (17) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في غلة القش (كغ. هكتار$^{-1}$).

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	967.00^{g}	1207.00^{fg}	1453.00^{efg}	1620.00^{ef}	C 1312
رية واحدة	1073.00^{fg}	1573.00^{ef}	2007.00^{de}	2720.00^{c}	B 1843
ريتان	2367.00^{cd}	4487.00^{b}	5000.00^{b}	7203.00^{a}	A 4764
متوسط السماد	D 1469	C 2422	B 2820	A 3848	2640
LSD 0.05	I*N =582.9		N=336.5	I= 291.4	
Cv(%)			13.0		

تظهر معطيات الشكل رقم (22) متوسط مردود وحدة المساحة من الغلة البيولوجية للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كانت هذه الغلة الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأزوتي الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ (7203 كغ. هكتار$^{-1}$) وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى ، ومن ثم في المعاملتين السماديتين 120 كغ. هكتار$^{-1}$ و180 كغ. هكتار$^{-1}$عند إعطاء ريتين (4487 و 5000 كغ. هكتار$^{-1}$) دون أن تكون بينهما فروق معنوية وبفروق معنوية مع بقية التفاعلات الأخرى، في حين لم يكن لكمية الأزوت المضافة أي دور فعال في زيادة الغلة البيولوجية عند غياب الري عدا معاملة معدل السماد الأزوتي الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$، كما أن إعطاء رية واحدة بمرحلة الإشطاء لم يؤثر في هذه الصفة وذلك في حال عدم إضافة السماد الآزوتي أو حتى عند استخدام المعدل المنصوح به من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، حيث تراوحت هذه الغلة بين 967 و 1573 كغ. ؤ وذلك عند الشاهد بدون تسميد وإضافة 120 كغ. هكتار$^{-1}$ مع إعطاء رية واحدة لمحصول القمح وكانت هذه القيم هي الأدنى معنوياً.



شكل (22) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في غلة القش (كغ.هكتار$^{-1}$).

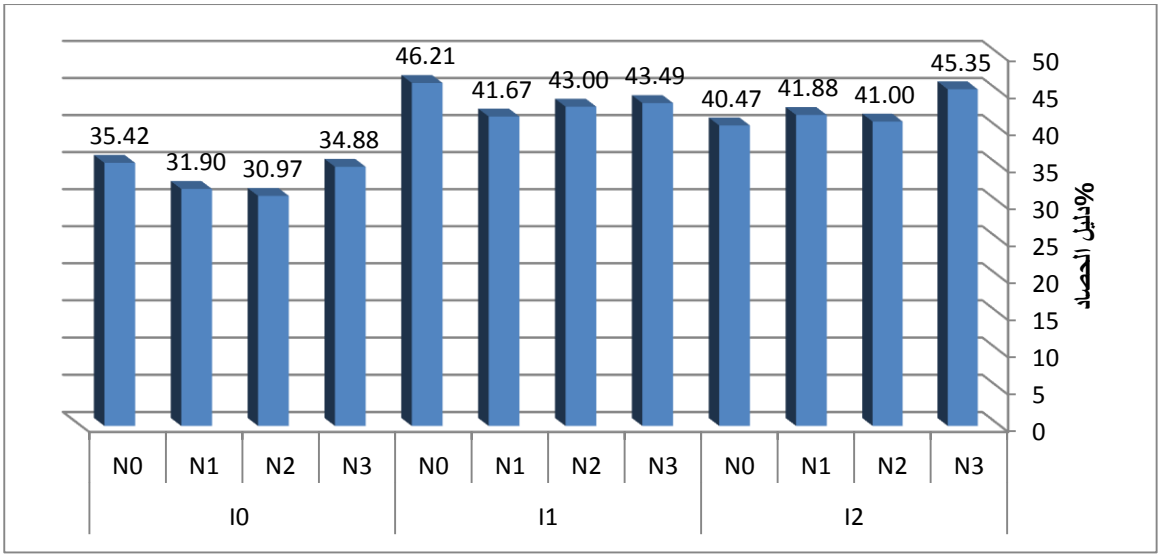
4-2-8- دليل الحصاد(HI%):

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي حول دليل الحصاد لمحصول للقمح والمبينة في الجدول(18) عدم وجود فروقات معنوية بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الازوتي المستخدمة، في حين كانت الفروق معنويو بالنسبة للتفاعل فيما بينها، حيث لم يلاحظ وجود فروق معنوية في هذا المؤشر عند إعطاء رية أو ريتين(44 و 42 % على التوالي) وبفروقات معنوية فقط مع معاملة عدم إعطاء الري (الشاهد أو الزراعة المطرية) (33%) الأدنى معنوياً، أي أدى إعطاء الري التكميلي لمحصول القمح خلال مرحلتي الاشطاء والتسنبل إلى زيادة معامل الحصاد مقارنة مع الشاهد، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكانت الفروقات غير معنوية بين كافة المعاملات السمادية المدروسة لتتراوح قيمته بين 38% عند معاملة 180 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت و 41% لكلٍ من الشاهد دون تسميد و معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت، ويعزى هذا الأمر إلى أن زيادة معدل السماد الآزوتي أدى إلى زيادة في غلة القش والغلة الحبية على حد سوا مما جعل قيمة هذا المعامل مساوية لحالة الشاهد الذي أدى لنقص الآزوت عن نباتاته إلى تدني غلة القش والغلة الحبية وبالتالي الحصول على قيمة جيدة لهذا الدليل.

جدول (18) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في مؤشر معامل حصاد القمح (%).

المعاملات	شاهد	120 كغ آزوت	180 كغ آزوت	240 كغ آزوت	متوسط الري
شاهد	**0.35^{bcd}**	**0.32^{d}**	**0.31^{d}**	**0.35^{bcd}**	**0.33**
رية واحدة	**0.46^{a}**	**0.42^{abc}**	**0.43^{abc}**	**0.44^{ab}**	**0.44**
ريتان	**0.41a^{bc}**	**0.42^{abc}**	**0.41^{abc}**	**0.45^{a}**	**0.42**
متوسط السماد	**0.41**	**0.39**	**0.38**	**0.41**	**0.3969**
LSD 0.05	**I*N=0.07**		**N= 0.04**		**I= 0.036**
Cv(%)			**10.8**		

وتبين معطيات الجدول (18) و الشكل (23) متوسط دليل الحصاد للتفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، حيث كانت قيمة هذا الدليل الأعلى معنوياً في معاملة إعطاء القمح رية واحدة بمرحلة الإشطاء والشاهد (دون إضافة السماد الآزوتي) وفي معاملة إعطاء ريتين للقمح بمرحلتي الإشطاء والتسنبل واستخدام معدل السماد الأزوتي الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ (46 و45% على التوالي) وبفروق غير معنوية فيما بينها من جهة ومع كافة المعاملات التي استخدم فيها الري من جهة أخرى، في حين لم يكن لكمية الأزوت المضافة أي دور فعال في مؤشر دليل الحصاد عند غياب الري ، حيث تراوحت قيمته بين 31% عند معاملة 180 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت و 35% لكلٍ من الشاهد دون تسميد و معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت وكانت هذه القيم هي الأدنى معنوياً.



شكل (23) تأثير عدد الريات ومعدل التسميد الآزوتي في مؤشر دليل حصاد في محصول القمح.

4-3- السلوك الطيفي للأدلة الطيفية تحت تأثير مستويات الريو التسميد الآزوتي :

4-3-1- السلوك الطيفي للأدلة الطيفية تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي:

4-3-1-1- الأدلة الطيفية الخضرية عريضة الحزمة:Broadband Greenness

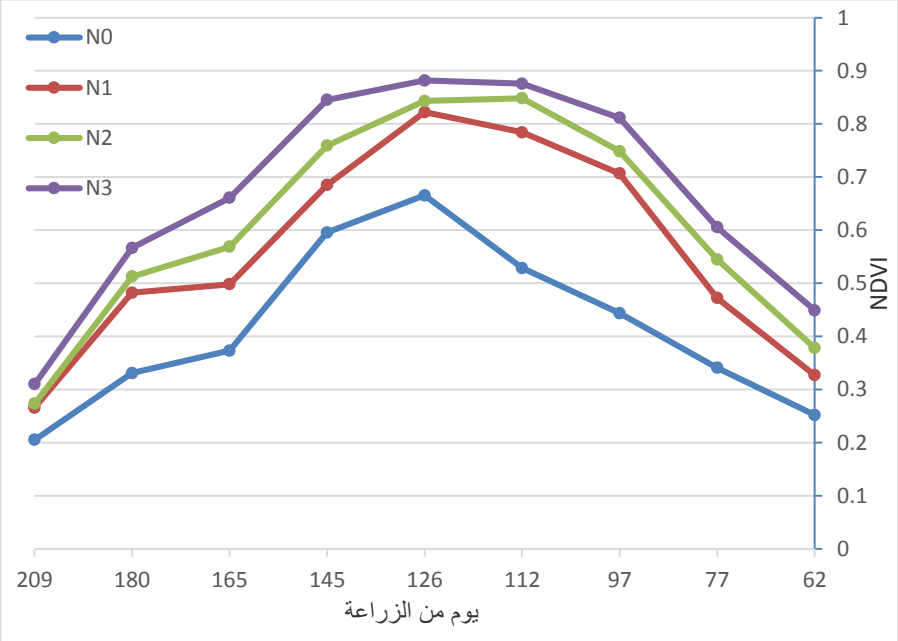
1- دليل الغطاء النباتي للاختلافات الطبيعية (NDVI)Normalized Difference Vegetation Index:

أظهرت النتائج عند تتبع السلوك الطيفي لدليل الـ NDVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي إلى أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد الذي يعبر عن السلوك الطبيعي والعام لدليل NDVI خلال فترة حياة نبات القمح الشكل (24)، ويعود ذلك بشكل أساسي أن دليل الـ NDVI دليل خضري تعتمد قيمته على قيم الانعكاس المسجلة في المجاليين الطيفيين تحت الأحمر القريب والأحمر المرئي ، حيث يؤثر على الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب كل من الكتلة الحية للنبات والمساحة الورقية والوزن الرطب وعدد طبقات النبات وبالتالي يزداد الانعكاس مع زيادة هذه الصفات الخضرية، في حين يعود التأثير على الانعكاس في المجال الأحمر المرئي إلى تركيز الكلوروفيل في الأوراق وبالتالي يقل الانعكاس مع زيادة تركيز الكلوروفيل في النبات هذه العلاقة تقود إلى تفسير سلوك هذا الدليل خلال مراحل نمو نبات القمح ففي بداية عمر النبات تكون الكتلة الحية والمساحة الورقية منخفضة لنبات القمح (الأشكال 8-10) وبالتالي يكون الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب منخفضاً في هذه المرحلة على حين يكون الانعكاس في

المجال الطيفي الأحمر مرتفع نسبياً نتيجة تركيز الكلورفيل المنخفض وتداخل تأثير انعكاس التربة نتيجة عدم التغطية الكاملة للأرض في هذه المرحلة من عمر النبات، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض قيمة الـ NDVI في هذه المرحلة (Alkhaled واخرون2005). مع تقدم النبات بالعمر ووصوله لمرحلة النمو الخضري الأعظمي (97 –126 يوم من الزراعة) نجد أن قيم الـ NDVI قد بلغت أعلى قيمها نتيجة للإنعكاس المرتفع الذي بلغ أعلى قيمة له في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب متأثراً بارتفاع الكتلة الحية والمساحة الورقية والوزن الرطب والجاف التي سجلت أعلى القيم عند هذه المرحلة (الأشكال8–10– 12) في حين سجل الإنعكاس في المجال الطيفي الأحمر أدنى قيمه متأثراً بارتفاع تركيز الكلورفيل وقد أشار إلى هذه النتيجة كل من Hunt وآخرون(2007). عند وصول النبات مرحلة الشيخوخة نجد أن قيم الـ NDVI تعاود الانخفاض متأثرة بانخفاض الانعكاس في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب والعائد لانخفاض الكتلة الحية للنبات ومساحة الأوراق ولارتفاع قيم الانعكاس نسبياً في المجال الطيفي الأحمر نتيجة تدهور الكلورفيل في النبات مع تقدمه في العمر (الشكل24). كان هذا السلوك العام للـ NDVI بغض النظر عن مستويات التسميد المختلفة وعند مقارنة قيم الـ NDVI تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أقل قيم للـ NDVI مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 كما سجلت هذه القيم ارتفاعا أعلى عند مستوى التسميد N2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه لتسجل أعلى القيم عند مستوى التسميد N3 فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (19) إلى وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى إضافة كميات السماد الازوتي المختلفة حسب المعاملات المدرسة بدءا من زراعة التي أحدثت التأثير على الكتلة الحية والمساحة الورقية وتركيز الكلورفيل المعروف زيادتها بزيادة كمية السماد الأزوتي الجداول (3،4،5،6) فكانت قيمة الـ NDVI المسجلة بعد 62 يوم من الزراعة 0.252 و0.327 و0.378 و0.449 لمستويات التسميد N0 و N1 و N2 و N3 على التوالي(الجدول18) وهذا يوافق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث ارتفاعها مع زيادة كمية السماد الآزوتي وكذلك كان الأمر خلال فترة النمو الخضري الأعظمي خلال حياة نبات القمح والمتدة من 97 حتى 148 يوم من الزراعة فعلى سبيل المثال عند 148 يوم من الزراعة وجد فروقات معنوية واضحة بين مستويات التسميد المختلفة فكانت قيمة الـ NDVI المسجلة 0.596 و0.685 و0.759 و0.845 لمستويات التسميد N0 و N1 و N2 و N3 على التوالي وهذا يتفق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث تسجيلها لآعلى القيم عند مستوى الأزوت المرتفعN3 وأدنى القيم مع المعاملة الشاهد N0 (الجدول19)

جدول(19)تأثير الري والتسميد الآزوتي في NDVI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.328 a	0.485 a	0.478 a	0.670 a	0.760 a	0.702 a	0.642 a	0.483 a	0.328a	**I0**
0.347 a	0.456 a	0.500 a	0.719 b	0.800 b	0.761 b	0.673 a	0.473 a	0.347ab	**I1**
0.379 a	0.478 a	0.597 b	0.775 c	0.850 c	0.815 c	0.718 b	0.517 a	0.379b	**I2**
0.031	0.058	0.038	0.030	0.024	0.051	0.036	0.065	0.0432	**LSD**
									التسميد الاوزتي
0.205 a	0.331 a	0.373 a	0.596 a	0.665 a	0.529 a	0.444 a	0.341 a	0.252 a	**N0**
0.266 b	0.482 b	0.498 b	0.685 b	0.822 b	0.784 b	0.707 b	0.472 b	0.327 b	**N1**
0.273 b	0.513bc	0.569 c	0.759 c	0.843 b	0.848 c	0.749 b	0.545bc	0.378 c	**N2**
0.310 c	0.567c	0.661 d	0.845 d	0.882 c	0.876 c	0.812 c	0.606 c	0.449d	**N3**
0.036	0.067	0.043	0.035	0.028	0.059	0.041	0.0751	0.049	**LSD**



الشكل (24) سلوك دليل الـ NDVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

2- دليل النسبة البسيطة Simple Ratio Index (SRI) :

يعد كذلك من الأدلة الطيفية الخضرية عريضة الحزمة المشهورة والبسيطة في تطبيقات الاستشعار عن بعد لاعتماده مباشرة على النسبة بين الاشعة المنعكسة عن المجال التحت احمر القريب والأحمر المرئي .

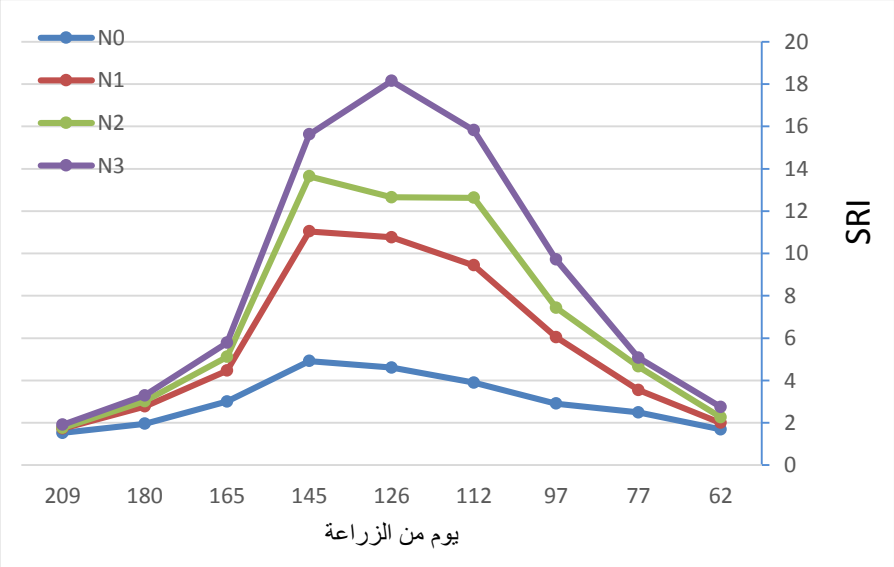
عند دراسة السلوك الطيفي لدليل ال SRI خلال مراحل نمو نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي وجد أن هذه القيم سلكت نفس سلوك القرينة النباتية NDVI من حيث السلوك فقد كانت منخفضة ومتقاربه في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي بشكل أوضح مما كانت عليه في القرينة النباتية NDVI لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 25)، ويعود ذلك بشكل أساسي لاعتماد دليل الـ SRI على المجاليين الطيفيين تحت الأحمر القريب والأحمر، المتأثران بالكتلة الحية للنبات والمساحة الورقية والوزن الرطب وعدد طبقات النبات والأحمر المرئي المتأثر بشكل أساسي بتركيز الكلورفيل (Rouse وآخرون ؛1974Tucker،1979 David؛ وLusch 1999) هذه العلاقة تقود إلى تفسير سلوك هذا الدليل خلال مراحل نمو نبات القمح ففي بداية عمر النبات تكون الكتلة الحية والمساحة الورقية منخفضة لنبات القمح (الأشكال8-10) وبالتالي يكون الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب منخفضاً في هذه المرحلة على حين يكون الانعكاس في المجال الطيفي الأحمر مرتفع نسبياً نتيجة تركيز الكلورفيل المنخفض وتداخل تأثير انعكاس التربة نتيجة عدم التغطية الكاملة للأرض في هذه المرحلة من عمر النبات، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض قيمة الـ SRI في هذه المرحلة . مع تقدم النبات بالعمر ووصوله لمرحلة النمو الخضري الأعظمي (126 يوم من الزراعة) المتوافقة مع اكتمال الاشطاء وبدايه التسنبل نجد أن قيم الـ SRI قد بلغت أعلى قيمها نتيجة للإنعكاس المرتفع الذي بلغ أعلى قيمة له في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب متأثراً بارتفاع الكتلة الحية والمساحة الورقية والوزن الرطب والجاف التي سجلت أعلى القيم عند هذه المرحلة (الأشكال8-10-12)، في حين يسجل الإنعكاس في المجال الطيفي الأحمر أدنى قيمه متأثراً بارتفاع تركيز الكلوروفيل (الشكل25) (S. Pradhan وآخرون عام 2014)،عند وصول النبات مرحلة الشيخوخة نجد أن قيم الـ SRI تعاود الانخفاض متأثرة بانخفاض الانعكاس في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب والعائد لانخفاض الكتلة الحية للنبات ومساحة الأوراق وجفاف النبات ولارتفاع قيم الانعكاس نسبياً في المجال الطيفي الأحمر نتيجة تدهور الكلورفيل في النبات مع تقدمه في العمر(الشكل25). كان هذا السلوك العام لـ SRI بغض النظر عن مستويات التسميد المختلفة وعند مقارنة قيم الـ SRI تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة , لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد

الأزوتي N0 أقل قيم للـ SRI مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات متأثرا بانخفاض الكتلة الحية ومساحة الأوراق والوزن الرطب لنبات نتيجة لعدم التسميد بالمقارنة مع مستويات التسميد الأخرى لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 كما تسجل هذه القيم ارتفاعا أعلى عند مستوى التسميد N2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه لتسجل أعلى القيم عند مستوى التسميد N3 فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (20) وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات متأثرا بتطبيق معاملة السماد بدءا من زراعة والتي أحدثت التأثير على الكتلة الحية والمساحة الورقية وتركيز الكلورفيل التي تأثرت ارتفاعاً مع زيادة كمية السماد الأزوتي فكانت قيمة الـ SR المسجلة بعد 62 يوم من الزراعة(1.693 و 1.999و 2.266 و 2.750 لمستويات التسميد N0 و N1 و N2 و N3 على التوالي) (الجدول 20) حيث ظهرت الفروق المعنوية بين المستوى N3 وجميع المعاملات ولم تكن الفروقات معنوية بين المستويين N0 و N1 و بين المستويين N1 و N2 ولكن ظهرت الفروقات المعنوية بين جميع المعاملات خلال فترة النمو الخضري الأعظمي والممتدة من 97 حتى 148 يوم من الزراعة ويعزى ذلك لزيادة المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل بشكل كبير خلال هذه المرحلةكما لوحظ أن التباينات والفروقات خلال هذه المرحلة كانت واضحة بشكل أكبر من تلك التي أظهرها دليل NDVI فعلى سبيل المثال عند 148 يوم من الزراعة وجد فروقات معنوية واضحة بين مستويات التسميد المختلفة فكانت قيمة الـ SRI المسجلة 4.919 و 11.041و 13.644 و 15.627 لمستويات التسميد N0 و N1 و N2 و N3 على التوالي وهذا يتفق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث تسجيلها لآعلى القيم عند مستوى الأزوت المرتفعN3 وأدنى القيم مع معاملة الشاهد N0(الجدول20) وهذا يتوافق مع ماتوصل له ranke وآخرون (2007,2005).ومع تقدم النبات في العمر و وصوله لمرحله الشيخوخة تقاربت قيم هذا الدليل (SRI) للمستويات المختلفة من التسميد الآزوتي متأثرة بغياب الكلورفيل وانخفاض الكتلة الحية الشكل (25).

جدول(20) تأثير الري والتسميد الآزوتي فيSRI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
1.783 a	3.014 a	4.027b	8.944 a	8.491 a	8.549 a	5.288 a	3.346 a	2.054 a	**I0**
1.717 a	2.698 a	3.122a	11.039b	10.829a	10.333a	6.727 b	3.753 ab	2.156 a	**I1**
1.692 a	2.572 a	6.627c	13.940c	15.311b	12.457b	7.562 b	4.735 b	2.322 a	**I2**
0.127	0.4815	0.717	1.119	2.500	1.873	1.102	1.070	0.301	**LSD**
									التسميد الاوزتي
1.524 a	1.956a	3.001 a	4.919 a	4.607 a	3.897 a	2.905 a	2.490 a	1.693a	**N0**
1.728 b	2.770 b	4.468 b	11.041b	10.765b	9.442 b	6.048 b	3.553 ab	1.999 ab	**N1**
1.760 b	3.023 b	5.117bc	13.644c	12.654b	12.628c	7.437 c	4.658bc	2.266 b	**N2**
1.910 c	3.296 b	5.783c	15.627d	18.148c	15.819d	9.713d	5.079c	2.750 c	**N3**
0.147	0.5560	0.828	1.292	2.886	2.163	1.272	1.236	0.348	**LSD**

حدود قيم هذا الدليل 0 الحد الأدنى و 30 الحد الأعلى



الشكل (25) سلوك دليل الSRI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

3- دليل الغطاء النباتي المحسنEnhanced Vegetation Index(EVI):

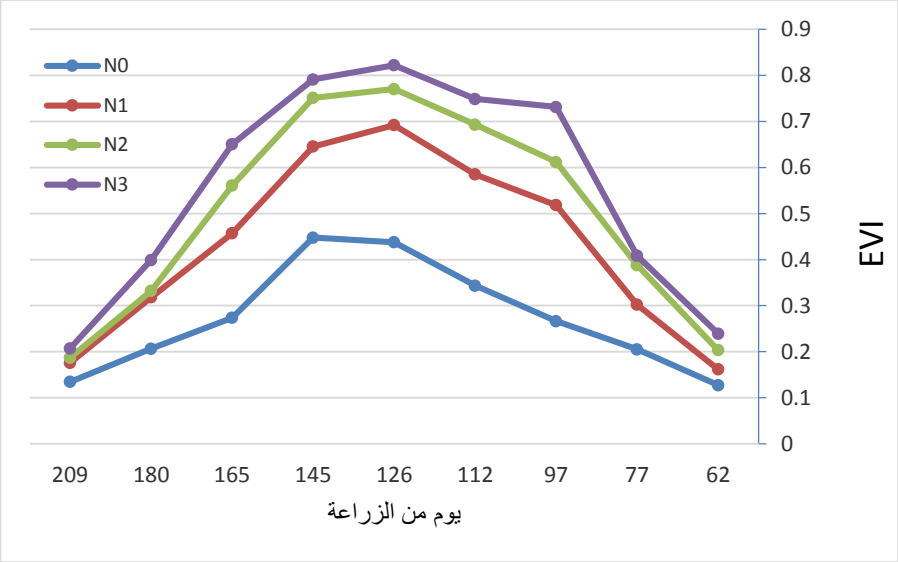
قام هذا الدليل على فكرة تحسين فعالية دليل الNDVI في تميز وفصل الأغطية النباتية المختلفة بإدخال المجال الطيفي الأزرق المرئي .

عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ EVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي لوحظ أن هناك تشابه كبير جدا مع سلوك القرينة النباتية NDVI الشكل(24 و26) متأثر بنفس الخصائص والصفات الخضرية المؤثرة على سلوك ال NDVI كما أن المجال الطيفي الأزرق المرئي يتأثر بتركيز الكلورفيل بشكل مشابه لتأثر المجال الطيفي الأحمر(Luschand Hudson,1999) مع ملاحظة أن قيم الدليل EVI كانت منخفضة قليلا عما سجله دليل NDVI خلال مراحل نمو النبات المختلفة من الزراعة حتى الحصاد الشكل(24 و26) وعند مقارنة قيم الـ EVI تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة , لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أقل قيم للـ EVI مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 كما تسجل هذه القيم ارتفاعا أعلى عند مستوى التسميد N2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه لتسجل أعلى القيم عند مستوى التسميد N3 فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (21) إلى وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى إضافة كميات السماد الازوتي المختلفة حسب المعاملات المدرسة بدءا من زراعة التي أحدثت التأثير على الكتلة الحية والمساحة الورقية وتركيز الكلورفيل المعروف زيادتها بزيادة كمية السماد الأزوتي وارتفعت قيمة EVI بشكل كبير وواضح بعد اضافة الدفعة الثانية من التسميد الازوتي بتاريخ 3/10 ويعود ذلك للدور الذي يلعبه السماد الآزوتي في زيادة الكتله الحية للنبات ودليل المساحة الورقية وبالتالي تاثيرها على الانعكاس الطيفي للنبات (الاشكال8 –10) وقد اشار لذلك Boehm وآخرون (2004). كانت قيمة الـ EVI المسجلة بعد 62 يوم من الزراعة 0.127 و 0.162 و 0.204 و 0.239 لمستويات التسميد N0 و N1 و N2 و N3 على التوالي(الجدول 21) ويلاحظ هنا تقارب هذه القيم نوعا ما مع تسجيل فرق معنوي بين N0من جهة و N2 و N3 من جهة أخرى وعدم وجود فرق معنوي بين كل من (N0 و N1) و(و N1 و N2) و(N2 و N3) وهذا يوافق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث ارتفاعها مع زيادة كمية السماد الآزوتي (الاشكال 9–7–5) وكذلك كان الأمر خلال فترة النمو الخضري الأعظمي خلال حياة نبات القمح والمتدة من 97 حتى 145 يوم من الزراعة فعلى سبيل المثال عند 97 يوم من الزراعة وجد فروقات معنوية واضحة بين مستويات التسميد الآزوتي المختلفة فكانت قيمة الـ EVI المسجلة 0.267 و 0.518 و 0.612 و 0.731 لمستويات التسميد N0 و N1 و N2 و N3 على التوالي تباينت هذه القيم بشكل كبير في هذه المرحلة

بحيث سجلت فروقات معنوية بين جميع مستويات التسميد المختلفة وهذا يتفق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث تسجيلها لآعلى القيم عند مستوى الأزوت المرتفع N3وأدنى القيم مع مستوى الأزوتN0 وهذا يتوافق مع ماتوصل له ranke وآخرون (2007,2005)

جدول(21)تأثير الري والتسميد الآزوتي في EVI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.187 b	0.346 a	0.448 a	0.622 a	0.622 a	0.518 a	0.481 a	0.288 a	0.173 a	**I0**
0.163 a	0.290 a	0.460 a	0.653 ab	0.667 a	0.577 a	0.527 ab	0.325 ab	0.166 a	**I1**
0.179 ab	0.307 a	0.548 b	0.701 b	0.753 b	0.683 b	0.588 b	0.365 b	0.210 a	**I2**
0.018	0.054	0.037	0.057	0.062	0.060	0.065	0.064	0.052	**LSD**
									التسميد الاوزتي
0.135 a	0.207 a	0.274 a	0.448 a	0.438 a	0.344 a	0.267 a	0.205 a	0.127 a	**N0**
0.176 b	0.318 b	0.457 b	0.646 b	0.692 b	0.585 b	0.518 b	0.302 b	0.162 ab	**N1**
0.187 bc	0.332 b	0.561 c	0.751 c	0.770 c	0.693 c	0.612 c	0.388 c	0.204 bc	**N2**
0.207 c	0.399 c	0.650 d	0.791 c	0.822 c	0.749 c	0.731 d	0.408 c	0.239 c	**N3**
0.021	0.062	0.043	0.065	0.071	0.069	0.075	0.074	0.060	**LSD**



الشكل (26) سلوك دليل الـ EVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

4-3-1-2- الأدلة الطيفية الخضرية ضيقة الحزمة: Narrowband Greenness

يقصد بالأدلة الطيفية ضيقية الحزمة هي الأدلة التي تعتمد في بنائها على قيم طيفية محددة بعينها وهذا مايميزها عن عريضة الحزمة المعتمدة على المجال الطيفي كأن نقولNIR التي يستخدم لها المجال الطيفي من 800 إلى 900 نانومتر ويعود ذلك إلى الاعتقاد بأن للأدلة الطيفية دور بارز في إيضاح التأثير المباشر للعلاقة مع الهدف التي من الممكن عدم وضوحها في العلاقات المعتمد على الحزم عريضة الحزمة

1-دليل الغطاء النباتي لمنطقة الحافة الحمراء Red Edge Normalized Difference Vegetation Index($NDVI_{705}$):

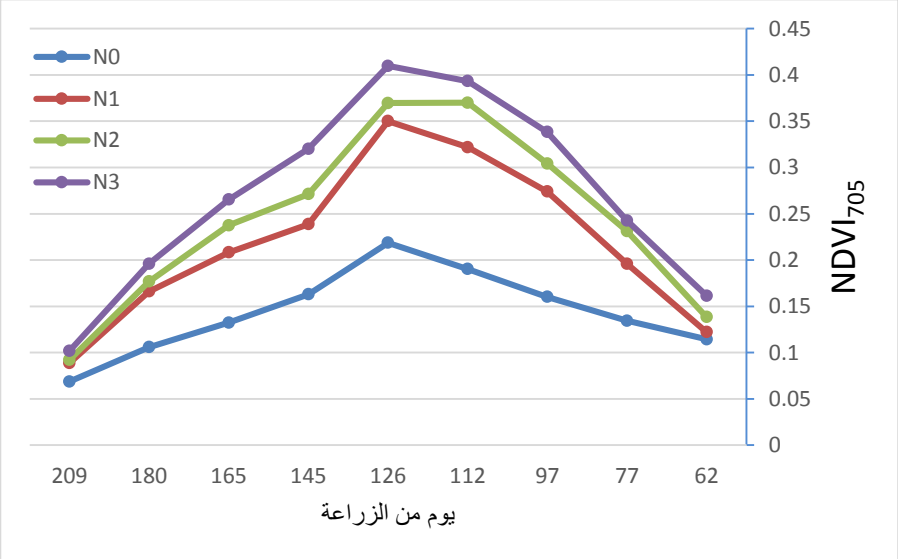
يعد هذا الدليل دليلاً خضريا تعتمد قيمته على قيمة الانعكاس المسجلة في منطقة الحافة الحمراء (Dawsonو Curran ،2010) وهي المنطقة التي تقع عند نهاية المجال الطيفي المرئي وبداية المجال التحت أحمر القريب،حيث تمثل الحافة الحمراء منطقة التغيرالمفاجئ في الانعكاس الناتج عن الاوراق بين 680 نانومتر و 780 نانومتر الناجمة عن الآثار المجتمعة للامتصاص القوي للكلوروفيل في المنطقة الحمراء والمساحة الورقية وعدد طبقات الاوراق والوزن الرطب والجاف في منطقة تحت الاحمر القريب NIR (Horler آخرون1983) (Baret وآخرون 1992).

انطلاقا من ذلك يمكن تفسير السلوك الطيفي لدليل $NDVI_{705}$ خلال مراحل نمو نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي حيث يلاحظ انخفاض هذه القيم في بداية عمر النبات متأثرة بتقارب قيم الانعكاس عند القيم الطيفية 705و 750 في منطقة الحافة الحمراء لترتفع هذه القيم مع الأعظمية النباتية للقمح وتبلغ أعلى قيم لها عند 126 يوم من الزراعة متأثرة بالتغير الحاد في منطقة الحافة الحمراء والذي يمثل أعلى انعكاس في هذه الفترة نتيجة زيادة المساحة الورقية والوزن الرطب وعدد طبقات الأوراق عند القيمة الطيفية 750 نانومتر وانخفاض الانعكاس لأقل قيمة عند القيمة الطيفية 705 نانومتر متأثرة بازدياد تركيز الكلورفيل وهذا ماأوضحته الأشكال (6-8-10) ،ومع تقدم النبات بالعمر ووصوله لمرحله النمو الخضري الأعظمي (126 يوم من الزراعة) التي توافق اكتمال الاشطاء وبداية التسنبل نجد أن قيم الـ $NDVI_{705}$ قد بلغت أعلى قيمها نتيجة للإنعكاس المرتفع الذي بلغ أعلى قيمة له في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب متأثراً بارتفاع الكتلة الحية والمساحة الورقية والوزن الرطب والجاف التي سجلت أعلى القيم عند هذه المرحلة وهذا يتوافق مع ما توصل اليه Daughtry وزملاؤه (1980)، الذين وجدوا أنه بزيادة LAI ينخفض الانعكاس في المجال الاحمر ويزداد في المجال الاحمر القريب كما وجد (Filella وPenuelas ،2007) أن هناك ارتباط كبير بين اتساع ذروة الحافة الحمراء و LAI (مؤشر مساحة الورقة) (الأشكال27-8) و عند وصول النبات مرحلة الشيخوخة نجد أن قيم الـ $NDVI_{705}$ تعاود الانخفاض متأثرة بانخفاض الانعكاس

عند القيمة الطيفية nm750 والعائد لانخفاض الكتلة الحية للنبات ومساحة الأوراق ولارتفاع قيم الانعكاس نسبياً عند القيمة الطيفية nm705 نتيجة تدهور الكلورفيل في النبات مع تقدمه في العمر (الشكل 5). ولوحظ من جدول تحليل التباين أن مستوى التسميد الأزوتيN3 سجل أعلى قيم للـ $NDVI_{705}$ مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات يليه N2 و N1 و N0 التي سجلت أقل قيم لهذا الدليل كما بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (22) إلى وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات، فقد لوحظ وجود فرق معنوي من 62 يوم من الزراعة بين N0 و N3 متأثرة بإضافة السماد الآزوتي منذ وقت الزراعة ومالسماد الآزوتي من تأثير على زيادة الكتلة الحية والمساحة الورقية وتركيز الكلورفيل وارتفعت قيمة $NDVI_{705}$ بشكل كبير و واضح بعد اضافة الدفعة الثانية من التسميد الازوتي بتاريخ 3/10 ويعود ذلك للدور الذي يلعبه السماد الآزوتي في زيادة الوزن الرطب للنبات وتركيز الكلورفيل ودليل المساحة الورقية وبالتالي تاثيرها على الانعكاس الطيفي للنبات، وقد اشار لذلك Boehm وآخرون (2004) عند 126يوم من الزراعة وجد فروقات معنوية واضحة بين مستويات التسميد المختلفة فيما عدا N1 و N2 وكانت قيمة الـ $NDVI_{705}$ في حين كانت الفروقات المعنوية المسجلة لكافة مستويات التسميد الآزوتي بعد 148 يوم من الزراعة الأعلى على الاطلاق .وهذا يتفق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث تسجيلها لآعلى القيم عند مستوى الأزوت المرتفعN3 وأدنى القيم عند معاملة الشاهد N0 عدم إضافة الآزوت (جداول22) وهذا يتوافق مع ماتوصل له ranke وآخرون (2007,2005).

جدول(22) تأثير الري والتسميد الآزوتي في $NDVI_{705}$ لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.102 b	0.184 b	0.207 a	0.223 a	0.314 a	0.288 a	0.249 a	0.178 a	0.130a	**I0**
0.084 a	0.156ab	0.186 a	0.237 a	0.329 a	0.318 b	0.271 ab	0.197 ab	0.137 a	**I1**
0.078 a	0.143 a	0.240 b	0.285 b	0.368 b	0.351 c	0.288 b	0.228 b	0.135 a	**I2**
0.016	0.029	0.025	0.028	0.026	0.029	0.025	0.034	0.035	**LSD**
									التسميد الاوزتي
0.069 a	0.106 a	0.132 a	0.163 a	0.219 a	0.190 a	0.160 a	0.134 a	0.114 a	**N0**
0.089 b	0.166 b	0.208 b	0.239 b	0.350 b	0.322 b	0.274 b	0.196b	0.122 ab	**N1**
0.092 b	0.177 b	0.238 c	0.271 c	0.370 b	0.370 c	0.304 c	0.231bc	0.138 ab	**N2**
0.102 b	0.196 b	0.265 c	0.320 d	0.410 c	0.393 c	0.338 d	0.243c	0.161 b	**N3**
0.019	0.034	0.028	0.032	0.031	0.034	0.029	0.040	0.040	**LSD**



الشكل (27) سلوك دليل الـ $NDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

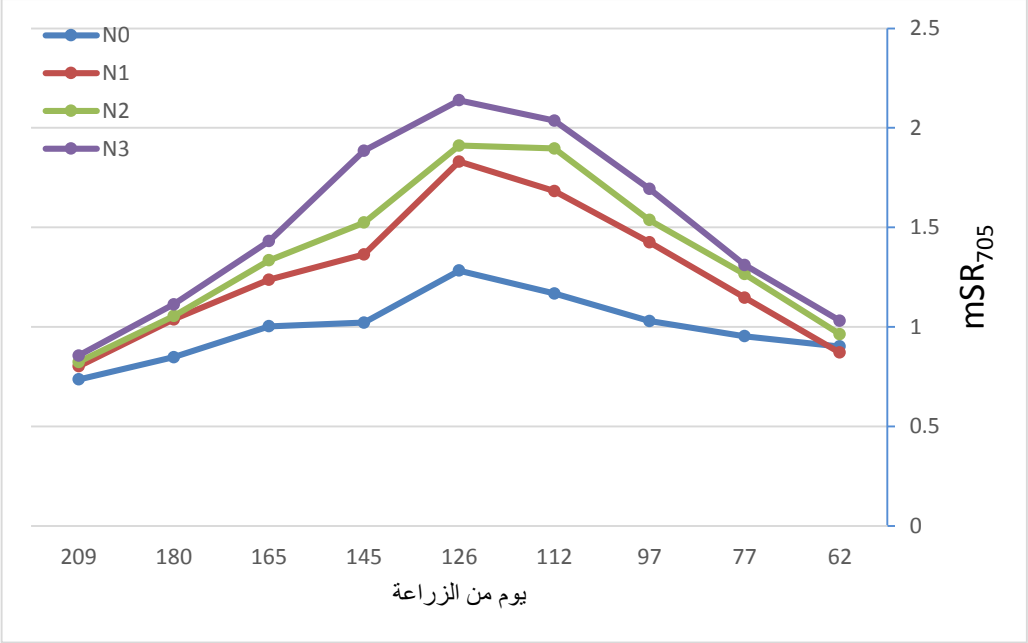
2- دليل النسبة البسيطة المعدل Modified Red Edge Simple Ratio Index($mSRI_{705}$):

هذا الدليل هو **دليل معدل للدليل التقليدي SR** معتمدا على القيمة الطيفية 750nmعند الحافة الحمراء والقيمة الطيفية 445nm في المجال الطيفي الأزرق .

يلاحظ من الشكل (28) انَّ دليل mSR_{705} سلك سلوكاً مشابهاً للدليل التقليدي SRI من ناحية انخفاض قيمته في بداية عمر النبات إلى ارتفاعها مع تقدم النبات في العمر و بلوغ مرحلة النمو الخضري الأعظمي إلى انخفاضها و وصوله لمرحلة الشيخوخة متأثراً بقيم الانعكاس المسجلة عند القيمة الطيفية 750 نانومتر ذات العلاقة الوثيقة مع الكتلة الحية و المساحة الورقية و الوزن الرطب للنبات و قيم الانعكاس عند القيمة الطيفية الزرقاء ذات العلاقة الوثيقة مع تركيز الكلورفيل . وهذا يتوافق مع ماتوصل اليه Sims وGamon (2002)، ومن جدول تحليل التباين (23) تُلاحظ أنَّ قيم الدليل ارتفعت بارتفاع مستوى التسميد من N0 إلى N3 في جميع مراحل نمو نبات القمح و لكن لم نجد فروقات معنوية بين المستويات جميعها ، فعند 126 و 145 يوم من الزراعة يلاحظ فروقات معنوية بين قيم mSR_{705} المسجلة تحت مستويات N1 , N2 مع وجود فروقات معنوية بينها و بين كل من N0, N3 .وحيث كانت هذا الدليل حساس لمستويات التسميد الآزوتي (Simsو Gamon 2002).

جدول(23) تأثير الري والتسميد الآزوتي في mSR_{705}لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.820 a	1.034 a	1.206 b	1.227 a	1.634 a	1.561 a	1.330 a	1.086 a	0.936a	**I0**
0.804 a	0.966 a	1.086 a	1.418 b	1.761 a	1.686 a	1.435 b	1.152 ab	0.969 a	**I1**
0.789 a	1.039 a	1.462 c	1.700 c	1.978 b	1.840 b	1.500 b	1.269b	0.922 a	**I2**
0.0416	0.091	0.090	0.179	0.129	0.125	0.099	0.127	0.103	**LSD**
									التسميد الاوزتي
0.736 a	0.847 a	1.003 a	1.021 a	1.283 a	1.168 a	1.030 a	0.953 a	0.902 a	**N0**
0.802 b	1.037 b	1.237 b	1.364 b	1.831 b	1.682 b	1.425 b	1.147 b	0.871 a	**N1**
0.823 bc	1.054 b	1.334 bc	1.524 b	1.911 b	1.896 c	1.537 b	1.265 bc	0.964 ab	**N2**
0.856 c	1.113 b	1.431 c	1.885 c	2.139 c	2.037 c	1.694 c	1.311c	1.031 b	**N3**
0.0480	0.106	0.103	0.207	0.149	0.144	0.114	0.146	0.119	**LSD**



الشكل (28) سلوك دليل الـ mSR_{705} خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

3- دليل الغطاء النباتي للحافة الحمراء المعدل Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index($mNDVI_{705}$):

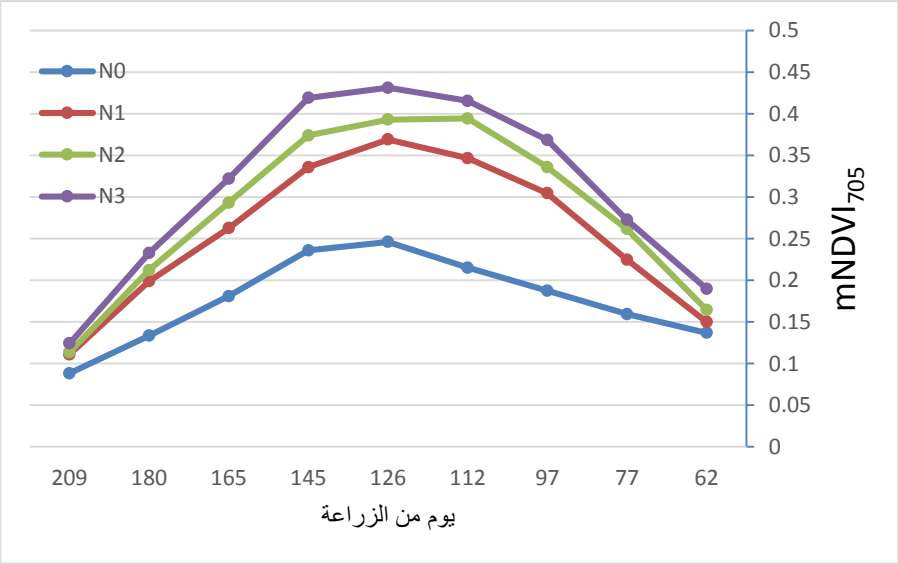
دليل معدل لدليل $NDVI_{705}$ باضافة الانعكاس عند قيمة 445 نانومتو في المجال المرئي الأزرق إلى المقام وهي مشابهة في علاقتها مع الانعكاس عن الغطاء النباتي للقيمة الطيفية 705 في بداية الحافة الحمراء

استخدم هذا الدليل لتعويض الانعكاس عن ارتفاع سطح الورقة وهو مقياس متطور للكتلة العامة والغطاء النباتي الحيوي هذا المؤشر يقيس في الحافة الحمراء من انعكاس طيف الغطاء النباتي ممايجعله أكثر حساسيه للتغيرات الطيفيفة في صحة النبات مقارنة بمؤشرات النطاق العريض التقليدية (Sovoe,2011) .عند تتبع السلوك للقرينة النباتية $mNDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح لمستويات التسميد الآزوتي و مقارنتها مع سلوك $NDVI_{705}$ نجد أنَّ سلوك هذا الدليل كان مشابها جدا لسلوك دليل $NDVI_{705}$ حتى أن القيم لكلا الدليلين كانت متقاربة جدا فيما عدا القراءة المسجلة بتاريخ 16/4 أي 145 يوم من الزراعة نلاحظ قيم أعلى بقليل لدليل $NDVI_{705}$ مقارنة مع دليل $mNDVI_{705}$ الأشكال (27) و(29)، حتى أنَّه عند مقارنة جدول تحليل التباين لكلا الدليلين تحت مستويات التسميد المتبعة لوحظ تسجيل فروقات معنوية لقيم هذا الدليل تحت مستويات التسميد المختلفة مشابهة تماما لتلك المسجلة لدليل $NDVI_{705}$ وفي جميع مراحل النمو الجدول (22)(24) ويمكن إسقاط نفس التفسيرات التي سبقت للدليل $NDVI_{705}$ على الدليل $mNDVI_{705}$ مع اعتبار أنَّ ما يؤثر على قيم الانعكاس عند القيمة الطيفية 445نانومتر في المجال الطيفي الأزرق مشابه تماما على مؤثرات قيم الانعكاس عند النقطة الطيفية 705 نانومتر الواقعة في بداية الحافة الحمراء وقد

تم اختيار الأطوال الموجية على حافة الحمراء من طيف الغطاء النباتي (705 و 750 نانومتر) لاختبار مؤشرات الغطاء النباتي لأجل تقدير المحتوى الكلوروفيل و LAI في هيكل المظلة النباتية وهذا يتطابق مع نتائج Sims و Gamon (2002).

جدول(24)تأثير الري والتسميد الآزوتي في $mNDVI_{705}$ لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209	180	165	145	126	112	97	77	62	تاريخ القراءة / المعاملة
									ري
0.127 b	0.221 b	0.262 a	0.310 a	0.332 a	0.313 a	0.280 a	0.206 a	0.156 a	**I0**
0.104 a	0.189 ab	0.238 a	0.338 a	0.358 b	0.342 a	0.300 ab	0.226 ab	0.162 a	**I1**
0.096 a	0.173 a	0.295 b	0.376 b	0.390 c	0.373 b	0.317 b	0.257 b	0.163 a	**I2**
0.020	0.032	0.025	0.032	0.023	0.029	0.025	0.035	0.039	**LSD**
									التسميد الاوزتي
0.088 a	0.133 a	0.181 a	0.236 a	0.246 a	0.215 a	0.187 a	0.159 a	0.137 a	**N0**
0.111 ab	0.199 b	0.262 b	0.336 b	0.369 b	0.347 b	0.304 b	0.225 b	0.150 ab	**N1**
0.114 b	0.212 b	0.293 c	0.374 c	0.393 b	0.394 c	0.336 c	0.261 bc	0.164 ab	**N2**
0.124 b	0.233 b	0.322 c	0.419 d	0.431 c	0.415 c	0.369 d	0.273 c	0.190 b	**N3**
0.023	0.037	0.029	0.037	0.027	0.033	0.029	0.040	0.045	**LSD**



الشكل (29) سلوك دليل الـ $mNDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

4-3-1-3-دليل الآزوت للمظلة النباتية: Canopy Nitrogen

1-دليل الآزوت للاختلافات الطبيعية Normalized Difference Nitrogen Index(NDNI):

يعتمد هذا الدليل في علاقته على قيم الانعكاس المسجلة عن القيمة الطيفية 1501 نانومتر والتي تقع عند الحدود النهائية للمجال الطيفي تحت الأحمر القريب والقيمة الطيفية 1680 نانومتر التي تقع ضمن المجال الأحمر المتوسط .

