الجمهورية العربية السورية
جـامـعـة دمـشـق
كلية الهندسة الزراعية
قـسـم المحاصيل الحقلية

الانعكاس الطيفي لمحصول الحمص وعلاقته بالنمو والإنتاجية تحت ظروف نطاقين جغرافيين وموعدي زراعة

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية
(قسم المحاصيل الحقلية)

إعداد المهندس

بهاء حسن الشوفي

الإشراف العلمي

المشرف الرئيسي
الدكتور حسن عزام
الأستاذ في قسم المحاصيل الحقلية
كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق

المشرف المشارك
الدكتور ناصر ابراهيم
مدير بحوث الهيئة العامة للاستشعار عن بعد
كلية الهندسة الزراعية - جامعة دمشق

دمشق 2019م



ليس بعد تمام العمل من شيء أجمل ولا أحلى من الحمد، فالحمد الله والشكر له لجزيل فضله وعظم إحسانه على ما أنعم به عليّ من إتمام هذا البحث المتواضع.

ثم أنه لا يسعني إلا أن أشيد بالفضل وأقر بالمعروف لك من ساهم في إنجاز هذا البحث أخص بالذكر...

أستاذي المشرف الدكتور حسن عزام على ما خصني به من التوجيه والتصويب.

وأستاذي المشرف المشارك الدكتور ناصر إبراهيم على كل ما قدمه من وقت وجهد وتوجيه وإرشاد وتشجيع من بداية مرحلة البحث وحتى إتمام هذه الرسالة.

وأقدم شكري إلى لجنة الحكم المتمثلة بالدكتور أيمن عودي والدكتور مأمون خيتي على النصائح والتوجيهات المقدمة لإغناء هذا البحث وتقويمه.

كما أتقدم بالشكر إلى كافة الاساتذة والقائمين في قسم المحاصيل الحقلية على ما قدموه من المعونة والتوجيه، وإلى قسم الدراسات العليا في كلية الزراعة جامعة دمشق وأخص بالذكر الأستاذ باسم عزام على جهودهم.

وأخص بالشكر الهيئة العامة للاستشعار عن بعد لتقديم كافة المعدات والتجهيزات لتنفيذ هذا البحث.

كما اتقدم بالشكر إلى الأستاذ المهندس تحيى شرف على الجهد والوقت الذي قام به للتدقيق اللغوي لهذا البحث.

وأخير اشكر كل من ساهم في المساعدة في انجاز هذا البحث من زملاء العمل والأصدقاء في مديرية الزراعة الإصلاح الزراعي في السويداء ووزارة الزراعة الإصلاح الزراعي في مدينة دمشق.

إهداء

إلى رجل الكفاح الذي من افنى شبابه في تربية أبنائه . . . والدي الحبيب .

إلى نبع الحنان والحب النابض ورمز التضحية . . . أمي الغالية .

إلى من تقاسمت معهم أيام الطفولة . . . أخوتي ضياء وصفاء ووفاء .

إلى كل الأصدقاء والزملاء الذين لم يدخروا جهد في مساعدتي .

أهدي هذا الجهد المتواضع .

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة، جامعة دمشق.

This Thesis has been submitted as a partial fulfillment of the requirements for Master Degree in Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Damascus University.

لجنة الحكم

الدكتور: حسن عزام (رئيساً)

الدكتور: أيمن الشحاذة العودة (مشرفاً علمياً)

الدكتور: مأمون خيتي (مشرفاً علمياً)

شهادة

نشهد بأنّ العمل الموصوف في هذه الأطروحة، نتيجة بحث علمي قام به المرشح بهاء حسن الشوفي تحت إشراف الدكتور حسن عزام، الأستاذ المساعد في قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة بجامعة دمشق، والدكتور ناصر أبراهيم مدير بحوث–الهيئة العامة للاستشعار عن بعد دمشق. وإنّ أية مراجع أخرى بحثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المرشح المهندس	**الدكتور**	**الدكتور**
بهاء حسن الشوفي	**حسن عزام**	**ناصر ابراهيم**
	(المشرف العلمي)	**(المشرف المشارك)**

Certificate

We herby that the work described in this thesis is the result of a scientific research, performed by the researcher Bahaa Alshofe, under the supervision of Dr. Hasan Azam, Associate Professor, and Dr. Naser Ibrahem. All reference books resorted to by the researcher has been checked by the text.

Candidate	**Chairman**	**Co-supervisor**
Bahaa Alshofe	**Hasan Azam**	**Naser Ibrahem**

تصريح

أُصرح بأنّ البحث الموصوف في هذه الأطروحة تحت عنوان **الانعكاس الطيفي لمحصول الحمص وعلاقته بالنمو والإنتاجية تحت ظروف نطاقين جغرافيين وموعدي زراعة**، لم يسبق أن قُدّم للحصول على أية درجة جامعية أخرى. وهو غير مقدم حالياً لذلك، وأنّ كافة الأعمال والنتائج المذكورة هي نتاج جهودي الشخصية، وبتوجيهٍ من المشرفين العلميين، وقد نسبت أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت في الأطروحة إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشح

بهاء الشوفي

Declaration

I declare that the present research entitled: **" Spectral Reflectance of Chickpea Crop and it's Relation with Growth and Productivity under two Geographical Sites and Sowing Dates"** is a new research work that has never been studied by any other researchers for any other degrees, and currently it is not submitted by any one for any degree.

Candidate
Bahaa Alshofe

المحتويات

الملخص 1
المقدمة: 3
مبررات البحث: 5
أهداف البحث: 5
الدراسة المرجعية: 6
مواد البحث وطرائقه: 19
النتائج والمناقشة: 27
أولا: تأثير عوامل الدراسة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية: 27
ثانياً: تأثير عوامل الدراسة في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص: 46
ثالثاً: تأثير عوامل الدراسة في مكونات الإنتاج: 51
رابعاً: تأثير عوامل الدراسة في الصفات الطيفية لمحصول الحمص: 55
خامساً: العلاقات الطيفية - الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية 93
الاستنتاجات: 99
التوصيات: 100
المراجع: 101
الملخص الانكليزي 107

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
1	الجدول (1) نتائج تحليل التربة للحقول المزروعة.	22
2	الجدول (2) تاريخ القراءات الطيفية المأخوذة في نطاقي الزراعة.	24
3	الجدول (3) الهطول المطري الشهري في محطتي السويداء وظهر الجبل لموسم 2015/2014.	28
4	الجدول (4) متوسط درجة الحرارة الشهرية في محطتي السويداء وظهر الجبل لموسم 2015/2014.	28
5	الجدول (5) تأثير النطاق الجغرافي في الصفات الشكلية والفيزيولوجية لمحصول الحمص.	31
6	الجدول (6) تأثير الصنف في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو المختلفة.	33
7	الجدول (7) تأثير موعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو المختلفة.	35
8	الجدول (8) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.	38
9	الجدول (9) تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.	40
10	الجدول (10) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.	41
11	الجدول (11) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في ارتفاع النبات خلال مراحل النمو.	42
12	الجدول (12) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في CCI خلال مراحل النمو.	43
13	الجدول (13) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في LAI خلال مراحل النمو.	43
14	الجدول (14) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الوزن الرطب خلال مراحل النمو.	44
15	الجدول (15) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الوزن الجاف خلال مراحل النمو.	44
16	الجدول (16) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في المحتوى المائي خلال مراحل النمو.	45
17	الجدول (17) تأثير النطاق الجغرافي في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	48
18	الجدول (18) تأثير الصنف المزروع في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	49
19	الجدول (19) تأثير موعد الزراعة في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	50
20	الجدول (20) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	51
21	الجدول (21) تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	51
22	الجدول (22) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	52
23	الجدول (23) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.	52
24	الجدول (24)تأثير النطاق الجغرافي في مكونات الإنتاج.	53
25	الجدول (25)تأثير الصنف المزروع في مكونات الإنتاج.	54
26	الجدول (26)تأثير موعد الزراعة في مكونات الإنتاج.	54
27	الجدول (27)تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في مكونات الإنتاج.	55
28	الجدول (28)تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج.	55
29	الجدول (29)تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج.	56
30	الجدول (30)تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج.	56
31	الجدول (31) القنوات الطيفية.	57
32	الجدول (32) تأثير النطاق الجغرافي في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	65

33	الجدول (33) تأثير الصنف المزروع في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	71
34	الجدول (34) تأثير موعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	77
35	الجدول (35) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	81
36	الجدول (36) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	82
37	الجدول (37) تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	84
38	الجدول (38) تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	86
39	الجدول (39) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	89
40	الجدول (40) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	90
41	الجدول (41) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	93
42	الجدول (42) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.	94
43	الجدول (43) قيم معامل الارتباط بين المؤشرات الطيفية والصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية لنباتات الحمص.	95
44	الجدول (44) النماذج الطيفية لتقدير الصفات الشكلية والفيزيولوجية لنباتات الحمص.	96

فهرس الأشكال

الرقم		رقم الصفحة
1	الشكل (1) الأشعة الكهرومغناطيسية.	9
2	الشكل (2): موقعا منطقة الدراسة في محافظة السويداء	23
3	الشكل (3): مخطط التجربة	24
4	الشكل (4) جهاز قياس مساحة الأوراق (LA-3000C).	27
5	الشكل (5) تأثير النطاق الجغرافي في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو المختلفة.	33
6	الشكل (6) تأثير الصنف المزروع في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.	35
7	الشكل (7) تأثير موعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية لمحصول الحمص.	38
8	الشكل (8) قيم الانعكاسات الطيفية	59
9	الشكل (9) قيم الانعكاسات الطيفية في النطاق الجغرافي السهلي (الثعلة).	59
10	الشكل (10) قيم الانعكاسات الطيفية في النطاق الجغرافي الجبلي (بوسان).	60
11	الشكل (11) متوسط قيم الانعكاسات الطيفية في موقعي الدراسة.	60
12	الشكل (12) قيم الانعكاسات الطيفية في الصنفين المزروعين خلال كافة مراحل النمو.	61
13	الشكل (13)متوسط قيم الانعكاسات الطيفية في الصنفين المدروسين.	61
14	الشكل (14) قيم الانعكاسات الطيفية في موعد الزراعة خلال كافة المراحل.	62
15	الشكل (15) متوسط قيم الانعكاس الطيفي في موعدي الزراعة.	62
16	الشكل (16) تأثير النطاق الجغرافي في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	63
17	الشكل (17) قيم الدليل النباتي NDVI في نطاقي الزراعة.	66
18	الشكل (18) قيم الدليل النباتي NDGI في نطاقي الزراعة.	66
19	الشكل (19) قيم الدليل النباتي NDWI1 في نطاقي الزراعة.	67
20	الشكل (20) قيم الدليل النباتي NDWI2 في نطاقي الزراعة.	67
21	الشكل (21) تأثير الصنف المزروع في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	70
22	الشكل (22) قيم الدليل النباتي NDVI في الصنف المزروع.	72
23	الشكل (23) قيم الدليل النباتي NDGI في الصنف المزروع.	73
24	الشكل (24) قيم الدليل النباتي NDWI1 في الصنف المزروع.	73
25	الشكل (25) قيم الدليل النباتي NDWI2 في الصنف المزروع.	74

26	الشكل (26) تأثير موعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.	76
27	الشكل (27) قيم الدليل النباتي NDVI في موعدي الزراعة.	78
28	الشكل (28) قيم الدليل النباتي NDGI في موعدي الزراعة.	79
29	الشكل (29) قيم الدليل النباتي NDWI1 في موعدي الزراعة.	79
30	الشكل (30) قيم الدليل النباتي NDWI2 في موعدي الزراعة.	79
31	الشكل (31) قيم الدليل النباتي NDVI في النطاق-الصنف.	83
32	الشكل (32) قيم الدليل النباتي NDGI في النطاق-الصنف.	84
33	الشكل (33) قيم الدليل النباتي NDWI1 في النطاق-الصنف.	84
34	الشكل (34) قيم الدليل النباتي NDWI2 في النطاق-الصنف.	85
35	الشكل (35) قيم الدليل النباتي NDVI في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.	88
36	الشكل (36) قيم الدليل النباتي NDGI في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.	88
37	الشكل (37) قيم الدليل النباتي NDWI1 في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.	89
38	الشكل (38) قيم الدليل النباتي NDWI2 في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.	89
39	الشكل (39) قيم الدليل النباتي NDVI في الصنف المزروع لموعد الزراعة.	92
40	الشكل (40)قيم الدليل النباتي NDGI في الصنف المزروع لموعد الزراعة.	92
41	الشكل (41)قيم الدليل النباتي NDWI1 في الصنف المزروع لموعد الزراعة.	93
42	الشكل (42)قيم الدليل النباتي NDWI2 في الصنف المزروع لموعد الزراعة.	93
43	الشكل (43) العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDGI وCCI في الحمص.	98
44	الشكل (44)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDWI2 وLAI في الحمص	99
45	الشكل (45)العلاقة بين قيم الانعكاس الطيفي للمجال (λ905) والوزن الرطب في الحمص	99
46	الشكل (46)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDWI1 والوزن الجاف في الحمص	100
47	الشكل (47)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDWI2 والمحتوى المائي في الحمص.	100
48	الشكل (48)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDVI والغلة في الحمص.	101
49	الشكل (49) العلاقة بين قيم المجال الطيفي λ712 ودليل الحصاد في الحمص.	101

الاختصارات العلمية Abbreviations

قائمة الاختصارات والمصطلحات العلمية		
الاختصار	المقابل الانكليزي	المقابل العربي
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	دليل تسوية التباين النباتي
NDGI	Normalized Difference Greenness Index	دليل تسوية التباين الخضري
NDWI	Normalized Difference Water Index	دليل الاختلاف الطبيعي المائي
CCI	Chlorophyll Concentration Index	دليل محتوى الأوراق من الكلوروفيل
LAI	Leaf Area Index	دليل المساحة الورقية
HI	Harvest Index	دليل الحصاد
NIR	Near Infra-Red	الأشعة تحت الحمراء القريبة
R	Red	الأشعة الحمراء
G	Green	الأشعة الخضراء
WBI	Water Band Index	الدليل المائي
RCBD	Randomized Complete Block Design	تصميم القطاعات العشوائية الكاملة
PH	Plant High	ارتفاع النباتات
FW	Fresh Weigh	الوزن الرطب
DW	Dry Weight	الوزن الجاف
WC	Water Content	المحتوى المائي

الملخص

يهدف البحث إلى مراقبة تغير المؤشرات الطيفية لمحصول الحمص (*Cicer arietinum L.*) خلال مراحل النمو وعلاقتها بالصفات الخضرية والإنتاجية المحصولية. أُجريت التجربة في محافظة السويداء خلال موسم الزراعة (2015/2014)، وتمّت الزراعة في نطاقين جغرافيين، هما النطاق السهلي وتمثله قرية الثعلة، والنطاق الجبلي وتمثله قرية بوسان، حيث شمل عامل الدراسة الأول الصنفين المزروعين، وهما الصنف الشتوي (غاب3)، والصنف الربيعي. أما عامل الدراسة الثاني فهو موعد الزراعة الذي ينقسم إلى موعدين، الموعد المثالي (12/21 للصنف الشتوي، 2/19 للربيعي) والموعد المتأخر (1/10 للصنف الشتوي، 3/7 للربيعي)، وذلك بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية بثلاثة مكررات. تّم تسجيل القراءات الراديومترية بفاصل زمني (7– 15) يوماً ابتداءً من موعد الزراعة وحتى مرحلة الحصاد بأطوال موجية من 325 إلى 1075 نانو متر بفاصل طيفي 1 نانو متر. كما تّم قياس الصفات الشكلية والفيزيولوجية بالتزامن مع تسجيل القراءات الراديومترية.

تفوق النطاق الجبلي في قيمة دليل تسوية التباين النباتي NDVI (0.77) عند تاريخ (4/19)، ودليل تسوية التباين الخضري NDGI (0.0417-) في التاريخ نفسه، ودليل الاختلاف الطبيعي المائي NDWI1 (0.016) في التاريخ نفسه. تفوق الموعد المثالي في قيمة الدليل NDVI (0.460) عند تاريخ (4/19)، والدليل NDGI (0.0188-) في التاريخ نفسه، بينما تفوقت قيمة الدليل NDWI1 (0.022) في التاريخ (5/3). أظهر الدليل NDVI استدامة اخضرار الأوراق في نباتات النطاق الجبلي مدّة أطول من مراحل النمو بالمقارنة مع النطاق السهلي مترافقاً مع صفات الوزن الرطب ومحتوى الأوراق من اليخضور (الكلوروفيل) (CCI) ودليل المساحة الورقية (LAI). كما أظهر أيضاً استدامة اخضرار أوراق كل من نباتات الصنف الشتوي ونباتات الموعد المثالي مُدة أطول من مراحل النمو بالمقارنة مع كل من الصنف الربيعي والموعد المتأخر على التوالي، مترافقاً مع صفات الوزن الرطب ومحتوى الأوراق من اليخضور (الكلوروفيل) (CCI) ودليل المساحة الورقية (LAI). وأظهر الدليل NDGI فعّالية التمثيل الضوئي في نباتات النطاق الجبلي عن السهلي والصنف الشتوي عن الربيعي والموعد المثالي عن المتأخر مترافقاً مع صفة محتوى الأوراق من اليخضور (الكلوروفيل) CCI. بينما أوضح الدليل NDWI1 اختصار المراحل التطورية في نباتات الموعد المتأخر الذي دفع النباتات نحو اختصار حياة المحصول باتجاه النضج.

ويمكن تلخيص أهم المعادلات التي تم العمل بها للتنبؤ بالصفات الشكلية والفيزيولوجية والصفات المحصولية:

قُدرت كل الصفات الشكلية والفيزيولوجية والصفات المحصولية المسجلة لنباتات الحمص وفق قيم انعكاسها الطيفي بالمعادلات التالية:

محتوى الأوراق من جزيئات اليخضور (الكلوروفيل) (CCI) اعتماداً على قيم الدليل (NDGI):
$CCI = 60.202\mathbf{NDGI} + 17.886$.

دليل المساحة الورقية LAI اعتماداً على قيم الدليل (NDWI2): $LAI = 0.308e^{-75.81\mathbf{NDWI2}}$.

الوزن الرطب (غ) اعتماداً على قيم الانعكاس الطيفي في المجال (905λ):
$FW = 1.4071e^{14.439(\mathbf{905\ \lambda})}$.

الوزن الجاف (غ) اعتماداً على قيم الدليل النباتي NDWI1:
$DW = -3186.4\mathbf{NDWI1} + 58.55$.

المحتوى المائي (%) باعتماد الدليل النباتي NDWI2 :
$WC = -582.33\mathbf{NDWI2} + 58.955$.

الغلة (غ/م^2) باعتماد الدليل NDVI: $Yield = 17.662e^{6.4072\mathbf{NDVI}}$.

صفة دليل الحصاد باعتماد قيم الانعكاس الطيفي في المجال (712λ):
$HI = -1968.3\mathbf{(712\lambda)} + 408.91$.

المقدمة:

يعتبر الحمص Chickpea (*Cicer arietinum L.*) من المحاصيل البقولية المهمة حيث يُعد مصدراً ممتازاً للكربوهيدرات والبروتينات الغذائية. وهو من المحاصيل التي تنمو في منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، وتعود زراعته لأكثر من 7000 عام في منطقة الشرق الأوسط (Singh، وزملاؤه 1993)، كما أنّ الحمص من النباتات ذات الصيغة الصبغية المضاعفة (2n=2x=16) وهو من المحاصيل ذاتية التلقيح self-pollinated crop (Aggarwal وزملاؤه، 2011).

وتعد منطقة جنوب آسيا المنتج الأكبر للحمص (76%) من الإنتاج العالمي، والمساحة المزروعة فيها أكثر من 80%. كما تغطي مساحته في الهند وباكستان أكثر من 75% من إجمالي المساحة العالمية المزروعة بالحمص (Akibode و Maredia، 2011).

يأتي الحمص بالمرتبة الأولى في منطقة غرب آسيا وشمال أفريقيا بين المحاصيل البقولية، والثانية في سورية بعد العدس Lentils، والثالثة في العالم. وتتركز زراعته في المناطق المطرية بسبب التدهور الكبير لمصادر الرّي، إذْ تبلغ المساحة المزروعة على مستوى القطر نحو 66569 هكتاراً بإنتاج 50373 طناً، وتحتل المنطقة الجنوبية من سورية المرتبة الأولى من حيث المساحة المزروعة إذْ تعادل نحو 44.5% من إجمالي المساحة المزروعة بهذا المحصول (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية،2015).

إنّ أكبر مساحة مزروعة بمحصول الحمص في سورية مطرياً هي في محافظة السويداء (30266 هكتاراً)، تليها درعا (15256 هكتاراً)، ثمّ حلب (11865 هكتاراً). أما بالنسبة لإنتاج الحمص في محافظات سورية فإنّ أكبر كمية كانت في محافظة حلب (18308 طناً)، تليها السويداء (12336 طناً)، ثمّ درعا (11791 طناً)، حيث تنتج محافظة السويداء نحو 24.5% من إنتاج هذا المحصول على مستوى القطر ولكن متوسط الغلة البذرية منخفضة (408 كغ.هكتار$^{-1}$)، وهي أقل من حلب (1543 كغ.هكتار$^{-1}$)، ومن درعا (773كغ.هكتار$^{-1}$).(المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية،2015).

تعتمد تقنيات الاستشعار عن بعد على تقدير غلال المحاصيل على أساس مراقبة النمو النباتي خلال حياة المحصول، ورصد حركية الشواهد الفسيولوجية المحصولية خلال مراحل النمو المؤدية في مجموعها إلى الإنتاجية النهائية، وبما أنّ الدلائل الفسيولوجية تتأثر في سيرورتها بالعناصر الداخلة في تركيبها: المناخ بمكوناتهُ سواءَ كان الضوء من كمية وشدة إشعاع شمسي وارد على المظلة المحصولية، أو الحرارة، أو الهطول المطري، والتربة بمكوناتها الغذائية من عناصر مغذية معدنية وعضوية وحيوية، وطبيعتها الفيزيائية والكيميائية، والمحتوى المائي، وطبوغرافية المنطقة،

والصنف المزروع، وتاريخ وطريقة الزراعة، واتجاه سطور الزراعة، وطرق الرّي، وعمليات الخدمة قبل الزراعة وبعدها (ابراهيم 2008).