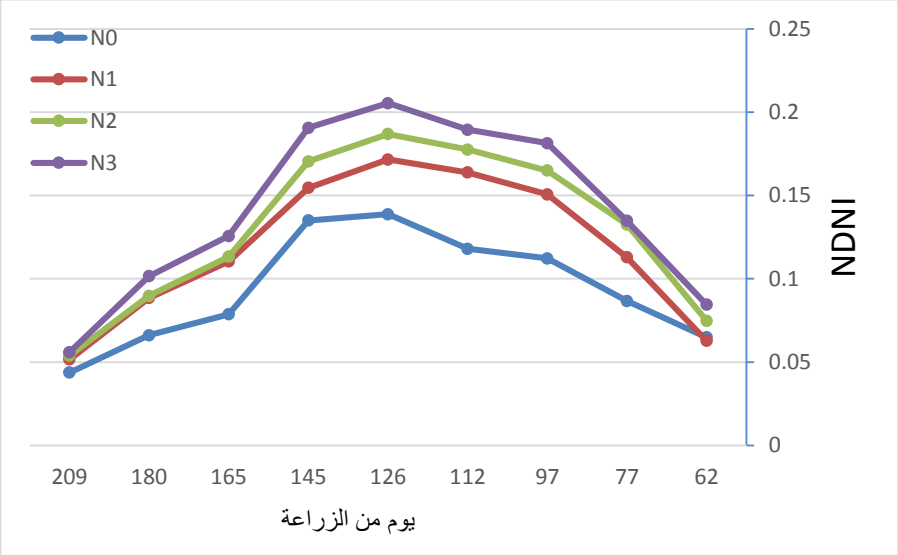
و ربما يعزى سبب ذلك أنَّ هذا الدليل يعتمد على الانعكاس عند القيمة الطيفية 1510 نانومتر عند المجال الطيفي التحت الأحمر القريب و الذي يتأثر بشكل كبير بالكتلة الحية و دليل المساحة الورقية و الوزن الرطب التي تزداد مع زيادة نمو النبات و بالتالي تؤثر زيادتها على زيادة قيمة الانعكاس لتؤخذ أعلى قيم الانعكاس عند النمو الخضري الأعظمي للنبات في حين أنَّ القيمة الطيفية الثانية التي يعتمد عليها هذا الدليل (1680) تقع في المجال الطيفي التحت أحمر المتوسط حيث يلعب المحتوى المائي للأوراق دوراً كبيراً فكلما كان هذا المحتوى عالي في الورقة زاد الامتصاص و نقص الانعكاس لتنخفض قيمته عند الأعظمية النباتية لكون النبات يملك أعلى محتوى مائي عند هذه الفترة، حيث أشار (Hudson،1999) إلى أنَّ الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب يرتبط عكسيا مع المحتوى المائي حيث يكون الانعكاس مرتفعاً ضمن المجال التحت أحمر المتوسط عند جفاف النباتات لذلك نجد أنَّ قيمة هذا الدليل في بداية عمر النبات 97,77,62 يوم من الزراعة يكون منخفضاً متأثراً بالقيمة الدنيا للانعكاس عند 1510نانومتر و المتقاربة مع قيمة الانعكاس عند 1680 نانومتر نتيجة للكتلة الحية و ودليل المساحة الورقية المنخفض مع تداخل انعكاس التربة ، و لكن عندما يصل النبات لمرحلة الأعظمية النباتية 145,126,112 يوم من الزراعة يأخذ هذا الدليل أعلى القيم متأثراً بارتفاع الانعكاس عند القيمة 1510 لأعلى حد و انخفاضه عند القيمة 1680 إلى أدنى حد (الشكل 30).

عند دراسة قيم هذا الدليل لنبات القمح تحت مستويات التسميد الآزوتي المستخدمة في الدراسة نجد أنَّ قيم الدليل تحت مستوى تسميد N0 سجلت أقل القيم على الإطلاق خلال مراحل نمو النبات المختلفة في حين أنَّ قيمه تحت مستوى التسميد المرتفع N3 كانت أعلى هذه القيم خلال مراحل نمو النبات أيضاً الشكل (30)و الجدول (25) ويعود السبب في ذلك لتأثير الآزوت على زيادة الكتلة الخضرية للنبات وبدوره زيادة LAI والوزن الرطب لتسجيل النبات تحت مستوى التسميد المرتفعN3 (Tucker ,2004) قيم أعلى لهذه القياسات مقارنة مع مستويات التسميد الأقل منها ولاسيما تحت معاملة عدم التسميد N0 ممايجعل قيم هذا الدليل تكون مرتفعة عند N3مقارنة مع N2وN1 و N0 .وهذا يتوافق مع ما توصل اليه Al-Gaadi وآخرون (2014)، الذي وجد علاقة طردية بين هذا الدليل وLAI. ويلاحظ من الجدول (25) لوحظ عدم وجود فروق معنوية لقيم هذا

الدليل بعد 62 يوم من الزراعة لتبدأ بعد هذا التاريخ ظهور الفروق المعنوية لتسجل عند 145 و165 يوم من الزراعة فروق معنوية لقيم هذا الدليل بين مستويات التسميد الآزوتي المختلفة.

جدول(25)تأثير الري والتسميد الآزوتي فيNDNI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلف

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.050 a	0.093 a	0.110 b	0.149 a	0.170 a	0.147 a	0.145 a	0.103 a	0.067 a	I0
0.049 a	0.085 a	0.094 a	0.161 b	0.173 a	0.158 a	0.152 a	0.114 ab	0.078 a	I1
0.054 a	0.081 a	0.117 b	0.179 c	0.183 a	0.181 b	0.160 a	0.133 b	0.070 a	I2
0.007	0.011	0.009	0.006	0.014	0.014	0.015	0.020	0.019	LSD
									التسميد الاوزتي
0.044 a	0.066 a	0.079 a	0.135 a	0.139 a	0.118 a	0.112 a	0.087 a	0.065 a	N0
0.052 ab	0.088 b	0.110 b	0.155 b	0.172 b	0.164 b	0.151 b	0.113 b	0.063 a	N1
0.054 b	0.090 b	0.113 b	0.171 c	0.187 b	0.178 bc	0.165 bc	0.133 b	0.075 a	N2
0.056 b	0.102 b	0.126 c	0.191 d	0.205 c	0.189 c	0.181 c	0.135 b	0.084 a	N3
0.009	0.013	0.011	0.007	0.016	0.016	0.018	0.023	0.022	LSD



الشكل (30) سلوك دليل الـ NDNI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

4-3-1-4- دلائل المحتوى المائي للمظلة النباتية: Canopy water content

1- دليل نطاق الماء Water Band Index (WBI)

يعتمد هذا الدليل في قيمته على قيم الانعكاس عند900و970 نانومتر ويلاحظ أن هاتين القيمتين الطيفيتين متقاربيتين جداً ضمن المجال الطيفي التحت الأحمر القريب لذلك يلاحظ أن قيم هذا الدليل تكون في الغالب −1 أو +1 قيمة صغيرة جداً حيث يكون الانعكاس في الأعظمية النباتية عند القيمة 970 نانومتر أقل بمقدار 10% بشكل عام كما هو عند القيمة الطيفية 900نانومتر.

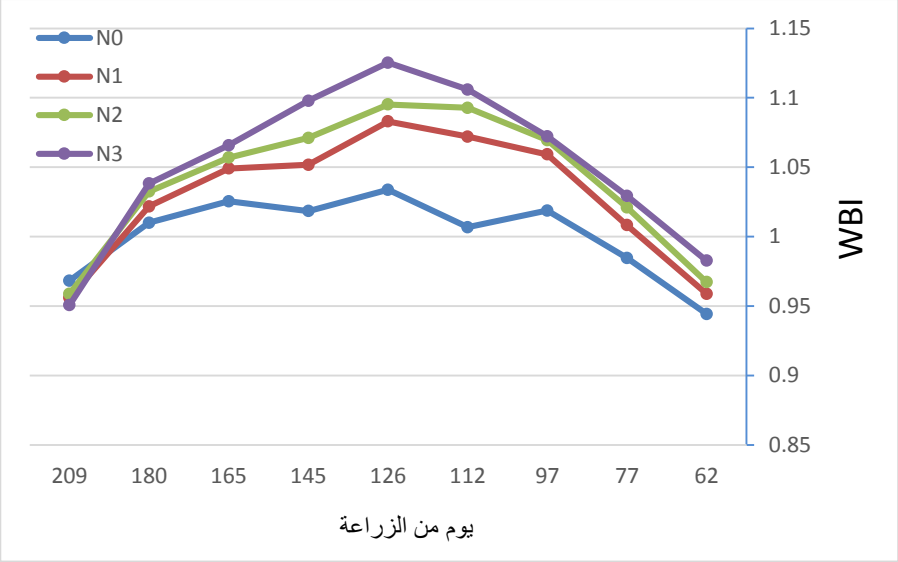
وُجد عند تتبع السلوك الطيفي لدليل الـ WBI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي إلى أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجيا لتصل أعلاها عند النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 31)، ويعود ذلك بشكل أساسي أن دليل الـ WBI دليل مائي تعتمد قيمته على قيم الانعكاس المسجلة في عند الطول الموجي (900) و (970) نانومتر من المجال الطيفي تحت الاحمر القريب حيث يلعب المحتوى المائي للورقة والكتلة الحية و LAI والوزن الرطب الدور الأساسي في تحديد الاستجابة الطيفية فقد أشار (2011,Sovoe) إلى أن قوة امتصاص الماء تتركز عند 970نانومتر حيث تزيد نسبه الامتصاص في هذه النقطة اذا ماتم مقارنتها ب 900نانومتر وبالتالي يكون الانعكاس عند الطول الموجي 900نانو متر اعلى من الانعكاس عند 970 وبالتالي ترتفع قيمة الدليل بازدياد المحتوى المائي و يقود هذا إلى تفسير سلوك هذا الدليل خلال مراحل نمو نبات القمح ففي بداية عمر النبات تكون الكتلة الحية والمساحة الورقية والوزن الرطب منخفض لنبات القمح (الأشكال 8,10) وبالتالي يكون الانعكاس عند الطول الموجي 900 نانومتر منخفض بالنسبة ل970 نانومتر الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض قيمة الـ WBI في هذه المرحلة (2011,Sovoe). مع تقدم النبات بالعمر ووصوله لمرحلة النمو الخضري الأعظمي (97 −126 يوم من الزراعة) نجد أن قيم الـ WBI قد بلغت أعلى قيمها حيث يكون الإنعكاس عند الطول الموجي 900 نانومتر منخفض مقارنة 970 نانومتر متأثراً بارتفاع الكتلة الحية والمساحة الورقية والوزن الرطب التي سجلت أعلى القيم عند هذه المرحلة .

نجد عند وصول النبات مرحلة الشيخوخة أن قيم الـ WBI تعاود الانخفاض . كان هذا السلوك العام لـ WBI بغض النظر عن مستويات التسميد المختلفة وعند مقارنة قيم الـ WBI تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة , لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أقل قيم لـ WBI مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 كما تسجل هذه القيم ارتفاعا أعلى عند مستوى التسميد N2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه لتسجل أعلى القيم عند مستوى التسميد N3 . فكانت قيمة الـ WBI المسجلة بعد 62 يوم من الزراعة 0.944 و 0.959 و 0.967 و 0.983 لمستويات التسميد N0 و N1

و N2 و N3 على التوالي (الجدول 26)، حيث كانت الفروق المعنوية بين المستويين N0 و N3 فقط . كما لوحظ أن قيم هذا الدليل لم تسجل فروقات معنوية تحت مستويي التسميد N1 و N2 خلال فترة حياة النبات كاملة الجدول (25)، في حين سجلت الفروقات المعنوية بين هذين المستويين وكل من N0و N3 في فترة النمو الخضري الأعظمي (126و 145 يوم من الزراعة) نتيجة لتأثير التسميد الآزوتي على زيادة الكتلة الحية و LAI والتي بدورها تؤثر في زيادة المحتوى المائي للورقة وهذا يتوافق مع نتائج Sovoe(2011).

جدول(26) تأثير الري والتسميد الآزوتي فيWBI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.969 c	1.025 a	1.045 b	1.034 a	1.063 a	1.053 a	1.050 a	1.002 a	0.951 a	**I0**
0.961 b	1.024 a	1.022 a	1.050 a	1.076 a	1.070 ab	1.052 a	1.010 ab	0.960 ab	**I1**
0.945 a	1.028 a	1.081 c	1.096 b	1.114 b	1.085 b	1.063 a	1.020 b	0.978 b	**I2**
0.007	0.015	0.016	0.022	0.021	0.019	0.017	0.015	0.020	**LSD**
									التسميد الاوزتي
0.968 b	1.010 a	1.025 a	1.018 a	1.034 a	1.007 a	1.019 a	0.985 a	0.944 a	**N0**
0.956 a	1.022 ab	1.049 b	1.052 b	1.083 b	1.072 b	1.059 b	1.008 b	0.959 ab	**N1**
0.959 a	1.032 b	1.057 b	1.071 b	1.095 b	1.093 bc	1.069 b	1.021 bc	0.967 ab	**N2**
0.951 a	1.038 b	1.066 b	1.098 c	1.125 c	1.106 c	1.072 b	1.029 c	0.983 b	**N3**
0.009	0.018	0.019	0.025	0.024	0.022	0.020	0.018	0.02	**LSD**



الشكل (31) سلوك دليل الـ WBI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

2-دليل الماء للاختلافات الطبيعية Normalized Difference Water Index(NDWI):

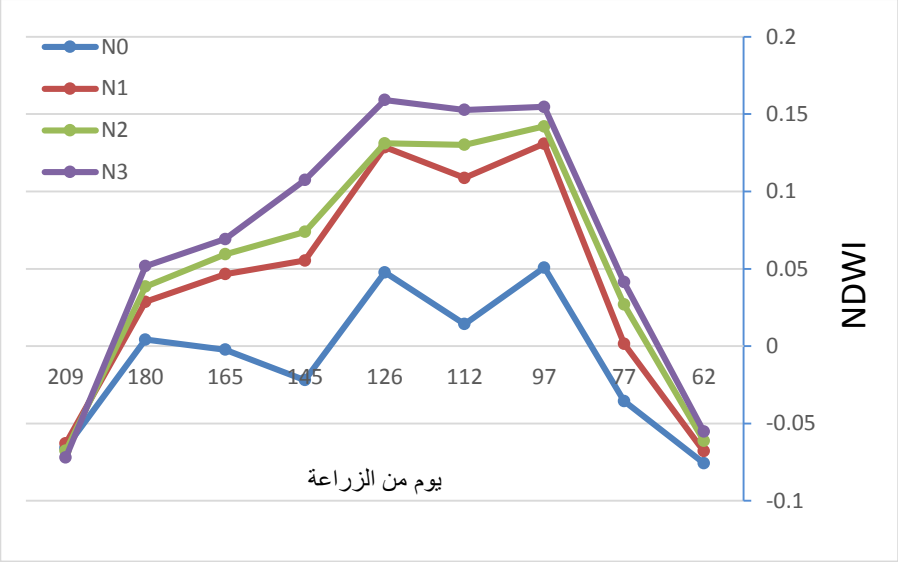
هذا الدليل من الأدلة النباتية الحساسة للتغير في محتوى الغطاء النباتي من الماء مع العلم أن هذا الدليل يستخدم قيم الانعكاس عند 857 و1241 نانومتر ضمن المجال الطيفي التحت الأحمر القريب واللذان يمتلكان خصائص مائية متشابهة حيث أن الامتصاص يكون عند1241نانومتر أعلى من 857 وبالتالي انعكاس أقل نتيجة إنّ الانعكاس في المجال الطيفي التحت أحمر القريب 900–1300 نانومتر يتأثر بالمحتوى المائي للأوراق بشكل أكبر من المجال الطيفي 700–900 الذي يكون تأثره أكبر بالكتلة الحية و LAI(Alkhaled وآخرون 2005؛ David وLusch 1999).

وقد أشار (Shuhayو Rawand، 2004) أن الانعكاس عند1241 نانومتر يعتمد على التغيرات في كل من المحتوى الماء والغطاء النباتي وشكل الورقة في الغطاء النباتي في حين يتأثر الانعكاس بالبنية الداخلة للورقة ومحتوى المادة الجافة وأن العلاقة بين كلا القيمتين تخفف من الاختلافات الناتجة عن بنية الورقة الداخلية ومحتواها من المادة الجافة وبالتالي تحسين دقة تحديد الغطاء النباتي هذا يدعو إلى تفسير السلوك الطيفي لدليل الـ NDWI خلال مراحل نمو نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي كانت هذه القيم كانت منخفضة ومتقاربه في بداية عمر النبات لترتفع بشكل حاد لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 32)، ففي بداية عمر النبات تكون الكتلة الحية والوزن الرطب والمساحة الورقية منخفضة لنبات القمح (الأشكال8–10) وبالتالي يكون الانعكاس عند857و1241 نانومتر منخفضا ومتقارباً لدرجة كبيرة من من ارتفاع بسيط عند القيمة1241في هذه المرحلة من عمر النبات، الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض قيمة

الـ NDWI وتسجيلها لقيم السالبة في هذه المرحلة. مع تقدم النبات بالعمر ووصوله واقترابه من مرحلة النمو الخضري الأعظمي (126و112و97 يوم من الزراعة) التي توافق اكتمال الاشطاء وبدايه التسنبل نجد أن قيم الـ NDWI قد بلغت أعلى قيمها حيث يسجل الإنعكاس 857 أعلى قيمة متأثراً بارتفاع الكتلة الحية والمساحة الورقية التي سجلت ارتفاعا بهذه القيم عند هذه المرحلة في حين أن الانعكاس عند 1241نانومتر سجل قيمة أقل متأثرة بزيادة الامتصاص نتيجة ارتفاع المحتوى المائي للورقة.عند وصول النبات مرحلة الشيخوخة نجد أن قيم الـ NDWI تعاود الانخفاض بانخفاض الانعكاس عند كل من 857 و1241 نانومتر لانخفاض الكتلة الحية للنبات ومساحة الأوراق والمحتوى المائي، وهذا يتوافق مع ما اشار إليه (Hofn و Johannsen،1969) .عند مقارنة قيم الـ NDWI تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة , لوحظ أن تباين كان طفيفا في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أدنى قيم للـ NDWI مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 سجلت هذه القيم ارتفاعاً طفيفا عند مستوى التسميد N2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه لتسجل اعلى القيم عند مستوى التسميد N3 فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (27) إلى عدم وجود فروقات معنويه واضحة وجود فروقات معنوية بين كل من N1وN2 وN3 في حين كانت هذه الفروقات معنوية بين هذالمستويات من التسميد و معاملة الشاهد N0 في أغلب مراحل النمو ولاسيما مرحلة النمو الخضري الأعظمي

جدول (27) تأثير الري والتسميد الآزوتي في NDWI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

موعد القراءة / المعاملة	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	62 يوم	77 يوم	97 يوم	112 يوم	126 يوم	145 يوم	165 يوم	180 يوم	209 يوم
ري									
I0	-0.069^{a}	-0.005^{a}	0.109^{a}	0.083^{a}	0.080^{a}	0.016^{a}	0.046^{b}	0.014^{a}	-0.058^{a}
I1	-0.058^{a}	0.008^{ab}	0.114^{ab}	0.098^{ab}	0.105^{a}	0.037^{a}	0.015^{a}	0.026^{a}	-0.072^{a}
I2	-0.068^{a}	0.023^{b}	0.136^{b}	0.123^{b}	0.165^{b}	0.107^{b}	0.068^{b}	0.052^{b}	-0.071^{a}
LSD	0.019	0.020	0.022	0.025	0.033	0.038	0.022	0.025	0.017
التسميد الاوزتي									
N0	-0.076^{a}	-0.035^{a}	0.051^{a}	0.014^{a}	0.048^{a}	-0.022^{a}	-0.002^{a}	0.004^{a}	-0.066^{a}
N1	-0.068^{a}	0.002^{b}	0.131^{b}	0.109^{b}	0.129^{b}	0.055^{b}	0.047^{b}	0.029^{ab}	-0.063^{a}
N2	-0.061^{a}	0.027^{c}	0.142^{b}	0.130^{bc}	0.131^{b}	0.074^{bc}	0.059^{b}	0.038^{b}	-0.068^{a}
N3	-0.055^{a}	0.041^{c}	0.155^{b}	0.153^{c}	0.159^{b}	0.107^{c}	0.069^{b}	0.052^{b}	-0.072^{a}
LSD	0.022	0.023	0.026	0.029	0.038	0.044	0.026	0.029	0.020



الشكل (32) سلوك دليل الـ NDWI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

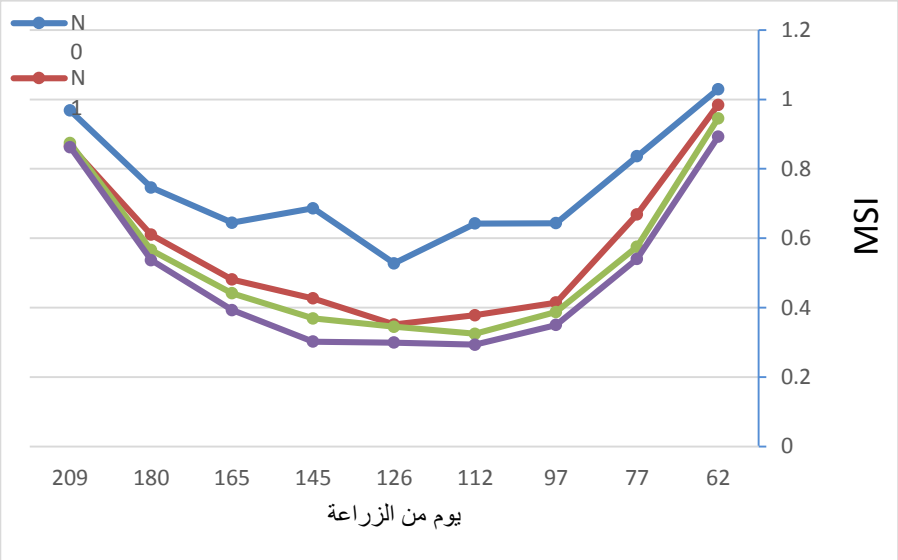
3-دليل الإجهاد الرطوبي (MSI) **Moisture Stress Index:**

يعد هذا الدليل من الأدلة الحساسة لزيادة محتوى الورقة من الماء فهو يعتمد على القيمة الطيفية 1599 نانومتر في المجال الطيفي التحت الأحمر المتوسط الحساس جدا للمحتوى المائي للورقة فمع ازدياد هذا المحتوى تزداد قوة الامتصاص عند1599 نانومتر وبالتالي انعكاس أقل في حين أن القيمة الطيفية 819 لا تتأثر كثيراً بالمحتوى المائي والعامل المحدد لتأثر الانعكاس يكون الكتلة الحية و LAI (Hunt وRock 1989)(Ceccato وآخرون عام 2001) وجدعند دراسة السلوك الطيفي العام لدليل الـ MSI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي تم ملاحظة أن هذه القيم كانت مرتفعة ومتقاربة في بداية عمر النبات لتنخفض تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالارتفاع مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 33)، ويعود ذلك بشكل أساسي أن دليل الـ MSI دليل مائي تعتمد قيمته على قيم الانعكاس المسجلة في المجالات الطيفية تحت الأحمر المتوسط(1599نانومتر) وتحت الأحمر القريب(819نانومتر) ، حيث في المجال الطيفي تحت الاحمر المتوسط يلعب المحتوى المائي للورقة الدور الأساسي في تحديد الاستجابة الطيفية حيث يكون الامتصاص في هذه المناطق كبيراً لكون الورقة الخضراء تمتلك محتوى عالي من الرطوبة، (P.J. Zarco وآخرون 2007) في المجال الطيفي تحت الاحمر المتوسط MIR يرتبط انعكاس الورقة عكسيا مع المحتوى المائي حيث يكون الانعكاس مرتفعا ضمن المجال تحت الأحمر المتوسط عند جفاف النبات (David وLusch 1999) في حين يؤثر على الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب الكتلة الحية للنبات والمساحة الورقية وعدد طبقات النبات وبالتالي يزداد

الانعكاس مع زيادة هذه الصفات الخضرية للنبات، (David وLusch 1999). ففي بداية عمر النبات تكون الكتلة الحية والمساحة الورقية منخفضة لنبات القمح (الأشكال 8–10)وبالتالي يكون الانعكاس في المجال التحت أحمر المتوسط (1599نانومتر)مرتفع نسبيا في حين يكون الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب(819نانومتر) منخفضاً نسبيا بانخفاض المحتوى المائي للورقة (Alkhaled واخرون 2007)، الأمر الذي يؤدي إلى تقارب قيم الانعكاس لكل من (819,1599نانومنر) واقتراب قيمةMSI من 1. مع تقدم النبات بالعمر ووصوله لمرحلة النمو الخضري الأعظمي (126و112و145 يوم من الزراعة) التي توافق اكتمال الاشطاء وبدايه التسنبل نجد أن قيم الـ MSI قد بلغت أدنى قيمها نتيجة للإنعكاس المنخفض في المجال تحت الاحمر المتوسط(1599نانومتر) حيث يكون الامتصاص مرتفع في هذه المنطقة لكون الورقة الخضراء تمتلك محتوى عالي من الرطوبة ، في حين يسجل الإنعكاس في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب أعلى قيمة متأثراً بارتفاع الكتلة الحية والمساحة الورقية التي سجلت أعلى القيم عند هذه المرحلة وهذا يتوافق مع نتائج Alkhaled واخرون(2007). عند وصول النبات مرحلة الشيخوخة نجد أن قيم الـ MSI تعاود الارتفاع متأثرة بارتفاع قيم الانعكاس نسبياً في المجال تحت الأحمر المتوسط (1599نانومتر) نتيجة جفاف النبات مع تقدمه في العمر و بانخفاض الانعكاس في المجال الطيفي التحت الأحمر القريب(819نانومتر) والعائد لانخفاض الكتلة الحية للنبات ومساحة الأوراق (Hofnو Johannsen،1969) . كان هذا السلوك العام لـ MSI بغض النظر عن مستويات التسميد المختلفة وعند مقارنة قيم الـ MSI تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة , لوحظ أن التباين كان طفيفا في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أعلى قيم لـ MSI مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لتنخفض مع انخفاض مستوى التسميد ليبلغ أدنى القيم عند مستوى التسميد N3 متأثرة بتأثير التسميدالآزوتي في زيادة الكتلة الحية وLAI وبالتالي المحتوى المائي للورقة فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (28) إلى عدم وجود فروقات معنوية كبيرة بين مستويات التسميد N0 و N1 وN3 مع ملاحظة وجود هذه الفروقات بين المستويات الثلاث السابقة معاملة N0.

جدول(28) تأثير الري والتسميد الآزوتي في MSI لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
209 يوم	180 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.846 a	0.621 a	0.538 b	0.532 b	0.428 b	0.473 c	0.473 a	0.722 b	0.988 a	I0
0.947 ab	0.636 a	0.548 b	0.487 ab	0.399 b	0.409 b	0.452 a	0.662 ab	0.932 a	I1
0.885 b	0.588 a	0.384 a	0.319 a	0.315 a	0.347 a	0.421 a	0.582 a	0.969 a	I2
0.066	0.075	0.066	0.190	0.068	0.059	0.061	0.087	0.089	LSD
									التسميد الاوزتي
0.968 b	0.746 b	0.645 c	0.686 b	0.528 b	0.642 c	0.643 b	0.836 c	1.030 b	N0
0.866 a	0.610 a	0.481 b	0.427 a	0.351 a	0.378 b	0.414 a	0.669 b	0.984 ab	N1
0.874 a	0.566 a	0.441 ab	0.369 a	0.345 a	0.325 ab	0.387 a	0.576 ab	0.945 ab	N2
0.862 a	0.537 a	0.393 a	0.302 a	0.299 a	0.293 a	0.350 a	0.541 a	0.893 a	N3
0.076	0.087	0.077	0.220	0.079	0.068	0.070	0.101	0.103	LSD



الشكل (33) سلوك دليل الـ MSI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

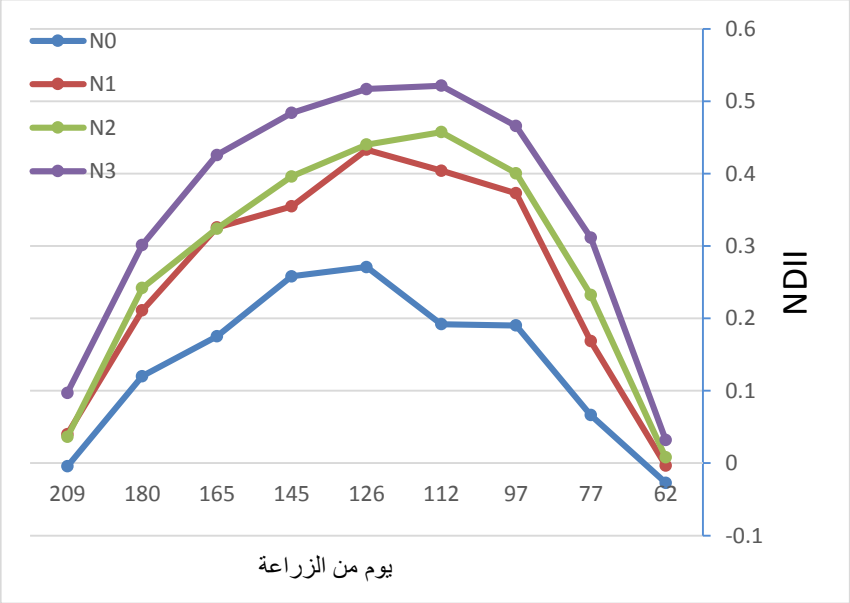
4-الدليل تحت الأحمر للختلافات الطبيعية Normalized Difference Infrared Index (NDII):

وجد عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ NDII خلال مراحل نمو نبات القمح تحت تأثير مستويات التسميد الآزوتي، أن هذه القيم كانت منخفضة ومتقاربه في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 34)، وتفسير ذلك يعود بشكل أساسي

إلى تأثير الانعكاس عند1649 نانومتر بالمحتوى المائي للورقة وعند 819 نانومتر بالكتلة الحية وLAI فعند بداية عمر النبات يكون كلا الانعكاسين متقاربين جدا نتيجة لانخفاض الانعكاس في كليهما متأثراً بانخفاض الكتلة الحيةLAI والمحتوى المائي للورقة وعليه تكون قيم هذا الدليل منخفضة الشكل (34).لترتفع مع وصوله لمرحلة النمو الخضري الأعظمي متأثر بارتفاع الانعكاس عند819 نانومتر لأعلى قيمة نتيجة ارتفاع قيم الكتلة الحية وLAIوانخفاض الانعكاس عند1649 نانومتر نتيجة لارتفاع المحتوى المائي في الأوراق ليعاود قيم هذا الدليل بالانخفاض نتيجة لانخفاض الانعكاس عند القيمة الطيفية819 متأثرة بانخفاض الكتلة الحية للنبات.لوحظ أن التباين كان طفيفا في هذه القيم حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أدنى قيم لـ NDII مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 كما سجلت هذه القيم ارتفاع أعلى عند مستوى التسميد N2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه لتسجل اعلى القيم عند مستوى التسميد N3 ، قد بينت النتائج الموضحة في الجدول (29) وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة. فكانت قيمة الـ NDII المسجلة بعد 62 يوم من الزراعة 0.027- و 0.003- و 0.008 و 0.032لمستويات التسميد N0 وN1 وN2 وN3 على التوالي (الجدول 29) حيث كانت الفروق المعنوية بين المستويين N0 و N3 فقط . سجلت أعلى القيم لهذا الدليل خلال فترة النمو الخضري الأعظمي من حياة نبات القمح والمتدة من 97 حتى 148 يوم من الزراعة فعلى سبيل المثال عند 148 يوم من الزراعة لم تسجل فروقات معنوية بين مستويي التسميد وN1 وN2في حين كان هناك فروق واضحة بين القيم المسجلة عند المستويين N0 و N3 فكانت قيمة الـ NDII المسجلة 0.258 و 0.355 و 0.396 و 0.484 لمستويات التسميد N0 وN1 وN2 وN3 على التوالي وهذا يتفق مع ما ورد من نتائج لصفات المساحة الورقية والوزن الرطب وتركيز الكلورفيل من حيث تسجيلها لآعلى القيم عند مستوى الأزوت المرتفع وأدنى القيم مع معاملة الشاهد N0 وهذا يتوافق مع ماتوصل له Huntوآخرون 2007)

جدول(29)تأثير الري والتسميد الآزوتي فيNDII لنبات القمح خلال مراحل النمو المختلفة

9	8	7	6	5	4	3	2	1	
77 يوم	62 يوم	165 يوم	145 يوم	126 يوم	112 يوم	97 يوم	77 يوم	62 يوم	موعد القراءة / المعاملة
									ري
0.054 a	0.203 a	0.282 a	0.312 a	0.354 a	0.336 a	0.323 a	0.179 a	-0.010a	I0
0.003 a	0.195 a	0.250 a	0.326 a	0.391 a	0.385 a	0.349 ab	0.176 a	0.015 a	I1
0.070 a	0.259 a	0.405 b	0.482 b	0.500 b	0.461 b	0.401 b	0.230 a	0.002 a	I2
0.075	0.067	0.066	0.061	0.062	0.059	0.059	0.079	0.046	LSD
									التسميد الاوزتي
-0.004 a	0.120 a	0.175 a	0.258 a	0.271 a	0.192 a	0.190 a	0.067 a	-0.027 a	N0
0.040 ab	0.211 b	0.326 b	0.355 b	0.433 b	0.404 b	0.373 b	0.169 b	-0.003ab	N1
0.036 ab	0.242bc	0.324 b	0.396 b	0.440 b	0.457 bc	0.401 bc	0.233 bc	0.008 ab	N2
0.097 b	0.302 c	0.426 c	0.484 c	0.517 c	0.522 c	0.466 c	0.312 c	0.032 b	N3
0.086	0.077	0.076	0.070	0.072	0.068	0.068	0.091	0.053	LSD



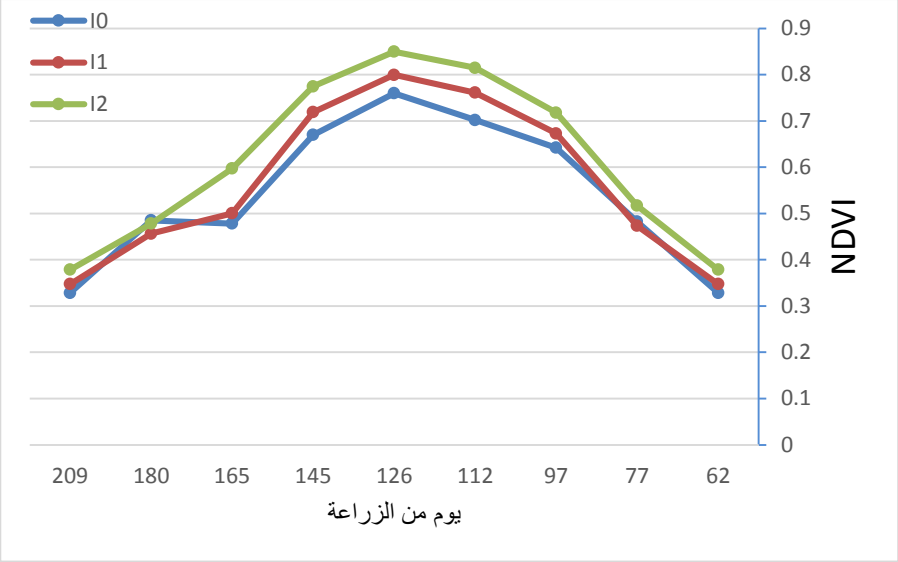
الشكل (34) سلوك دليل الـ NDII خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من التسميد الآزوتي

4-3-2- تأثيرالري:

4-3-2-1- الأدلة الطيفية الخضرية عريضة الحزمة:Broadband Greenness

1- دليل الغطاء النباتي للاختلافات الطبيعية Normalized Difference(NDVI): Vegetation Index

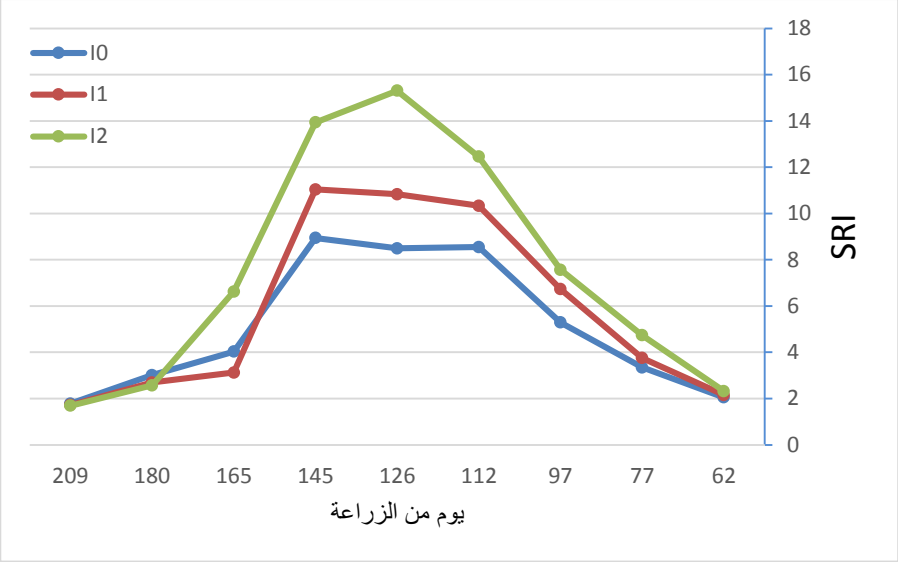
أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ NDVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملات الري أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 35). وعند مقارنة قيم الـ NDVI تحت تأثير معاملات الري لوحظ تباين طفيف في هذه القيم تحت المستويات I_0,I_1,I_2 في المراحل الأولى من عمر النبات حتى 97 يوم من الزراعة، كما لم يلاحظ وجود فروقات معنوية بين معاملات الري خلال هذه الفترة وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء) وبالتالي لم يظهر تأثير الري على الصفات الخضرية المؤثرة على الانعكاس في المجالين تحت التحت الأحمر القريب والاحمر المرئي الجدول (30) أمّا بعد تطبيق معاملة الري بعد 103 يوم ظهرت الفروقات المعنوية بين جميع المعاملات فكانت قيمة الـ NDVI المسجلة بعد 112 يوم من الزراعة تحت تاثير الري على النباتات 0.702 و 0.761 و 0.815لمستويات التسميد I_0 وI_1 وI_2 على التوالي(الجدول 19) واستمرت هذه الفروقات لموعد الرية الثانية التي اعطيت بعد 155 يوم من الزراعة(مرحلة التسنبل) وكانت قيمة الـ NDVI المسجلة بعد 165 يوم من الزراعة بعد ظهور تاثير الري على النباتات 0.478 و 0.500 و 0.597لمستويات التسميد I_0 وI_1 وI_2 على التوالي(الجدول19)، حيث كانت الفروقات المعنوية بين(I_0 ، I_1) وI_2 وذلك بسبب تأثير الري على الكتلة الحية والمساحة الورقية المعروف زيادتها بزيادة كميه مياه الري (قانشاو وخيتي 2007)، (الجداول5-6) .والتي أدت إلى ارتفاع قيمتها في كل من I_2 مقارنة مع I_0 وI_1 وبالتالي أثر ذلك على الانعكاس في المجال التحت أحمر القريب للنبات تحت معاملة I_2 مقارنة مع I_1 ، و I_1 مقارنة مع I_0 وبالتالي سجلت NDVI قيما مرتفعة في هذه المرحلة من عمر النبات تحت المعاملة I_2 مقارنة مع المعاملة I_1وقيما مرتفعة للمعاملةI_1 مقارنة مع المعاملة I_0.



الشكل (35) سلوك دليل الـ NDVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

2- دليل النسبة البسيطة Simple Ratio Index (SRI) :

أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ SRI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري إلى أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 36)، هذا يتوافق مع ما توصل إليه (Babar وآخرون 2006) الذي وجد أن قيم SRI انخفضت كلما اتجه النبات الى مرحلة ملء الحبوب) متأثرة بالعوامل التي تؤثر على الانعكاس في المجالين الطيفيين التحت أحمر القريب والأحمر المرئي والتي شرحت سابقا لنفس الدليل تحت تأثير معاملة التسميد من حيث السلوك العام خلال فترة حياة نبات القمح.أما عند مقارنة قيم الـ SRI تحت تأثير معاملة الري عند 62,77,97 يوم من الزراعة لم تظهر سلوك واضح لهذه القيم تحت تأثير هذه المعاملة وقد يعزى ذلك إلى عدم تطبيق هذه المعملة حتى 103 يوم من الزراعة (مرحلة الاشطاء) (الجدول20) وعند 145 يوم من الزراعة ظهرت الفروق المعنوية بين قيم هذا الدليل تحت المستويات المختلفة لعامل الري فكانت القيم(549 و11.o39 و13.940 لمعاملات I_0 وI_1 وI_2 على التوالي) ويمكن أنّ يُعزى ذلك لظهور تأثير الري في الصفات الخضرية للنبات تحت تأثير هذه المعاملة حيث يؤدي الري إلى زيادة في الكتلة الحية وLAI والوزن الرطب(قانشاو وخيتي 2007)(الجدول20) مما يؤدي إلى زيادة في تأثيرها في معاملة الري I_2 مقارنة مع I_1 وزيادتها في I_1 مقارنة مع I_0 الذي يؤدي بدوره إلى زيادة الانعكاس للنبات تحت تأثير I_2 مقارنة مع I_1 وI_1 مقارنة مع I_0 وبالتالي قيم SRI تكون أعلى في I_2 ثم I_1 ثم I_0.

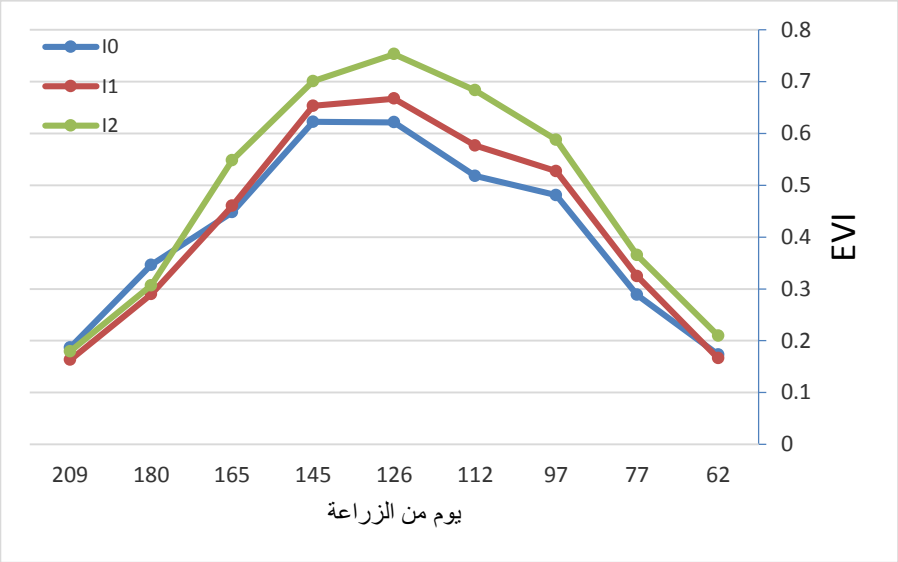


الشكل (36) سلوك دليل الـ SRI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

3- دليل الغطاء النباتي المحسنEnhanced Vegetation Index(EVI):

وجد عند تتبع السلوك الطيفي لدليل العام الـ EVI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري أنه مشابه تقريبا لسلوك SRI حيث أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها الانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد الشكل (37) وهذ يتوافق مع ماتوصل إليه (Le Li وآخرون، 2014) الذين وجدوا زيادة قيم EVI بعد الزراعة لتبلغ الذروه مع انتهاء مرحلة الاشطاء، وتتناقص مع ذبول الاوراق قبل الحصاد، أماعند مقارنةقيم EVI تحت تأثير مواعيد الري لوحظ تباين في هذه القيم حيث سُجل تحت معاملة I_0 أقل قيم للـ EVI مقارنة مع المعاملتين المرويتين خلال فترة من 97 حتى165 من عمر النبات لترتفع هذه القيم عند المعاملة I_1 رية واحدة كما سجلت هذه القيم ارتفاعا أعلى عند المعاملة I_2 ريتين مقارنة مع المستوى الذي سبقه فقد بينت النتائج الموضحة في الجدول (21) إلى عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة (مرحلة الاشطاء)، حيث ظهرت بعدها الفروقات المعنوية بين قيم الـ EVI المسجلة بعد 112 يوم من الزراعة نتيجة لظهور تاثير الري في النباتات فكانت 0.518 و 0.577 و 0.683لمستويات الري I_0 وI_1 وI_2 على التوالي(الجدول 21) حيث كانت الفروقات المعنوية بين(I_0، I_1) ومدفوعة بتأثير الري على زيادة الكتلة الحية وLAI والوزن الرطب(Rafiq، 2004) للمعاملاتI_0 وI_1 وI_2 على التوالي الذي أثر على زيادة الانعكاس في المجال المرئي تحت الأحمر القريب عند I_0 وI_1 وI_2 على التوالي استمرت هذه الفروقات لموعد الرية الثانية التي اعطيت بعد155يوم من الزراعة (مرحلة التسنبل) وكانت قيمة الـ EVI المسجلة بعد 165 يوم من الزراعة

بعد ظهور تاثير الري على النباتات(0.448 و 0.460 و 0.548 للمعاملات I_0 وI_1 وI_2 على التوالي)(الجدول21) وذلك بسبب تأثير الري على الكتلة الحية والمساحة الورقية المعروف زيادتها بزيادة كميه مياه الري (الجداول5-6) وهذا يتطابق مع نتائج قانشاو وخيتي (2007).



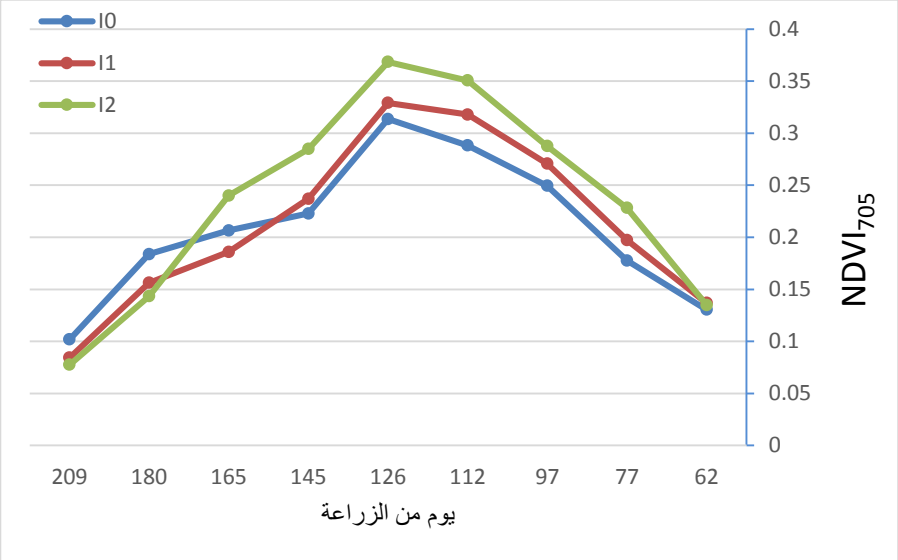
الشكل (37) سلوك دليل الـ **EVI** خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

4-3-2-2- الأدلة الطيفية الخضرية ضيقة الحزمة: Narrowband Greenness

1-دليل الغطاء النباتي لمنطقة الحافة الحمراء Red Edge Normalized Difference Vegetation Index($NDVI_{705}$):

أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي العام لدليل الـ $NDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري إلى أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 38)، وعند مقارنة قيم $NDVI_{705}$تحت تأثير مواعيد الري لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجلت معاملة I_0 بدون ري أقل قيم لـ $NDVI_{705}$ مقارنة مع المعاملتين المرويتين حتى 145 يوم من الزراعة ترتفع هذه القيم عند المعاملة I_1 رية واحدة كما سجلت هذه القيم ارتفاعا أعلى عند المعاملة I_2 ريتين مقارنة مع المستوى الذي سبقه فقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول 22 إلى عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء) وبالتالي لم يُحدث عامل الري خلال هذه الفترة أي تأثير معنوي على الكتلة الحيةLAI الوزن الرطب والذي انعكس بدوره على عدم التأثير المعنوي على قيم الانعكاس في المجالات الطيفية

المكونة لهذا الدليل . لتظهر الفروقات المعنوية بين جميع المعاملات بعد ذلك فكانت قيمة الـ $NDVI_{705}$ المسجلة بعد 112 يوم من الزراعة بعد ظهور تاثير الري على النباتات و 0.288 و 0.318 و 0.351 لمستويات الري I_0 و I_1 و I_2 على التوالي (الجدول22) وذلك بسبب تأثير الري على الكتلة الحية والمساحة الورقية المعروف زيادتها بزيادة كميه مياه الري ،وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (Hamzeha وآخرون2013) الذين وجدوا أن $NDVI_{705}$ يرتبط مع الكتلة الحية، ومساحة الورقة، والمحتوى من الكلوروفيل. وكانت قيمة الـ $NDVI_{705}$ المسجلة بعد 165 يوم من ظهور تاثير الرية الثانية على النباتات 0.207 و 0.186 و 0.240 لمستويات الري I_0 و I_1 و I_2 على التوالي(الجدول22) حيث كانت الفروقات المعنوية بين(I_0 ،I_1) و I_2 .