تعريف علم الاستشعار عن بعد Remote Sensing :

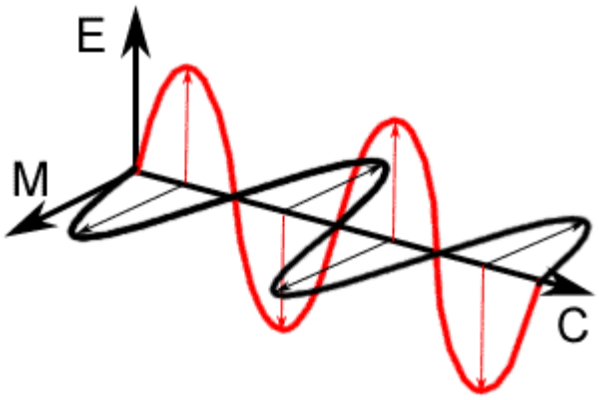
الاستشعار عن بعد هو العلم الذي يتم من خلاله الحصول على معلومات عن جسم أو ظاهرة ما، دون تماس فيزيائي مباشر مع الهدف المدروس، عن طريق دراسة الموجات الكهرومغناطيسية لهذا الهدف، ومن ثمّ معالجة هذه المعلومات وتحليلها.

مبدأ الاستشعار عن بعد:

تعتمد تقنيات الاستشعار عن بعد على مبدأ فيزيائي بسيط ، وهو أنّ الأجسام المختلفة تعكس الأشعة الساقطة عليها بدرجاتٍ مختلفة. وعليه فإنّ معرفة الخصائص الطيفية للأهداف الطبيعية وكيفية انعكاسها على الصور الفضائية لهما أهمية كبيرة في عملية التفسير.

الطيف الكهرومغناطيسي:

تُعد الأشعة الكهرومغناطيسية مصدر الطاقة الأساسي، التي تعتمد عليها تقنية الاستشعار عن بعد. وتُعرّف بأنّها التفاعل بين الحقل الكهربائي (E) الذي يتعامد مع اتجاه انتقال الأشعة، والحقل المغناطيسي(M) الذي يصنع زاوية قائمة مع الحقل الكهربائي والمنتشرة خلال الفضاء أو الأوساط الأخرى. وكلا الحقلين ينتقلان بسرعة الضوء (C) الشكل (1).



الشكل (1) الأشعة الكهرومغناطيسية.

مبررات البحث:

- انخفاض الإنتاجية في وحدة المساحة، الأمر الذي يفترض معه دراسة بعض العوامل الزراعية و/أو الظروف البيئية التي قد تؤثر سلباً في معدل النمو والتطور، وبالتالي في إنتاجية المحصول.
- أهمية تقنيات الاستشعار عن بعد برصد الشواهد الفيزيولوجية المحصولية تحت تأثير العناصر المناخية والتربَية والزراعية المؤدية بمجموعها النهائي إلى الإنتاجية الحبية، وأهمية هذه التقنية في اختصار الوقت والجهد في دراسة المراحل التطورية للمحصول وإنتاجيتهُ.

أهداف البحث:

- دراسة تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في إنتاجية صنفين من الحمص والعلاقة بين المساحة والإنتاج تحت الظروف البيئية والزراعية في محافظة السويداء من الناحية الطيفية والزراعية.
- الدراسة الطيفية لمحصول الحمص خلال مراحل نموهُ تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة وعلاقتهما بالإنتاجية.
- إمكانية التنبؤ الطيفي المبكر في تقدير الانتاجية.

الدراسة المرجعية:

علاقة الصفات الخضرية والغلّة البذرية مع موعد الزراعة:

أُجريت الكثير من الأبحاث لدراسة تأثير مواعيد الزراعة في إنتاجية محصول الحمص، حيث أشار Bahi وزملاؤه (1984)، إلى وجود اختلاف معنوي لتأثير مواعيد الزراعة في معظم مكونات الغلة البذرية، في حين لم يتأثر وزن الـ 100 بذرة بمواعيد الزراعة. وبينت نتائج Sedgley وSiddique (1986) أنّ تأثر غلة بذور الحمص في الزراعة الشتوية كان قليلاً بموعد الزراعة المتأخر عن الموعد الأمثل لزراعة المحصول في جنوب غرب أستراليا، ووجدا ارتباطاً موجباً ومعنوياُ بين غلة البذور والوزن الجاف للنبات.

وفي دراسة في الهند بيَّن Dumbre وDeshmukh (1983) أنَّ أفضل موعد لزراعة الأصناف الشتوية لمحصول الحمص تمتد بين شهر تشرين الأول إلى منتصف شهر تشرين الثاني، وأنّ أي انحراف في موعد الزراعة عن هذه الفترة يُسبب انخفاضاً واضحاً في الغلة البذرية. وبين Deore وزملاؤه، (1989) أنّ زراعة الحمص في الفترة الممتدة بين شهر تشرين الثاني وكانون الأول في ولاية ماهاراشترا الهندية أعطت أعلى غلة بذرية لمحصول الحمص، وسببت الزراعة المتأخرة له انخفاض في الكتلة الحيوية Biomass وتراجعاُ في كمية البذور في النبات ووزن الـ100 بذرة.

وجد Singh وزملاؤه (1993) تأثيراً معنوياً لمواعيد الزراعة في مدَّة وصول المحصول للنضج التام عند اختيارهم عدَّة تراكيب وراثية في مواعيد زراعة مختلفة، كما وجد *الفلاحي* (1996) فروقات معنوية بين مواعيد الزراعة في إنتاجية الحمص. وفي دراسة أخرى تمّت الزراعة في موعدين خريفي متأخر وشتوي مبكر، أعطت الزراعة المبكرة في نهاية الخريف وبداية الشتاء زيادة في الإنتاجية قدرت بنحو 50–80% بالمقارنة مع الزراعة التقليدية الشتوية (Lopez-Bellido 2008). وبيّنت النتائج التي حصل عليها Lopez-Bellido (2008)، زيادة الإنتاجية في الزراعة المبكرة، حيث يستفيد النبات من هطولات شهري كانون الثاني وشباط. وذكر Yigitoglu (2006) أنّ نمو نباتات الحمص يكون أسرع في المواعيد الربيعية منه في المواعيد الشتوية، وذلك بسبب ارتفاع درجة الحرارة والظروف البيئية السائدة.

وفي دراسة أجريت في إيران أوضح Shamsa وزملاؤه (2010) أنّ الزراعة المبكرة في تشرين الثاني وبتباعد 40 سم بين السطور، أدّت إلى زيادة عدد الأفرع وارتفاع النبات، وعدد بذور في النبات.

وبيّنت نتائج دراسة Akhtar وزملاؤه (2014) أنّ أكبر غلة للبذور في الباكستان كانت عند موعد الزراعة 10/20، حيث كانت أكبر بنحو 1.51 ، 1.48 مرة من غلة موعد الزراعة 11/19خلال الموسمين الزراعيين (2013/2012 ، 2014/2013) على التوالي.

أظهر البياتي والداودي (2010) في دراسة أُجريت في العراق اختلاف صفة ارتفاع النبات معنوياً باختلاف مواعيد الزراعة، وقد سجل أعلى متوسط لارتفاع النبات (45 سم) في موعد الزراعة المبكر، وأقل متوسط لارتفاع النبات في موعد الزراعة المتأخر، وقد عزيا هذه الاختلافات في ارتفاع النبات إلى الظروف البيئية السائدة بين تلك المواعيد، وخاصةٍ درجة الحرارة والإضاءة، ويؤثر ارتفاع النبات وعدد الأفرع في عدد البذور الناتجة وبالتالي في الغلة البذرية، ولم تؤثر مواعيد الزراعة الثلاثة معنوياً في صفة عدد القرون/نبات. وفي دراسة أجريت في العراق بيّن الطائي والنوري (2013) أنّ الموعد المبكر أعطى أعلى معدل للنمو النسبيRelative Growing Rate (RGR) في موقعي الدراسة بنسبة زيادة قدرها 100% و64.4% عن الموعدين الثاني والثالث على التوالي، وقد عُزيت هذه الزيادة إلى طول مدّة النمو في الموعد المبكر. وقد اتفقت نتائجه مع النتائج التي حصل عليها Ozalkan وزملاؤه(2010). ووجد تفوق موعد الزراعة المبكر على الموعدين المتأخرين في صفة عدد القرون الممتلئة/نبات في موقعي الدراسة، وعُزي ذلك إلى توافر متسع من الوقت للنمو، وزيادة صافي عملية التمثيل الضوئيNet Assimilation Rate (NAR)، وبالتالي تشكل عدد أكبر من القرون، وقد اتفقت نتائجه مع النتائج التي حصل عليها كل من Anlarsal وYucel (2008). وبيّن الطائي والنوري في دراسة أُجريت في العراق أيضاً (2013) وجود فروقات معنوية في صفة وزن القرون في نبات في المواعيد المبكرة في الموقعين المدروسين، حيث ازداد وزن القرون في الموعد الأول بنسبة 124.56% عن الموعد الثالث المتأخر في الموقع الأول (القوش) وبنسبة 30.63% في الموقع الثاني (الرشيدية).

وأشار البياتي والداودي (2010)، أيضاً إلى اختلاف غلة البذور معنوياً باختلاف مواعيد الزراعة إذ تم الحصول على أعلى غلة للبذور عند الزراعة المتوسطة 11/1 وأقل غلة عند الزراعة المبكرة. وبين الطائي والنوري (2013) ازدياد غلة بذور النبات معنوياً في الموعد الأول للموقعين بنسبة 162.2% و71.13% على الموعدين الثاني والثالث، وقد عُزيت هذه النتائج إلى ارتفاع درجة الحرارة أثناء مرحلة الإزهار Flowering فضلاً عن انخفاض الرطوبة النسبية للتربة وقت الإزهار حيث أدّت هذه الظروف إلى موت بعض حبوب اللقاح Pollen grains وتساقط بعض الأزهار. أما وزن 100بذرة ووزن النبات الجاف، فقد تفوق موعد الزراعة المتوسط 11/1 معنوياً على كلا الموعدين 10/15و11/15. ولاحظ الطائي والنوري (2013) تفوق موعد الزراعة الثاني معنوياً في موقع القوش، حيث وصل إلى 28.95غ، وفي موقع الرشيدية تفوق الموعد الأول على باقي المواعيد. وقد عزى الطائي والنوري هذه النتائج إلى ارتفاع معدّل النمو النسبي في المواعيد المبكرة،

الذي انعكس على زيادة معدل التمثيل الضوئي Assimilation Rate ('A') وامتلاء البذور بشكل أفضل، وقد اتفقت نتائجه مع نتائج Tayyar (2008). وقد لاحظ الطائي والنوري (2013) تفوق دليل الحصاد Harvest index (HI) معنوياً في الموعد الأول (33.37%) والموعد الثاني (34.55%) في موقع القوش، وفي موقع الرشيدية تفوق الموعد الأول معنوياً في صفة دليل الحصاد (36.67%)، وانخفضت قيمته في الموعد الثاني (32.07%) والموعد الثالث (33%) وهذه النتائج تتفق مع ما وجده Shamsi وزملاؤه (2009).

وفي دراسة قام بها Azimi وزملاؤه (2015) لدراسة سلوك محصول الحمص تحت ظروف إجهاد الجفاف، وجد أنّ قيمة Leaf Area Index (LAI) قد تزايدت بدءاً من 20 يوماً بعد الزراعة من قيمة (0.1) حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها بعد 60 يوماً من الزراعة (2.2) في النباتات غير المعرَّضة للإجهاد المائي، وقد بلغت قيمة دليل المساحة الورقية (LAI) في النباتات المجهدة فقط (0.5). وفي بحث قام به Fardin وزملاؤه (2013) عن تأثير الري التكميلي على صفات الحمص الفيزيولوجية وجد أنّ قيمة LAI عند نباتات الشاهد دون ري قد بلغت في مرحلة أوج النمو (بعد 68 يوم من الزراعة) (0.6) وفي النباتات المروية وصلت إلى (0.9، 1).

في دراسة قام بها Mahootchi و Golezani (2013) على محصول الحمص في إيران، وجدا أنّ قيمة محتوى الأوراق من جزيئات اليخضور (الكلوروفيل) (CCI) ازدادت بدءاً من مراحل النمو الأولى، حيث كانت قيمتها بعد 25 يوماً من الزراعة (2.0)، ثمّ بدأت بالازدياد إلى أنّ وصلت إلى أعلى قيمة بعد 60 يوماً من الزراعة (5.5)، ثمّ انخفضت عندما بدأ النبات بالدخول في مرحلة الشيخوخة لتصل إلى أقل قيمة لها بعد 80 يوماً من الزراعة (2.2 تقريباً).

علاقة المؤشرات الطيفية بالصفات الخضرية والغلّة البذرية:

1 -الكتلة الحية:

بيّن Tucker وزملاؤه (1979) وجود علاقة بين المجال الأحمر(Red) وتحت الأحمر(Infra-Red) وبين الكتلة الحية الكلية الرطبة والجافة، وارتفاع النبات، ونسبة التغطية الأرضية. واقترح إمكانية مراقبة مراحل نمو الذرة الصفراء corn (*Zea mays L.*) عن بعد. كما وجد Holben وزملاؤه (1980) ارتباط موجب ومعنوي بين الكتلة الحية الخضراء لأوراق فول الصويا Soybean (*Glycine max L.*) ودليل المساحة الورقية وبين المجال الأحمر وتحت الأحمر ومجموعات طيفية أخرى.

أظهر كلاً من Aase و Tanaka وزملائهم (1984) العلاقة بين المادة الجافة للأوراق الخضراء وبين نسبة الأشعة تحت الحمراء القريبة Near Infra-Red إلى الأشعة الحمراء Red

(NIR/RED). واقترحوا أنّ الانعكاس المقاس يمكن أنّ يُستعمل لتقدير المادة الجافة في الأوراق ومساحة الأوراق في القمح Wheat (*Triticum spp.*).

أما Nixon وزملاؤه (1985) فقد أفادوا أنّ بيانات الأشعة تحت الحمراء القريبة(Near Infra-Red) حسّاسة للكتلة الحيوية الخضراء ومفيدة لتمييز الأنواع التي تختلف في كثافة الأوراق.

وقد وجد Jackson و Huete (1991) أنّ بعض الأدلة النباتية مثل (دليل تسوية التباين النباتي NDVI، NIR/RED) أظهرت أداءً جيداً في تتبع كمية الكتلة الحية الخضراء أو دليل المساحة الورقية (LAI) خلال موسم النمو أو الكشف في تفاوت مراحل النمو داخل الحقل.

ووجد كل من Yang و Anderson (1996) أنّ ارتفاع النبات والكتلة الحية والغلة ارتبطت بشكلٍ جيد مع دليل تسوية التباين النباتي (NDVI)، بالإضافة إلى الانعكاس في القناة الطيفية الحمراء والخضراء.

وبين Jensen (2007) أنّ الأصبغة النباتية مثل اليخضور (الكلوروفيل)، والأصبغة البرتقالية كاروتين–β، والصفراء Xanthophyll هي المسؤولة عن انعكاس الأشعة على الأوراق، حيث تمتص هذه الأصبغة قرابة 70–90% من الضوء الأزرق (450–430 نانومتر) والمجال الأحمر (650–660 نانومتر)، أما طبيعة النسيج الاسفنجي للأوراق فهي المسؤولة عن الانعكاس في المجال تحت الأحمر القريب NIR من الطيف الكهرومغناطيسي (700–1300نانومتر)، وهذه الطاقة تمتص أقل من 5–10% وتعكس 40–70%.

وفي دراسة أُجريت في كندا لدراسة الاستجابة الطيفية لمحصولي الحمص والفول Broadbean (*Vicia faba L.*) وَجَد McConnell وزملاؤه (2002)) أنّ كمية الانعكاس لنباتات الشاهد (غير الملقحة بكتيرياً) لمحصولي الحمص والفول كانت مرتفعة في كل المجالات عدا المجال تحت الأحمر القريب، وقد فُسِّر ذلك بانخفاض امتصاص الأشعة بسبب انخفاض محتوى الأوراق من جزيئات الكلوروفيل و/أو انخفاض الكتلة الحية. وبيّن أيضاً أنّ المجال الأحمر يُمتص بشكلٍ أقل في النباتات ضعيفة التغذية بسبب البصمة الطيفية المصفرة، بالإضافة إلى قلّة التغطية بوجود كتلة حيوية منخفضة. ووجدوا أيضاً أنّ الأطوال الموجية لـ(NIR) يمكن أن تستخدم بشكلٍ جيد للدلالة على إجهاد النباتات، وربما يشير المجال الأخضر على استجابة بدائية لإمكانية الكشف عن إجمالي الكتلة الحيوية، لكن بفروقاتٍ غير معنوية.

كما أكد Li (2001 a,b) بأنّ انعكاس نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة (797-829) نانومتر يرتبط أُسِّياً مع الكتلة الحيوية الطرية للنبات، حيث يزداد انعكاس الأشعة تحت الحمراء القريبة بشكل متسارع مع ازدياد الكتلة الحيوية الطرية للنبات في المراحل الخضرية المبكرة عنه في المتأخرة في موسم النمو. وبين Raun وزملاؤه (2001) إمكانية استخدام NDVI في التنبؤ بالغلة لبعض أصناف القمح الشتوي تحت مستوياتٍ مختلفة من الآزوت (N). كما أظهر Ma وزملاؤه (2001)

إمكانية استخدام دليل NDVI في التنبؤ بالغلة البذرية لفول الصويا، وأنّ الدلائل الطيفية تكون أفضل للغلة في مراحل الإنتاجية عنها في مراحل النمو الخضري المبكرة.

وفي دراسة على نبات القطن cotton (*Gossypium hiosutun L.*) أُجريت في جنوب تكساس للتحري عن السلوك الطيفي لمحصول القطن، وجد Licetal (2001) أنّ انعكاسية المجال تحت الأحمر القريب (NIR) مرتبط إيجابياً مع الكتلة الحيوية للنبات، ومع كمية امتصاص الآزوت، وأنّ الانعكاسية في المجال الأحمر (R) ازدادت مع الزيادة في ارتفاع الموقع، ووجد أيضاً أنّ انعكاسية (NIR) و(NDVI) تتأثر بشكلٍ ملحوظ بعملية الري، كما وجد أنّ كلاً من الانعكاس في (R) و(NIR) و(NDVI) مرتبطٌ بشكل تصالبي مع ارتفاع الموقع. ووجد كل من Baber وزملائه (2000)، وPrasad وزملائه (2007) أنّ أدلة R550 وRNDVI ودليل تسوية التباين الخضري (GNDVI) تستخدم في التنبؤ بغلة محصول القمح الحبية.

ووجد Thenkabail وزملاؤه (2002) أنّ الانعكاس من الأطوال الموجية 925–1000 نانومتر هي المنطقة الحسّاسة للرطوبة، وعندما تزداد الكتلة الحية والرطوبة في المحاصيل فإنّ الامتصاص في الجزء الحسّاس للرطوبة في NIR (940-1010) نانومتر سوف يزداد.

وجد Mutanga وزملاؤه (2004) أنّ منطقة Red-edge الحافة الحمراء تحتوي معلومات عن حجم الكتلة الحية و LAI أكثر بالمقارنة مع أجزاء أخرى من المجال الطيفي. ووجد AL-Khaled وزملاؤه (2005) ارتباطاً موجباً ومعنوياً بين متوسط قيم الانعكاسات في مجال الأشعة تحت الحمراء (760-900) نانومتر المستخدمة في القمر الصناعي الأمريكي لاندسات وبين كلٍّ من دليل مساحة الأوراق والوزن الرطب لنبات الذرة الصفراء خلال مراحل حياة النبات. وفي الدراسة نفسها كانت قيم NDVI منخفضة في بداية موسم النمو، ثمّ ارتفعت مع تقدم النبات بالعمر، ووصوله إلى ذروة الوزن الرطب ودليل مساحة الأوراق لتنخفض بعدها عند اتجاه النبات للنضج التام Harvest maturity.

كما وجد حميدان (2011) أنّ قيمة الدليل النباتي (NDVI) عند نبات الشعير Barley (*Hordeum vulgare L.*) تزداد مع تزايد الكتلة الحية للنباتات عند التقدم بمراحل النمو، وأكد أنّ قيم الانعكاس في المجال الطيفي (872) نانومتر تزداد حتى عمر 80 يوماً مع ازدياد الوزن الرطب للنبات عند التقدم بمراحل النمو.

بيّنت الأحمد (2013) أنّ الانعكاس للحزم الطيفية التي تُعبِّر عن المجال تحت الأحمر البعيد قد تناقصت بسبب زيادة الكتلة الحية للنبات، في حين أنّ قيم الانعكاس في الحزم التي تُعبِّر عن المجال تحت الأحمر القريب والمتوسط قد ازدادت في نباتات الذرة الصفراء corn (*Zea mays L.*) والبيضاء *Sorghum* (*Sorghum bicolor L.*)، وأنّ التزايد في قيمة الانعكاس في المجال الطيفي (λ872) ترافق مع زيادة الوزن الرطب خلال مراحل النمو. وسلكت المجالات الطيفية

(λ982 ، λ1077 ، λ1197 , λ1275) السلوك ذاته وبفروقاتٍ معنوية واضحة. وبيّنت أيضاً أنّ ازدياد قيمة الدليل النباتي (NDVI) قد ترافقت مع زيادة الوزن الرطب للنبات ودليل المساحة الورقية.

وأُجريت دراسة على محصول الحمص في نيودلهي لدراسة تأثير معاملة البذور بالمجال المغناطيس من نوع desi، حيث بين Chattaraj وزملاؤه (2014) أنّ قمة الانعكاس الأعظمي البدائي حصلت بين الأطوال الموجية 750–1350 نانومتر بعد 76يوماً من الزراعة، حيث زادت نسبة تغطية المحصول للتربة، ووجد أنّ قيم الانعكاس في المجال NIR عن النباتات عند 118 يوماً بعد الزراعة وصلت إلى أعلى قيمة (36–50%)، وعندها كان امتصاص المجال الأحمر المرئي هو الأقل (8–9%)، واستمر تأثير المعاملة حتى 128يوماً بعد الزراعة، حيث تراوحت قيم الانعكاس في NIR بين 30–40% لكلٍ من المحاصيل المعاملة وغير المعاملة، على الرغم من أنّ المنحنى مميز بوضوح طيلة المجال NIR. وقيم الـ NDVI وصلت إلى أعلى قيمة لها خلال الفترة (105–118 يوماً بعد الزراعة) الذي تزامن مع قمة النمو الخضري أثناء الفترة نفسها.