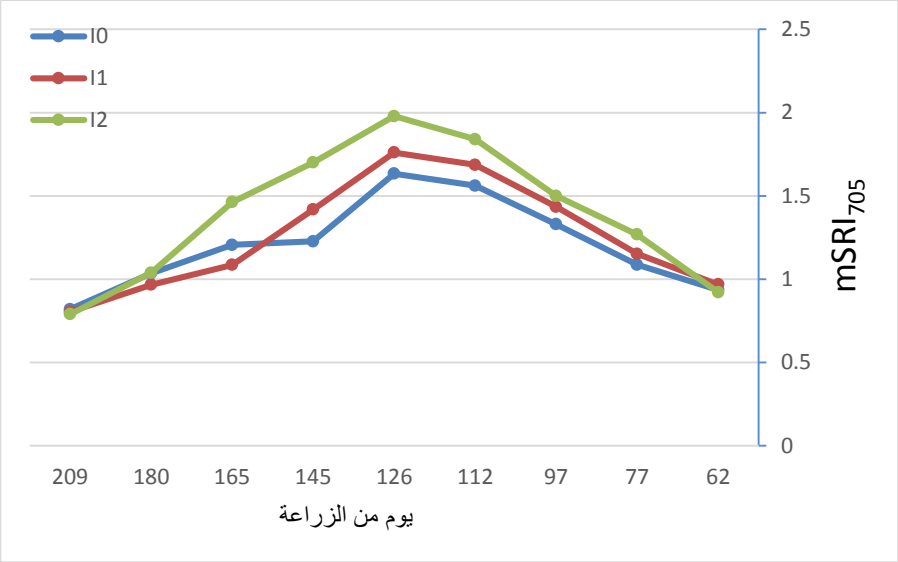


الشكل (38) سلوك دليل الـ $NDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

2- دليل النسبة البسيطة العريض النطاق المعدل Modified Red Edge Simple Ratio Index($mSRI_{705}$):

أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي العام لدليل الـ $mSRI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري إلى أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 39)،أماعند مقارنة قيم الـ mSR_{705} تحت تأثير معاملة الري لم يلاحظ سلوك واضح لهذا الدليل في المراحل الاولى من حياة النبات، حيث لم تظهر فروقات معنوية بين معاملات الري المختلفة في المراحل الاولى من عمر النبات. ويمكن أن يعزى ذلك إلى تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء)، حيث تجلت الفروقات المعنوية في مرحلة النمو الخضري الأعظمي. وسجلت قيم الدليل عند 145 يوم من الزراعة 1.227

1.418، 1.7 للمعاملتي I_0 وI_1 وI_2 على التوالي (الجدول23). و ربما يعود ذلك لظهور تأثير هذا العامل على الصفات الخضرية للنبات تحت تأثير هذه المعاملة حيث يؤدي الري إلى زيادة الكتلة الحية و LAI والوزن الرطب، ممايؤدي إلى زيادة تأثيرها في معاملة الري I_2 مقارنة مع I_1 وزيادتها في I_1 مقارنة مع I_0 الذي يؤدي بدوره إلى زيادة الانعكاس للنبات تحت تأثير I_2 مقارنة مع I_1 وI_1 مقارنة مع I_0 وبالتالي قيم $mSRI_{705}$ تكون أعلى في I_2 ثم I_1 ثم I_0 .



الشكل (39) سلوك دليل الـ **$mSRI_{705}$** خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

3- دليل الغطاء النباتي للنطاق العريض المعدل Modified Red Edge Normalized Difference Vegetation Index($mNDVI_{705}$):

أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ $mNDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملات الري . أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 40)، أماعند مقارنة قيم الـ $mNDVI_{705}$ تحت تأثير عامل الري لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجلI_0 أقل قيم لـ $mNDVI_{705}$ مقارنة مع المعاملتين المرويتين خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند المعاملة I_1 كما سجلت هذه القيم ارتفاعا أعلى عند المعاملة I_2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه. لقد بينت النتائج الموضحة في الجدول (24) عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى لنمو النبات وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء)، حيث ظهرت الفروقات المعنوية بين المعاملات فكانت قيمة الـ$mNDVI_{705}$ المسجلة بعد 126يوم من الزراعة بعد ظهور تاثير الري على النباتات و 0.332 و 0.358 و 0.390 لـ I_0 وI_1 وI_2 على التوالي، حيث كانت الفروقات معنوية

بين جميع المعاملات، وربما يعود ذلك لظهور تأثير هذا العامل على الصفات الخضرية للنبات تحت تأثير هذه المعاملة، حيث يؤدي الري إلى زيادة في الكتلة الحية و LAI والوزن الرطب (قانشاو وخيتي2007) ممايؤدي إلى زيادة في تأثيرها في معاملة الري I_2 مقارنة مع I_1 وزيادتها في I_1 مقارنة مع I_0 الذي يؤدي بدوره إلى زيادة الانعكاس للنبات تحت تأثير I_2 مقارنة مع I_1 وI_1 مقارنة مع I_0

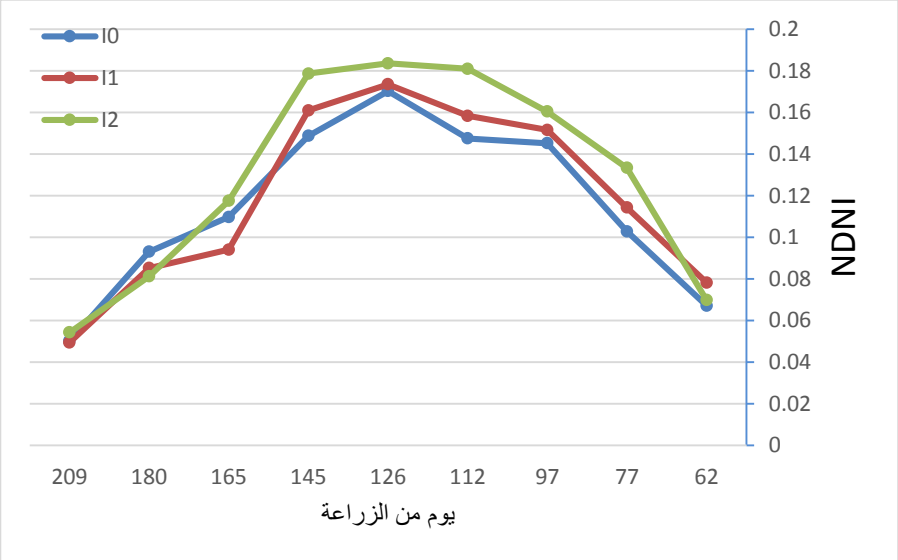
الشكل (40) سلوك دليل الـ $mNDVI_{705}$ خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

4-3-2-3- دليل الآزوت للمظلة النباتية: Canopy Nitrogen

1-دليل الآزوت للمظلة النباتية Normalized Difference Nitrogen Index(NDNI):

وجد عند تتبع السلوك الطيفي لدليل الـ NDNI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملات الري أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل41)، على الرغم من أن هذا الدليل هو دليل آزوت إلا أنّ القيم الطيفية المكونة لهذا الدليل تقع في المجال الطيفي التحت أحمر القصير والذي هو حساس جدا للمحتوى المائي للورقة فقد اشار(Al-Gaadi وآخرون 2014) إلى استجابة هذا الدليل إلى للمستويات مختلفة من الري ،عند مقارنة قيم الـ NDNI تحت تأثير مواعيد الري لوحظ تباين في هذه القيم، حيث سجلت معاملة I_0 غير المرويه أقل قيم للـ NDNI مقارنة مع المعاملتين المرويتين خلال فترة نمو النبات حتى 145 يوم من من الزراعة النبات لترتفع هذه القيم عند معاملة I_1 (رية واحدة)، كما كانت هذه القيم أعلى عند معاملة I_2 (ريتين) مقارنة مع المستوى الذي سبقه. لقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (25) عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى لنمو النبات،

وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة (مرحلة الاشطاء)، حيث ظهرت الفروقات المعنوية بين المعاملات فكانت قيمة الـNDNI المسجلة بعد 112 يوم من الزراعة بعد ظهور تاثير الري على النباتات و 0.147 و 0.158 و 0.181 لمستويات الري I_0 وI_1 وI_2 على التوالي(الجدول25)، حيث كانت الفروقات معنوية بين(I_0 ،I_1) وI_2 وكانت قيمة الـNDNI المسجلة بعد 165 يوم بعد ظهور تاثير الرية الثانية على النباتات 0.110 و0.094 و 0.117لمستويات الري I_0 وI_1 وI_2 على التوالي(الجدول25)، حيث كانت الفروقات المعنوية بين(I_0 ،I_2) و(I_1 ، I_2)، وذلك بسبب تأثير الري في الكتلة الحية والمساحة الورقية المعروف زيادتها بزيادة كميه مياه الري.



الشكل (41) سلوك دليل الـ NDNI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

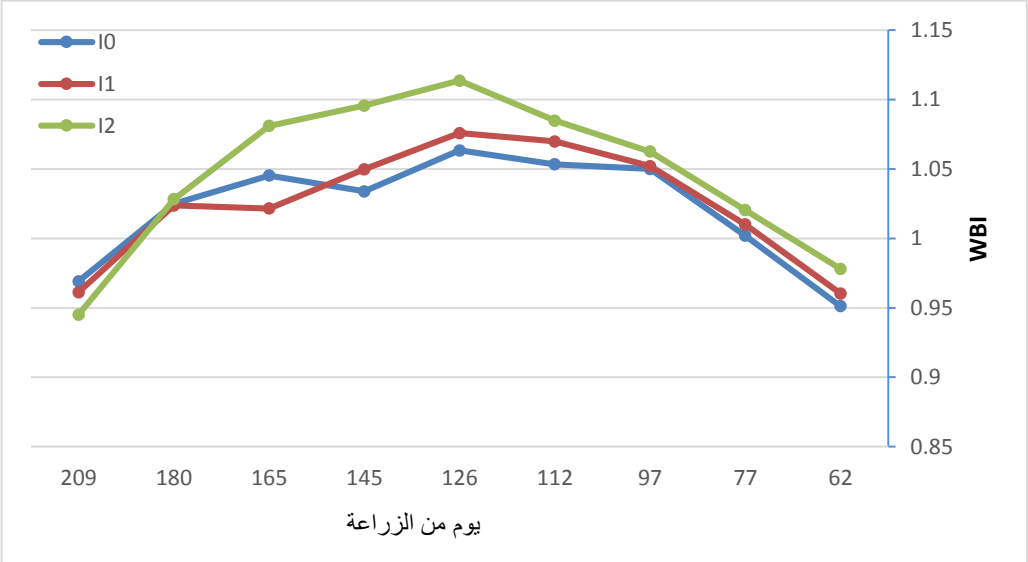
4-3-2-4- دليل المحتوى المائي للمظلة النباتية: Canopy water content

1- دليل نطاق الماء Water Band Index(WBI):

أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ WBI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري أن القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 42). إن هذا الدليل هو دليل مائي يقيس الانعكاسات التي تعتبر حساسة لتغيرات المحتوى المائي في النبات (الانعكاسات المسجلة في عند الطول الموجي 900 و970 نانومتر) (Champagne, *et al.*, 2001).

عند مقارنة قيم الـ WBI تحت تأثير معاملة الري لوحظ تباين في هذه القيم حيث سجلت المعاملة I_0 أقل قيم لـ WBI مقارنة مع المعاملتين المرويتين خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه

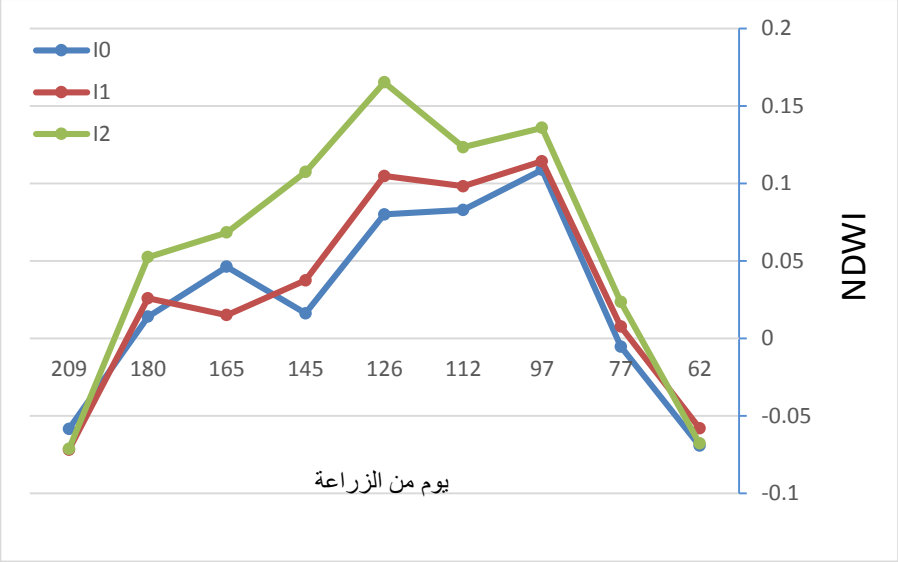
القيم عند المعاملة I_1 كما سجلت هذه القيم ارتفاعا أعلى عند المعاملة I_2 مقارنة مع المستوى الذي سبقه، حيث يظهر هذا الدليل استجابة عالية إلى مستويات الري وهذا يتوافق مع ما توصل إليه Al-Gaadi وآخرون 2014. وقد بينت النتائج الموضحة في الجدول (26) عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى لنمو النبات حتى 97 يوم من الزراعة وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء)، حيث ظهرت فروقات معنوية في فترة النمو الخضري الأعظمي(112–165 يوم) وذلك بسبب تأثير الري في الكتلة الحية والمساحة الورقية LAI والوزن الرطب المعروف زيادتها بزيادة كميه مياه الري.



الشكل (42) سلوك دليل الـ WBI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

2-دليل الماء للاختلافات الطبيعية Normalized Difference Water Index(NDWI):

يُعد هذا الدليل من الأدلة النباتية الحساسة للتغير في محتوى الغطاء النباتي مع العلم أن هذا الدليل يستخدم قيم الانعكاس عند 857 و1241 نانومتر ضمن المجال الطيفي التحت الأحمر القريب واللذان يمتلكان خصائص مائية متشابهة (Gao ، 1995) تم تفسيرها سابقا، هذا يقود إلى تفسير السلوك الطيفي لدليل الـ NDWI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري حيث كانت هذه القيم منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 43).

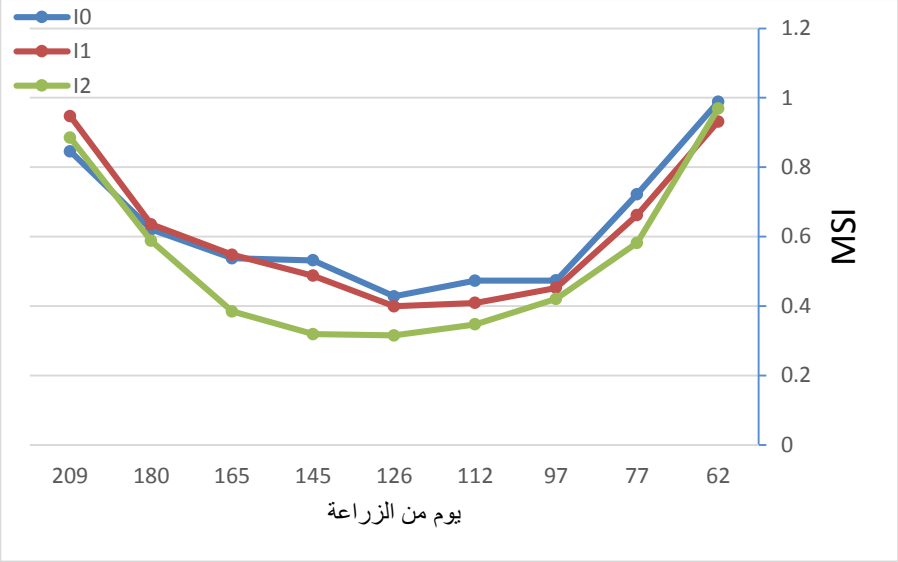


الشكل (43) سلوك دليل الـ NDWI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

3-دليل الإجهاد الرطوبي Moisture Stress Index(MSI):

و هو دليل مائي يقيس الانعكاسات التي تعتبر حساسة لزيادة محتوى الورقة المائي، حيث تزداد قوة امتصاص عند 1599 نانومتر بازدياد المحتوى المائي للنبات. والامتصاص عند 819 نانومتر لا يتأثر تقريبا بتغيير محتوى الماء، لذلك يتم استخدامه كمرجع.

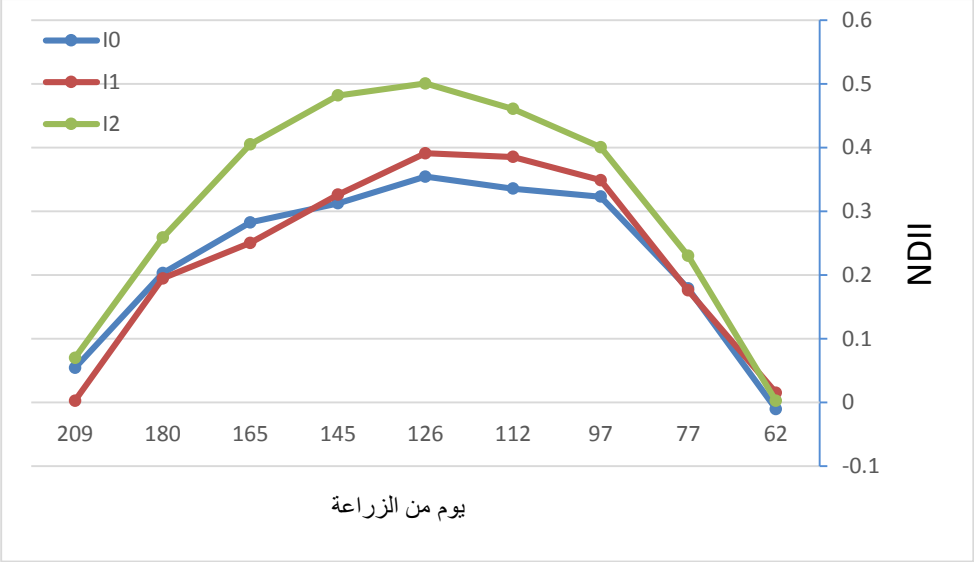
أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي العام لدليل الـ MSI خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملة الري إلى أن هذه القيم كانت مرتفعة في بداية عمر النبات ثم انخفضت وعاودت قيمها بالارتفاع مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 44). فقد بينت النتائج الموضحة في الجدول (28) عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى لنمو النبات حتى 97 يوم من الزراعة وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء)، حيث ظهرت فروقات معنوية بين مستويات الري في مرحلة النمو الخضري الأعظمي (112-165) فكانت قيمة الMSI المسجلة بعد 112 يوم من الزراعة بعد ظهور تاثير الري على النباتات و 0.473 و 0.409 و 0.347 لـ I_0 وI_1 وI_2 على التوالي(الجدول28)، حيث كانت الفروقات معنوية بين جميع المعاملات ويعود ذلك ربما لظهور تأثير هذا العامل على الصفات الخضرية للنبات تحت تأثير هذه المعاملة، حيث يؤدي الري إلى زيادة في الكتلة الحية و LAI والوزن الرطب، ممايؤدي إلى زيادة في تأثيرها في معاملة الري I_2 مقارنة مع I_1 وزيادتها في I_1 مقارنة مع I_0 وبالتالي قيم MSI تكون أعلى في I_0 ثم I_1 ثم I_2 .



الشكل (44) سلوك دليل الـ MSI خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

4-دليل تحت الأحمر للاختلافات الطبيعية Normalized Difference Infrared Index

أظهرت النتائج عند دراسة السلوك الطيفي لدليل الـ NDII خلال فترة حياة نبات القمح تحت تأثير معاملات الري إلى أن هذه القيم كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد (الشكل 45). وقد بينت نتائج تحليل التباين الموضحة في الجدول (29) إلى عدم وجود فروقات معنوية بين معاملات الري في المراحل الاولى من حياة النبات حتى 97 يوم من الزراعة وقد يعزى ذلك إلى أنه تم تطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة(مرحلة الاشطاء)، حيث ظهرت الفروقات المعنوية بين مستويات الري في مرحلة النمو الخضري الأعظمي (112-165) وكانت قيمة الـNDII المسجلة بعد 145 يوم بعد ظهور تاثير الرية الثانية على النباتات 0.282 و 0.250 و 0.405 لـ I_0 و I_1 و I_2 على التوالي(الجدول29)، وذلك بسبب تأثير الري في الكتلة الحية والمساحة الورقية المعروف زيادتها بزيادة كميه مياه الري الجداول (5-6)، (قانشاو وخيتي، 2007)، حيث كانت الفروقات معنوية بين جميع المعاملات ويمكن أن يعزى ذلك لظهور تأثير في الصفات الخضرية للنبات تحت تأثير هذه المعاملة حيث يؤدي الري إلى زيادة في الكتلة الحية وLAI والوزن الرطب، ممايؤدي إلى زيادة في تأثيرها في معاملة الري I_2 مقارنة مع I_1 وزيادتها في I_1 مقارنة مع I_0 وبالتالي قيم NDII تكون أعلى في I_0 ثم I_1 ثم I_2 .



الشكل (45) سلوك دليل الـ NDII خلال فترة حياة نبات القمح تحت مستويات مختلفة من الري

دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية والصفات الخضرية والغلة:

تم دراسة الارتباط بين متوسط قراءات الأدلة الطيفية المدروسة وكل من متوسط قراءات دليل المساحة الورقية وتركيز الكلوروفيل والوزن الرطب والجاف وتركيز الكلوروفيل المسجلة خلال مراحل نمو النبات المختلفة.

أظهرت النتائج عند دراسة الارتباط بين الأدلة المدروسة ودليل المساحة الورقية إلى وجود علاقة ارتباط معنوية بين الأدلة المختلفة ودليل المساحة الورقية، حيث كانت العلاقة موجبة ومعنويةعند مستوى دلالة(0.05) مع كل من الأدلة EVI وNDII وWBI ومع باقي الأدلة عند مستوى دلالة 0.01 (الجدول 30)، ويعزى ذلك لتوافق سلوك دليل المساحة الورقية مع السلوك الذي سلكته هذه الأدلة خلال حياة النبات من حيث تزايدها لتصل لمرحلة النمو الخضري الأعظمي لتنخفض بعدها إلى أن تصل للنضج والحصاد فيما عدا دليل MSI سجل ارتباط سالب معنوي عند مستوى دلالة 0.05 بقيمة قدرها (0.820−) ويعود ذلك لسلوكه المعاكس لسلوك دليل المساحة الورقية خلال فترة حياة نبات القمح فهو ينخفض مع تقدم النبات بالعمر ليسجل أقل القيم في مرحلة النمو الخضري الأعظمي ليعاود الارتفاع مع وصول النبات لمرحلة النضج والحصاد. كما لوحظ أن أعلى قيمة لمعامل الارتباط سجلت مع دليل الـ NDVI بقيمة قدرها 0.966**.

وأظهرت صفة الوزن الرطب علاقة ارتباط موجبة ومعنوية مع كل من الأدلة EVI وNDII وWBI وسالبة ومعنوية مع MSI عند مستوى دلالة 0.05 ويلاحظ أن ثلاثة منها أدلة طيفية ذات علاقة بالمحتوى المائي، أما باقي الأدلة سجلت علاقة ارتباط موجبة ولكنها غير معنوية(الجدول 30). كما لوحظ أن أعلى قيمة لمعامل الارتباط سجلت مع دليل الـ WBI بقيمة قدرها 0.863**.

وأظهرت صفة الوزن الجاف علاقة ارتباط موجبة غير معنوية مع كل الأدلة المدروسة فيما عدا دليل الـ MSI كان معامل الارتباط سالب وغير معنوي وقد يعود السبب في ذلك لسلوك الوزن الجاف المستمر في الزيادة بقيمته حتى نهاية عمر النبات في حين أن حميع الأدلة تغير سلوكها عند النمو الخضري الأعظمي والتي تبدأ قيمها في الانخفاض إلى مرحلة النضج والحصاد (الجدول 30).