بيّن Aslan (2015) أنّ الأدلة WI=(R970/R900) و NWI1=(R970-R900)/(R970+R900) و NWI2=(R970-R850)/(R970+R850) و NWI3=(R970-R920)/ (R970+R920) و NWI4=(R970 -R880)/ (R970 +R880) لم تظهر صلة ذات أهمية مع الغلة البذرية في دراسته على فول الصويا.

وفي دراسةٍ أُجريت في محافظة السويداء على المحاصيل الشتوية ومنها محصول الحمص، لاحظ الخالد (2016) أنّه خلال المراحل الأولى من عمر النبات كانت قيم انعكاسات المجال الطيفي تحت الأحمر القريب منخفضة، وغالباً ما يُعزى السبب إلى انخفاض كل من الكتلة الحيوية للنبات، ودليل المساحة الورقية، ونسبة تغطية المحصول، أما عند وصوله للمرحلة الخضرية العظمى، فإنّ النبات يحقق أعلى قيم للانعكاس الطيفي مترافقةً مع القيم المرتفعة لكلٍ من الكتلة الحيوية الخضراء ودليل المساحة الورقية ونسبة التغطية وعدد الطبقات الورقية، لتنخفض بعد ذلك قيم الانعكاس عند وصول النبات إلى مرحلة الاصفرار (النضج)، مترافقة مع انخفاضٍ لقيم الكتلة الحيوية الخضراء ودليل المساحة الورقية ونسبة التغطية وعدد طبقات الأوراق، وذلك نتيجة جفاف الأوراق وتساقطها مع اقتراب النضج التام.

وفي دراسة قام بها ابراهيم (2016) لتقدير إنتاج محصول الحمص – مع المحاصيل الشتوية الأخرى– في محافظة السويداء خلال موسم 2016/2015 اعتماداً على بيانات الصور الفضائية وفق قيم مؤشر الدليل النباتي (NDVI)، حيث حدد ثلاثة نطاقات لنمو محصول الحمص في المحافظة. وقد تمّ بناء النماذج الرياضية Models للتنبؤ الطيفي بإنتاجية محصول الحمص اعتماداً على القيم الطيفية لقيم الدليل النباتي (NDVI) لكل نطاق نمو محصولي ولكل تاريخ التقاط الصور

الفضائية، حيث تمّ استنباط معادلة لطراز النمو الطيفي2 من الصورة الفضائية الملتقطة بتاريخ 27/5/2015 y=104.65NDVI-3.3154 ، ومعادلة للطراز3 تاريخ 5/27 $y=1.6114e^{11.067NDVI}$، ومعادلة للطراز1 تاريخ4/30 y=38.008NDVI-1.1112، ومعادلة لطراز2 تاريخ 4/30 $y=3.4666e^{2.490NDVI}$، ومعادلة للطراز1 تاريخ5/5 $y=2.1331e^{3.2158NDVI}$.

2 -محتوى النبات من اليخضور (الكلوروفيل):

استخدم Ajaiet (1983) جهاز الراديومتر لقياس الانعكاسية الطيفية على الغطاء النباتي للمحاصيل، وتوصل إلى علاقة ارتباط معنوية بين محتوى النبات من جزيئات اليخضور (الكلوروفيل) وبين الأدلة الطيفية للأشعة الحمراء R والأشعة تحت الحمراء IR.

كما وجد Curran وزملاؤه (1989) أنّ الانعكاس كان مرتفعاً في مجال الأشعة تحت الحمراء القريبة بسبب توزع الأوراق، في حين يتناقص الانعكاس في المجال المرئي (400-700) نانومتر بسبب امتصاص جزيئات الكلوروفيل (اللواقط الضوئية).

وجد Jacquemoud وزملاؤه (1990) أنّه عندما تكون كمية الكلوروفيل في النبات ضئيلةً فإنّ الانعكاس الطيفي يتأثر في المجال (675 نانومتر) أكثر من غيره، بينما في حال وجود الكلوروفيل بشكل معتدل أو كبير في أوراق النبات فيكون تأثير المجال (550 نانومتر) أكثر من بقية المجالات الطيفية.

وقد وجد Markwell وزملاؤه (1995) أنّ الضوء الأحمر يُمتص ويرتبط بقوة بواسطة الكلوروفيل، بينما امتصاص الأشعة تحت الحمراء يستخدم للإشارة إلى اختلاف تركيب الورقة.

وبين Abd El-Gawad وزملاؤه (2004) ارتباط الدليل النباتي (NDVI) طرداً مع محتوى اليخضور. وقد أشار Gitelson وMerzlyak (1997) أنّ الانعكاس في المجال الأحمر يبقى ثابتاً في تركيز الكلوروفيل المتوسط إلى المرتفع، في حين أنّ الانعكاس في المجال الأخضر يستمر بالتناقص مع زيادة تركيز الكلوروفيل. ووجد Nichol (2000) أنّ مركز القنوات الطيفية عند 575 نانومتر و520 نانومتر كانت حسّاسة لتغير محتوى الأصبغة والصّانعات الخضراء Chloroplasts.

وقد اختبر كل من Carter وKnapp (2001) الدلائل النباتية التي تعتمد على الانعكاس في الحزم الضيقة (حوالي 1 إلى 2 نانومتر) عند 550 نانومتر وحوالي 700 نانومتر حيث أظهرت فعّالية جيدة لتقدير الكلوروفيل.

وقد وجد Kumar وزملاؤه (2001) أنّ القناة (478) نانومتر والقناة (518) نانومتر من المجال المرئي ارتبطت بشكلٍ عالٍ مع محتوى النبات من الكلوروفيل.

وقد وجد Sims وGamon (2002) علاقة بين محتوى الكلوروفيل الكلي للورقة والانعكاس عند 680 نانومتر و 705 نانومتر مع معامل ارتباط R2 0.84 و0.92 على التوالي. وأظهر Richardson وزملاؤه (2002) أنّ الدليل(R800+R700) / (R800-R700) مؤشر جيد لتقدير الكلوروفيل في أنواع مختلفة من النباتات.

في حين وجد Osborne وزملاؤه (2002) علاقة قوية في الذرة الصفراء بين قيم الانعكاس في المجال الأخضر (510 نانومتر)، وفي المجال تحت الأحمر (705 نانومتر)، وفي المجال تحت الأحمر البعيد (1135 نانومتر) وبين محتوى النبات من الكلوروفيل وصلت إلى 0.8 خلال مراحل النمو المختلفة وحتى مرحلة ظهور النورات.

وأثبت كل من Sims وGamon (2002) في اختبار على أوراق لمائة نوع مختلف من النباتات أنّ القناة الطيفية (700 نانومتر) كانت المؤشر الأكثر حساسية للكلوروفيل، بالإضافة للدلائل التالية(R750/R700) و(R750+R705) /(R750–R705). وأجرى Ibrahem وزملاؤه (2003) قياسات للانعكاس الطيفي على محصول القطن في المجالات الطيفية (450، 500) و(520، 600) و(630، 790 نانومتر) ووجد علاقة سلبية ارتباط وقوية بين هذه المجالات وبين محتوى الكلوروفيل وبخاصة الانعكاس في المجال (520، 600 نانومتر).

توصل Fridgen وزملاؤه (2004) إلى أنّ أقل كمية انعكاس عند القطن، كانت في المجال الأحمر (650–690نانومتر)، وفي المجال الأزرق من (400–500نانومتر)، وذلك بسبب امتصاص الكلوروفيل لهذين المجالين في عملية التمثيل الضوئي Photosynthesis. وأوضح Schlemmer وزملاؤه (2005) أنّه يوجد علاقة ارتباط قوية بين الدليل النباتي NDVI ومحتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الآزوت. كما بينوا وجود علاقة ارتباط أيضاً بين كمية اليخضور وبين المجال الطيفي (600–680 نانومتر).

وبيّن Steele وزملاؤه (2008) انعكاس الورقة في المجال المرئي من الطيف (400-700 نانومتر) يتناقص مع زيادة محتوى الورقة من الكلوروفيل.

لقد وجد Liu وزملاؤه (2009) علاقة قوية غير خطية بين NDVI وتركيز الكلوروفيل حيث كان معامل الارتباط (R^2 =0.6986). وبيّن حميدان (2011) التأثير المعنوي لزيادة مستوى التسميد الآزوتي على قيم الانعكاس الطيفي في المجال المرئي الأحمر (λ672) بالتناقص، وذلك لتأثيره الكبير في تركيز اليخضور في النبات.

بيّنت الأحمد (2013) أنّ الانعكاس للحزم الطيفية التي تُعبر عن المجال المرئي قد تناقصت بسبب تزايد تركيز اليخضور في النباتات، وبالتالي زيادة امتصاص هذا المجال من الأشعة لاستخدامها في عملية التمثيل الضوئي، ثمّ عادت قيم انعكاس المجال السابق لتزداد بفعل انخفاض كمية اليخضور في أوراق النباتات.

وبيّن Nguy-Robertson وزملاؤه (2013) أنّه عند شيخوخة المحصول بشكلٍ تام فانّ قيمة انعكاس المجال NIR وصلت إلى أقل قيمة لها.

وأظهرت النتائج التي تحصلت عليها المقداد (2015) أنّ انعكاسية النباتات المروية كانت منخفضة في المجال المرئي (400–700 نانومتر) بالمقارنة مع النباتات غير المروية التي كانت انعكاسيتها مرتفعة في هذا المجال خلال المراحل الأخيرة من النمو. وتُعزى هذه النتائج إلى كون النباتات غير المروية قد وصلت مرحلة النضج بشكلٍ مبكر أكثر من النباتات المروية، وبالتالي اصفرت الأوراق نتيجة تحطم معظم جزيئات الكلوروفيل، لذلك كان امتصاص الأشعة أقل، وانعكاسيتها كانت أكبر من النباتات المروية التي كانت أوراقها ما تزال خضراء بعض الشيء ولم يتهدم الكلوروفيل فيها بشكل كلي.

3-دليل مساحة الأوراق Leaf Area Index (LAI):

بيّن Price وBausch (1995) أنّ الانعكاس في NIR (700–1300 نانومتر) يرتبط بشكلٍ طردي مع LAI في مستوى التغطية النباتية. وقد وجد Myneni وزملاؤه (1997) أنّه عندما يتجاوز دليل المساحة الورقية (2.0) فإنّ NDVI تكون غير حسّاسة لـ LAI، ليس فقط لغطاء الغابة بل أيضاً للأعشاب ومحاصيل الحبوب والنباتات ذات الأوراق العريضة. وبين Blackburn Steele (1999) أنّ الأدلة النباتية المشتقة من أحزمة واسعة أو NDVI لم ترتبط مع LAI ونسبة التغطية الأرضية وتركيز الأصبغة، في حين كان الارتباط عالٍ بين LAI ونسبة التغطية الأرضية وبين الأدلة المشتقة من المجالات الضيقة. وقد أوضح Daughtry وزملاؤه (1980) وجود علاقة عكسية بين دليل المساحة الورقية وبين الانعكاس في المجال الأحمر من (600–700) نانومتر، فعندما يزيد دليل المساحة الورقية تتناقص قيمة الانعكاس في المجال السابق بعلاقة غير خطية، كما أنّ الدليل السابق يرتبط بقوة مع الانعكاس في المجال الأحمر، وذلك من خلال تجربة أجراها على الذرة الصفراء وتوصل للنتيجة نفسها على نبات فول الصويا.

ووجد Lee وزملاؤه (1996) علاقة خطية بين المجال(760–900 نانومتر) و(630–690 نانومتر) ودليل مساحة الأوراق في فول الصويا. وكانت الأدلة النباتية حسّاسة لتغيرات دليل مساحة الأوراق في نباتات الفصة المعمرة . كما بين Walter وزملاؤه (1997) أنّ العلاقة كانت خطية بين NDVI ودليل مساحة الأوراق LAI. وأكد Ibrahem وزملاؤه (2003) على وجود علاقة بين دليل المساحة الورقية في محصول القطن وبين الانعكاس الطيفي في المجال المرئي والمجال تحت الأحمر والأدلة النباتية.

وقد بيّن Gitelson وزملاؤه (2003) أنّ الانعكاس الطيفي في المجال الأحمر وحتى مجال الأشعة تحت الحمراء المتوسطة يتأثر بعدة عوامل، مثل دليل المساحة الورقية وهندسة الغطاء النباتي والمحتوى من الأصبغة وسطوع التربة.

واقترح Lee وزملاؤه (2004) مساهمة الأحزمة في منطقة الأشعة تحت الحمراء البعيدة Spacious Width Infra-Red (SWIR) بإيجاد علاقات قوية بين الانعكاس الطيفي وLAI. وبين Abd El-Gawad وزملاؤه (2004) ارتباط الدليل النباتي (NDVI) طرداً مع دليل المساحة الورقية.

وقد بيّن Darvishzadeh وزملاؤه (2006) أنّ القنوات الطيفية في منطقة SWIR مهمة جداً في التنبؤ بدليل المساحة الورقية وكذلك الأشعة تحت الحمراء القصيرة.

حدد Wang وزملاؤه (2008) (15) مجالاً طيفياً لتقدير دليل المساحة الورقية في الأرز، فكان الأكثر تكراراً هي (554-675-723-1633) نانومتر، ثمّ يليها (444، 524، 576، 594، 804، 849، 974، 1074، 1219، 1510، 2194) نانومتر.

بيّن Peng وGitelson (2011) أنّ النباتات التي في نفس المرحلة التطورية مع نفس قيم LAI، ربما تعطي قيم انعكاس مختلفة بسبب اختلاف الظروف الجوية وخاصة تأثير الضوء فيها.

بيّن Nguy-Robertson وزملاؤه (2013) في دراسة على محصولي الذرة وفول الصويا جرت في ولاية نبراسكا الأمريكية أنّ عند تطور النبات وازدياد قيمة (LAI) فإنّ قيم الانعكاسات عند المجالات الأخضر، (G) والأحمر، (R) وRed edge، انخفضت بسبب زيادة الامتصاص من قبل الأصبغة، بينما انعكاسات (NIR) ازدادت بسبب انتشار الأوراق. وبيّن أيضاً أنّه في نبات الذرة عندما تكون قيمة LAI منخفضة فإن قيم NIR تنخفض تدريجياً أثناء مراحل العقد المبكرة، ثمّ تنخفض بسرعة أثناء مرحلة الشيخوخة، بينما في فول الصويا ظل انعكاس NIR ثابتاً تقريباً عند قمة موسم النمو وعندما كانت قيمة LAI حوالي ($3\ m^2.m^{-2}$) ثمّ بدأ بالانخفاض.

ووجد Chattaraj وزملاؤه (2014) على نبات الحمص أنّ قيم LAI المنخفضة مرتبطة مع قيم NDVI (بعلاقة أُسية) والتي كانت مقترنة بالنمو المحدود للنباتات.

وبيّنت المقداد (2015) أنّ في المجال الطيفي تحت الأحمر والقصير من 700 إلى 1300 نانومتر كان للنباتات أعلى انعكاسية متأثرة بالكتلة الحية للنبات ودليل المساحة الورقية.

4- المحتوى المائي للنبات:

وجد Lillesand وKiefer (1994) أنّ أشعة المجال (NIR) كانت منعكسة بشكلٍ كبير عند النباتات السليمة، وهذا التأثير كان بسبب النسيج الداخلي للأوراق والمحتوى المائي فيها.

وجد Ceccato وزملاؤه (2001) أنّ نسبة الانعكاس 1600 و820 نانومتر يمكن أنّ تكون مؤشراً للتنبؤ بمحتوى الورقة المائي.

أوضح Tian وزملاؤه (2001) أنّ الماء في النبات أكثر امتصاصاً في مناطق (1400 نانومتر) و(1900 نانومتر) من الطيف. وقد وجد Thenkabail وزملاؤه (2004) أنّ الحزامين (947 نانومتر) و(1219 نانومتر) مرتبطان بمناطق امتصاص الماء الضيقة التي تكون حسّاسة لمحتوى الأوراق من الرطوبة. وأكد Graeff وClaupein (2007) أنّ الانعكاس في المجال (400–1300نانومتر) زائدة عندما يتناقص المحتوى المائي بسبب انخفاض قابلية امتصاص الماء، وأنّ المجال (540–780 نانومتر) والمجال (510–780 نانومتر) كانا ملائمين لوصف المحتوى المائي في القمح (***R^2=0.79).

وأوضح حميدان (2011) وجود علاقة طردية بين المجالات الطيفية (872، 982، 1077، 1197، 1275 نانومتر) وبين مستويات التزود المائي لنباتات الشعير خلال جميع مراحل النمو.

وبيّن Chattaraj وزملاؤه (2014) على محصول الحمص أنّ الدليل المائي Water Band Index (WBI) انخفض إلى (0.94–0.96) في اليوم 105 بعد الزراعة. أما بعد اليوم 105 من الزراعة ازدادت قيم الـ WBI بشكل ملحوظ لأعلى قيمة (0.95–0.98) في اليوم 118 بعد الزراعة. كما بينوا أنّ رطوبة التربة قد اُستنفدت بشكلٍ تصاعدي عند النباتات التي حققت أفضل نمو للجذور، وبالتالي حسّنت من امتصاص الماء وبناءً عليه ازداد المحتوى المائي للنبات. والارتفاع الحاد في WBI عند 118 يوم بعد الزراعة يرجع إلى تأثير إجهاد الجفاف Drought في النباتات.

وبيّنت المقداد، (2015) أنّه في المراحل الأخيرة لنمو نباتات الشعير في المجال تحت الأحمر القريب والقصير كانت انعكاسية النباتات المروية منخفضة بالمقارنة مع النباتات غير المروية، نظراً لتفوق النباتات المروية في الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية، وذلك لأنّ النباتات المروية كانت ما تزال محتفظة بمحتوى مائي أعلى، ما يزيد امتصاص الماء للأشعة، فتكون انعكاسيتها تبعاً لذلك أقل.

5-مراحل تطور النبات:

أوضح Salaymeh وLoulou (1989) في تجربة أجراها على المحاصيل في المنطقة الشمالية والشرقية من سورية، أنّ تقنيات الاستشعار عن بعد والانعكاس الطيفي يمكن استخدامها لمراقبة مراحل تطور المحاصيل، حيث أنّ بيانات الانعكاس عند المحصول الواحد تختلف باختلاف مرحلة تطوره، بالإضافة إلى المجال الطيفي المستخدم.

كما وجد Moulin وزملاؤه (1997) إمكانية استخدام القرينة النباتية NDVI لاحتوائها معلومات عن مراحل التطور الفينولوجي للنبات. كما أوضح حميدان (2011) انخفاض قيم الانعكاس في

المجال الطيفي(672 نانومتر) بتقدم مراحل النمو وحتى مرحلة أوج النمو الخضري، في حين ازدادت قيم الانعكاس في المجال الطيفي (872 نانومتر) حتى مرحلة النمو نفسها لتنخفض بعد ذلك.

كما أوضحت الأحمد (2013) في دراسة أجرتها على الذرة الصفراء والبيضاء، أنَّ قيم انعكاس الحزم الطيفية التي تُعبِّر عن المجال المرئي تناقصت مع تقدم مراحل النمو حتى مرحلة أوج النمو الخضري، وقد سلكت الحزم التي تُعبِّر عن المجال تحت الأحمر البعيد السلوك ذاته، في حين أنّ قيم انعكاس الحزم التي تُعبِّر عن المجال تحت الأحمر القريب والمتوسط قد ازدادت منذ بداية مرحلة النمو وحتى مرحلة أوج النمو، لتعود وتنخفض من جديد.

وبيّن Ngny-Robertson (2013) أنّه في مرحلة بدء النمو الخضري انخفضت قيم الانعكاس في المجال R والمجال G سريعاً، وأنّ قيم انعكاسات المجال R تغيرت أسرع بنحو 1.9 مرة من قيم الانعكاس في المجال G في نبات الذرة، وأسرع بنحو 1.6 مرة منه في فول الصويا. وعندما تجاوز النمو الخضري 70% فإنّ العلاقة بين قيم انعكاس R وقيم انعكاس G قد انحدرت، وأنّ قيم انعكاس R كانت تقريباً ثابتة عندما كانت قيم انعكاس G ماتزال تتغير لكل من محصولي الذرة وفول الصويا، وبالتالي حصل كلا المحصولين على منحنى نمو خضري واضح. وقد تغيرت قيم انعكاس R في فول الصويا أسرع بنحو 1.6 مرة من انعكاس NIR أثناء النمو الخضري، وتغيرت الانعكاسات بالنسبة نفسها تقريباً 1.4 مرة أثناء مرحلة الشيخوخة. أما في نبات الذرة فتغيرت النسبة أثناء مرحلة النمو الخضري أسرع بنحو 6.4 مرة، على أنّه في مرحلة الشيخوخة تغيرت انعكاسات NIR أسرع بنحو 1.3 مرة من انعكاسات R. ويُعزى ذلك إلى هندسة توزع الأوراق التي تغيرت بشكل أسرع من تهدم الكلوروفيل. وبين أنّ البصمة الطيفية قادرة أنّ تتعرف على المراحل التطورية دون معرفة أي معلومات عن عدد أيام الانبات، ويمكن أنّ نتعرف على مرحلة أوج النمو الخضري باستخدام الأدلة الطيفية النباتية.

وبيّنت الأحمد (2013) أنّ انعكاس القنوات الطيفية تحت الحمراء القريبة والمتوسطة التالية: (λ872، λ982،λ1077، λ1197,λ1275) والأدلة النباتية NDVI وNDWIوNDGI قد ازدادت بتقدم عمر النبات حتى مرحلة النمو الخضري الأعظمي، وبدأت بعدها بالانخفاض من جديد.