الجدول (30) معامل الارتباط بين الأدلة الطيفية والصفات الخضرية خلال مراحل النمو لنبات القمح

الأدلة الطيفية	دليل المساحة الورقية	الوزن الرطب	الوزن الجاف	تركيز الكلورفيل
EVI	0.876*	**0.861***	0.684	**0.966****
$mNDVI_{705}$	0.925**	0.798	0.595	0.930**
MSI	-0.820*	**-0.813***	-0.704	-0.885*
mSR_{705}	0.934**	0.762	0.516	0.905*
NDII	0.856*	**0.815***	0.684	0.910*
NDNI	0.961**	0.636	0.386	0.878*
NDVI	**0.966****	0.715	0.474	0.922**
$NDVI_{705}$	0.956**	0.725	0.482	0.905*
NDWI	0.923**	0.686	0.509	0.923**
SR	0.920**	0.731	0.463	0.874*
WBI	0.846*	**0.863***	0.719	0.935**

*،** معنوية قيمة معامل الارتباط عند مستوى دلالة عند 0.05 و0.01 على التوالي

أظهرت النتائج عند دراسة الارتباط بين الأدلة المدروسة وتركيز الكلورفيل وجود علاقة ارتباط معنوية بين الأدلة المختلفة ودليل المساحة الورقية، وكانت موجبة ومعنوية عند مستوى دلالة 0.05 مع كل من الأدلة mSR_{705} وNDII وNDNI و$NDVI_{705}$ وSR وموجبة عالية المعنويةمع باقي الأدلة عند مستوى دلالة 0.01 (الجدول 30) ويعزى ذلك لتوافق سلوك تركيز الكلورفيل مع السلوك الذي سلكته هذه الأدلة خلال حياة النبات من حيث تزايدها لتصل لمرحلة النمو الخضري الأعظمي لتنخفض بعدها إلى أن تصل للنضج والحصاد فيما عدا دليل MSI الذي سجل ارتباط سالب معنوي عند مستوى دلالة 0.05 بقيمة قدرها (−0.885) ويعود ذلك لسلوكه المعاكس لسلوك دليل المساحة الورقية خلال فترة حياة نبات القمح فهو ينخفض مع تقدم النبات بالعمر ليسجل أقل القيم في مرحلة في مرحلة النمو الخضري الأعظمي ليعاود الارتفاع مع وصول النبات لمرحلة النضج والحصاد. كما لوحظ أن أعلى قيمة لمعامل الارتباط سجلت مع دليل الـ NDVI بقيمة قدرها 0.966**.

وتم بهدف معرفة أفضل المراحل، التي تحقق أفضل ارتباط بين الأدلة الطيفية المدروسة وغلة القمح من الحبوب والقش كخطوة أولى للتنبؤ بالغلة، دراسة الارتباط بين هذه الأدلة الطيفية والغلة الحبية عند كل قراءة راديومترية سجلت خلال فترة حياة النبات، حيث وجد علاقة ارتباط عالية المعنوية بين هذه الأدلة والغلة الحبية عند كل التواريخ المسجل بها القياسات الراديومترية فيما عدا

القراءة المسجلة بعد 62 و208 يوم من الزراعة والموافقة لمراحل النمو الأولى والأخيرة من حياة النبات ولوحظ أن أعلى قيم لمعامل الارتباط سجلت للأدلة NDII و NDWI و WBI و NDNI و NDVI بقيمه .0.800** و0.735** و0.770** و0.698** و0.665** على التوالي بعد 145 يوم من الزراعة أما باقي الأدلة MSI و $mNDVI_{705}$ و mSR_{705} و $NDVI_{705}$ و EVI و SR فسجلت أعلى القيم لمعامل الارتباط بعد 165 يوم من الزراعة وكانت .0.687-** 0.595** و0.738** و0.609** و0.605** و0.789** على التوالي والتي تتوافق فترة النمو الخضري الأعظمي (الجدول 31).

وسجلت نتائج مشابه عند دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية المدروسة والغلة من القش عند كل قراءة راديومترية حيث وجد علاقة ارتباط عالية المعنوية بين هذه الأدلة والغلة من القش عند كل التواريخ المسجل بها القياسات الراديومترية فيما عد القراءة المسجلة بعد 62 و208 يوم من الزراعة ولوحظ أن أعلى قيم لمعامل الارتباط سجلت للأدلة NDII و NDWI و NDNI و $NDVI_{705}$ بعد 145 يوم من الزراعة أما باقي الأدلة فسجلت أعلى القيم لمعامل الارتباط بعد 165 يوم من الزراعة والتي تتوافق فترة النمو الخضري الأعظمي (الجدول 31).

(الجدول 31)الارتباط بين الأدلة الطيفية المدروسة وكل من الغلة من القش والغلة الحبية عند كل قراءة راديومترية

الأدلة الطيفية	يوم من الزراعة								
الغلة الحبية	**62**	**77**	**973**	**112**	**126**	**145**	**165**	**180**	**208**
NDVI	0.288	.365*	.475**	.441**	.599**	**.665****	.655**	.368*	0.129
SR	0.274	0.507**	.563**	.507**	.716**	.688**	**.789****	0.107	0.104
EVI	0.319	.430**	.501**	.561**	.574**	.498**	**.605****	0.259	0.282
NDVI705	0.04	.459**	.494**	.461**	.559**	.655**	**.609****	0.024	-.124
mSR705	0.027	.480**	.521**	.484**	.633**	.602**	**.738****	0.325	0.091
mNDVI705	0.04	.452**	.485**	.455**	.565**	.549**	**.595****	0.007	-.158
NDNI	0.101	.430**	.422*	.580**	.459**	**.698****	.533**	0.139	0.253
WBI	0.226	.427**	.441**	.424**	.699**	**.770****	.662**	0.295	-.666**
NDWI	0.069	.501**	.466**	.449**	.698**	**.735****	.554**	.565**	-.187
MSI	-0.13	-.452**	-.424**	-.428**	-.565**	-.437**	**-.687****	-.420**	-.169
NDII	.120*	.347*	.603**	.569**	.744**	**.800****	.774**	.623**	.560**
الغلة من القش	**62**	**77**	**973**	**112**	**126**	**145**	**165**	**180**	**208**
NDVI	.374*	.381*	.536**	.499**	.656**	.672**	**.695****	.398*	0.186
SR	.369*	.530**	.601**	.568**	.767**	.752**	**.839***	0.145	0.158
EVI	.400*	.448**	.543**	.621**	.627**	.545*	**.657****	0.293	.345*
NDVI705	0.068	.497**	.540**	.527**	.624**	**.710****	.645**	0.073	-.078
mSR705	0.022	.512**	.565**	.550**	.692**	.653**	**.792****	.397**	0.143
mNDVI705	0.076	.491**	.532**	.522**	.627**	.633**	**.635****	0.057	-.114
NDNI	0.101	.465**	.483**	.637**	.487**	**.765****	.583**	0.147	0.289
NDWI	0.057	.524**	.534**	.505**	.746**	**.746****	.590**	0.586	-.195
WBI	0.317	.452**	.485**	.488**	.754**	.776**	**.698****	0.305	-.704**
MSI	-.136	-.489**	-.483**	-.483**	-.621**	-.458**	**-.728****	-.452**	-.195
NDII	0.133	.386*	.624**	.596**	.763*	**.818***	.767**	.596**	.489**

التنبؤ بإنتاجية الغلة الحبية لمحصول القمح:

بناءً على ما سبق عند دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وجد أن أفضل الارتباطات بين هذه الأدلة والغلة الحبية كانت بعد 145 و165 يوم من الزراعة وعلى هذا الأساس تم الاعتماد على هاتين المرحلتين لمحاولة التنبؤ المبكر للغلة الحبية لمحصول القمح باستخدام طريقة الانحدار الخطي البسيط Simple Liner Regression لتوضيح العلاقة بين كل دليل من هذه الأدلة على حدا والغلة الحبية وتحديد أفضلها من حيث إمكانية التنبؤ بالغلة الحبية، كما تم استخدام طريقة الانحدار المتدرج Stepwise Regression بإدخال جميع الأدلة الواحد تلو الأخر لإيجاد أفضل معادلة للتنبؤ اعتماداً على الأدلة الطيفية التي تعطي أفضل معامل تحديد (R^2) وكما تم استخدام طريقة الانحدار Stepwise Regression مع الأدلة الخضرية بشكل منفصل وكذلك كان الأمر مع أدلة الإجهاد المائي.

عند دراسة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية عند 145 يوم من الزراعة وجد أن أفضل علاقة للتنبؤ بالغلة كانت مع الأدلة NDII و WBI و NDWI وكانت قيمة معامل التحديد لكل منها 0.640 و0.592 و0.520 على التوالي في حين كان أقلها مع دليل MSI بمعامل تحديد 0.191 الجدول (32). كما يوضح الشكل (46) علاقة الانحدار بين الغلة الحبية لمحصول القمح والأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة.

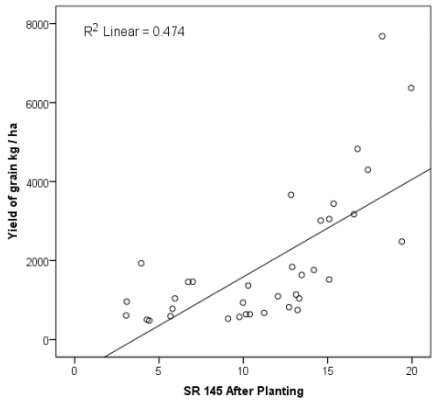
أظهرت النتائج الموضحة بالجدول (33) عند دراسة إمكانية التنبؤ بالغلة الحبية باستخدام طريقة الانحدار Stepwise Regression عند 145 يوم من الزراعة مع جميع الأدلة ثم مع الأدلة الخضرية ثم مع أدلة الإجهاد المائي أن معادلة التنبؤ مع جميع الأدلة اعتمدت على دليل NDII وتم اهمال جميع الأدلة الأخرى بمعامل تحديد قدره 0.640 وكذلك كان الحال بالنسبة للأدلة الجفافية في حين اعتمدت معادلة التنبؤ مع الأدلة الخضرية اعتمدت على دليل SR بمعامل تحديد قدره 0.474. ويلاحظ أن المعادلات الناتجة عن طريقة الانحدار Regression Stepwise كانت مطابقة لتلك المتحصل عليها من طريقة الانحدار الخطي البسيط ويعود ذلك إلى أن العلاقة مع جميع الأدلة على سبيل المثال تحققت مع دليل NDII فقط وأن باقي الأدلة تأثيرها ضعيف يمكن إهماله.

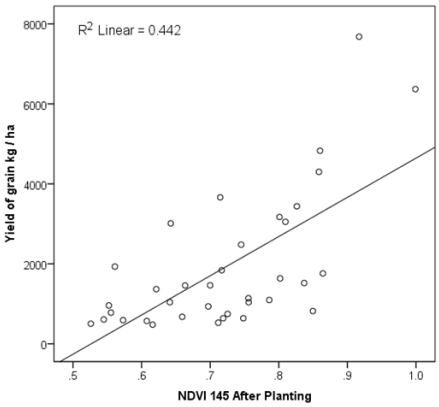
جدول (32) معادلات الإنحدار الخطي البسيط للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة

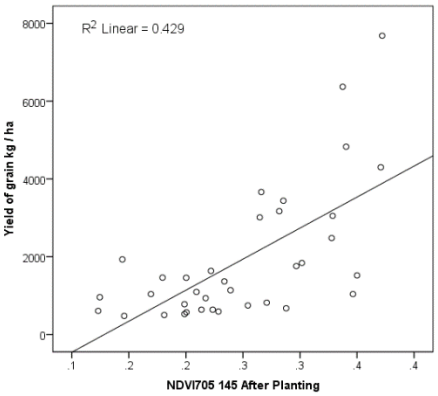
الأدلة الطيفية	معادلات الانحدار الخطي البسيط للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية	معامل التحديد R^2
NDVI	Yield of Grain (Kg/h) = -5160.729 + 9804.402 NDVI	0.442
SR	Yield of Grain (Kg/h) = -878.727+ 246.664 SR	0.474
EVI	Yield of Grain (Kg/h) = -1775.476 + 5594.037 EVI	0.248
$NDVI_{705}$	Yield of Grain (Kg/h) = -2047.526 + 15944.789 NDVI705	0.429
mSR_{705}	Yield of Grain (Kg/h) = -1122.476 + 2093.779 mSR705	0.362
$mNDVI_{705}$	Yield of Grain (Kg/h) = -2020.243 + 11521.621 mNDVI705	0.302
NDNI	Yield of Grain (Kg/h) = -5722.107 + 46907.848 NDNI	0.487
WBI	Yield of Grain (Kg/h) = -26594.796 + 26897.075 WBI	0.592
NDWI	Yield of Grain (Kg/h) = 989.829 + 17150.823 NDWI	0.540
MSI	Yield of Grain (Kg/h) = 3140.248 + -2757.782 MSI	0.191
NDII	Yield of Grain (Kg/h) = -1813.260 + 9974.691 NDII	0.640

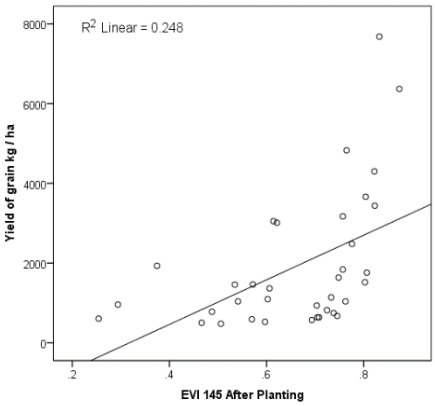
جدول (33) معادلات الانحدار بطريقة Stepwise Regression للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة

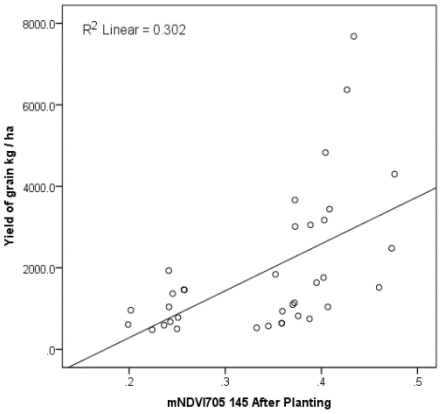
المدخلات الطيفية	معادلات الانحدار بطريقة Stepwise Regression للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية	معامل التحديد R2
جميع الأدلة	Yield of Grain (Kg/h) = -1813.260 + 9974.691 NDII	0.640
الأدلة الخضرية	Yield of Grain (Kg/h) = -878.727 + 246.664 SR	0.474
أدلة الإجهاد المائي	Yield of Grain (Kg/h) = -1813.260 + 9974.691 NDII	0.640

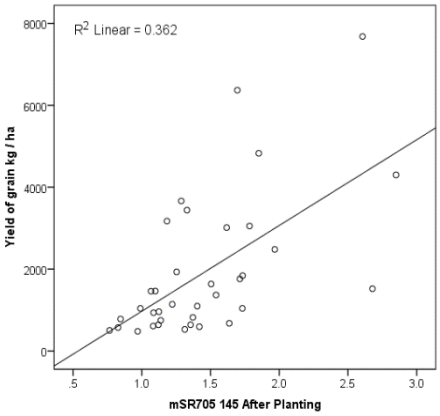

R² Linear = 0.474
Yield of grain kg / ha
SR 145 After Planting

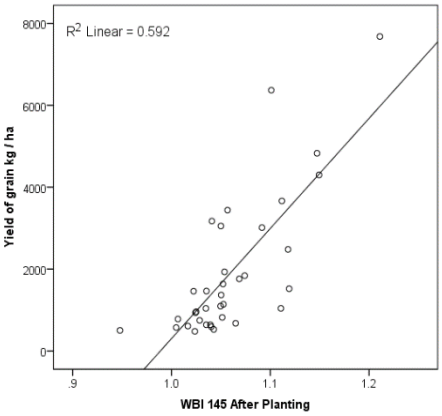

R² Linear = 0.442
Yield of grain kg / ha
NDVI 145 After Planting

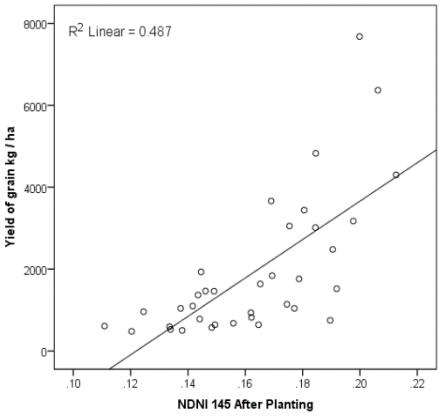

R² Linear = 0.429
Yield of grain kg / ha
NDVI705 145 After Planting

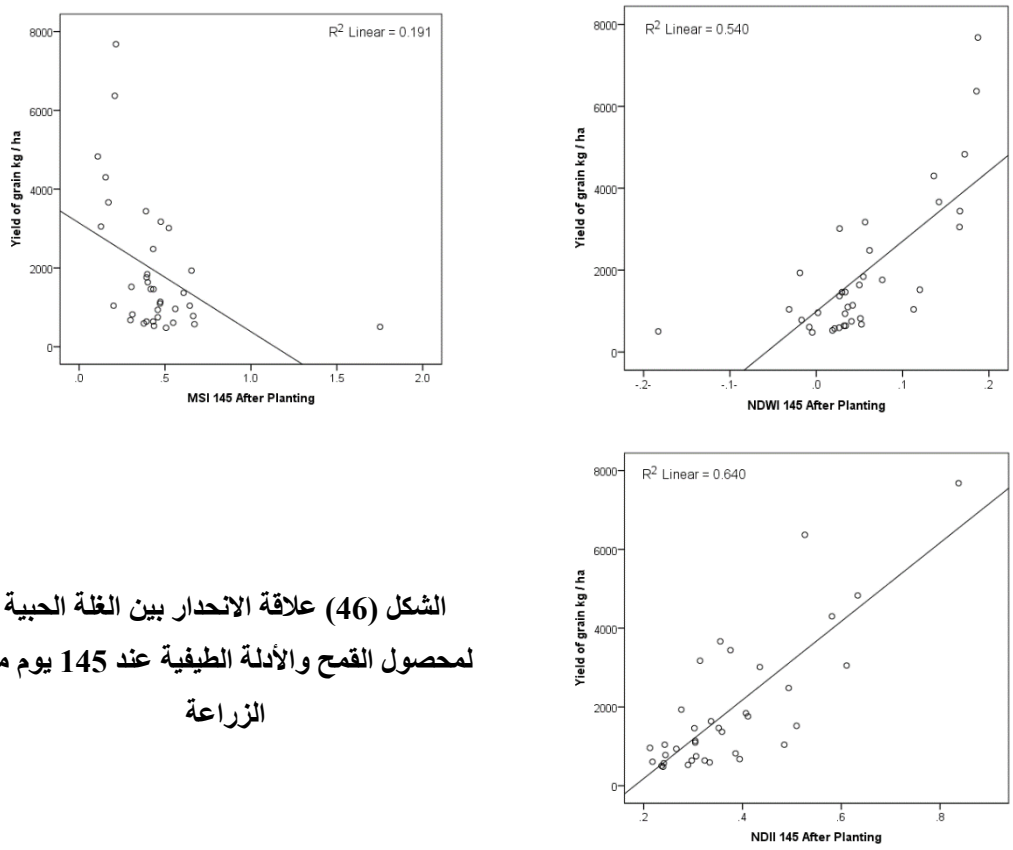

R² Linear = 0.248
Yield of grain kg / ha
EVI 145 After Planting


R² Linear = 0.302
Yield of grain kg / ha
mNDVI705 145 After Planting


R² Linear = 0.362
Yield of grain kg / ha
mSR705 145 After Planting


R² Linear = 0.592
Yield of grain kg / ha
WBI 145 After Planting


R² Linear = 0.487
Yield of grain kg / ha
NDNI 145 After Planting



الشكل (46) علاقة الانحدار بين الغلة الحبية لمحصول القمح والأدلة الطيفية عند 145 يوم من الزراعة

وعند دراسة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية عند 165 يوم من الزراعة وجد أن أفضل علاقة للتنبؤ بالغلة كانت مع الأدلة SRI و NDII و mSR705 وكانت قيمة معامل التحديد لكل منها 0.623 و0.599 و0.544 على التوالي في حين كان أقلها مع دليل NDNI بمعامل تحديد 0.284 الجدول(34). كما يوضح الشكل (47) علاقة الانحدار بين الغلة الحبية لمحصول القمح والأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة

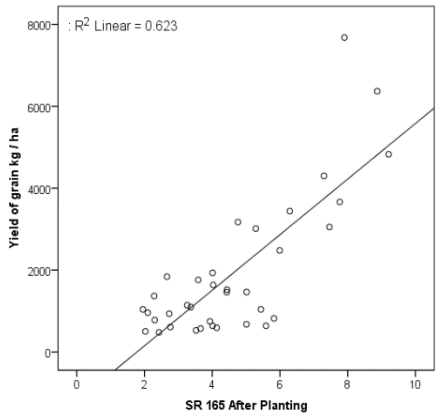
وأظهرت النتائج الموضحة بالجدول (35) عند دراسة إمكانية التنبؤ بالغلة الحبية باستخدام طريقة الانحدار Stepwise Regression عند 165 يوم من الزراعة مع جميع الأدلة ثم مع الأدلة الخضرية ثم مع أدلة الإجهاد المائي أن معادلة التنبؤ مع جميع الأدلة اعتمدت على الأدلة SR و NDWI و NDII و NDNI وتم اهمال جميع الأدلة الأخرى بمعامل تحديد قدره 0.859. في حين اعتمدت معادلة التنبؤ مع الأدلة الخضرية على دليل SR بمعامل تحديد قدره 0.623، أما بالنسبة لأدلة الإجهاد المائي فقد اعتمدت معادلة التنبؤ على الأدلة NDII و NDWI و WBI بمعامل تحديد قدره 0.744.

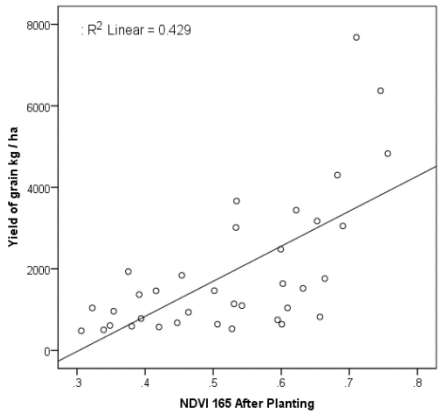
جدول (34) معادلات الانحدار الخطي البسيط للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة

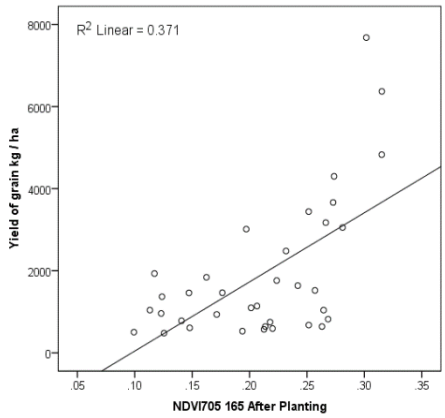
الأدلة الطيفية	معادلات الانحدار الخطي البسيط للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية	معامل التحديدR2
NDVI	Yield of Grain (Kg/ha) = -2611.919 + 8609.970 NDVI	0.429
SR	Yield of Grain (Kg/ha) =-1205.680 + 678.563 SR	0.623
EVI	Yield of Grain (Kg/ha) =-1349.333 + 6714.519 EVI	0.366
$NDVI_{705}$	Yield of Grain (Kg/ha) =-1642.195 + 16851.069 NDVI705	0.371
mSR_{705}	Yield of Grain (Kg/ha) =-4468.451+ 5096.975 mSR705	0.544
$mNDVI_{705}$	Yield of Grain (Kg/ha) =-2226.815 +15633.158 mNDVI705	0.354
NDNI	Yield of Grain (Kg/ha) =-2406.693 + 40324.438 NDNI	0.284
WBI	Yield of Grain (Kg/ha) =-31812.890 + 32138.464 WBI	0.438
NDWI	Yield of Grain (Kg/ha) = 976.823 + 21624.949NDW	0.307
MSI	Yield of Grain (Kg/ha) =5971.771 - 8288.404 MSI	0.472
NDII	Yield of Grain (Kg/ha) =-1154.696 + 9803.752 NDII	0.599

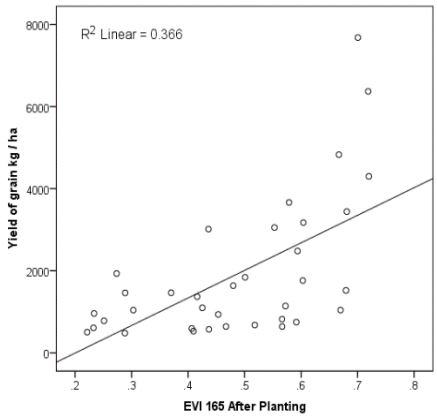
جدول (35) معادلات الانحدار بطريقة Stepwise Regression للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة

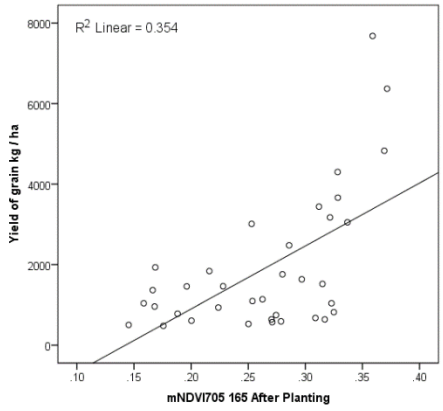
المدخلات الطيفية	معادلات الانحدار بطريقة Stepwise Regression للتنبؤ بالغلة الحبية اعتمادا على الأدلة الطيفية	معامل التحديد R2
جميع الأدلة	Yield of Grain (Kg/ha) = -836.755 + 836.499 SR - 26488.417NDWI + 11459.578 NDII -33004.308 NDNI	0.859
الأدلة الخضرية	Yield of Grain (Kg/ha) = -1205.680 + 678.563 SR	0.623
أدلة الإجهاد المائي	Yield of Grain (Kg/ha) = -39732.182 + 14083.950 NDII -44016.847 NDWI + 37300.220 WBI	0.744

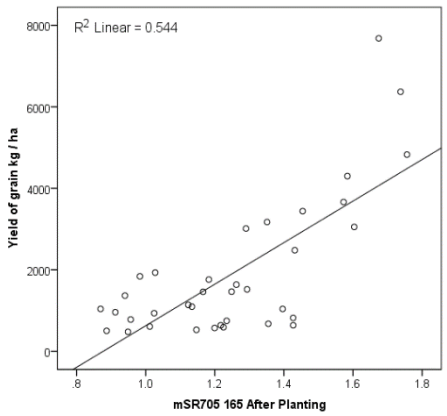

: R2 Linear = 0.623
Yield of grain kg / ha
SR 165 After Planting

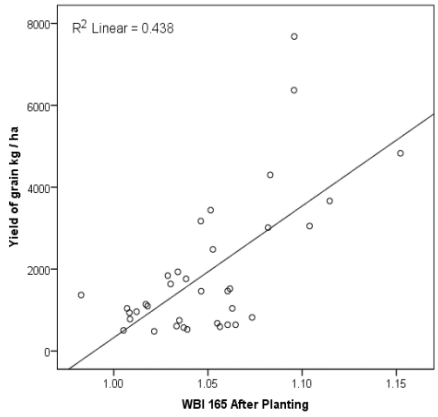

: R2 Linear = 0.429
Yield of grain kg / ha
NDVI 165 After Planting

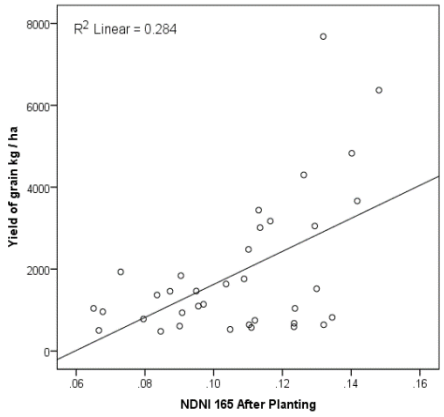

R2 Linear = 0.371
Yield of grain kg / ha
NDVI705 165 After Planting

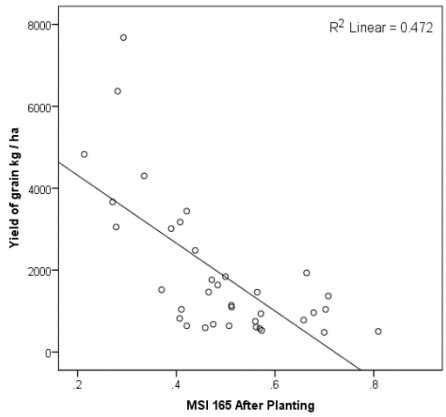

R2 Linear = 0.366
Yield of grain kg / ha
EVI 165 After Planting

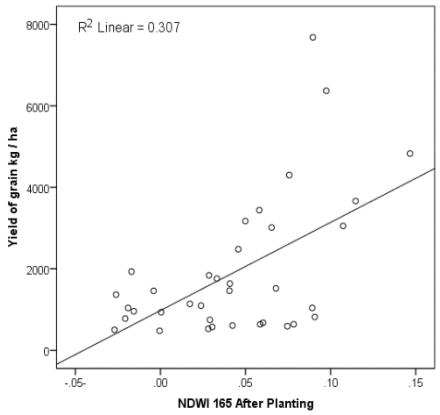

R2 Linear = 0.354
Yield of grain kg / ha
mNDVI705 165 After Planting

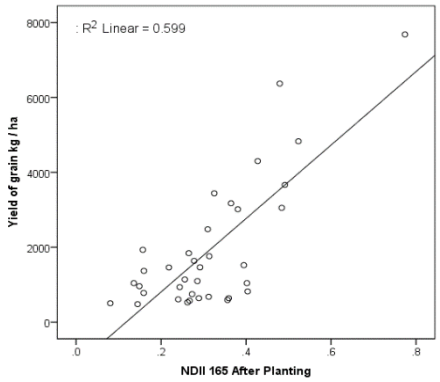

R2 Linear = 0.544
Yield of grain kg / ha
mSR705 165 After Planting


R2 Linear = 0.438
Yield of grain kg / ha
WBI 165 After Planting


R2 Linear = 0.284
Yield of grain kg / ha
NDNI 165 After Planting







الشكل (47) علاقة الانحدار بين الغلة الحبية لمحصول القمح والأدلة الطيفية عند 165 يوم من الزراعة

الاستنتاجات

1) أثر الري والتسميد الازوتي في كل من محتوى الاوراق من اليخضور و المساحة الورقية حيث وجد فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات كما وجود فروق معنوية واضحة بالنسبة لمعاملات الري بعد 77 يوم من الزراعة وحتى نهاية عمر النبات وبلغت أعلى قيمة لهذه المؤشرات في مرحلة النمو الخضري الأعظمي (112–165 يوم من الزراعة).
2) تزايدت قيم الوزن الرطب بدءاً من المراحل الأولى من عمر النبات حتى عمر 148 يوم تقريباً لتبدأ بعدها بالتناقص وبلغت أعلى قيمة في مرحلة النمو الخضري الأعظمي، بينما استمرت قيم الوزن الجاف في التزايد حتى نهاية عمر النبات كما لوحظ وجود فروقات معنوية في قيم الوزن الرطب والجاف بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الأولى لنمو النبات. وكانت هذه الفروقات معنوية بعد 112 يوم من الزراعة لمعاملة الري وحتى نهاية عمر النبات
3) وجدت فروقات معنوية بين عدد الريات التكميلية، ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة، والتفاعل فيما بينها في كل من صفة (ارتفاع النبات، طول السنبلة، عدد الاشطاءات الكلي ، عدد الاشطاءات المثمرة ، معامل الاشطاء المثمر، عدد الحبوب في النبات وزن الحبوب في النبات وزن النبات ، الغلة من الحبوب ، غلة من الوزن الجاف، دليل الحصاد) فكانت القيم الأعلى معنوياً عند إعطاء ريتين (رية عند الاشطاء ورية عند التسنبل) والأدنى معنوياً عند عدم إعطاء الري ، أما فيما يتعلق بمعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة فكانت القيم الأدنى معنوياً عند الزراعة بدون إضافة السماد الآزوتي (الشاهد)، في حين سجلت معاملة 240 كغ. هكتار$^{-1}$ من الآزوت أعلى القيم معنوياً ، ولوحظ في التفاعل بين عدد الريات ومعدلات التسميد الآزوتي المستخدمة أن القيم الأعلى معنوية كانت عند إعطاء ريتين للقمح ومعدل السماد الأعلى 240 كغ. هكتار$^{-1}$ وبفروق معنوية مع كافة التفاعلات الأخرى.
4) وجد أن جميع الأدلة الطيفية سلكت سلوكاً متشابهاً، حيث أن قيم هذه الأدلة كانت منخفضة في بداية عمر النبات لترتفع تدريجياً لتصل لفترة النمو الخضري الأعظمي مع ثباتها نوعاً ما خلال هذه الفترة لتعاود قيمها بالانخفاض مع تقدم النبات بالعمر ودخوله مرحلة الشيخوخة إلى الحصاد متأثرة بسلوك الصفات الخضرية، ماعدا الدليل MSI سلك سلوكاً معاكساً. لوحظ تباين في هذه القيم تحت تأثير مستويات التسميد المختلفة حيث سجل مستوى التسميد الأزوتي N0 أقل قيم مقارنة مع باقي مستويات التسميد خلال فترة حياة النبات لترتفع هذه القيم عند مستوى التسميد N1 وN2 وN3 على التوالي مع وجود فروقات معنوية بين مستويات التسميد المختلفة منذ المراحل الاولى لنمو النبات.

5) لوحظ تباين طفيف في قيم الأدلة الطيفية تحت مستويات الري I_0 وI_1 وI_2 في المراحل الأولى من عمر النبات حتى 97 يوم من الزراعة ، لتظهر الفروقات المعنوية بعد هذا التاريخ بين معاملات الري بعد هذا التاريخ نتيجة لتطبيق معاملات الري بعد103 يوم من الزراعة (مرحلة الاشطاء).

6) أظهرت النتائج عند دراسة الارتباط بين الأدلة المدروسة ودليل المساحة الورقية إلى وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية بين الأدلة المختلفة ودليل المساحة الورقية، وكانت موجبة عند مستوى دلالة 0.05 مع كل من الأدلة EVI و NDII و WBI ومع باقي الأدلة عند مستوى دلالة 0.01 عدا دليل MSI سجل ارتباط سالب معنوي عند مستوى دلالة 0.05 أما صفة الوزن الرطب أظهرت علاقة ارتباط موجبة ومعنوية مع كل من الأدلة EVI و NDII و WBI وسالبة ومعنوية مع MSI عند مستوى دلالة 0.05 ويلاحظ أن ثلاثة منها أدلة طيفية ذات علاقة بالمحتوى المائي أما صفة الوزن الجاف أظهرت علاقة ارتباط موجبة معنوية مع كل الأدلة المدروسة فيما عدا دليل الـ MSI كان معامل الارتباط سالب غير معنوي.

7) وجدت علاقة ارتباط عالية المعنوية بين الأدلة المدروسة والغلة الحبية عند كل التواريخ المسجل بها القياسات الراديومترية فيما عد القراءة المسجلة بعد 62 و208 يوم من الزراعة والموافقة لمراحل النمو الأولى والأخيرة من حياة النبات ولوحظ أن أعلى قيم لمعامل الارتباط سجلت للأدلة NDII، NDWI، WBI، NDNI، NDVI بعد 145 يوم من الزراعة أما باقي الأدلة MSI و$mNDVI_{705}$ وmSR_{705} و$NDVI_{705}$ و EVI و SR فسجلت أعلى القيم لمعامل الارتباط بعد 165 يوم من الزراعة والتي تتوافق فترة النمو الخضري الأعظمي. وسجلت نتائج مشابه عند دراسة الارتباط بين الأدلة الطيفية المدروسة والغلة من القش.

8) وجد أن أفضل علاقة للتنبؤ بالغلة كانت مع الأدلة NDII و WBI و NDWI عند 145 يوم من الزراعة بطريقة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وباستخدام طريقة الانحدار المتدرج Stepwise Regression مع جميع الأدلة كان دليل NDII ومع الأدلة الخضرية كان دليل SRI ومع أدلة الإجهاد المائي كان دليل NDII الأفضل للتنبؤ بالغلة الحبية لمحصول القمح.

9) وعند دراسة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وجد أن أفضل علاقة للتنبؤ بالغلة كانت مع الأدلة SRI و NDII وmSR_{705} عند 165 يوم من الزراعة بطريقة الانحدار البسيط بين الأدلة الطيفية والغلة الحبية وباستخدام طريقة الانحدار Stepwise Regression عند 165 يوم من الزراعة مع جميع الأدلة كانت الأدلة SR و NDWI و NDII و NDNI ومع الأدلة الخضرية كان دليل SR ومع أدلة الإجهاد المائي كانت الأدلة NDII و NDWI و WBI لأفضل للتنبؤ بالغلة الحبية لمحصول القمح.

التوصيات والمقترحات

1- الاستفادة من التقنيات الحديثة المتوفرة وأهمها الاستشعار عن بعد، لما تتميز به المعطيات الفضائية من شمولية وتعددية طيفية وتكرارية زمنية ودقة تميز مكاني عالية يؤهلها لدراسة العديد من المشكلات والظواهر المختلفة.

2- ضرورة القيام بمثل هذه الدراسات مستقبلا بالاعتماد على الصور الفضائية.

3- العمل على استنباط أدلة أخرى .

4- اجراء المزيد من الدراسات والأبحاث في مثل هذا المجال على محاصيل استراتيجية أخرى لما لها من انعكاس إيجابي في الزراعة ودورها في زيادة الإنتاج

المـراجع References

المراجع العربية:

1) **جنود، غادة .2007** . دراسة التباين الوراثي لتحمل الجفاف في بعض الأصول الوراثية. رسالة ماجستير قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.
2) **جنود، غادة ، أيمن العودة، وحسين المحاسنة .2013 .** دور بعض الممارسات الزراعية في زيادة الكفاءة الإنتاجية لدى بعض أصناف القمح تحت ظروف الزراعة المطرية .مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية مجلد 35 ،العدد 8.
3) **جنود، غادة.2014 .** دراسة تحليلة لاهم العوامل المحددة لغلة محصول القمح الحبية في المنطقة الجنوبية واعتماد النهج البيئي للانتاج في تحليل الفجوة الإنتاجية . رسالة دكتوراه قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية.
4) **جودة، عادل ؛ بدر، جابر. (1997).** الإجهاد الرطوبي (الجفاف) وعلاقته بالمراحل الفيزيولوجية للنبات. المركز العربي لدراسة المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)،العدد 17.أيلول 15-23.
5) **الخالد ، إياد ،أحمد ياغـــي .2007.** برنامج القياسات الراديوميترية للمحاصيل الصيفية التقرير الأولي.
6) **ديب، علي ، وفاتن سوسي .2004 .** دراسة استهلاك القمح في الجمهورية العربية السورية.
7) **الزنتاني، عمر الطاهر التومي . 2012 .** تقييم أهم الآليات التكيفية المورفسيولجية المحددة لكفاءة محصول القمح (*Triticum ssp.*) الإنتاجية في نظم الزراع الآفة. رسالة دكتوراه قدمت إلى قسم الحاصيل الحقلية ، كلية الزراعة ، جامعة دمشق ،دمشق الجمهورية العربية السورية .
8) **الشيخ علي ، رؤى .2006 .** تطوير تقانة غربلة سريعة لتحمل الإجهاد الملحي في القمح . رسالة ماجستير قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق ، الجمهورية العربية السورية .
9) **صالح ،ميسون .2012 .** التأقلم البيئي لبعض الأصول الوراثية من القمح المبدئي والمزروع تحت ظروف الزراعة المطرية . رسالة دكتوراه، كلية الزراعة ، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية. رسالة ، جامعة حلب، الجمهورية العربية السورية .
10) **علي ديب، طارق وسوسي، فاتن (2004).** دراسة تطور استهلاك القمح في الجمهورية العربية
11) **العودة ،أيمن .2005** .بعض الرؤى الفيزلوجية لتحسين غلة محصول القمح الحبية ضمن الظروف البيئية المناسبة .مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية المجلد (21)، العدد (2).
12) **عويس، ذيب. (2003).** الري التكميلي، منشورات المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا)، حلب، سوريا، 16 صفحة.
13) **قانشاو،عناية ،مأمون خيتي و فاروق الشوا.(2007).**أثر الري التكميلي في إنتاجية القمح القاسي في محافظة القنيطرة . .مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية مجلد 23 ،العدد 2.
14) **متوج، جيهان عيسى .2007.** الربح الوراثي في الصفات الشكلية والفزيولوجية لتحمل الجفا في القمح القاسي ، رسالة دكتوراة ،جامعة دمشق ، كلية الزراعة ،.

15) **المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية .2012 .** وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي- سورية
16) **المحاسنة، حسين . 2012 .** تقييم أداء أصناف القمح لتحمل إجهاد نقص الماء في ظروف مدينة دمشق .مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية مجلد 28 ،العدد 2.
17) **مخائيل ، عدنان .1992.** أثر مستوى الرطوبة والتسميدالآزتي في إنتاجية القمح وفي بعض خصائص التربة باستخدام أجهزة التشتت النتروني . رسالة ماجستير قدمت إلى قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، دمشق، الجمهورية العربية السورية .
18) **مصطفى ، علا .2010 .** الربط بين الجينات المتعلقة بتحمل الجفاف مع بعض الصفات المورفولوجية باستخدام تقانة الماكرو وستاليت في القمح القاسي . رسالة ، كلية الزراعة ، جامعة دمشق، الجمهورية العربية السورية.

1) **Abad, A., J. Lloveras, A. Michelena, and J. Ferra. 1996**: Effect of nitrate levels and N fertilization on bread and durum wheat yield and quality and on residual N–NO3 concentration under irrigation in the Ebro Valley (Spain). p. 514–515. In Proc. Congr. Eur. Soc. of Agron., 4th, Veldoven, the Netherlands. 7–11 July 1996.
2) **Abd El-Gawad, A.A.; H.K. Zaki.; A.M. Abo-Shetaia.; E.A. Al-Khaled (2000).** A Try to Apply Spectral Reflectance of Wheat Plant for Predicting Yield**. Egypt J. Appl. Sci. (15(8):375-397.**
3) **Abd-El-Haleem، S. H.M., M.A. Reham and S.M.S.Mohamed, 2009.** Genetic Analysis and RAPD polymorphism in some Durum Wheat Genotypes. Global Journal of Biotechnology and Biochemistry. 4: 1-9.
4) **Abdul Basit,Muhammad Iqbal Faisul Akh tra Gul,A.k.Jaffara and Nasir Ahmad,2005**:Studies of Nitrogen Use Efficiency in Wheat by Spilt Application at Different Growth Stages.J.APP.Em.SC:12(39) -42.
5) **Al-Gaadi.Khalid, Virupaks hagouda Patil, ElKamil Tola, Rangaswamy Madugundu and Samy Marey ,2014:** IN-SEASON ASSESSMENT OF WHEAT ROP HEALTH USING VEGETATION INDICES BASED ON GROUND MEASURED HYPER SPECTRAL DATA. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 9 (2): 138-146, 2014 ISSN: 1557-4989
6) **Al-Khaled, E.A.; A.A Abd El-Gawad.; A.M. Abo-Shetaia.; M.A. Ashoub and H.K. Zaki (2005):** Spectral signatures and identification of some summer crops using remote sensing techniques. Annals Agric**.**
7) **Aparicio N., D. Villegas, J. Casadesus, J.L. Arausand and C. Royo, 2000.** Canopy Reflectance Indices: A New Tool for Assessing Durum Wheat LAI and Yield. In: Durum Wheat Improvement in the Mediterranean Region: New Challenges, Royo, C., M. Nachit, N.D. Fonzo and J.L. Araus, CIHEAM, Zaragoza, pp: 117-119.
8) **Araus J. L, Slafer G, Royo C, Serret MD. 2008**. Breeding for Yield Potential and Stress Adaptation in Cereals. Critical Reviews in Plant Sciences 27, 377–412
9) **Arnall, D. B., W. R. RaunJ. B. SolieM. L. Stone, G. V. Johnson,K. Girma K. W. Freeman, R. K. Teal, and K. L. Martin (2006).** Relationship Between Coefficient of Variation Measured by Spectral Reflectance and Plant Density at Early Growth Stages in Winter Wheat**. Journal of Plant Nutrition, 29:**
10) **Babar M. A., M. P. Reynolds, M. van Ginkel, A. R. Klatt, W. R. Raun, and M. L. Stone,(2006)**: Spectral Reflectance Indices as a Potential Indirect Selection Criteria for Wheat Yield under Irigation. Published in Crop Sci. 46:578–588 (2006).Crop Breeding, Genetics & Cytologydoi : 10.2135 / cropsci 2005.0059.

11) **Babar M. A., M. P. Reynolds, M. van Ginkel, A. R. Klatt, W. R. Raun, and M. L. Stone,2006:** Spectral Reflectance Indices as a Potential Indirect Selection Criteria for Wheat Yield under Irrigation. CROP SCIENCE, VOL. 46, MARCH–APRIL 2006.
12) **BARET, F., JACQUEMOUD, S., GUYOT, G. and LEPRIEUR, C., 1992,** Modeled analysis of the biophysical nature of spectral shifts and comparison with information content of broad bands.Remote Sensing of Environment,41, pp. 133–142
13) **Belaid, A. (2000).** Durum wheat in WANA production, trade and grains from Technological change. In. Option Mediterranean. pp. 35-54.
14) **Benmoussa, M. and A. Achouch, 2005**: Effect of water stress on yield and its components of some cereals in Algeria. J. Cent. Eur. Agric., 6: 427-434.
15) **Biljana Bojovi and Aca Markovi,2009.** CORRELATION ETWEEN NITROGEN AND CHLOROPHYLL CONTENT IN WHEAT (Triticum aestivumL.)Kragujevac J. Sci. 31 (2009) 69-74.
16) **Binfang He, Feng Yan, Lin Huali,(2010):** Monitoring phenological key stages of winter wheat basing on temporal series of EVI data in Anhui China. published in:Information Science and Engineering (ICISE), 2010 2nd International Conference on Date of Conference:4-6 Dec. 2010 Page(s):6724 - 6728 Print ISBN:78-1-4244-7616-9
17) **Blum A. 2005**. Drought Resistance, Water-Use Efficiency, and Yield Potential- are They Compatible, Dissonant, or Mutually Exclusive? AustraLAIn Journal of Agricultural Research 56, 1159–1168.
18) **Blum, A., Sinmena, B., Mayer, J., Golan, G. And Sholier, L. 1994**. Stem Reserve Mobilization Supports Wheat-Grain Filling under Heat Stress. AustraLAIn Journal of Plant Physiology, 21: 771- 781.
19) **Boehm, D. J; W. A. Berzonsky and M. Bhattachrya (2004)**: Influence of Nitrogen Fertilizer Treatments on Spring Wheat (Triticum aestivum) Flour Characteristics and Effect on Fresh and Frozen Dough Quality. Cereal Chem. 81 (1):51-54.
20) **Boyer JS 1982** Plant productivity and environment. Science 218: 443–448.
21) **Bray E., J. Bailey-Serres., E . Weretilnyk. 2000**. Responses to Abiotic Stresses in: Buchanan B., Gruissem W., Jones R. 2000. Biochemistry and Molecular Biology of Plants, Americam Society of Plant Physiologists: 1158-1203.
22) **BuscagLAI, H, J; Varco, J, J; J, M, Thompson and M, R, Seal. (1999)** Relationship of field scale nitrogen variability to soil properties and remotely sensed characteristics. Proceedings Belt wide Cotton Conferences, Orlando, Florida, USA. 2, 1282-1283.
23) **Carol L. Jones .et.al, (2004):** Estimating Water Stress in Plants Using Hyperspectral Sensin
24) **Ceccarelli S., S .Grando، M .Baum.,and M. Udupa. 2004.** Breeding for Drought Resistance in Changing Climates, Crop Science Society of American and American Society of Agronomy, Madison, U.S.A, Challenges and Strategies for Dry Land Agriculture , CSSA, Special Publication N.32.
25) **Ceccato, P., S. Flasse, S. Tarantola, S. Jacquemoud, and J.M. Gregoire, 2001.** Detecting Vegetation Leaf Water Content Using Reflectance in the Optical Domain. Remote Sensing of Environment 77:22-33**.**
26) Champagne, C., E. Pattey, A. Bannari, and I.B. Stratchan, 2001. Mapping Crop Water Status: Issues of Scale in the Detection of Crop Water Stress Using

Hyperspectral Indices. Proceedings of the 8th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, Aussois, France. Pp.79-84**.**

27) **CHEN Jingqing ,YAN Huimin , XIAO Xiangming , HUANG Heqing , LIU Jiyuan and BAI Xuehong,(2013**): Multiple Cropping Intensity in China Derived from Agro-meteorolo-gical Observations and MODIS Data . Chinese Geographical Sciencedoi: 10.1007/s11769-2013-0637-2.
28) **čienė, A. Urbonavičiūtė , G.Samuolienė, P. Duchovskis, I. Vagusevičienė and A. Sliesaravičius,2008:** The effect of differentialnitrogen fertilization on photosynthetic pigment and carbohydrate contents in the two winter wheat varieties. Agronomy Research 6(2), 555–561, 2008
29) **CIMMYT(International Maize and Wheat Improvement Center). 2009**. Drought Tolerance Wheat and Enhanced Quality Project, MTP, P:66-71
30) **Clark R., King J. 2004**. The Atlas of Water Mapping The World's Most Critical Resource, Earth Scan, London, P:127.
31) **Coops, N., S .Dury, and M.martin (2002)** .comparison of green leaf eucalypt spectra using spectral decomposition Mpob information series 50:567-576.
32) **Danson, F. M., Steven, M. D., Malthus, T. J., & Clarck, J. A. (1992).** High spectral resolution data for determining leaf water content. Int. J. Remote Sens., 13, 461– 470.
33) D**as, L., Wright, V. Philip Rasmussen, R. Douglas Ramsey, and Doran J. Baker (1993).** Canopy Reflectance Estimation of Wheat Nitrogen Content for Grain Protein Management. **Science**
34) Datt, B., 1999. A New Reflectance Index for Remote Sensing of Chlorophyll Content in Higher Plants: Tests Using Eucalyptus Leaves**.** Journal of Plant Physiology 154:30-36.
35) **Daughtry, C, S, T; M, E, Bauer; D, W, Crecelius and M, M, Hixon. (1980)** Effect of management practices on reflectance of spring wheat canopies. Agron.J.72:1055-1060.
36) **David P. Lusch, Ph.D,1999:** Introduction to Environmental Remote Sensing . Center for Remote Sensing and GIS, Michigan State University
37) **DAWSON, T.P. and CURRAN, P.J., 1998**, A new technique for interpolating red edge position. International Journal of Remote Sensing,19, pp. 2133–2139.
38) **Destro, M.; Miglioranza, E.; Aria, C.A.A.; Vandram, J.M.; De Almieda, J.C.V. 2001**. Main Stem and Tiller Contribution to Wheat Cultivars Yield under Different Irrigation Regimes. BraziLAIn Archives of Biology and Technology, 44, P.325-330
39) **Duchemin, D., R. Hadria, S. Erraki, G. Boulet and P. Maisongrande et al., 2006**: Monitoring wheat phenology and irrigation in Central Morocco: On the use of relationships between evapotranspiration, crops coefficients, leaf area index and remotely-sensed vegetation indices. Agric. Water Manage., 79: 1-27. DOI: 10.1016/j.agwat.2005.02.013.
40) **Edmeades , G . O .; Bolanos, J . H.R. Lafitte , S. Rajaram, W. PfeifN , and R.A . Fisher 1989 .** Traditional approaches to breeding for drought resistance in cereal. Pp: 27-52 ,in F .W. G. BAKER (ed) Drought resistance in cereal ICSUPress and CAB In .,Walling ford ,UK .
41) **EL-Hafid, R; D.H. Smith, M. Karrou, and K. SamI, 1998.** Physiological responses of spring durum wheat cultivars to early-season drought in a Mediterranean environment. Annals of Botany 81:363-370.
42) **Elouafi, I. and M. M. Nachit. 2004.** A genetic linkage map of the Durum x Triticum dicoccoides backcross population based on SSRs and AFLP markers, and QTL analysis for milling traits. TAG Theoretical and Applied Genetics, 108 (3): 401-413.