وبيّنت المقداد أيضاً (2015) أنّ الاستجابة الطيفية أو قيم الانعكاس الطيفي لنباتات الشعير في مرحلة الشيخوخة قد ارتفعت في المجال الطيفي المرئي، ووصلت إلى ما كانت عليه في مرحلة أوج النمو، ويعود السبب في ذلك إلى تهدم اليخضور وغيابه في هذه المرحلة مما يؤدي إلى ارتفاع قيم الانعكاس في هذه المنطقة الطيفية. وانخفضت قيم الانعكاس في المجال الطيفي تحت الأحمر القريب والقصير، ويعود السبب في ذلك إلى انخفاض الكتلة الحية للنبات ودليل المساحة الورقية، نتيجة لتموت الأوراق السفلية واصفرار النبات عند وصوله مرحلة النضج. وبيّنت أيضاً أنّه عند

المجالين (540–560 نانومتر) و(650–670 نانومتر) الممثلين للمجال الطيفي الأخضر والأحمر كانت قيم الانعكاسات الطيفية في النباتات المروية وغير المروية متقاربة حتى تاريخ 2012/4/11، وفيما بعد لوحظ وجود فروق واختلافات واضحة في قيم الانعكاس الطيفي استمرت تقريباً حتى نهاية عمر النباتات، حيث سجلت النباتات المروية قيم انعكاسية أقل بشكل ملحوظ من النباتات غير المروية.

مواد البحث وطرائقه:

1- مواد البحث:

1-1 المادة النباتية المستخدمة في البحث:

تمّ استعمال بذور صنفين من الحمص:

- صنف شتوي (غاب3): يتميز بأنّه متحمل للبرودة مرض التبقع البني على الأوراق (عين الطاووس) Ascochyta Blight (*Ascochyta rabiei*)، طويل الساق يمكن حصاده آليا، بذوره متوسطة الحجم، وهو الصنف المعتمد الذي يتم توزيعه على المزارعين من قبل المصرف الزراعي، وطول فترة نموه الخضري تتراوح بين 5-6 شهور.
- صنف ربيعي (البلدي): حيث يتصف بعدم تحمله للبرودة مرض التبقع البني على الأوراق (عين الطاووس) Ascochyta Blight (*Ascochyta rabiei*)، قصير الساق، بذوره كبيرة الحجم مجعدة، وهو الصنف المحلي المنتشر في المحافظة، وطول فترة نموه الخضري تتراوح بين 3-5 شهور.

1-2- موقع تنفيذ التجربة (النطاق الجغرافي):

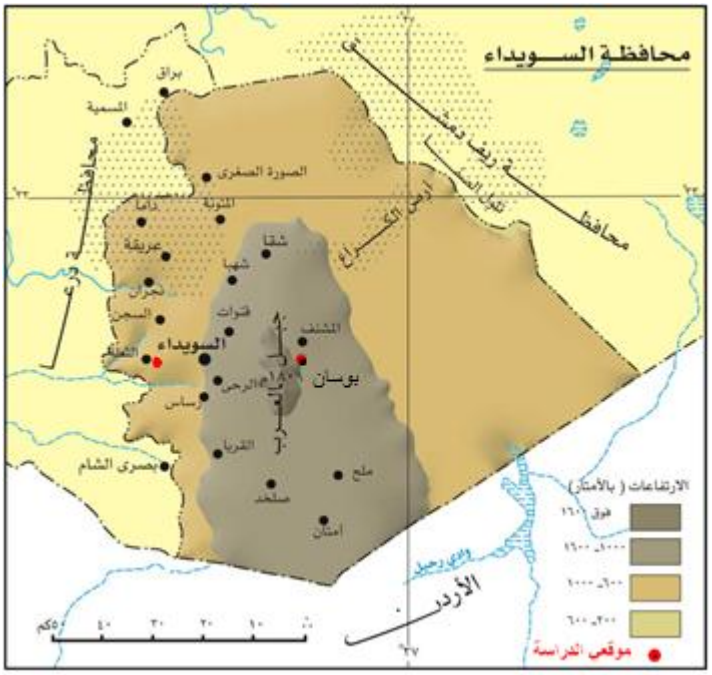
تمَّت الزراعة في نطاقين جغرافيين (الشكل، 2):

النطاق الأول (Z1): يقع على ارتفاع 1550م، متوسط الأمطار العام فيه 350 ملم، وتمثله قرية بوسان من منطقة ضهر الجبل، حيث تقع على بعد 33 كم شرق مدينة السويداء، ويبين الجدول (1) تحليل التربة للحقل المزروع، حيث قوام التربة طينية.

- **النطاق الثاني (Z2):** يقع على ارتفاع 780 م، متوسط الأمطار العام فيه 240 ملم، وتمثله قرية الثعلة التي تقع على بعد 12 كم غرب مدينة السويداء، ويبين الجدول (1) تحليل التربة للحقل المزروع، حيث قوام التربة طينية سلتية.

الجدول (1) نتائج تحليل التربة للحقول المزروعة.

	عجينة مشبعة		غ/100 غ تربة		جزء بالمليون		التحليل الميكانيكي(%)		
	pH	**ECe ($d.S.m^{-1}$)**	**$CaCO_3$**	**مادة عضوية%**	**بوتاسيوم**	**فوسفور**	**رمل**	**طين**	**سلت**
النطاق الأول	7.3	0.28	0.95	0.557	235	4.1	24	56	20
النطاق الثاني	7.6	0.705	6.58	0.547	583.58	14.5	24	42	34



الشكل (2): موقعا منطقة الدراسة في محافظة السويداء

3-1 موعد الزراعة:

تمّت الزراعة في موسم (2015/2014) وفق التالي:

- الصنف غاب3(**V1**) الشتوي في موعدين:
  - الموعد الأول المثالي (**D1**): الموصى به على مستوى المحافظة (21 كانون الأول).
  - الموعد الثاني المتأخر (**D2**): بعد الموعد الأول بنحو 20 يوماً (10 كانون الثاني).
- الصنف البلدي (**V2**) الربيعي في موعدين:
  - الموعد الأول المثالي (**D1**): الموصى به على مستوى المحافظة (19 شباط).
  - الموعد الثاني المتأخر (**D2**): بعد الموعد الأول بنحو 16 يوماً (7 أذار).

وضعت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية Randomized Complete block Design (RCBD)، حيث يمثل الصنف المزروع العامل الأول (مستويين V1-V2)، ويمثل موعد الزراعة العامل الثاني (مستويين D1-D2)، وفي نطاقين جغرافيين (Z1-Z2)، وبثلاثة مكررات(R1-R2-R3)، حيث بلغ عدد القطع التجريبية (24) قطعة (مساحة القطعة التجريبية 6م^2)، وتمت زراعة النباتات على سطور، بين السطر والآخر مسافة (40 سم) وبين النبات والآخر (10سم)، وتحتوي كل قطعة على خمسة سطور وكان عرض القطعة التجريبية (2 م) وطولها (3 م)، وفق المخطط الموضح في الشكل (3). وتمّت الزراعة يدوياً وفي ظروف الزراعة المطرية دون القيام بعملية الرّي أو استخدام للأسمدة ودون استخدام الملقح البكتيري، وتمّ القيام بعملية التعشيب يدوياً خلال مراحل النمو وعند بدء ظهور الأعشاب.

R3	R2	R1
V1D1	V2D2	V1D1
V2D1	V1D2	V2D1
V2D2	V1D1	V2D2
V1D2	V2D1	V1D2

الشكل (3): مخطط التجربة

2- طرائق البحث:

تتضمن منهجية البحث التي تتمثل في طبيعة (طريقة) أخذ البيانات وتسجيلها وتبويبها ومعالجتها وتصنيفها ثمّ تحليلها وإصدار النتائج. حيث يتم تسجيل البيانات الطيفية والخضرية والمراحل التطورية كل 7–14 يوماً بشكلٍ متزامن (حسب مرحلة النمو والظروف المناخية، حيث لا يمكن القيام بأخذ القراءات الطيفية عند وجود الغيوم والأمطار والغبار) التي تتوافق مع أهم المراحل التطورية للمحصول:

2- 1 القراءات الطيفية:

1–قراءات الانعكاس الطيفي في طول الموجات التي يُسجلها جهاز الراديومتر من (325–1075 نانومتر) وبدقة طيفية 1 نانومتر طراز Hand Held 2، حيث تمّ أخذ القراءة الراديومترية على ارتفاع 1.5متر عن قمة الغطاء النباتي. وتمّ تسجيل الانعكاسات الطيفية بدءاً من تاريخ (2015\3\23) بواقع ثمان قراءات الجدول (2):

الجدول (2) تاريخ القراءات الطيفية المأخوذة في نطاقي الزراعة.

	النطاق	
	قرية الثعلة	قرية بوسان
تاريخ القراءة الأولى	23\3\2015	-
تاريخ القراءة الثانية	31\3\2015	30\3\2015
تاريخ القراءة الثالثة	20\4\2015	19\4\2015
تاريخ القراءة الرابعة	4\5\2015	3\5\2015
تاريخ القراءة الخامسة	18\5\2015	18\5\2015
تاريخ القراءة السادسة	1\6\2015	31\5\2015
تاريخ القراءة السابعة	14\6\2015	14\6\2015
تاريخ القراءة الثامنة	-	28\6\2015

تم تسجيل القراءات بواسطة برنامج RS3 المزود بها الجهاز والمسؤول عن تسجيل القراءة الراديومترية وفق خطوات معينة وأساسية، ثمّ حُللت البيانات باستخدام برنامج ViewSpecPro، حيث أنّ كل قراءة تنم عن 750 قيمة تمثل الاستجابة الطيفية عند كل نانومتر على النحو الممثل للطول الموجي من (325–1075نانومتر)، وبهدف تبسيط هذه البيانات ليسهل التعامل معها، تمّ تقسيم المجال الطيفي من 325–1075 إلى 23 حزمة طيفية، كل حزمة منها تعبر عن متوسط الاستجابات الطيفية للقيم الممثلة لهذه الحزمة. تم حساب الأدلة الطيفية التالية:NDVI، NDGI ، NDWI1،NCWI2.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) دليل تسوية التباين النباتي، إذْ يعكس هذا الدليل بعلاقةٍ فيزيائية حالة كل من التركيب الخلوي النباتي بحالة المحتوى المائي (بقناة تحت الحمراء القريبة) وكفاءة التمثيل الضوئي (بقناة الأشعة الحمراء)، حيث كلما كانت قيم هذا الدليل عظمى ومستمرة فترة طويلة دلّ على حيوية الغطاء النباتي وفترة نشاطهِ وبالتالي كفاءة إنتاجهِ، وفق المعادلة المقترحة من قبل Rouse وزملائه (1972):

$$NDVI=(NIR-R)/(NIR+R)=(R905-R670)/(R905+R670)$$

NDGI (Normalized Difference Greenness Index) دليل تسوية التباين الخضري، إذْ يعكس هذا الدليل كفاءة قيم النباتات خلال مراحل النمو بعملية التمثيل الضوئي، لأنّه يعكس حالة الاخضرار التي تعكس الصفات المظهرية مع كفاءة الامتصاص للقناة الحمراء ذات الأثر الأكبر مع الصّانعات الخضراء بعملية التمثيل الضوئي، وفق المعادلة المقترحة من قبل Cui وزملائه (2009):

$$NDGI=(G-R)/(G+R)=(R540-R670)/(R540+R670)$$

NDWI (Normalized Difference Water Index) دليل الاختلاف الطبيعي المائي، إذْ يعكس هذا الدليل بعلاقتهِ الفيزيائية للقنوات الطيفية حالة المحتوى المائي في النبات ذات العلاقة المباشرة والأثر البعيد في الانتاجية المحصولية، وفق المعادلة المقترحة من قبل Gao (1996):

$$NDWI1 = (IR - MR)/(IR+MR) = (R905-R950)/(R905+R950)$$

$$NDWI2 = (LR-MR)/(LR+MR) = (R1015-R950)/(R1015+R950).$$

حيث: R المجال الأحمر، NIR المجال تحت الأحمر القريب، G المجال الأخضر، IR المجال تحت الأحمر الضيق، MR المجال تحت الأحمر المتوسط، LR المجال تحت الأحمر البعيد.

2-كيفية أخذ القراءات الطيفية:

- تم أخذ القراءات الطيفية بواسطة جهاز الراديومتر لقياس الأشعة المنعكسة عن السطح النباتي بطول موجة من 325-1075 نانومتر وبعرض قناة 1 نانومتر.
- أخذ القراءات:
  - أُخِذت القراءات الراديومترية أثناء سطوع الشمس وعدم وجود الغيوم لأنها تؤدي إلى انخفاض قيم انعكاس الأشعة (من الساعة العاشرة وحتى الواحدة ظهراً بشكلٍ تقريبي).
  - أُخِذت القراءات الراديومترية في التوقيت نفسه المعتاد لكل مرة.
  - تمّت معايرة جهاز الراديومتر باستخدام لوحة المعايرة وهي لوحة بيضاء خاصة بالجهاز، حيث تقوم بعكس كامل الأشعة أما في حال وجود الغطاء النباتي فالأشعة المنعكسة أقل نسبياً.
  - تمّ أخذ القراءة على ارتفاع 1.5 متر عن سطح الغطاء النباتي.
  - تمّ أخذ القراءات للمكان نفسه كل مرة.

2-2 المراحل التطورية:

- **عدد الأيام حتى الإنبات(يوم):** تمّ حسابها من خلال تسجيل عدد الأيام من تاريخ الزراعة وحتى ظهور 50% من البادرات فوق سطح التربة.
- **عدد الأيام حتى التفرع(يوم):** تمّ حسابها من خلال تسجيل عدد الأيام من موعد الإنبات وحتى ظهور التفرعات الرئيسة على النبات.
- **عدد الأيام حتى الإزهار (50%) (يوم):** وهي عدد الأيام من تاريخ الإنبات وحتى إزهار 50% من النباتات.
- **عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي(يوم):** وهي عدد الأيام من تاريخ الإنبات حتى نضج البذور فيزيولوجيا (اكتمال عملية تراكم المادة الجافة في البذور واكتمال امتلاء القرون).

- **عدد الأيام حتى النضج التام(يوم):** وهي عدد الأيام من تاريخ الإنبات حتى ظهور علامات النضج التام على 95% من القرون، أي موعد الحصاد (تحول القرن إلى اللون الأصفر، ويكون محتوى البذور المائي قرابة 13–14%).

2-3-الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

تمّ أخذ خمسة نباتات من كل قطعة تجريبية على حده وفق التواريخ المحددة سابقاً خلال مراحل النمو وسُجلت البيانات التالية:

- **ارتفاع النباتات (Plant high) (سم):** تمّ تسجيل ارتفاع النبات لخمسة نباتات عشوائياً ابتداءً من نقطة تماس النبات بالتربة حتى أعلى ارتفاع لهُ.
- **الوزن الرطب (Fresh weigh) (غ):** تمّ تسجيل الوزن الرطب للمجموع الخضري للنباتات دون الجذور بواسطة ميزان حقلي ولخمسة نباتات عشوائيا خلال مراحل النمو.
- **الوزن الجاف (Dry weight):** أخذ وزن العينة بعد تجفيف النباتات، حيث تمّ وضع النباتات تحت مظلة معرضة للهواء ولمدة ثلاثة أيام لاكتمال عملية التجفيف.
- **المحتوى المائي (Water content) (%):** وهو حاصل الفرق بين الوزن الجاف والوزن الرطب وتم حسابه وفق القانون التالي (عن العودة، 1995):

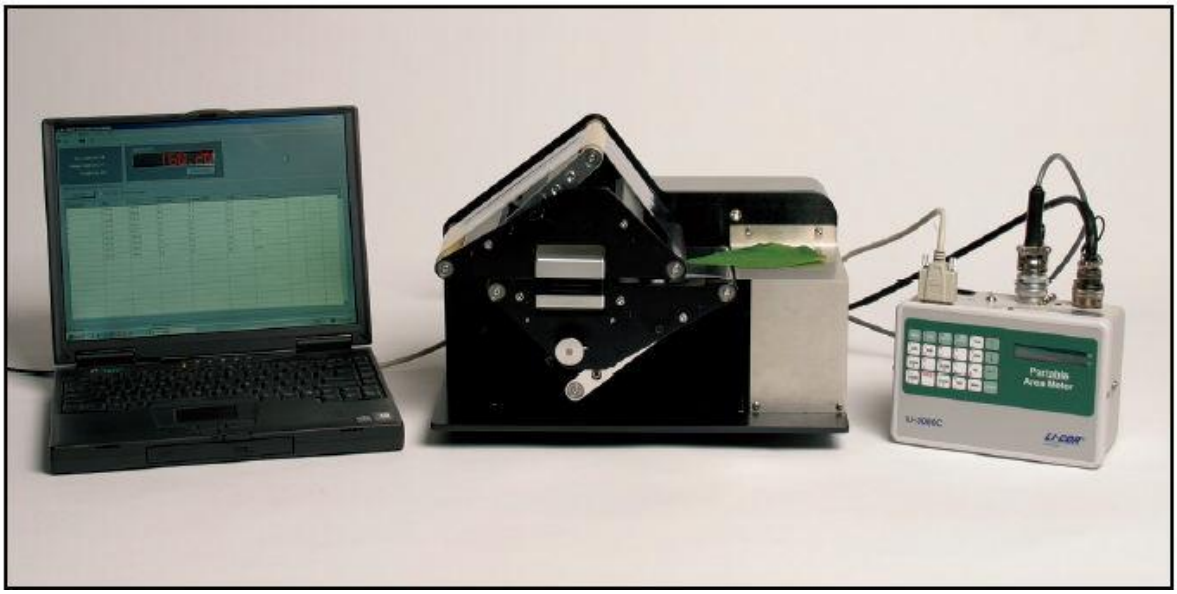
$$\mathrm{WC\%} = \frac{FW - DW}{FW} \times 100$$

حيث: FW هو الوزن الرطب، DW هو الوزن الجاف.

- **دليل مساحة الأوراق (Leaf Area Index):** وتمّ حسابه وفق المعادلة التالية:

LAI= مساحة الأوراق للنبات الواحد / المساحة الأرضية التي يشغلها النبات.

حيث بلغت المساحة الأرضية التي يشغلها النبات (400 سم^2) (حاصل جداء المسافة بين السطور 40سم والمسافة بين النباتات 10سم ضمن القطعة التجريبية). تمّ قياس مساحة الأوراق بواسطة جهاز القياس (LA-3000C) الشكل (4) خلال مراحل النمو كافة، تمّ فصل الأوراق عن سوق النبات، ثمّ أُدخلت عبر السير المتحرك في الجهاز تباعاً، حيث أخذت مساحة جميع الأوراق الموجودة على النبات، وحُسِب المتوسط لخمسة نباتات عشوائياً.



الشكل (4) جهاز قياس مساحة الأوراق (LA-3000C).

- **دليل محتوى الأوراق من الكلوروفيل Chlorophyll Concentration Index (CCI):** تمّ حساب محتوى الكلوروفيل في الأوراق بواسطة جهاز قياس الكلوروفيل (CCM 200) بواحدة الـCC والذي يُكافئ كمية الكلوروفيل في العينة، التي يمكن تحويلها إلى ما يعادلها بالـ ملغ /سم^2 وفق المعادلة التالية (تمّ اعتماد واحدة CCI في البحث):

$$\text{Chlorophyll mg.cm}^{-2} = -6.68E\text{-}05+6.41E\text{-}04(CCI)-9.54E\text{-}06(CCI)^2$$

حيث :(CCI) هي النسبة المئوية للأشعة النافذة إلى الورقة عند القناة الطيفية (931λ) للقناة الطيفية (653λ).

2- 4 -الصفات الإنتاجية (Yield traits):

- **عدد الفروع في النبات (فرع.نبات$^{-1}$):** تمّ حساب عدد الفروع الرئيسة الموجودة في النبات، وذلك بأخذ المتوسط لخمسة نباتات عشوائياً من الخطوط الموجودة في وسط القطعة التجريبية، وتمّ ذلك في مرحلة النضج التام.
- **متوسط عدد القرون في النبات (قرن.نبات$^{-1}$):** تمَّ عد جميع القرون الموجودة على النبات الواحد، وأُخذ المتوسط لخمسة نباتات منها.
- **عدد البذور في النبات(بذرة.نبات$^{-1}$):** تمّ عد جميع البذور الناتجة من النبات الواحد يدوياً، وأُخذ المتوسط لخمسة نباتات منها.
- **متوسط وزن المائة بذرة (غ):** تمّ القياس بواسطة العداد الآلي، حيث أُخذت مائة بذرة بشكلٍ عشوائي، ومن ثمّ تمّ وزنها بواسطة ميزان إلكتروني حسّاس، حيث تمّ أخذ متوسط وزن المائة بذرة لثلاث عينات عشوائية.
- **متوسط غلة البذور (غ. م$^{-2}$):** تمَّ حساب متوسط غلة النباتات الموجودة في مساحة 1 م^2 من الأرض.

- **دليل الحصاد** Harvest index (HI) **(%)**: تمَّ حسابه كنسبة وزن البذور إلى الوزن الجاف الكلي للنبات.

2- 5 القراءات المناخية:

يبين الجدولان (3 و4) البيانات المناخية من حرارة وهطول مطري في أقرب محطتي أرصاد جوية لموقع الدراسة، وهما محطة السويداء (النطاق السهلي، الثعلة) محطة ضهر الجبل (النطاق الجبلي، بوسان).

الجدول (3) الهطول المطري الشهري في محطتي السويداء وظهر الجبل لموسم 2015/2014.

المحطة	شهر10	شهر 11	شهر 12	شهر 1	شهر 2	شهر 3	شهر 4	المجموع
السويداء	22	98	54	57	51.5	36.5	24	**343**
ضهر الجبل	38	119	54	150	77.5	42.5	35	**516**

الجدول (4) متوسط درجة الحرارة الشهرية في محطتي السويداء وظهر الجبل لموسم 2015/2014.

المحطة	شهر 12	شهر 1	شهر 2	شهر 3	شهر 4	شهر 5	شهر 6	شهر 7
السويداء	9.2	6.3	8.3	12.4	14.3	20.7	21.4	24.1
ضهر الجبل	4.8	2.2	3.0	7.6	9.4	15.5	16.1	18.8

3-التحليل الإحصائي:

وضعتْ التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية (Factorial (RCBD، وحُللت البيانات باستخدام برنامجي GenStat وSPSS، وتمّ اختبار درجة المعنوية الاحصائية عند مستوى 5% للبيانات الطيفية والمحصولية بين المتغيرات المدروسة، بينما تمّ إيجاد قيم الانحدار واستنباط المعادلات والنماذج بين الصفات الطيفية والمحصولية باستخدام برنامج Excel.