43) **EvansLT.**1993. Crop evolution, adaptation and yiel.d New York: Cambridge University Press.
44) **FAO (Food and Agricultural Organization of The United Nation). 2011**. Food Outlook. June 2011.
45) **FILELLA & J. PENUELAS,2007**: Technical note A new technique for interpolating the reflectance red edge position. International Journal of Remote Sensing-Volume 15, Issue 7, 2007
46) **Flowers, M., R. Weisz**, **and R Heiniger (2001) .**Remote Sensing of Winter Wheat Tiller Density for Early Nitrogen Application Decisions. Agron. J. 93:783–789
47) **Fourty, T., F. Baret, S. Jacquemoud, G. Schmuck, and J. Verdebout (1996)**. Leaf Optical Properties with Explicit Description of Its Biochemical Composition: Direct and Inverse Problems. Remote Sensing of Environment 56:104-117.
48) **Franke, J. and G. Menz, 2007:** Multitemporal wheat disease detection by multi spectral remote sensing. Precis. Agric., 8:161–172
49) **Gallagher J . N. And Biscoe P.V. 1978** .Aphysiological analysis of cereal yield: partitioning of dry .Agricultural progess 53, 51-
50) **Gallo, K, P and T, K, Flesch. (1989).** Large area crop monitoring with the NOAA AVHRR: Estimating the silking stages of corn development. Rem. Sens. Environ. 27:73-80
51) **Gao, B.C., 1995.** Normalized Difference Water Index for Remote Sensing of Vegetation Liquid Water from Space. Proceedings of SPIE 2480: 225-236.
52) Gates, D.M (1970). Physical and physiological properties of plant, in "Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry." National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 224-252**.**
53) **Gitelson, A, A; Vin˜a, A; Verma, S, B; Rundquist, D. C; Arkebauer, T, J; and Et, al, Keydang. (2006)** Relationship between gross primary production and chlorophyll content in crops: implications for the synoptic monitoring of vegetation productivity.J Geophys Res;111: D08S 11.
54) Gitelson, A.A. and M.N. Merzlyak, 1994. Spectral Reflectance Changes Associated with Autumn Senescence of Aesculus Hippocastanum L. and Acer Platanoides L. Leaves. Spectral Features and Relation to Chlorophyll Estimation. Journal of Plant Physiology 143:286-292**.**
55) **Gupta, R.K., D. Vijayan and T.S. Prasad, 2006**: The relationship of hyper-spectral vegetation indices with Leaf Area Index (LAI) over the growth cycle of wheat and chickpea at 3 nm spectral resolution. Adv. Space Res., 38: 2212-2217. DOI: 10.1016/j.asr.2003.02.091
56) **Hamid, Z.A., and J.E. Grafius (1978).** Developmental allometry and its implication to grain yield in barley. Crop Sci. 18: 83-86.
57) **Hamzeha. S , A.A. Naseri a, S.K. AlaviPanahb, B. Mojaradi c ،H.M. Bartholomeusd ، J.G.P.W. Cleversd and M. Behzad,2013**: Estimating salinity stress in sugarcane fields with spaceborne hyperspectral vegetation indices. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 21 (2013) 282–290

58) **Hardisky, M.A., V. Klemas, and R.M. Smart, 1983**. The Influences of Soil Salinity, Growth Form, and Leaf Moisture on the Spectral Reflectance of Spartina Alterniflora Canopies. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 49:77-83.
59) **Hatfield, J.L., A. Bauer, E.T. Kanemasu, D.J. Major, B.L. Blad, R.J. Reginato, and K.G. Hubbard. 1988**: Yield and water use of winter wheat in rela-tion to latitude, nitrogen, and water. Agric. For. Meteorol. 44:187–195. doi:10.1016/0168-1923(88)90017-2.
60) **Hetherington , A .M. 2001** .Guard cell signaling cell .107 ,711-714
61) **Holler, R. M., and Johannsen, C. J., (1969)**: Ecological potentials in spectral Signature analysis, In Remote Sensing in Ecology (Philip Johnson, Ed.), University of Georgia Press, Athens, GA, pp. 1-16.
62) **HORLER, D.N.H., DOCKRAY, M. and BARBER, J., 1983,** The red edge of plant leaf reflectance .International Journal of Remote Sensing,4, pp. 273–288.
63) Huete, A.R., H. Liu, K. Batchily, and W. van Leeuwen, 1997. A Comparison of Vegetation Indices Over a Global Set of TM Images for EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment 59(3):440-451.
64) Hunt Jr., E.R. and B.N. Rock, 1989. Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near- And Middle-Infrared Reflectances. **Remote Sensing of Environment 30:43-54.** in the Ebro Valley (Spain). p. 514–515. In Proc. Congr. Eur. Soc.
65) **Iqbal M., Ahmad K., Ahmad I., Sadiq M., Ashraf M. Y. 1999**. Yield and Yield Components of Durum Wheat (Triticum durum Desf) As Influenced by Water Stress at Various Growth Stages. Pak. J. Bio. Sci., 2(4): 1438-1440
66) **J. Kumhálová1, F. Zemek2, P. Novák3, O. Brovkina4, M. ayerová5,2014:** Use of Landsat images for yield evaluation within a small plot. Plant Soil Environ. Vol. 60, 2014, No. 11: 501–506.
67) **Jackson, R.D., P.N. Slater, and P.J. Pinter, 1983**. Discrimination of Growth and Water Stress in Wheat by Various Vegetation Indices Through Clear and Turbid Atmospheres. Remote Sensing of the Environment 15:187-208.
68) **Jackson, T.L., D. Chen, M. Cosh, F. Li, M. Anderson, C. Walthall, P. Doriaswamy, and E. R. Hunt, 2004**. Vegetation Water Content Mapping Using Landsat Data Derived Normalized Difference Water Index for Corn and Soybeans. Remote Sensing of Environment 92:475-482. .
69) **Jan, E. and D. Long (2007)**. Predicting Wheat Nitrogen Status with Remote Sensing. Remote Sensing of Environment 97:92-115.
70) **Khalid Ali Al-Gaadi .et.al, (2014)**. In-Season Assessment Of Wheat Rop Health Using Vegetation Indices Based On Ground Measured HyperSpectral Data
71) Knipling, E.B (1967). Physical and Physiological Basis for differences in reflectance of healthy and diseased plants, **in "workshop on infrared color photography in the plant sciences," Florida Department of Agriculture, Winter Haven, Fla.**
72) **Kramer, P. J., 1980.** Drought stress and the origin of adaptations. In: Adaptation of plant to water and High temperature stress. Wiley, New York.
73) **Le Li . Mark A. Friedl , Qinchuan Xin, Josh Gray, ، Yaozhong Pan and Steve Frolking ,(2014)** : Mapping Crop Cycles in China Using MODIS-EVI Time Series . Remote Sens. 2014, 6, 2473-2493; doi:10.3390/rs6032473

74) **Lobel D,V. Burke, C .Tebaldi, M. Mastrandrea, W. Falcon,and R. Naylor, 2008.** Prioritizing Climate Change Adaptation Needs for Food Security in 2030. Science 319:607-610

75) **Loss, S. P. and Siddique, K. H. M. (1994).** Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. Advances in Agronomy 52 , 229-276

76) **Ludlow, M.M. and R.C. Muchow, 1990.** critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited environments. Adv. Agron., 43: 107-153 .

77) **Manjeet ,S. and A. Sharma, (2012).** SPECTRAL MODELS FOR ESTIMATION OF CHLOROPHYLL CONTENT, NITROGEN, MOISTURE STRESS AND GROWTH OF WHEAT CROP Paper submitted for 11 International Conference on Precision Agriculture (ICPA) to be held at the Hyatt Regency Indianapolis, Indiana, USA to be held from July 15-18, 2012.

78) **Mardeha A, A. Ahmadib, K .Poustinib, and V. Mohammadib, 2006** Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Res. 98:222–229.

79) Marumbwa ,F, M., A. Murwira , E. K Madamombe, S. Kusangaya, and F. Tererai, (2007) . Remotely sensing of Irigation water use in Mazowe Catchment, Zimbabwe Department of Geography & Environmental Science, University of Zimbabwe, P. O. Box MP167

80) Myers, V. I (1970). Soil, Water and plant relation in " *Remote Sensing with Special Reference to Agriculture and Forestry*". National Academy of Seiences, Washington, D.C., 253-297**.**

81) **Nagy , J. (1997)** the effect of fertilization on the yield of maize (Zea mays L) in irrigated and unirrigated trements. Agrokemia es Talajatan ,46(1-4).275-288.

82) **Ortiz R, K .Sayre, B .Govaerts, R. Gupta, G .Subbarao, T .Ban, D .Hodson, J. Dixon,and O. Iván, 2008**. Climate Change: Can Wheat Beat The Heat? Agri, Ecosystems & Environment 126:46-58.

83) **Pearson, R, L, L, D, Miller and C, J, Tucker. (1976)** handheld spectral radiometer to estimate gramineous biomass. Appl. Opt. 15: 416-418.

84) Penuelas, J., I. Filella, C. Biel, L. Serrano, and R. Save (1995). The Reflectance at the 950-970 Region as an Indicator of Plant Water Status**. International Journal of Remote Sensing 14:1887-1905.**

85) **Penuelas, J., I. Filella, C. Biel, L. Serrano, and R. Save, 1995**. The Reflectance at the 950-970 Region as an Indicator of Plant Water Status**.** International Journal of Remote Sensing 14:1887-1905.

86) **Perry, C.R. and L.F. Lautenschlager. (1984).** Functional equivalence of spectral vegetation indices, Rem. Sens. Environ. 14: 169 – 182.

87) **Phillips, S., D. A. Keahey, J. G. Warren, and G. L. Mullins (2004).** Estimating Winter Wheat Tiller Density Using Spectral Reflectance Sensors for Early Spring, Variable-Rate Nitrogen Applications. Agron. J. 96:591–600

88) **Plaut Z., Butow B. J., Blumenthal C. S., Wrigley C. W. 2004**. Transport of Dry Matter into Developing Wheat Kernels. Field Crops Res,86: 185-198.

89) **Pradhan S. & K. K. Bandyopadhyay & R. N. Sahoo V. K. Sehgal R. Singh V. K. Gupta D. K. Joshi 2014**: Predicting Wheat Grain and Biomass Yield Using Canopy Reflectance of Booting Stage. J Indian Soc Remote Sens DOI 10.1007/s12524-014-0372-x2014 .

90) **Qi-fa Zhou, Zhan-yu Liu, and Jing-feng Huang,2010:** Detection of nitrogen-overfertilized rice plants with leaf positional difference in hyperspectral vegetation index**.** J Zhejiang Univ Sci B. 2010 Jun; 11(6): 465–470. doi: 10.1631/jzus.B0900348

91) **Rafiq M. 2004**. Effect of Different Levels of Irrigation on Growth, Water Use Efficiency and Yield of Different Wheat Cultivars. Ph.D Thesis, Faculty of Agri, Univ of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

92) **RIMER, J.; Balla, P. and Princik, L**. **1996:** The comparsion of application effectiveness of liquid and solide fertilizer in cereal crops under conditions of East slovak Lowland Region. Rostilinna Vyroba (Czech R.) V. 42 (3), , 127 – 132

93) **Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering, 1973**. Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351 I: 309-317.

94) **Royo, C., N. Aparicioa, D. Villegasa, J. Casadesusb and P. Monneveuxc et al., 2003:** Usefulness of spectral reflectance indices as durum wheat yield predictors under contrasting Mediterranean conditions. Int. J. Remote Sens., 24: 4403-4419 . DOI: 10.1080 / 0143116031000150059.

95) **Royo, C.; M. Abaza, R. Blanco, and L.F. Garcia del Moral, 2000.** Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. Aust. J. Plant Physiol., 27: 1051-1059.

96) Sellers, P.J., 1985. Canopyb Reflectance, Photosynthesis and Transpiration. International Journal of Remote Sensing 6:1335-1372.

97) **Semenov M, Halford N. 2009**. Identifying Target Traits & Molecular Mechanisms for Wheat Breeding under A Changing Climate. J Exp Bot 60:2791-2804.

98) Serrano, L., J. Penuelas, and S.L. Ustin, 2002. Remote Sensing of Nitrogen and Lignin in Mediterranean Vegetation from AVIRIS Data**:** Decomposing Biochemical from Structural Signals. Remote Sensing of Environment 81:355-364.

99) **Sharma, K.D., Pannu, R.K., Tyagi, P.K., Chaudhary, B.D. and Singh, D.P. 2003**, Effect of Moisture Stress on Plant Water Relations and Yield of Different Wheat Genotypes. Indian Journal of Plant Physiology, 8(1): 99-102.

100) **Shivani, U.N., Verma, Sanjeev Kumar, S.K. Pal and Thakur, R., 2003,** Growth Analysis of Wheat (Triticum aestivum) Cultivars under Different Seedling Dates and Irrigation Levels in Jharkhand. Indian Journal of Agronomy, 48(4): 282-286

101) **SILBERBUSH, M. Studies with The "Global-Green" Liquid fertilizer :Mobility and Transformation in Desert soils. 2002**, www.global-green.com. page: 1- 20 . in 27/3/ 2006.

102) **Simpson, P, G and K, H, M, Siddique. (1994)** Soil type influences relative yield of Barley and Wheat in a mediterranean – type environment, Journal of Agronomy and Crop Science, 172(3): 147-160.

103) **Sims, D.A. and J.A. Gamon, 2002.** Relationships Between Leaf Pigment Content and Spectral Reflectance Across a Wide Range of Species, Leaf Structures and Developmental Stages. Remote Sensing of Environment 81:337-354.

104) **Sinclair, T. R.; R. M. Hoffer and M. M. Schreiber (1971).** Reflectance and internal structure of leaves from several crops during a growing season**.** Agronomy J. 63 : 864-868.

105) **Sovoe S.,2011** :Mapping Irigated Area Fragments for Crop Water Use Assessment Using Handheld Spectroradiometer. International Journal of Agronomy Volume 2011, Article ID 974040, 8 pages doi : 10. 1155 /2011 /974040.

106) **Spiertz ,J.; De Vos , and L.Hole , 1984** .The role of nitrogen in yield formation of cereals , especially of winter wheat . In : the Proceeding of cereal production Royal Dubin Society , Bultworths

107) **STANCALIE Gh. A. T. NERTAN, L. TOULIOS, M. SPILIOTOPOULOS ,2014:** Potential of using satellite based vegetation indices and biophysical variables for the assessment of the water footprint of crops: Second International ConNence on Remote Sensing and Geoinformation of Environment' 7-10 April , (2014), Pafos, Cyprus.

108) **Stanchev , A and T , S , Ivanova. (1985)** Effect of plant density, fertilizer and irrigation on chemical composition and yield of constituents in corn grain. Rasteniev "dni Nauki". 22(6): 41-49.

109) **Swain, P.H., and S.M. Davis (1978).** Remote Sensing: Quantitative Approach, McGraw – Hill, New York.

110) **Talebi R., Fayyaz F., Naji A. M. 2010**. Genetic Variation and Interrelation ships of Agronomic Characteristics in Durum Wheat under Two Constructing Water Regimes, Braz. Arch. Biol. Technol. V.53 N. 4: Pp. 785-791

111) **Traore S. B., Carlson R. E., Pilcher C. D., Rice M. E. 2000**. Bt and Non Bt Maize Growth and Development As Affected by Temperature and Drought Stresses, Agro. J. 92: 1027-1035

112) Tucker, C.J., 1979. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation. Remote Sensing of the Environment 8:127-150**.**

113) **Verrelst J., M. Kneubühle, ، B. Koetz and M. Schaepman,2006:** DIRECTIONAL SENSITIVITY ANALYSIS OF VEGETATION INDICES FROM MULTI-ANGULAR CHRIS/PROBA DATA. Centre for Geo-Information, Wageningen UR, Wageningen, The Netherlands– Jochem.

114) **Villegas, D., N. Aparicio, R. Blanco, and C. Royo. 2001**: Biomass accumulation and main stem elongation of durum wheat grown under Mediterranean conditions. Ann. Bot. 88:617–627.

115) **Vin˜a, A; A, A, Gitelson. (2005)** New developments in the remote estimation of the fraction of absorbed photosyntheti- cally active radiation in crops.Geophys Res Lett; 32: L17403.

116) **Volaire F. 2003**. Seedling Survival Under Drought Differs Between An Annual (Hordeum Vulgare) and A Perennial Grass . New Phytologist, 23: 501-510

117) **Wiegand, C.L., A.J. Richardson and E.T. Kanemasu. (1979).** Leaf area index estimates for wheat from LANDSAT and their implications for evapotranspiration and crop modeling. Agron. J. 71:336-342.

118) **Wiegand, C.L., A.J. Richardson, D.E. Escobar and A.H. Gegbermann. (1991).** Vegetation indices in crop assessments, Rem. Sens. Environ. 35: 105 – 119.

119) **Woodruff , J , R ; Ligon , J ,T and Smith , B , R. (1984**) Water table depth interaction with nitrogen rates on subirrigated corn. Agron. J. 76(2): 280-283.

120) **Wozniak Edyta, Sylwia Nasilowska 2011**: Delimitation of Nitrates Pollution Source Areas on the Base of Vegetation Indices Derived from MODIS. University of Warsaw, Faculty of Geography and Regional Studies, Department of Geoinformatics and Remote Sensing, Warsaw, Poland

121) **Yu , L, And T.L. Setter. 2003.** Comparative Transcriptional Profiling of Placenta and Endosperm in Developing Maize Kernels in Response to Water Deficit. Plant Physiology,31: 568-582

122) **Zarco-Tejada P.J. , C.A. Rueda, S.L. Ustin. (2003)** Water content estimation in vegetation with MODIS reflectance data and model inversion methods

123) **Zarco-Tejada P.J.**..et.al, **2007:** Remote Sensing Of Vegetation Biophysical Parameters for Detecting Stress Condition and Land Cover Changes.

124) **Zhang, R., J. Ba, Y. Ma, S. Wang and J. Zhang et al., 2012**: A comparative study on wheat leaf area index by different measurement methods. Proceedings of the 1st International Conference on Agro-Geoinformatics, Aug. 2-4, IEEE Xplore Press, Shanghai, pp: 1-5. DOI: 10.1109/Agro-Geoinformatics .2012 . 6311671.

Abstract

A field experiment was conducted at the General Organization of Remote sensing (GCRS), Damascus countryside, Syria, during 2013/201 season, using some Spectral indices i.e. NDVI, SRI, EVI, NDVI705, mSR705, mNDVI705, NDNI, WBI, NDWI, MSI, and NDII to determine the Spectral response of wheat plant throughout its different developing stages under the effect of irrigation and nitrogen fertilization, also using spectral indices in

predicting yield. Besides studying the performance of some Spectral vegetative indices, nitrogen and water stress indices of wheat plant throughout its different phonological stages, and study the correlation between the Spectral indices, and some vegetative and productivity characteristics, and trying to predict yield depending on the Spectral indices.

The experiment was laid out using split plot design, with three replicates. The radiometric measurements, and some vegetative characteristics (Leaf Area Index (LAI), fresh, and dry weight of plant, and chlorophyll content) were taken each 15 days started from the beginning to the end of growing season. Also yield and yield components were measured to study the relationship between grain yield and Spectral indices to predict grain yield. The most important results of the study can be concluded as follow:

A significant effect of irrigation and nitrogen fertilizer was noticed on leaf chlorophyll content and LAI, at the beginning of plant growth, and after 77 days of sowing to the end of the growing season for nitrogen fertilizer and irrigation, respectively. The highest values were achieved at the maximum vegetation growth (112-165 days after sowing.

Fresh weight of plant was increased from the beginning of plant growth to 148 days, then this value began to decrease, the highest value was achieved at the maximum vegetation growth. In terms of dry weight, the values increased to the end of the growing season. The results showed a significant effect of nitrogen fertilizer on fresh and dry weight of plant starting since from initial stages of wheat plant, while the significant effect of irrigation appeared after 112 days from sowing for fresh and dry weight of plant.

A significant differences were found between the complementary irrigations, nitrogen fertilizer, and the interaction for plant height, length of spikelet, total number of tillers, number of fertile tillers, fertile tiller index, number of grains/plant, grain weight/plant, plant weight, grain yield, straw yield, and harvest index). The highest values were achieved with the addition of two irrigations (at tillering and heading stages), while the lowest values were achieved in no irrigation treatment. In terms of nitrogen fertilizer the lowest values were found with no addition (the control), but with the addition of 240 Kg/ha,the highest values were achieved. The best treatment for both irrigation and nitrogen fertilizer was found with the

addition of two irrigations and 240 Kg/ha nitrogen fertilizer, as compared with the other treatments.

It was noticed that the performance of all Spectral indices were similar, it was low at the beginning of plant growth, then increased to reach its maximum value at the vegetative stage, then decreased again with the development of plant growth and harvest, but MSI had opposite performance. Nitrogen fertilizer until a significant effect on Spectral indices in the first plant stages, N_o gave the lowest values, while N_1, N_2, and N_3 gave a highest values.

In terms of irrigation levels (I1, I2, and I3), a very low difference in Spectral indices was noticed at the first plant stages, but the differences began to appear after 97 days from sowing, because of the addition of irrigation during tillering stage.

With respect to correlation study: The results showed high significant correlation between the different indices and LAI, it was positive with EVI, NDII, and WBI at 0.05% level of significance, while with the other indices at 0.01 level of significance, but the correlation was negative with MSIat 0.05% level of significance. The fresh weight showed positive and significant correlation with EVI, NDII, and WBI, but showed negative correlation with MSI at 0.05% level of significance. It was noticed that all three Spectral indices had a relation with water content, but the dry weight showed a positive correlation but not significant, while it showed a negative correlation with MSI but also not significant.

It has been found a high significant correlation between the indices and grain yield at each radiometric measurement except after 62 and 208 days after sowing, which are accompany with the first and last stages of growth plant, respectively. It is also noticed that NDII, NDWI, WBI, NDNI, NDVI, recorded the highest correlation values after 145 from sowing, but the other indices MSI, mNDVI705, mSR705, NDVI705, EVI, and SR recorded the highest correlation values after 165 days from sowing, which concidise with the maximum vegetation growth. Similar results were registered in term of correlation between the indices for the straw yield.

With respect to Yield prediction: It has been found that the best linear modelwas with the indices NDII, WBI, and NDWI after 145 from sowing.

The results while that when using stepwise regression NDII with all indices, SRI with vegetation indices and NDII with the stress indices.

SRI, NDII, and mSR705 gave a good prediction linear model, when simple correlation was studied between the Spectral indices and grain yield after 165 days from sowing. The results showed that when using stepwise regression SR, NDWI, NDII, and NDNI with all indices, SR with vegetation indices and NDII, NDWI, and WBI with the stress indices were the best grain yield prediction .