النتائج والمناقشة:

أولا: تأثير عوامل الدراسة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

1-1 تأثير النطاق الجغرافي في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

أظهرت النتائج أنّ متوسط صفة ارتفاع النبات قد ازدادت بدءاً من المراحل الأولى من عمر النبات وحتى مرحلة العقد والنضج الفيزيولوجي، كما هو مبين في الجدول (5) والشكل (A–5)، ولم تظهر نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقات معنوية ($p\leq0.05$) في صفة ارتفاع النبات بين النطاقين الجغرافيين خلال كافة مراحل النمو.

أظهرت النتائج أنّ متوسط صفة دليل محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI) قد ازدادت بدءاً من المراحل الأولى من عمر النبات وحتى مرحلة أوج النمو الخضري لتبدأ بعدها بالتناقص، كما هو مبين في الجدول (5) والشكل (B–5)، ويُعزى ذلك إلى تهدم جزيئات الكلوروفيل في الأوراق التي دخلت مرحلة الشيخوخة. وكما يبيّن الجدول (5) والشكل (B–5) وجود فروقات معنوية($p\leq0.05$) لصفة CCI تحت تأثير النطاق الجغرافي عند مرحلة بداية التفرع ومرحلة الإزهار والعقد، فقد تزايدت متوسط قيم CCI تحت تأثير نطاقي الزراعة، حيث سجل النطاق السهلي أعلى قيمة لصفة CCI (6.24) خلال مرحلة التفرع، في حين سجل النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة CCI خلال مرحلة الإزهار والعقد (13.2، 14.5) على التوالي، ويُعزى تفوق النطاق الجبلي على النطاق السهلي في صفة دليل محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI) إلى التباين في معّدل الهطول المطري ومتوسط درجات الحرارة، حيث كان الهطول المطري الأعلى في النطاق الجبلي (516مم) بالمقارنة مع السهلي (343مم)، وكانت الحرارة في النطاق الجبلي أدنى بالمقارنة مع النطاق السهلي.

أظهرت النتائج أنّ قيمة متوسط صفة دليل المساحة الورقية (LAI) قد ازدادت بدءاً من المراحل الأولى من عمر النبات وحتى مرحلة قمة النمو الخضري لتبدأ بعدها بالتناقص كما هو مبين في الجدول (5) والشكل (C–5). ويُعزى ذلك إلى شيخوخة واصفرار الأوراق السفلى من النبات، وبالتالي خروجها من مجموع المساحة الورقية للنبات وبالتالي من دليل المساحة الورقية المرتبطة بها. وكما يبين الجدول (5) والشكل (D–5) عدم وجود فروقات معنوية لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) تحت تأثير النطاق الجغرافي خلال كافة مراحل النمو عدا مرحلة بداية التفرع ومرحلة العقد، حيث أنّه في مرحلة بداية التفرع سجل النطاق السهلي أعلى قيمة بلغت (0.26) بينما

سجل النطاق الجبلي قيمة بلغت (0.16). في حين أنّه في مرحلة العقد سجل النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة (LAI) بلغت (0.51)، وسجل النطاق السهلي قيمة بلغت (0.39). ويُعزى تفوق النطاق الجبلي على النطاق السهلي في صفة دليل المساحة الورقية (LAI) إلى التباين في كمية الأمطار الكلية الهاطلة ومتوسط درجة الحرارة الجوية، حيث غالباً ما يكون معّدل النتح والتبخر أعلى في النطاق السهلي، ما يؤدي إلى استنفاد المياه المتاحة بكمية أقل بالمقارنة مع النطاق الجبلي مما يؤدي إلى تراجع الناقلية المسامية بدرجة أكبر، ويؤدي ذلك إلى انخفاض التأثير المبرد لعملية النتح وتراجع انتثار غاز CO_2، وبالتالي تراجع معّدل التمثيل الضوئي 'A' وازدياد شيخوخة الأوراق.

أظهرت النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الرطب كما هو مبين في الجدول (5) والشكل (5–D) تحت تأثير النطاق الجغرافي خلال مرحلتي العقد والنضج الفيزيولوجي، حيث سجل النطاق الجبلي معنوياً أعلى قيمة لصفة الوزن الرطب (145.2–199.8غ) على التوالي بالمقارنة مع النطاق السهلي (127.3، 133.3غ) على التوالي.

وتشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الجاف خلال مرحلة بداية التفرع ومرحلة النضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (5) والشكل (5–E) تحت تأثير النطاق الجغرافي، فقد سجل النطاق السهلي في مرحلة بداية التفرع أعلى قيمة (23.8 غ) بالمقارنة مع النطاق الجبلي (10.3غ)، أما في مرحلة النضج الفيزيولوجي، فقد سجل النطاق الجبلي معنوياً أعلى قيمة (78.6غ) بالمقارنة مع النطاق السهلي (58.0غ). ويُعزى التباين في الوزنين الرطب والجاف بين النطاقين إلى التباين في صفة دليل المساحة الورقية حيث تفوق النطاق الجبلي بهذه الصفة بدءاً من طور الإزهار حتى النضج التام، حيث انعكست هذه الصفة إيجاباً على معّدل التمثيل الضوئي 'A'. بإضافة إلى المحافظة على قيم مرتفعة من محتوى الماء النسبي في الأوراق، ما يؤدي إلى استمرار استطالة الخلايا واستمرار النتح والتأثير المبرد Cooling effect، واستمرار انتثار غاز CO_2، وبالتالي ازدياد معّدل التمثيل الضوئي 'A'، وازدياد الوزن الجاف في النبات.

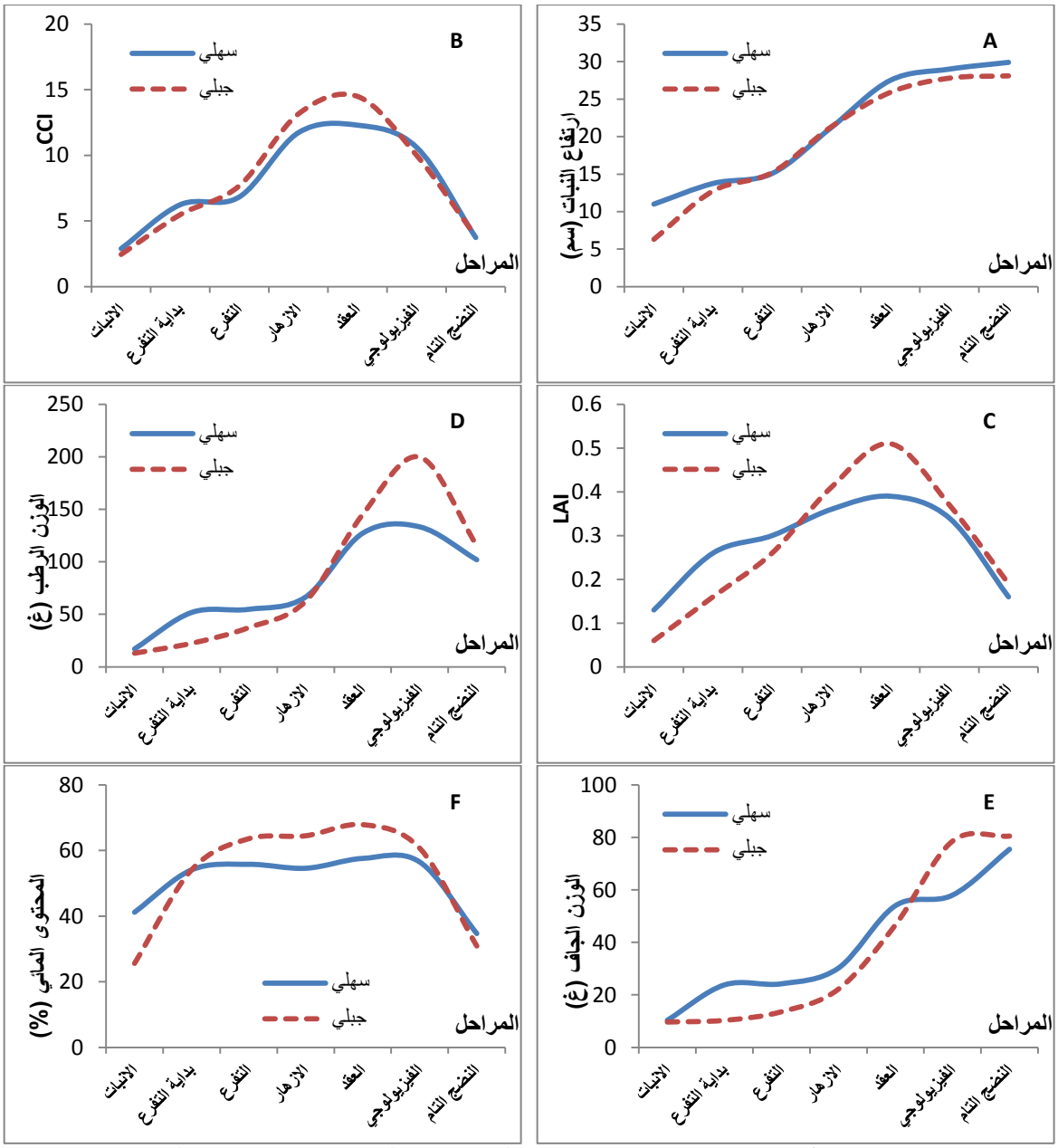
كما تبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة المحتوى المائي خلال مرحلة العقد ومرحلة النضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (5) والشكل (5–F)، حيث سجل النطاق الجبلي معنوياّ أعلى قيمة بلغت (67.9، 60.7 %) على التوالي، بالمقارنة مع النطاق السهلي (57.6، 56.5 %) على التوالي. ويُعزى التباين في المحتوى المائي بين النطاقين إلى وجود كمية كافية من

المياه في النطاق الجبلي لتعويض الماء المنتوح إضافة إلى أنّ كمية المياه الكلية المنتوحة أقل بسبب تدني درجة الحرارة بالمقارنة مع النطاق السهلي.

ويمكن تفسير تفوق النطاق الجبلي على النطاق السهلي بمعظم الصفات الشكلية والفيزيولوجية خاصة في مراحل أوج النمو، من خلال طول موسم النمو فيه، وبالتالي طول مدّة المراحل التطورية أكثر منها في النطاق السهلي. وذلك بسبب تعرض النطاق الجبلي إلى درجات حرارة منخفضة، وخاصة في المراحل التطورية من الإنبات حتى التفرع (وهذا ما يفسر تفوق النطاق السهلي على الجبلي في مراحل النمو الأولى في بعض الصفات)، إضافةً إلى تلقيه كمية هطول مطري أكبر من النطاق السهلي.

الجدول (5) تأثير النطاق الجغرافي في الصفات الشكلية والفيزيولوجية لمحصول الحمص.

الصفات الخضرية	النطاق الجغرافي	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	اكتمال التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
ارتفاع النبات (سم)	سهلي	6.0	13.75	15.1	21.2	27.5	29.0	29.0
	جبلي	4.3	12.75	15.2	21.3	25.9	28.0	28.0
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	-	-	-	-	-
CCI	سهلي	2.9	6.2	6.8	11.7	12.3	10.6	3.7
	جبلي	2.5	5.5	7.7	13.2	14.5	10.0	3.8
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	-	*	*		
LAI	سهلي	0.09	0.26	0.30	0.36	0.39	0.34	0.16
	جبلي	0.06	0.16	0.26	0.41	0.51	0.37	0.19
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*			*		
الوزن الرطب (غ)	سهلي	17.1	51.8	54.8	66.5	127.3	133.3	102
	جبلي	13	22.4	37.3	62.5	145.2	199.8	115.6
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	-	-	*	*	-
الوزن الجاف (غ)	سهلي	10.3	23.8	24.2	30.2	54	58	75.5
	جبلي	9.7	10.3	13.6	22.2	46.7	78.6	80.5
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	-	-	-	*	-
المحتوى المائي%	سهلي	41.2	54.1	55.8	54.6	57.6	56.5	34.7
	جبلي	25.6	54.1	63.6	64.5	67.9	60.7	30.9
	المعنوية الاحصائية (0.05)		-	-	-	*	*	-



الشكل (5) تأثير النطاق الجغرافي في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو المختلفة.

1-2 تأثير الصنف المزروع في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

أظهرت النتائج وجود فروقات معنوية لصفة ارتفاع النبات في مرحلة بداية التفرع ومرحلة التفرع ومرحلة الازهار ومرحلة العقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (6) والشكل (6-A) بين الصنفين المزروعين، حيث كان الصنف الشتوي الأعلى معنوياً في صفة ارتفاع النبات (14.0، 22.3، 27.1، 32.8، 33.9سم) على التوالي، ويمكن أنّ تُعزى هذه النتائج إلى زيادة طول موسم نمو الصنف الشتوي الذي يزرع بشكل أبكر وتلقيه لكمياتٍ أكبر من الهطولات المطرية خلال مراحل النمو، الأمر الذي وفَّر الاحتياجات المائية المطلوبة لانقسام واستطالة الخلايا النباتية والمحافظة على ضغط الامتلاء داخل الخلايا اللازم لاستمرار النمو والتطور.

أظهرت النتائج وجود فروقات معنوية لصفة دليل محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI) بين الصنفين المزروعين في مرحلة التفرع ومرحلة الازهار ومرحلة العقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (6) والشكل (B–6)، حيث كان محتوى الأوراق من الكلوروفيل الأعلى معنوياً لدى الصنف الشتوي (8.9، 15.0، 14.5، 10.9) على التوالي، بالمقارنة مع الصنف الربيعي، ويُعزى تفوق الصنف الشتوي بصفة(CCI) إلى تلقي هذا الصنف إلى كميات هطول مطري أكبر خلال فترة نموه بسبب زراعته بشكل أبكر من الصنف الربيعي.

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) بين الصنفين عند مرحلة بداية التفرع ومرحلة التفرع ومرحلة الازهار كما هو مبين في الجدول(6) والشكل (C–6)، حيث كان متوسط (LAI) الأعلى معنوياً لدى الصنف الشتوي (0.26 0.36، 0.49 على التوالي)، بالمقارنة مع الصنف الربيعي (0.05 0.09، 0.29 على التوالي)، يُعزى التباين بين الصنفين المدروسين في صفة (LAI) إلى التباين في ارتفاع النبات، ومن ثمّ عدد العقد الساقية، وبالتالي عدد الأوراق المتشكلة في النبات، وإلى التباين في طول موسم النمو، ومن ثمّ كمية المياه التي يستفيد منها الصنف الشتوي، الذي يُزرع بوقت أبكر، ما يؤدي إلى الانبات والنمو الأولي وتغطية سطح التربة بوقت أبكر وبشكل أكبر، ما يؤدي إلى زيادة كفاءة استعمال المياه WUE، ومن ثمّ كمية المياه المتاحة في منطقة انتشار الجذور، ما يسمح في المحافظة على قيم مرتفعة من ضغط الامتلاء ضمن خلايا الأوراق، ما يؤدي إلى استمرار استطالتها، وزيادة مساحة الأوراق المتشكلة. بالإضافة إلى انفتاح المسامات بشكل اكبر وزيادة معدل انتثار CO_2، ومن ثمّ معّدل تثبيت CO_2 في حلقة كالفن، وتزداد كمية المادة الجافة الكلية المصنعة والمتاحة لنمو الأوراق وتطورها.

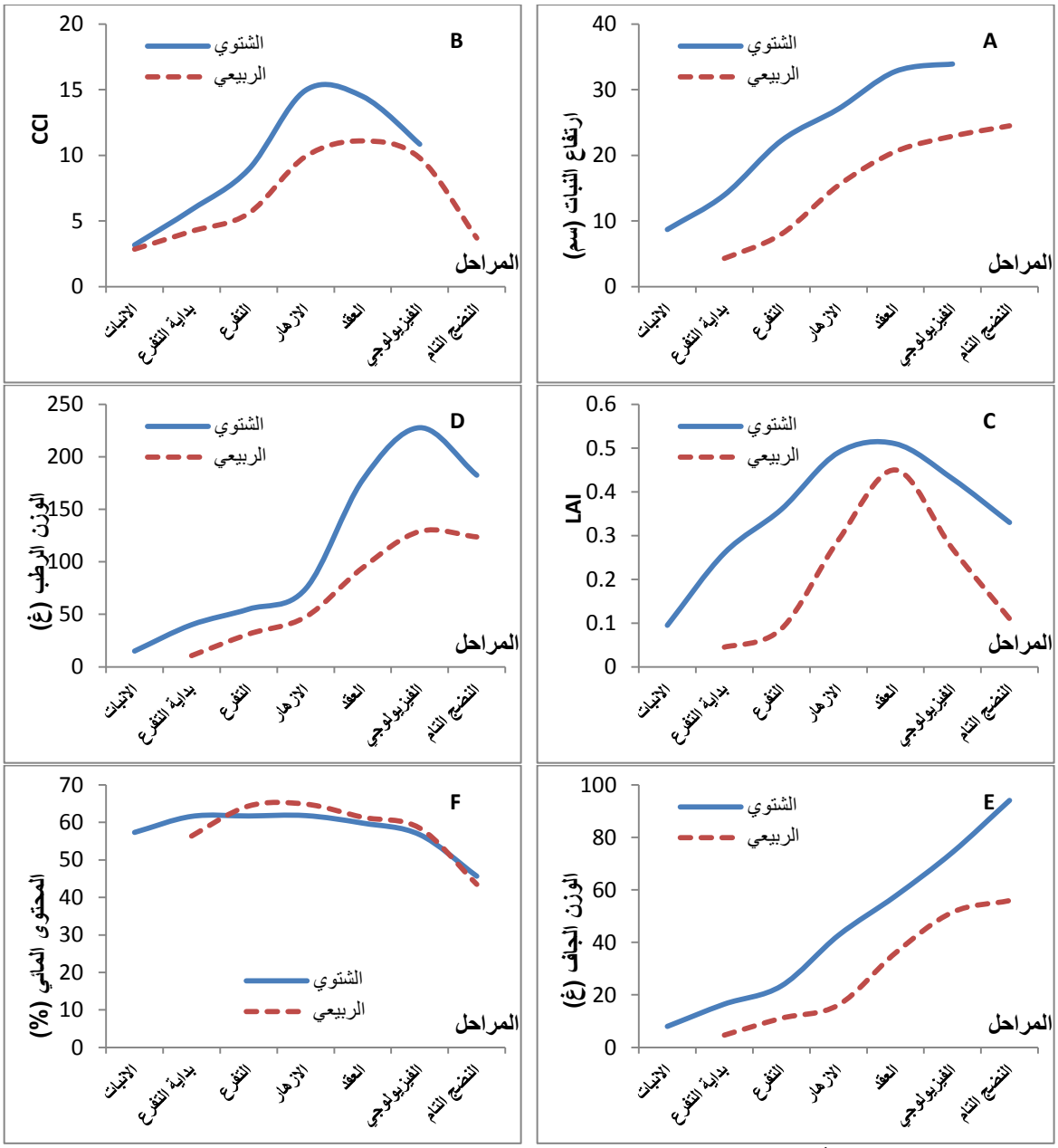
وتشير النتائج إلى وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الرطب بين الصنفين عند كافة المراحل عدا مرحلة الانبات كما هو مبين في الجدول (6) والشكل (D–6)، حيث كان متوسط الوزن الرطب الأعلى معنويا لدى الصنف الشتوي (40.1 55.0، 74.3، 178.1، 227.9، 182.6 غ على التوالي)، بالمقارنة مع الصنف الربيعي (10.7 31.2، 47.6، 94.4، 129.0، 123.8 غ على التوالي). وتشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الجاف بين الصنفين المزروعين في كافة المراحل عدا مرحلة الانبات كما هو مبين في الجدول (6) والشكل (E–6)، حيث كان متوسط الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً لدى الصنف الشتوي (16.5، 23.4، 42.7، 57.7، 74.3، 94.1 غ على التوالي) خلال المراحل المذكورة، بالمقارنة مع الصنف الربيعي (4.7، 11.1، 16.2، 36.0، 51.5، 55.9 غ على التوالي). ويُعزى تفوق الصنف الشتوي في صفتي الوزن الرطب والجاف إلى تفوقه في صفة ارتفاع النبات ودليل المساحة الورقية (LAI) الأمر الذي سمح في زيادة معدل انتثار CO_2، وازدياد معّدل التمثيل الضوئي 'A'، ما يؤدي إلى زيادة الكتلة الحية عند النضج Biomass.

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة المحتوى المائي تحت تأثير معاملة الصنف المزروع في مرحلة بداية التفرع ومرحلة التفرع ومرحلة الازهار كما هو مبين في الجدول (4) والشكل (6-F)، حيث سجل الصنف الشتوي أعلى قيمة لصفة المحتوى المائي (61,6) في مرحلة بداية التفرع، في حين سجل الصنف الربيعي أعلى قيمة لصفة المحتوى المائي (64.4، 64.9%) في مرحلتي التفرع والازهار على التوالي. ويُعزى تفوق الصنف الربيعي معنوياً على الصنف الشتوي إلى أنّ دليل المساحة الورقية في الصنف الشتوي معنوياً أكثر وبالتالي ستكون كمية المياه الكلية المنتوحة أعلى بالمقارنة مع الصنف الربيعي، وبما أنّ جميع الصفات الشكلية كانت معنوياً أعلى في الصنف الشتوي هذا يعني أنّ معّدل التمثيل الضوئي فيه، ومن ثمّ تصنيع المادة الجافة أكبر وبالتالي سيكون معدل استهلاك المياه كمعطي أولي للإلكترونات أكبر في الصنف الشتوي بالمقارنة مع الربيعي، وبما أنّ كمية المياه المتاحة للصنف الشتوي أكبر، فستكون الناقلية المسامية، ومن ثمّ كمية المياه المنتوحة أعلى، ما يؤدي إلى تراجع المحتوى المائي في الأوراق بشكل أكبر.

الجدول (6) تأثير الصنف المزروع في الصفات الشكلية والفيزيولوجية لمحصول الحمص.

الصفات الخضرية	الصنف	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
ارتفاع النبات (سم)	الصنف الشتوي	8.7	14.0	22.3	27.1	32.8	33.9	33.9
	الصنف الربيعي		4.3	8.0	15.4	20.6	22.9	24.5
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	*	*	*	*	-
CCI	الصنف الشتوي	3.2	5.9	8.9	15.0	14.5	10.9	
	الصنف الربيعي	2.9	4.2	5.6	9.9	11.1	9.8	3.7
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	*	*	*	*	
LAI	الصنف الشتوي	0.10	0.26	0.36	0.49	0.51	0.43	0.33
	الصنف الربيعي		0.05	0.09	0.29	0.45	0.27	0.11
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	*	*	-	-	-
الوزن الرطب (غ)	الصنف الشتوي	15.0	40.1	55.0	74.3	178.1	227.8	182.6
	الصنف الربيعي		10.7	31.2	47.6	94.4	129.0	123.8
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*	*	*	*	*	*
الوزن الجاف (غ)	الصنف الشتوي	8	16.5	23.4	42.7	57.7	74.3	94.1
	الصنف الربيعي		4.67	11.1	16.2	36.0	51.5	55.9
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*	*	*	*	*	*
المحتوى المائي (%)	الصنف الشتوي	57.3	61.6	61.7	61.8	59.8	56.7	45.7
	الصنف الربيعي		56.4	64.4	64.9	61.4	58.5	43.5
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*	*	*			

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.



الشكل (6) تأثير الصنف المزروع في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.

3-1 تأثير موعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

تبين النتائج وجود فروقات معنوية ($p\leq0.05$) في صفة ارتفاع النبات تحت تأثير موعد الزراعة عند مراحل بداية التفرع والتفرع كما هو مبين في الجدول (7) والشكل (A-7)، حيث سجل الموعد المبكر المثالي أعلى قيمة لصفة ارتفاع النبات (17.2، 19.3سم) على التوالي. ويُعزى ذلك إلى أنّ المحصول عند الزراعة في الموعد المبكر تلقى كمياتٍ أكبر من الهطول المطري وكانت فترة نموه أطول من الموعد المتأخر، ما يؤدي إلى إنبات البذور وظهور البادرات فوق سطح التربة بشكل أبكر، فيزداد معدل نمو النبات وتطور بسبب زيادة طول المرحلة الخضرية، إضافة إلى أهمية المياه

المتاحة بكمية أكبر عند الزراعة المبكرة في زيادة معّدل استطالة خلايا العقد الساقية، ما يؤدي إلى زيادة عدد السلاميات الساقية وطولها.

وأظهرت النتائج وجود فروقات معنوية لصفة (CCI) عند معاملة موعد الزراعة في مرحلة الازهار والعقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (7) والشكل (B–7)، حيث سجل الموعد المبكر الأمثل أعلى قيم لصفة (CCI) بلغت (10.9، 15.95، 14.14) على التوالي، بينما سجل الموعد المتأخر أقل قيم بلغت (8.15، 8.97، 6.27) على التوالي، ويُعزى تفوق الموعد المبكر الأمثل في صفة(CCI) إلى طول مدّة النمو فيه، وتلقيه كميات أكبر من الهطول المطري بالمقارنة مع الموعد المتأخر.

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) تحت تأثير موعد الزراعة في مراحل العقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (7) والشكل (C–7)، حيث سجل الموعد المبكر الأمثل معنوياً أعلى قيمة لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) (0.62، 0.57 على التوالي)، في حين كان دليل المساحة الورقية الأدنى معنوياً في الموعد المتأخر وبخاصة خلال مراحل العقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام (0.32، 0.15، 0.10 على التوالي) بالمقارنة مع الموعد الأمثل المبكر، ويُعزى تفوق الموعد الأمثل في صفة (LAI) إلى تلقيه كميات من الهطول المطري أكبر وبالتالي توفر كمية أكبر من المياه المتاحة، ونموه بالمراحل الأولى من عمر النبات بدرجات حرارة أقل بالمقارنة مع الموعد المتأخر الذي كانت درجات الحرارة فيه أعلى بالإضافة إلى قلة المياه المتاحة للنبات، هذا ما أدى إلى انخفاض معّدل النتح، وبالتالي انخفاض التأثير المبرد لعملية النتح، وبالتالي تراجع معّدل التمثيل الضوئي 'A' وازدياد شيخوخة الأوراق.

وأظهرت النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الرطب باختلاف موعد الزراعة في مراحل التفرع والنضج الفيزيولوجي والنضج التام كما هو مبين في الجدول (7) والشكل (D–7)، حيث كان متوسط الوزن الرطب الأعلى معنوياً عند الموعد المثالي (55.67، 241.17، 132.33 غ على التوالي)، بالمقارنة مع الموعد المتأخر. وتبيّن النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الجاف تحت تأثير موعد الزراعة في مراحل العقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام كما هو مبين في الجدول (7) والشكل (E–7)، حيث كان متوسط الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً عند الموعد المثالي (52.5، 77.1، 87.2 على التوالي)، بالمقارنة مع الموعد المتأخر، ويُعزى تفوق الموعد الأمثل في

صفتي الوزن الرطب والوزن الجاف إلى تفوقه بصفة طول النبات ودليل المساحة الورقية صفة(CCI)، بإضافة إلى توفر متسع من الوقت للنمو وزيادة صافي عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي تراكم المادة الجافة.

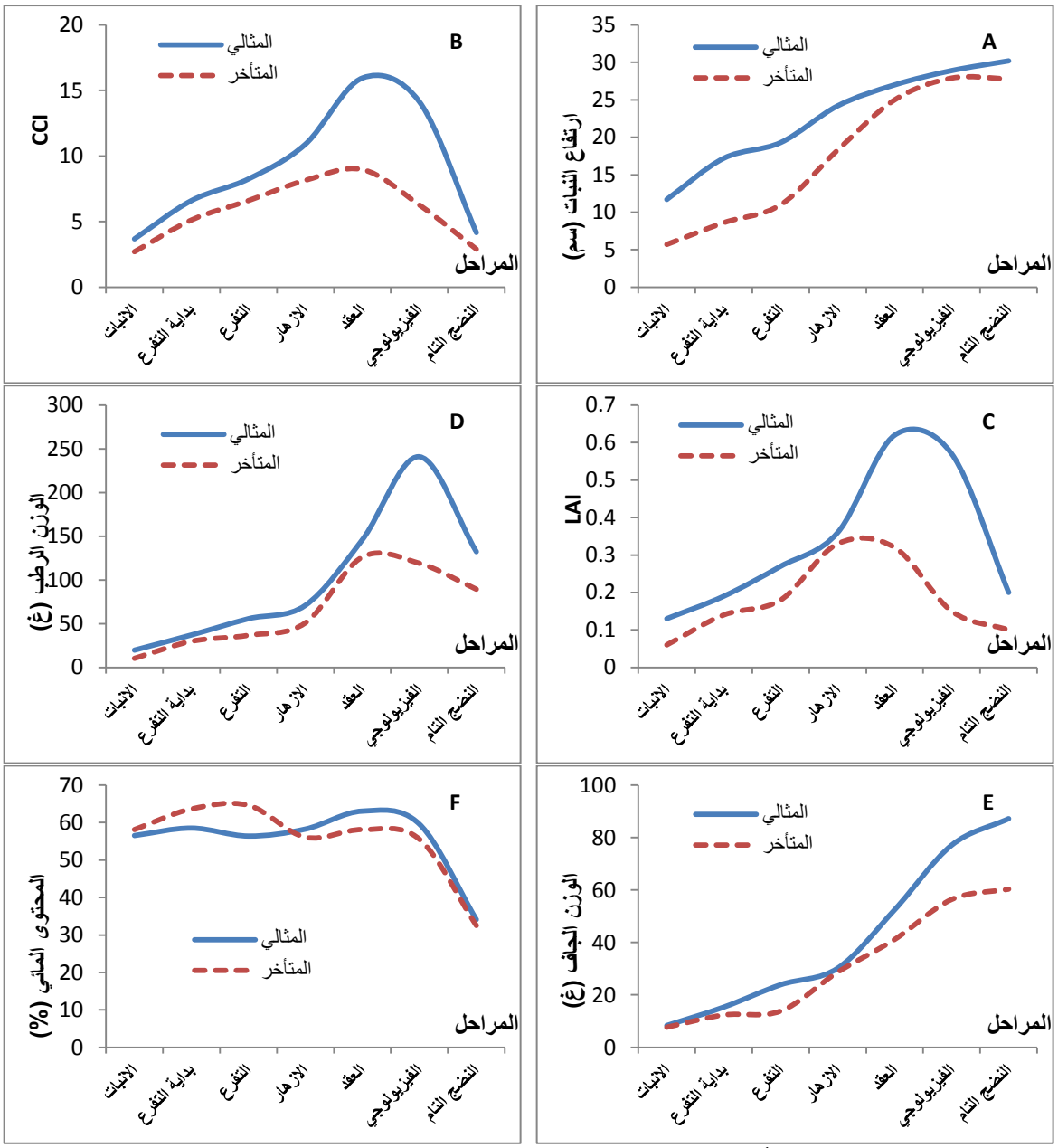
وتشير النتائج إلى وجود فروقات معنوية لصفة المحتوى المائي تحت تأثير معاملة موعد الزراعة في مراحل بداية التفرع والتفرع والعقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (7) والشكل (7-F)، حيث كان محتوى الأوراق المائي الأعلى معنوياً عند الموعد المتأخر (63.63، 64.6%) في مرحلتي بداية التفرع والتفرع على التوالي، أما في مرحلتي العقد والنضج الفيزيولوجي فقد سجل الموعد المثالي أعلى قيمة لصفة المحتوى المائي بلغت (63.05، 59.59 %) على التوالي. ويُعزى سبب تفوق الموعد المتأخر معنوياً في صفة المحتوى المائي على الموعد المبكر الأمثل بسبب قصر طول مرحلة النمو الخضري، ومن ثمّ حجم المسطح الورقي القابل للنتح، فتقل كمية المياه الكلية المنتوحة. أما بالنسبة إلى تفوق الموعد المبكر الأمثل مرحلة النمو الثمري (الازهار والنضج الفيزيولوجي والنضج التام)، حيث عند الرجوع إلى جدول توزع الهطولات المطرية نلاحظ أنّ متوسط كمية الأمطار الهاطلة خلال شهري أذار ونيسان كانت الأعلى (تتزامن مع مرحلة النمو الثمري)، بالمقارنة مع متوسط الأمطار الهاطلة خلال أشهر النمو الخضري (كانون الأول، كانون الثاني، شباط).

الجدول (7) تأثير موعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو المختلفة.

الصفات الخضرية	الموعد	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
ارتفاع النبات (سم)	المثالي	6.7	17.2	19.3	24.2	27	28.9	30.2
	المتأخر	5.2	8.6	11	18.3	25	27.9	27.8
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	*	-	-	-	-
CCI	المثالي	3.7	6.6	8.3	10.9	16.0	14.1	4.2
	المتأخر	2.7	5.12	6.6	8.2	9.0	6.3	2.9
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-		-	*	*	*	-
LAI	المثالي	0.09	0.19	0.27	0.36	0.62	0.57	0.20
	المتأخر	0.06	0.14	0.18	0.33	0.32	0.15	0.10
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	-	-	*	*	*
الوزن الرطب (غ)	المثالي	19.8	37.1	55.7	71.0	146.2	241.0	132.3
	المتأخر	10.3	29.8	36.7	50.9	126.3	119.1	89.4
	المعنوية الاحصائية	-	-	*	-	-	*	*

							(0.05)	
87.2	77.1	52.5	30.2	23.9	15.3	8.3	المثالي	الوزن الجاف (غ)
60.3	56.4	41.2	28.7	13.8	12.3	7.7	المتأخر	
*	*	*	-	-	-	-	المعنوية الاحصائية (0.05)	
34.1	59.6	63.1	58.3	56.4	58.5	56.5	المثالي	المحتوى المائي (%)
32.5	55.6	58.1	56.1	64.6	63.6	58.1	المتأخر	
-	*	*	-	*	*	-	المعنوية الاحصائية (0.05)	

تشير * إلى المعنوية الاحصائية.



الشكل (7) تأثير موعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية لمحصول الحمص.

1-4 تأثير تفاعل النطاق الجغرافي والصنف المزروع في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

تبيّن النتائج وجود فروقات معنوية لصفة ارتفاع النبات عند تفاعل تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع خلال مرحلتي التفرع والعقد كما هو مبين في الجدول (8)، حيث كان ارتفاع النبات الأعلى معنوياً عند النطاق السهلي المزروع بالصنف الشتوي (17.2، 31.7 سم على التوالي).

وتُشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI) تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً خلال مرحلة العقد ومرحلة النضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (8)، حيث سجل الصنف الشتوي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة الـ (CCI) (15.7، 19.6). ويُعزى تفوق الصنف الشتوي في النطاق الجبلي في صفة (CCI) إلى تلقي النطاق الجبلي والصنف الشتوي إلى كميات أكبر من الهطول المطري، وطول مدّة النمو فيه.

وتبيّن النتائج وجود فروقات معنوية لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً خلال مراحل بداية التفرع والتفرع والازهار والعقد كما هو مبين في الجدول (8)، حيث كان متوسط (LAI) الأعلى معنوياً عند النطاق السهلي المزروع بالصنف الشتوي في مرحلتي بداية التفرع والتفرع (0.26، 0.44 على التوالي)، بينما سجل النطاق الجبلي المزروع بالصنف الشتوي أعلى قيمة لصفة الـ (LAI) في مرحلتين الازهار والعقد، حيث بلغت (0.68، 0.69 على التوالي)، ويُعزى تفوق النطاق السهلي المزروع بالصنف الشتوي في المراحل الأولى إلى درجات الحرارة التي كانت بالحدود المثلى في المراحل الأولى مما سمح بتطور المسطح الورقي بشكل أفضل من النطاق الجبلي، أما في المراحل المتقدمة يُعزى تفوق النطاق الجبلي المزروع بالصنف الشتوي إلى تلقي النطاق الجبلي إلى كميات هطول مطري أكبر بالمقارنة مع النطاق السهلي.

تُشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الرطب تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً في مراحل التفرع والعقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (8)، حيث سجل النطاق السهلي المزروع بالصنف الشتوي أعلى قيمة لصفة الوزن الرطب في

مرحلة التفرع (67.8غ)، بينما سجل الصنف الشتوي المزروع في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة الوزن الرطب في مرحلتي والعقد والنضج الفيزيولوجي، (162.5،224.5غ على التوالي).

تُشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الجاف تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً خلال مراحل التفرع والازهار والعقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام كما هو مبين في الجدول (8)، حيث سجل الصنف الشتوي في النطاق السهلي أعلى قيمة لصفة الوزن الجاف في مرحلتي التفرع والازهار (26.8، 40.2غ على التوالي)، بينما سجل الصنف الشتوي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة الوزن الجاف في مراحل العقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام (70.5، 88.7، 122.5غ على التوالي)، ويُعزى التفوق في صفتي الوزن الرطب والجاف إلى التفوق في صفة (LAI)، ما أدى إلى ازدياد المادة الجافة الكلية المصنعة والمتاحة لنمو النبات، ما يؤدي إلى زيادة الكتلة الحية Biomass عند النضج.

تُشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة المحتوى المائي تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً خلال مرحلتي العقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (8)، حيث سجل الصنف الشتوي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة المحتوى المائي (80، 72.08% على التوالي).

الجدول (8) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.

الصفات الخضرية	نطاق-صنف	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
ارتفاع النبات (سم)	سهلي-شتوي	5.2	11.7	17.2	28.5	31.7	33.5	33.5
	سهلي-ربيعي	4.3	9.5	12	16.7	20.5	24.3	26.8
	جبلي-شتوي	4.1	5.7	11.8	16	22.5	32.2	34.3
	جبلي-ربيعي	2.5	4.2	10.4	12.2	14.2	20.7	21.5
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	*1.983	2.57	*1.781	**2.76**	**1.97**
CCI	سهلي-شتوي	2.9	6.2	10.2	14.1	9.2	7.1	3.5
	سهلي-ربيعي	2.4	6.2	7.3	9.2	10.7	10.5	3.7
	جبلي-شتوي	2.9	3.5	5.5	7.5	15.7	19.6	9.5
	جبلي-ربيعي	2.2	3.5	4.5	7.3	11.4	9.2	8.5
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	0.99	1.28	*0.231	*1.750	1.86
LAI	سهلي-شتوي	0.13	0.26	0.44	0.50	0.56	0.21	
	سهلي-ربيعي	0.06	0.12	0.11	0.38	0.58	0.34	0.16
	جبلي-شتوي	0.10	0.15	0.25	0.68	0.69	0.53	0.35

	جبلي-ربيعي	0.05	0.06	0.11	0.21	0.32	0.21	0.06
	المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*0.0165	*0.011	*0.055	*0.0345	0.088	0.081
الوزن الرطب (غ)	سهلي-شتوي	17.1	51.8	67.8	84.3	142.8	150.2	
	سهلي-ربيعي	11.3	37.5	62.2	78.9	111.8	124.5	133.3
	جبلي-شتوي	12.5	19.8	33.8	49.7	162.5	224.5	286.5
	جبلي-ربيعي	8.6	11.6	28.5	32.5	60.7	77	96.5
	LSD (0.05)	-	-	*6.634	9.63	*17.27	*18.21	72.25
الوزن الجاف (غ)	سهلي-شتوي	6.3	19.8	26.8	40.2	66.2	77.4	
	سهلي-ربيعي	4.5	15.5	20.7	30.3	41.8	54.3	61.5
	جبلي-شتوي	3.9	9.7	12.2	15.7	70.5	88.7	122.5
	جبلي-ربيعي	3.2	6.6	9.3	10.5	19.2	30.2	43
	LSD (0.05)	-	-	*4.029	*5.631	*3.833	*17.332	*7.02
المحتوى المائي (%)	سهلي-شتوي	63.2	61.7	60.5	52.4	53.7	49.4	
	سهلي-ربيعي	60.2	61.7	66.8	61.6	62.6	56.4	53.9
	جبلي-شتوي	68.8	51.2	64.0	68.5	80	72.1	57.2
	جبلي-ربيعي	62.79	43.1	67.3	67.7	68.4	60.8	55.4
	LSD (0.05)	-	-	2.70	2.87	*1.401	*2.293	7.75

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

1-5 تأثير تفاعل النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

تبين النتائج عدم وجود فروقات معنوية لصفة ارتفاع النبات تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً عند كافة المراحل عدا مرحلة التفرع كما هو مبين في الجدول (9)، فقد سجل الموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة لصفة طول النبات (21.7 سم).

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الـ (CCI) تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في مراحل والعقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام كما هو مبين في الجدول (9)، حيث سجل الموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة (14.9) عند مرحلة العقد، بينما سجل الموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة (CCI) عند مرحلتي النضج الفيزيولوجي والنضج التام (16.2، 12.9 على التوالي).

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الـ (LAI) تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في مراحل الانبات والعقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (9)، حيث سجل الموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة لصفة الـ (LAI) في مرحلة الانبات (0.21)، في حين سجل الموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة الـ (LAI) في مرحلتي العقد والنضج الفيزيولوجي (0.65، 0.64 على التوالي).

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الرطب تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في مراحل التفرع والازهار والنضج الفيزيولوجي والنضج التام كما هو مبين في الجدول (9)، حيث سجل الموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة لصفة الوزن الرطب في مرحلتي التفرع والازهار (47.2، 76غ)، وسجل الموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة الوزن الرطب في مرحلة النضج الفيزيولوجي والنضج التام (210.7، 310غ على التوالي).

وتبين النتائج وجود فروقات معنوية لصفة الوزن الجاف تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في مراحل بداية التفرع والتفرع والازهار والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (9)، حيث سجل الموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة لصفة الوزن الجاف في مراحل بداية التفرع والتفرع والازهار (16، 23.6، 31.5غ على التوالي)، في حين سجل الموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة الوزن الجاف في مرحلة النضج الفيزيولوجي (88.5غ).

وتشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة المحتوى المائي تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في مراحل بداية التفرع والعقد والنضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (9)، حيث سجل الموعد المتأخر في النطاق السهلي أعلى قيمة في مرحلة بداية التفرع (76.2%)، في حين سجل الموعد المتأخر في النطاق الجبلي أعلى قيمة في مراحل العقد والنضج الفيزيولوجي (89.9، 68.5% على التوالي).

الجدول (9) تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في الصفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.

الصفات الخضرية	نطاق-صنف	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
ارتفاع النبات (سم)	سهلي-مثالي	7.7	20.3	21.7	25	27	30	33
	سهلي-متأخر	6.2	14.1	18.8	23.3	25	27.5	30
	جبلي-مثالي	6.3	7.3	7.2	10.5	17.3	28	29
	جبلي-متأخر	3.6	4	7.8	11.5	19.3	24.8	26.8
	LSD (0.05)	-	-	*2.11	2.63	1.68	2.78	2.17
CCI	سهلي-مثالي	3.3	7.3	7.1	13.5	14.9	11.8	3.8
	سهلي-متأخر	2.4	5.2	6.5	12.8	10.7	8.7	4.3
	جبلي-مثالي	3.2	4.0	4.9	13.8	12.0	16.2	12.9
	جبلي-متأخر	2.1	2.9	3.4	9.1	10.9	12.7	7.1
	LSD (0.05)	-	-	0.92	0.119	*0.731	*0.939	*1.790

LAI	**سهلي-مثالي**	0.21	0.26	0.33	0.40	0.46	0.49	0.16
	سهلي-متأخر	0.06	0.16	0.24	0.27	0.30	0.32	0.17
	جبلي-مثالي	0.05	0.12	0.20	0.42	0.65	0.64	0.22
	جبلي-متأخر	0.04	0.08	0.12	0.37	0.24	0.28	0.19
	LSD (0.05)	*0.01	0.021	0.008	0.059	*0.043	*0.059	0.032
الوزن الرطب (غ)	سهلي-مثالي	17.1	37.3	47.2	76.0	159.3	188.4	257.4
	سهلي-متأخر	10.1	36.4	41.7	55.8	148.0	148.5	227.0
	جبلي-مثالي	8.3	19.1	31.1	43.0	161.4	210.7	310.0
	جبلي-متأخر	5.2	16.2	27.4	37.2	134.2	140.5	153.0
	LSD (0.05)	-	-	*6.34	*9.27	16.75	*16.88	*43.80
الوزن الجاف (غ)	**سهلي-مثالي**	8.9	16	23.6	31.5	54.2	76.8	109.8
	سهلي-متأخر	3.7	11	12.3	21.8	43.8	65.8	98.9
	جبلي-مثالي	4.2	7.6	9.7	15.6	28.9	88.5	126.2
	جبلي-متأخر	3.4	6.2	8.6	11	13.5	44.3	39.3
	LSD (0.05)	-	*4.739	*3.849	*6.118	**3.87**	*18.187	13.0
المحتوى المائي (%)	**سهلي-مثالي**	47.9	76.2	50.9	50.0	66.0	59.2	57.3
	سهلي-متأخر	63.3	69.8	70.4	60.9	70.4	55.7	56.4
	جبلي-مثالي	48.0	60.1	68.9	64.7	82.1	58.0	59.3
	جبلي-متأخر	33.1	61.7	68.6	70.4	89.9	68.5	74.3
	LSD (0.05)	-	*6.940	5.47	2.69	*1.163	*1.302	2.51

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

1-6 تأثير تفاعل الصنف المزروع وموعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

تبين النتائج وجود فروق معنوية تحت تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة لصفة ارتفاع النبات عند مرحلة التفرع كما هو مبين في الجدول (10)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع في الموعد الأمثل أعلى قيمة (21.7سم).

وتبين النتائج وجود فروق معنوية تحت تأثير تفاعل الصنف المزروع مع موعد الزراعة لصفة (CCI) خلال مراحل التفرع والازهار والعقد كما هو مبين في الجدول (10)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة لصفة (CCI) (8.6، 12، 13.9) على التوالي.

وتشير النتائج وجود فروق معنوية تحت تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً لصفة (LAI) خلال مراحل بداية التفرع والتفرع والازهار والعقد كما هو مبين في الجدول (10)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيم لصفة (LAI) (0.32، 0.46، 0.60، 0.58 على التوالي).

وتبين النتائج وجود فروق معنوية تحت تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً لصفة الوزن الرطب خلال مراحل الازهار والعقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام كما هو مبين في الجدول (10)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيم لصفة الوزن الرطب (77.3، 102.2، 158.8، 195.4غ على التوالي).

وتبين النتائج وجود فروق معنوية تحت تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً لصفة الوزن الجاف خلال مراحل التفرع والازهار والنضج التام كما هو مبين في الجدول (10)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع في الموعد المثالي أعلى قيم لصفة الوزن الجاف (27، 35.7، 93.6غ على التوالي).

تشير النتائج وجود فروق معنوية لصفة المحتوى المائي تحت تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً في مرحلة النضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (10)، حيث سجل الصنف الربيع المزروع بالموعد المتأخر أعلى قيمة لصفة المحتوى المائي (64.8).

الجدول (10) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً في صفات الشكلية والفيزيولوجية خلال مراحل النمو.

الصفات الشكلية والفيزيولوجية	نطاق-صنف	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
ارتفاع النبات (سم)	شتوي-مثالي	14.4	13.8	21.7	24.0	29.8	33.0	37.8
	شتوي-متأخر	8.7	12.5	17.6	23.0	28.2	30.7	32.6
	ربيعي-مثالي	9.9	11.7	13.4	15.1	18.2	22.0	25.2
	ربيعي-متأخر	6.7	9.1	10.6	11.2	16.5	21.0	24.2
	LSD (0.05)	-	-	*1.957	0.95	1.09	1.48	2.0
CCI	شتوي-مثالي	3.3	5.7	8.6	12.0	13.9	17.5	7.5
	شتوي-متأخر	2.4	4.0	7.1	9.6	11.0	14.4	7.4
	ربيعي-مثالي	2.9	5.6	6.9	8.1	10.5	12.7	9.2
	ربيعي-متأخر	2.6	4.1	8.2	9.9	11.6	7.0	4.1
	LSD (0.05)	-	-	*0.269	*1.475	*0.754	1.69	1.43
LAI	شتوي-مثالي	0.13	0.32	0.46	0.50	0.60	0.58	0.25
	شتوي-متأخر	0.09	0.19	0.26	0.49	0.55	0.42	0.23
	ربيعي-مثالي	0.11	0.16	0.22	0.36	0.51	0.37	0.12
	ربيعي-متأخر	0.06	0.13	0.20	0.34	0.39	0.18	0.10
	LSD (0.05)	-	*0.0219	*0.0119	0.05	*0.0449	*0.1604	0.0835
الوزن الرطب (غ)	شتوي-مثالي	23.3	41.8	57	77.3	102.2	158.8	195.4
	شتوي-متأخر	16.8	29.8	44.7	57.7	78.0	111.2	172.2
	ربيعي-مثالي	14.7	41.5	41.5	56.9	72.2	96.2	142
	ربيعي-متأخر	12.5	30.1	37.5	41.3	68.3	74.3	127.8
	LSD (0.05)	-	-	5.22	*7.37	*9.52	*16.69	*68.97
الوزن الجاف (غ)	شتوي-مثالي	8.9	18.2	27	35.7	46.6	64.6	93.6

	شتوي-متأخر	3.7	11.4	12	22.2	39.8	47.2	80.9
	ربيعي-مثالي	6.2	12.1	14.8	20.5	36.8	41.2	61.2
	ربيعي-متأخر	4.4	7.4	10	12.7	34.8	43.1	57.3
	LSD (0.05)	-	-	*3.743	*2.182	4.01	6.65	*21.31
المحتوى المائي (%)	شتوي-مثالي	61.7	56.5	52.6	53.9	54.5	59.3	52.1
	شتوي-متأخر	77.8	61.9	73.1	59.5	48.9	53.4	53.0
	ربيعي-مثالي	57.5	70.8	64.3	63.9	49.0	57.2	56.9
	ربيعي-متأخر	64.6	75.4	73.2	70.7	65.3	64.8	55.2
	LSD (0.05)	-	-	5.25	3.01	1.63	*2.319	2.48

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

7-1 تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الصفات الشكلية والفيزيولوجية:

1-7-1تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في ارتفاع النبات: تُشير النتائج إلى وجود فروقات معنوية في صفة ارتفاع النبات تحت التأثير المشترك لعوامل الدراسة الثلاث خلال مرحلة العقد فقط كما هو مبين في الجدول (11)، حيث كان متوسط ارتفاع النبات الأعلى معنوياً لدى الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي (33.3 سم).

الجدول (11) التأثير المشترك للنطاق الجغرافي و الصنف المزروع وموعد الزراعة في ارتفاع النبات خلال مراحل النمو.

	المراحل						
	الانبات	**بداية التفرع**	**التفرع**	**الازهار**	**العقد**	**النضج الفيزيولوجي**	**النضج التام**
سهلي-شتوي-مثالي	-	-	14.7	20.3	33.3	35.0	35.0
سهلي-شتوي-متأخر	-	8.7	14.0	18.7	28.3	32.0	32.0
سهلي-ربيعي-مثالي	6.4	8.2	10.0	15.0	19.0	23.0	27.7
سهلي-ربيعي-متأخر	3.5	8.8	14.0	15.3	22.0	25.7	26.0
جبلي-شتوي-مثالي-	7.3	7.3	10.0	16.5	22.7	35.0	37.3
جبلي-شتوي-متأخر	4.7	8.1	11.5	15.1	18.7	29.3	31.3
جبلي-ربيعي-مثالي	-	3.3	5.9	8.0	14.0	21.0	20.7
جبلي-ربيعي-متأخر	-	3.1	5.3	8.7	13.5	19.3	22.3
المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	1.96	2.35	*1.87	2.71	2.87

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-7-1تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة على محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI): تُشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة (CCI) تحت تأثير التفاعل بين عوامل الدراسة في مرحلة النضج الفيزيولوجي كما هو مبين في الجدول (12)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة (CCI) (23.6)

الجدول (12) تأثير النطاق الجغرافي الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً على CCI خلال مراحل النمو.

	المراحل						
	الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
سهلي-شتوي-مثالي	-	-	4.7	7.3	12.5	16.5	6.9
سهلي-شتوي-متأخر	-	3.4	5.1	9.0	11.7	7.7	3.6
سهلي-ربيعي-مثالي	2.3	3.4	4.6	7.3	15.0	16.6	4.5
سهلي-ربيعي-متأخر	2.2	5.2	4.0	6.9	13.4	4.4	3.0
جبلي-شتوي-مثالي	3.2	4.0	5.8	7.5	15.9	23.6	8.9
جبلي-شتوي-متأخر	2.5	2.9	5.3	7.5	14.7	18.4	7.7
جبلي-ربيعي-مثالي	-	3.1	3.9	4.9	6.0	8.8	5.8
جبلي-ربيعي-متأخر	-	2.7	3.6	4.2	5.9	6.8	4.2
LSD (0.05)	-	-	1.03	1.80	1.04	*1.67	2.13

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-7-1تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في دليل المساحة الورقية (LAI): تُشير النتائج وجود فروقات معنوية لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) تحت تأثير التفاعل بين عوامل الدراسة خلال كافة المراحل عدا مرحلة الانبات وبداية التفرع كما هو مبين في الجدول (13)، حيث سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لصفة دليل المساحة الورقية (LAI) خلال مراحل التفرع والازهار والعقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام (0.32، 0.65، 0.85، 0.97، 0.37 على التوالي).

الجدول (13) تأثير النطاق الجغرافي الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً في LAI خلال مراحل النمو.

	المراحل						
	الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
سهلي-شتوي-مثالي			0.21	0.46	0.60	0.42	0.32
سهلي-شتوي-متأخر		0.11	0.26	0.34	0.39	0.33	0.26
سهلي-ربيعي-مثالي	0.07	0.08	0.07	0.23	0.57	0.42	0.18
سهلي-ربيعي-متأخر	0.06	0.06	0.14	0.52	0.54	0.26	0.15
جبلي-شتوي-مثالي	0.06	0.18	0.32	0.65	0.85	0.97	0.37
جبلي-شتوي-متأخر	0.04	0.12	0.18	0.56	0.80	0.56	0.33
جبلي-ربيعي-مثالي		0.05	0.07	0.26	0.45	0.31	0.07
جبلي-ربيعي-متأخر		0.03	0.06	0.16	0.19	0.10	0.06
LSD (0.05)	-	0.0295	*0.0139	*0.076	*0.061	*0.1736	*0.0743

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

4-7-1تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الوزن الرطب: تُشير النتائج وجود فروقات معنوية في صفة الوزن الرطب تحت تأثير التفاعل بين عوامل الدراسة

في مراحل الازهار والعقد والنضج التام كما هو مبين في الجدول (14)، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيم للصفة المذكورة في مرحلة الازهار (67.7 غ)، في حين سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة لهذه الصفة في مرحلة العقد والنضج التام (117.0، 281غ على التوالي).

الجدول (14) تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي الصنف المزروع وموعد الزراعة في الوزن الرطب (غ) خلال مراحل النمو.

	المراحل						
	الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
سهلي-شتوي-مثالي			23.5	67.7	81.0	105	164.3
سهلي-شتوي-متأخر		18.7	36.0	54.7	93.7	124.3	77.0
سهلي-ربيعي-مثالي	13.2	32.9	43.3	53.6	80.3	103	145.0
سهلي-ربيعي-متأخر	20.0	26.8	38.7	48	74.3	177	124.0
جبلي-شتوي-مثالي	15.2	16.0	33.0	49.7	117.0	184.7	281.0
جبلي-شتوي-متأخر	11.0	13.7	34.7	45.7	85.5	125.3	96.0
جبلي-ربيعي-مثالي		10.2	23.3	36.3	75.0	89.3	139.0
جبلي-ربيعي-متأخر		8.5	16.3	28.7	46.0	64.7	54.0
LSD (0.05)	-	-	6.89	*10.78	*17.12	22.11	*71.43

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

5-7-1تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الوزن الجاف:

وتُشير النتائج وجود فروقات معنوية في صفة الوزن الجاف تحت تأثير التفاعل بين عوامل الدراسة كما هو مبين في الجدول (15)، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيم لهذه الصفة في مرحلة الازهار (28.67 غ)، في حين سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيم لهذه الصفة في مرحلة العقد والنضج الفيزيولوجي والنضج التام (53.8، 88.7، 129.3غ على التوالي).

الجدول (15) تأثير تفاعل النطاق الجغرافي الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً في الوزن الجاف (غ) خلال مراحل النمو.

	المراحل						
	الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
سهلي-شتوي-مثالي	-	-	12.0	28.7	41.3	53.7	92.3
سهلي-شتوي-متأخر	-	9.7	11.0	17.3	26.7	48.8	89.6
سهلي-ربيعي-مثالي	8.9	12.7	14.8	22.0	35.3	42.8	74.3
سهلي-ربيعي-متأخر	3.8	11.0	12.3	17.0	41.3	61.0	69.7
جبلي-شتوي-مثالي	8.9	7.7	12.7	23.7	53.8	88.7	129.3
جبلي-شتوي-متأخر	3.8	6.7	11.7	13.7	25.7	59.7	62.7

جبلي-ربيعي-مثالي		7.6	9.7	12.7	27.0	31.3	60.0
جبلي-ربيعي-متأخر		6.2	8.3	8.3	11.3	29.0	31.0
(0.05) LSD	-	-	1.86	*5.023	*5.131	*15.98	*23.63

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

6-7-1تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في المحتوى المائي:

تشير النتائج وجود فروقات معنوية في صفة المحتوى المائي تحت تأثير التفاعل بين عوامل الدراسة كما هو مبين في الجدول (16)، فقد سجل الصنف الربيعي المزروع بالموعد المتأخر في النطاق الجبلي أعلى قيمة لهذه الصفة في مرحلة العقد (75.5%)، في حين سجل الصنف الربيعي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة للصفة المذكورة خلال مرحلة النضج الفيزيولوجي (64.9%). حيث كان ارتفاع قيمة محتوى الماء النسبي في الأوراق سلبي لأنّ جميع الصفات المدروسة كانت الأدنى معنوياً عند مثل هذا التفاعل.

الجدول (16) تأثير تفاعل النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في المحتوى المائي (%) خلال مراحل النمو.

	المراحل						
	الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
سهلي-شتوي-مثالي	-		48.9	57.7	49.0	49.0	43.8
سهلي-شتوي-متأخر	-	48.2	69.4	68.3	58.1	46.9	45.3
سهلي-ربيعي-مثالي	47.9	61.5	65.7	59.0	69.1	56.8	52.9
سهلي-ربيعي-متأخر	65.4	59.0	68.1	64.6	57.8	54.2	56.1
جبلي-شتوي-مثالي-	54.7	52.1	61.6	64.5	73.8	64.5	54.0
جبلي-شتوي-متأخر	65.4	54.2	66.3	70.1	70.0	52.4	40.9
جبلي-ربيعي-مثالي	-	55.1	58.4	65.1	64.0	64.9	56.8
جبلي-ربيعي-متأخر	-	62.6	49.0	71.0	75.5	55.2	42.6
(0.05) LSD	-	-	7.11	3.89	*1.98	*2.52	6.90

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

ثانياً: تأثير عوامل الدراسة في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص:

2-1 تأثير النطاق الجغرافي في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص:

تُشير نتائج الجدول (17) إلى عدم وجود فروقات معنوية تحت تأثير النطاق الجغرافي بالنسبة إلى عدد الأيام لكافة المراحل التطورية، عدا صفتي عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي والنضج التام، فقد سجل النطاق الجبلي أعلى قيمة بلغت (122.1، 133.4 يوماً على التوالي)، بينما كانت قيمتها الأدنى معنوياً في النطاق السهلي (101.6،114.8 يوماً على التوالي).

الجدول (17) تأثير النطاق الجغرافي في المراحل التطورية.

النطاق الجغرافي	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	عدد الأيام حتى التفرع	عدد الأيام حتى الإزهار	عدد الأيام حتى العقد	عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي	عدد الأيام حتى النضج التام
السهلي	26.5	58.9	75.8	85.8	101.6	114.8
الجبلي	28.5	68.8	95	104.7	122.1	133.4
المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	-	-	*	*

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-2 تأثير الصنف المزروع في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص:

يبيّن الجدول (18) عدم وجود فروقات معنوية تحت تأثير الصنف المزروع في صفة عدد الأيام حتى الإنبات. وظهرت فروقات معنوية لصفة عدد الأيام حتى التفرع، فقد امتدت هذه المرحلة في الصنف الشتوي إلى (74.3 يوماً)، بينما كانت في الصنف الربيعي (53.4 يوم). كما ويبين الجدول (18) وجود فروقات معنوية في صفة عدد الأيام حتى الإزهار، حيث استمرت في الصنف الشتوي مدّة (100.2 يوماً)، بينما اكتملت في الصنف الربيعي عند (70.6 يوماً). ويبين الجدول (18) وجود فروقات معنوية في صفة عدد الأيام حتى العقد لمعاملة الصنف المزروع، حيث وصلت في الصنف الشتوي إلى (111.6 يوماً)، في حين كانت في الصنف الربيعي (78.9 يوماً). ويُلاحظ من الجدول (18) وجود فروقات معنوية لمعاملة الصنف المزروع في صفة عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي، حيث سجل الصنف الشتوي معنوياً أعلى قيمة (130.4 يوماً)، بالمقارنة مع الصنف الربيعي (93.3 يوماً). كما ويظهر من الجدول (18) وجود فروقات معنوية لمعاملة الصنف المزروع في صفة عدد الأيام حتى النضج التام، حيث كانت معنوياً أعلى لدى الصنف الشتوي (142.6 يوماً)، بالمقارنة مع الصنف الربيعي (105.6 يوماً).

الجدول (18) تأثير الصنف المزروع في المراحل التطورية.

الصنف المزروع	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	عدد الأيام حتى التفرع	عدد الأيام حتى الإزهار	عدد الأيام حتى العقد	عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي	عدد الأيام حتى النضج التام
الشتوي	28.5	74.3	100.2	111.6	130.4	142.6
الربيعي	26.5	53.4	70.6	78.92	93.3	105.6
المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	*	*	*	*

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-3 تأثير موعد الزراعة في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص:

تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود فروقات معنوية في صفة عدد أيام المراحل التطورية تحت تأثير موعد الزراعة، حيث يُلاحظ من الجدول (19) أنّ المحصول احتاج في الموعد المثالي(28.5 يوماً) للإنبات، بينما أنبت المحصول عند (26.5 يوماً) في الموعد المتأخر. كما سجل الموعد المثالي (68.9يوماً) للوصول إلى التفرع، في حين احتاج الموعد المتأخر إلى (58.9يوماً). كما سجل الموعد المثالي (95 يوماً) لبلوغ الإزهار، في حين أزهر المحصول عند (75.8 يوماً) في الموعد المتأخر(الجدول 19). ويُلاحظ أيضاً من الجدول نفسه أنّ العقد تمّ في الموعد المبكر خلال (104.7 يوماً) من تاريخ الزراعة، بينما تمّ العقد في الموعد المتأخر خلال (85.8 يوماً) من تاريخ الزراعة. وقد كان متوسط عدد الأيام اللازمة للنضج الفيزيولوجي الأعلى معنوياً في الموعد المثالي (122.1 يوماً)، في حين كان الأدنى معنوياً الموعد المتأخر (101.6 يوماً) (الجدول 19). وقد سجل الموعد المثالي عدد أيام أكبر للنضج التام، حيث كانت المدة اللازمة لذلك (133.4 يوماً)، في حين اقتصرت المدة في الموعد المتأخر على (114 يوماً) (الجدول 19).

الجدول (19) تأثير موعد الزراعة في المراحل التطورية.

الموعد	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	**عدد الأيام حتى التفرع**	**عدد الأيام حتى الإزهار**	**عدد الأيام حتى العقد**	**عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي**	**عدد الأيام حتى النضج التام**
المثالي	28.5	68.9	95.0	104.7	122.1	133.4
المتأخر	26.5	58.9	75.8	85.8	101.6	114.8
المعنوية الاحصائية (0.05)	*	*	*	*	*	*

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-4 تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً في عدد الأيام التطورية لمحصول الحمص:

تُشير نتائج التحليل الإحصائي أنّ تفاعل النطاق الجغرافي والصنف المزروع أثر معنوياً على عدد الأيام اللازمة للتفرع والنضج الفيزيولوجي والنضج التام. وقد تفوق النطاق الجبلي المزروع بالصنف الشتوي بصفة عدد الأيام اللازمة للتفرع وللنضج الفيزيولوجي والنضج التام حيث سجل

(84.3، 133.8، 146.0 يوماً على التوالي) (الجدول 20). ولم تظهر فروق معنوية في المراحل الأخرى.

الجدول (20) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في المراحل التطورية.

نطاق-صنف	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	عدد الأيام حتى التفرع	عدد الأيام حتى الإزهار	عدد الأيام حتى العقد	عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي	عدد الأيام حتى النضج التام
سهلي شتوي	22.8	74.3	99.3	111.5	127.0	139.2
سهلي ربيعي	22.5	48.8	67.3	74.5	87.0	97.7
جبلي-شتوي	34.2	84.3	101.0	111.7	133.8	146.0
جبلي-ربيعي	30.5	53.2	68.8	78.3	94.5	108.5
LSD (0.05)	1.24	*2.63	1.72	2.21	*0.722	*1.54

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-5 تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معاً في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص:

لم تظهر فروقات معنوية في عدد الأيام اللازمة للمراحل التطورية تحت تأثير تفاعل النطاق والموعد إلا في صفة عدد الأيام اللازمة للتفرع. فقد سجل النطاق الجبلي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة (72.8 يوماً) الجدول (21).

الجدول (21) تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في المراحل التطورية.

نطاق-موعد	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	**عدد الأيام حتى التفرع**	**عدد الأيام حتى الإزهار**	**عدد الأيام حتى العقد**	**عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي**	**عدد الأيام حتى النضج التام**
سهلي مثالي	23.0	65.0	93.3	102.7	116.8	128.3
سهلي متأخر	22.3	58.2	73.3	83.3	97.2	108.5
جبلي مثالي	34.0	72.8	96.7	102.7	127.3	138.5
جبلي متأخر	30.7	59.7	78.2	83.3	106.0	121.0
LSD (0.05)	1.21	*2.675	1.01	1.03	1.01	1.46

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-6 تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة معاً في عدد أيام المراحل التطورية لمحصول الحمص:

دلت نتائج التحليل الإحصائي أنّ تفاعل الصنف مع الموعد أثر معنوياً على عدد أيام المراحل التطورية كافةً عدا عدد الأيام اللازمة للإنبات. وقد تفوق الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في كافة المراحل (84.0، 116.3، 126.7 ،148.5، 159.2 يوماً) للوصول إلى التفرع، والإزهار، والنضج الفيزيولوجي، والنضج التام، على الترتيب الجدول (22).

الجدول (22) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في المراحل التطورية.

صنف-موعد	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	**عدد الأيام حتى التفرع**	**عدد الأيام حتى الإزهار**	**عدد الأيام حتى العقد**	**عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي**	**عدد الأيام حتى النضج التام**
شتوي-مثالي	30.2	84.0	116.3	126.7	148.5	159.2
شتوي-متأخر	26.8	64.7	84.0	96.5	112.3	126.0
ربيعي-مثالي	26.8	53.8	73.7	82.7	95.7	107.7
ربيعي-متأخر	26.172	53.2	67.5	75.2	90.8	103.5
LSD (0.05)	0.88	*1.086	*1.682	*2.167	*1.107	*1.211

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

2-7 تأثير التفاعل بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في عدد الأيام التطورية لمحصول الحمص:

دلت نتائج التحليل الإحصائي أنّ تفاعل عوامل الدراسة أثر معنوياً على عدد الأيام حتى الإنبات وعدد الأيام حتى التفرع وعدد الأيام حتى الإزهار وعدد الأيام حتى العقد الجدول (23). يُلاحظ تأخر موعد الانبات في الصنف الشتوي المزروع في الموعد الأمثل في النطاق الجبلي (35.7 يوماً)، بالمقارنة مع الصنف الشتوي المزروع بالموعد المتأخر في النطاق السهلي(21يوماً). في حين سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي (87.3، 119.7، 130.0) للتفرع ثم بلوغ الازهار ثم العقد على التوالي. بينما تشير نتائج الجدول (23) إلى عدم وجود فروقات معنوية لصفة عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي والنضج التام تحت تأثير تفاعل عوامل الدراسة.

الجدول (23) تأثير تفاعل النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في المراحل التطورية خلال مراحل النمو.

نطاق-صنف-موعد	المراحل التطورية					
	عدد الأيام حتى الإنبات	**عدد الأيام حتى التفرع**	**عدد الأيام حتى الإزهار**	**عدد الأيام حتى العقد**	**عدد الأيام حتى النضج الفيزيولوجي**	**عدد الأيام حتى النضج التام**
سهلي–شتوي مثالي	24.7	87.3	119.7	130.0	145.0	156.7
سهلي-شتوي-متأخر	21.0	61.3	79.0	93.0	109.0	121.7
سهلي-ربيعي-مثالي	21.3	42.7	67.0	75.3	88.7	100.0
سهلي-ربيعي-متأخر	23.7	55.0	67.7	73.7	85.3	95.3
جبلي-شتوي-مثالي	35.7	80.7	113.0	123.3	152.0	161.7
جبلي-شتوي-متأخر	32.7	68.0	89.0	100.0	115.7	130.3
جبلي-ربيعي-مثالي	32.3	65.0	80.3	90.0	102.7	115.3
جبلي-ربيعي-متأخر	28.7	51.3	67.3	76.7	96.3	111.7
LSD (0.05)	*1.359	*2.434	*1.789	*2.323	1.48	1.72

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

ثالثاً: تأثير عوامل الدراسة في مكونات الإنتاج:

3-1تأثير النطاق الجغرافي في مكونات الإنتاج:

تُشير نتائج التحليل الإحصائي إلى وجود تأثير معنوي للنطاق الجغرافي في بعض الصفات الإنتاجية، وقد تفوق النطاق الجبلي في ذلك، حيث سجل القيم الأعلى لصفة وزن البذور في النبات وصفة عدد البذور في النبات وصفة غلة البذور (غ. م$^{-2}$) وصفة دليل الحصاد (4.84غ، 14.27بذرة، 94.7غ. م$^{-2}$، 52.8%) على التوالي الجدول (24)، بينما سجل النطاق السهلي القيم الأقل (2.66غ، 8.13بذرة، 65.6غ.م$^{-2}$، 21.2% على التوالي). ولم يؤثر النطاق الجغرافي معنوياً في عدد التفرعات، وعدد القرون في النبات، ووزن المائة بذرة. ويمكن أنّ يُعزى تفوق النطاق الجبلي على النطاق السهلي بصفة غلة البذور غ. م−2 إلى تفوقه بصفة وزن البذور وعدد البذور في النبات وصفة دليل الحصاد. ويمكن أنّ تُعزى هذه النتائج إلى تفوق نباتات النطاق الجبلي معنوياً بصفة (CCI) وصفة (LAI) وصفتي الوزن الرطب والجاف، الأمر الذي سمح بوجود وفرة من المواد الغذائية التي ساعدت بزيادة عدد البذور في النبات الواحد ودليل الحصاد وتقليل حدة المنافسة على نواتج التمثيل الضوئي التي تأثر بها النطاق السهلي، وبالتالي تفوق النطاق الجبلي بصفة الغلة البذرية.

الجدول (24)تأثير النطاق الجغرافي في مكونات الإنتاج.

النطاق	مكونات الانتاج						
	عدد التفرعات	عدد القرون/ النبات	عدد البذور/ نبات	وزن البذور في نبات	وزن 100 بذرة	غلة البذور (غ. م$^{-2}$)	دليل الحصاد %
السهلي	3.58	15.9	8.13	2.66	33.54	65.6	21.16
الجبلي	3.33	15.5	14.27	4.84	32.7	94.7	52.81
المعنوية الاحصائية (0.05)	-	-	*	*	-	*	*

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-2تأثير الصنف المزروع في مكونات الإنتاج:

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى تأثير معنوي للصنف على الصفات الإنتاجية. وقد تفوق الصنف الشتوي في صفات عدد القرون، ووزن البذور، وعدد البذور، وغلة البذور، ودليل الحصاد حيث سجل(19.3قرن، 5.0غ، 18.6بذرة، 105.8غ. م$^{-2}$، 44.8%) على التوالي الجدول (25)،

بالمقارنة مع الصنف الربيعي (12.1قرن، 2.5غ، 54.4غ. م$^{-2}$، 29.2%) على التوالي الجدول (25). ويمكن أنّ يُعزى تفوق الصنف الشتوي على الصنف الربيعي في قيمة صفة الغلة البذرية إلى تفوقه، في الصفات الشكلية والفيزيولوجية الأمر الذي انعكسا إيجاباً على مكونات الإنتاج (عدد القرون، ووزن البذور، وعدد البذور، وغلة البذور، ودليل الحصاد) وبالتالي على الغلة البذرية. أما في صفة وزن المائة بذرة فقد تفوق الصنف الربيعي معنوياً وسجل (39.2 غ)، في حين سجل الصنف الشتوي قيمة أدنى لهذه الصفة (27.1غ) الجدول (23). ويُعزى ذلك إلى الصفات الوراثية للصنفين، فالصنف الربيعي يتميز بحجم بذور أكبر بالمقارنة مع الأصناف الشتوية التي ينتمي إليها الصنف غاب3، بالإضافة إلى تراجع متوسط عدد البذور المتشكلة في النبات بالمقارنة مع الصنف الشتوي، ما يؤدي إلى تقليل حدة المنافسة على نواتج التمثيل الضوئي خلال فترة امتلاء البذور، فتزداد درجة امتلاء البذور، ومن ثمّ متوسط وزن البذرة الواحدة.

الجدول (25)تأثير الصنف المزروع في مكونات الإنتاج.

الصنف	مكونات الانتاج						
	عدد التفرعات	**عدد القرون/ النبات**	**عدد البذور/ نبات**	**وزن البذور في نبات**	**وزن 100 بذرة**	**غلة البذور (غ. م-^{2})**	**دليل الحصاد%**
الشتوي	3.7	19.3	18.6	5.0	27.1	105.8	44.8
الربيعي	3.3	12.1	6.4	2.5	39.2	54.4	29.2
(0.05)المعنوية الاحصائية	-	*	*	*	*	*	*

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-3تأثير موعد الزراعة في مكونات الإنتاج:

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى تأثير معنوي لموعد الزراعة على الصفات الإنتاجية. وقد تفوق الموعد المثالي في صفات عدد القرون، وزن البذور في النبات، وعدد البذور في النبات، ووزن المائة بذرة، وغلة البذور (غ. م$^{-2}$) (18.4 قرن، 4.6غ، 13.5بذرة، 34.7غ، 97.6 غ. م$^{-2}$) على التوالي الجدول (26)، بينما سجل الموعد المتأخر (13.5 قرن، 2.9غ، 9.7بذرة، 31.5غ، 62.7 غ. م$^{-2}$) على التوالي الجدول (26). وتُعزي هذه النتائج إلى أنّ الموعد المثالي قد أعطى فرصة أكبر للنباتات لتشكيل مادة جافة أكبر وبالتالي زيادة حجم البذور ووزنها بالمقارنة مع الموعد المتأخر الذي أعطى عدد أيام اقل من الموعد المثالي.

الجدول (26)تأثير موعد الزراعة في مكونات الإنتاج.

الموعد	مكونات الانتاج							
	عدد التفرعات	عدد القرون في النبات الواحد	عدد البذور/ نبات	وزن البذور في نبات	100وزن بذرة	غلة البذور (غ. م-2)	دليل الحصاد%
المثالي	3.9	18.4	13.5	4.6	34.7	97.6	38.2
المتأخر	3.2	13.6	9.7	2.9	31.5	62.7	35.7
المعنوية الاحصائية (0.05)	-	*	*	*	*	*	-

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-4تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في مكونات الإنتاج:

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى تأثير معنوي للنطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً على الصفات الإنتاجية وقد تفوق الصنف الشتوي المزروع في النطاق الجبلي في صفات عدد البذور في النبات، وغلة البذور (غ. م$^{-2}$)، ودليل الحصاد (32.6بذرة، 128.0، 51.3%) على التوالي الجدول (25)، ولم يؤثر النطاق الجغرافي والصنف المزروع معنوياً في عدد التفرعات، وعدد القرون في النبات، ووزن المائة بذرة.

الجدول (27)تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في مكونات الإنتاج.

نطاق-صنف	مكونات الانتاج						
	عدد التفرعات	عدد القرون في النبات الواحد	عدد البذور/ نبات	وزن البذور في نبات	وزن 100 بذرة	غلة البذور (غ. م-2)	دليل الحصاد%
سهلي-شتوي	3.3	18.8	17.4	4.9	27.4	83.7	28.3
سهلي-ربيعي	3.5	13.3	9.0	3.4	39.7	47.5	14.0
جبلي-شتوي	4.3	24.5	32.6	9.0	26.8	128.0	51.3
جبلي-ربيعي	2.9	10.8	13.7	5.3	38.6	61.3	44.3
LSD (0.05)	-	2.46	*	1.58	1.46	*37.77	*22.73

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-5تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج:

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى تأثير معنوي لتفاعل النطاق الجغرافي وموعد الزراعة على صفة وزن المائة بذرة، فقد تفوق الموعد المثالي المزروع في النطاق الجبلي في صفة وزن المائة بذرة(35.7 غ) الجدول (26)، ولم يؤثر تفاعل النطاق الجغرافي وموعد الزراعة معنوياً في باقي مكونات الإنتاج.

الجدول (28)تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج.

نطاق-موعد	مكونات الانتاج						
	عدد التفرعات	**عدد القرون في النبات الواحد**	**عدد البذور / نبات**	**وزن البذور في نبات**	**وزن 100 بذرة**	**غلة البذور (غ. م-^{2})**	**دليل الحصاد%**
سهلي-مثالي	3.9	18.4	10.0	3.3	33.7	82.5	27.0
سهلي-متأخر	2.8	13.7	6.7	2.0	33.4	48.7	15.3
جبلي- مثالي	3.6	22.2	16.4	5.9	35.7	112.7	49.5
جبلي- متأخر	3.5	13.1	13.1	3.8	29.7	76.7	46.1
LSD (0.05)	-	2.61	-	1.54	*0.936	37.31	18.77

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-6تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج:

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى تأثير معنوي لتفاعل الصنف المزروع وموعد الزراعة على بعض الصفات الإنتاجية وقد تفوق الصنف الشتوي المزروع في الموعد المثالي في صفة عدد البذور، وصفة غلة البذور (غ. م$^{-2}$) (20.7بذرة، 138.7غ.م$^{-2}$) على التوالي، ولم يؤثر تفاعل الصنف المزروع وموعد الزراعة معنوياً في باقي مكونات الإنتاج.

الجدول (29)تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج.

صنف-موعد	مكونات الانتاج						
	عدد التفرعات	**عدد القرون في النبات الواحد**	**عدد البذور في نبات**	**وزن البذور في نبات**	**وزن 100 بذرة**	**غلة البذور (غ. م-2)**	**دليل الحصاد%**
شتوي-مثالي	4.0	25.9	20.7	6.6	28.9	138.7	47.4
شتوي-متأخر	3.5	17.4	13.3	3.4	25.3	73.0	42.1
ربيعي-مثالي	3.5	14.8	6.6	2.6	40.6	56.5	29.0
ربيعي-متأخر	2.9	9.4	6.3	2.5	37.8	52.3	29.3
LSD (0.05)	-	2.86	*1.15	1.18	1.47	*26.60	10.40

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

3-7تأثير العلاقة بين النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج:

تشير نتائج التحليل الإحصائي إلى تأثير معنوي لتفاعل النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة على بعض الصفات الإنتاجية، وقد تفوق الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي في صفات عدد البذور، وزن المائة بذرة، وغلة البذور

(27.51 بذرة، 42.33غ، 164.0غ .م$^{-2}$) على التوالي الجدول (28)، ولم يؤثر تفاعل عوامل الدراسة معنوياً في باقي مكونات الإنتاج.

الجدول (30)تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في مكونات الإنتاج.

نطاق-صنف-موعد	مكونات الانتاج						
	عدد التفرعات	عدد القرون / النبات	عدد البذور في نبات	وزن البذور في نبات	وزن 100 بذرة	غلة البذور (غ. م-^{2})	دليل الحصاد%
سهلي–شتوي مثالي	3.5	20.7	16.7	4.5	28.7	113.3	36.5
سهلي-شتوي-متأخر	3.0	16.8	8.3	2.2	26.0	54.0	20.1
سهلي-ربيعي-مثالي	4.3	16.2	7.6	2.1	38.8	51.7	17.5
سهلي-ربيعي-متأخر	2.7	10.5	4.8	1.9	40.7	43.3	10.5
جبلي-شتوي-مثالي	4.5	31.1	27.5	8.6	29.0	164.0	58.4
جبلي-شتوي-متأخر	4.0	17.9	18.8	4.6	24.6	92.0	54.2
جبلي-ربيعي-مثالي	2.7	13.3	7.3	3.1	42.3	61.3	40.6
جبلي-ربيعي-متأخر	3.2	8.3	7.0	2.7	34.8	59.3	48.1
LSD (0.05)	-	3.79	*2.23	1.70	*1.649	*39.04	19.91

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

رابعاً: تأثير عوامل الدراسة في الصفات الطيفية لمحصول الحمص:

تمّ تجميع البيانات الطيفية الممتدة في 750 قناة طيفية عند كل نانومتر بدءاً من الطول الموجي 325 وحتى 1075 نانومتر لعدّة أحزمة طيفية. تجمع الأطوال الموجية المتقاربة في قيم الانعكاس والمتجاورة. وذلك في مراكز حزم طيفية باستخدام برنامج HySCAP الذي تمّ استخدامه لتجميع وانتقاء القنوات الطيفية التي تعكس الصفات الخضرية ومكونات الغلة تحت تأثير عوامل الدراسة خلال مراحل النمو المختلفة، كما هو مبين في الجدول (31):

الجدول (31) القنوات الطيفية المختارة والحزمة التي تمثلها.

رقم القناة	القنوات الطيفية	الحزمة التي تمثلها
1	**325-335**	**330 λ**
2	**335-345**	**340 λ**
3	**345-365**	**355 λ**
4	**395-415**	**405 λ**
5	**435-455**	**445 λ**
6	**465-485**	**475 λ**
7	**485-500**	**492 λ**
8	**530-555**	**542 λ**
9	**570-590**	**580 λ**
10	**600-615**	**607 λ**
11	**615-625**	**620 λ**
12	**660-680**	**670 λ**

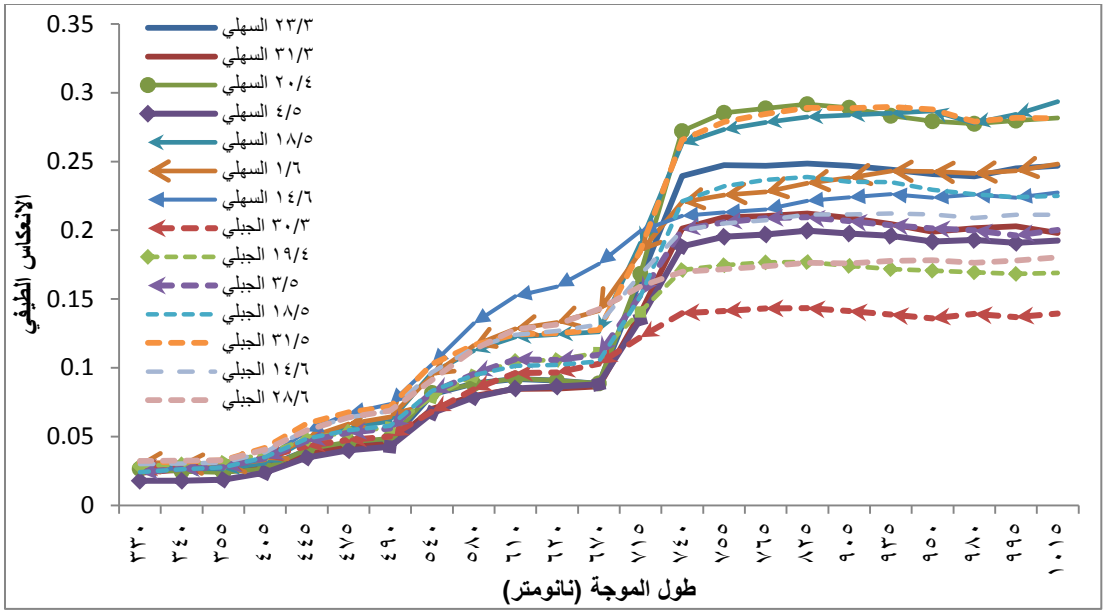
13	**700-725**	**712 λ**
14	**735-750**	**742 λ**
15	**750-760**	**755 λ**
16	**760-770**	**765 λ**
17	**800-850**	**825 λ**
18	**890-920**	**905 λ**
19	**930-940**	**935 λ**
20	**945-955**	**950 λ**
21	**970-985**	**977 λ**
22	**990-1000**	**995 λ**
23	**1010-1020**	**1015 λ**

1-4 المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

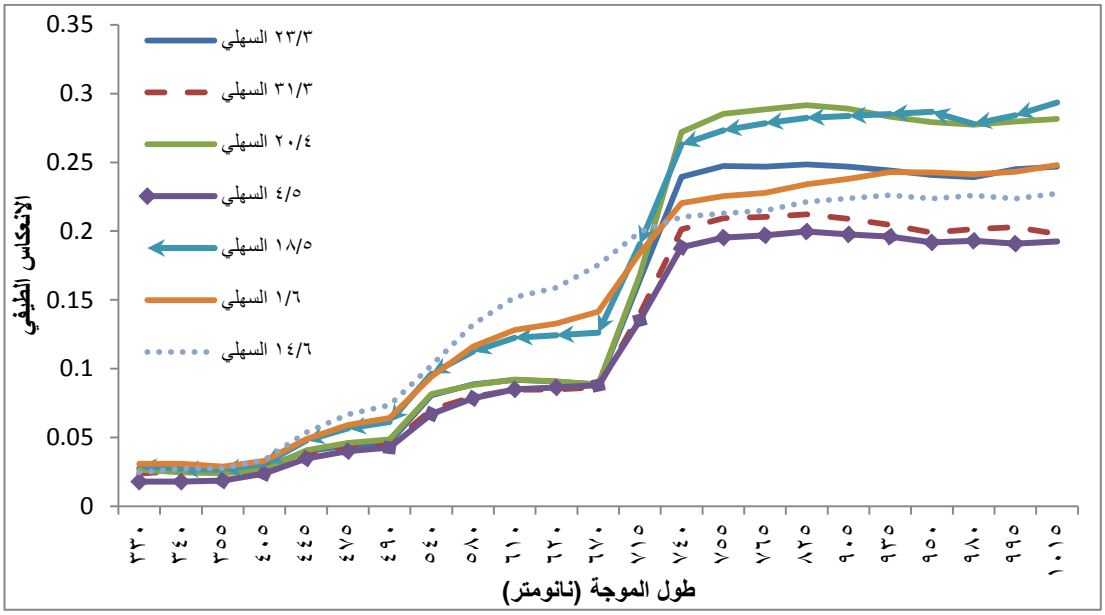
توضح الأشكال (8 و9 و10 و11) قيم الانعكاسات الطيفية عند أطوال موجية مختلفة، ومتوسط قيم الانعكاس الطيفي في موقعي الدراسة خلال مراحل النمو النباتي لمحصول الحمص. ويوضح الشكلان (12 و13) قيم الانعكاسات الطيفية عند أطوال موجية مختلفة، ومتوسط قيم الانعكاس الطيفي في الصنفين المزروعين خلال مراحل النمو النباتي لمحصول الحمص على التوالي. والشكلان (14 و15) قيم الانعكاسات الطيفية عند أطوال موجية مختلفة، ومتوسط قيم الانعكاس الطيفي في موعدي الزراعة خلال مراحل النمو النباتي لمحصول الحمص على التوالي.

يتبين من الشكلين (8 و9) أنّ انعكاس الحزم الطيفية التي تُعبِّر عن المجال المرئي (عدا المجال الأخضر) قد تناقصت مع التقدم بمراحل النمو حتى مرحلة أوج النمو الخضري، وذلك بسبب تزايد تركيز اليخضور في النباتات، وبالتالي زيادة امتصاص هذا المجال من الأشعة لاستخدامها في عملية التمثيل الضوئي. وعادت قيم انعكاس المجال السابق لتزداد بفعل انخفاض كمية اليخضور في أوراق النباتات بعد مرحلة أوج النمو (أو عند بداية النضج). أما المجال الأخضر فقد ازداد مع التقدم بمراحل النمو حتى مرحلة أوج النمو الخضري، ثمّ عادت قيم انعكاس هذا المجال لتنخفض بفعل انخفاض كمية اليخضور في أوراق النباتات. وهذه النتائج تتوافق مع نتائج (Ibrahem وزملاؤه (2003)، Graeff و Claupein (2007)، والأحمد (2013)، والخالد 2016).

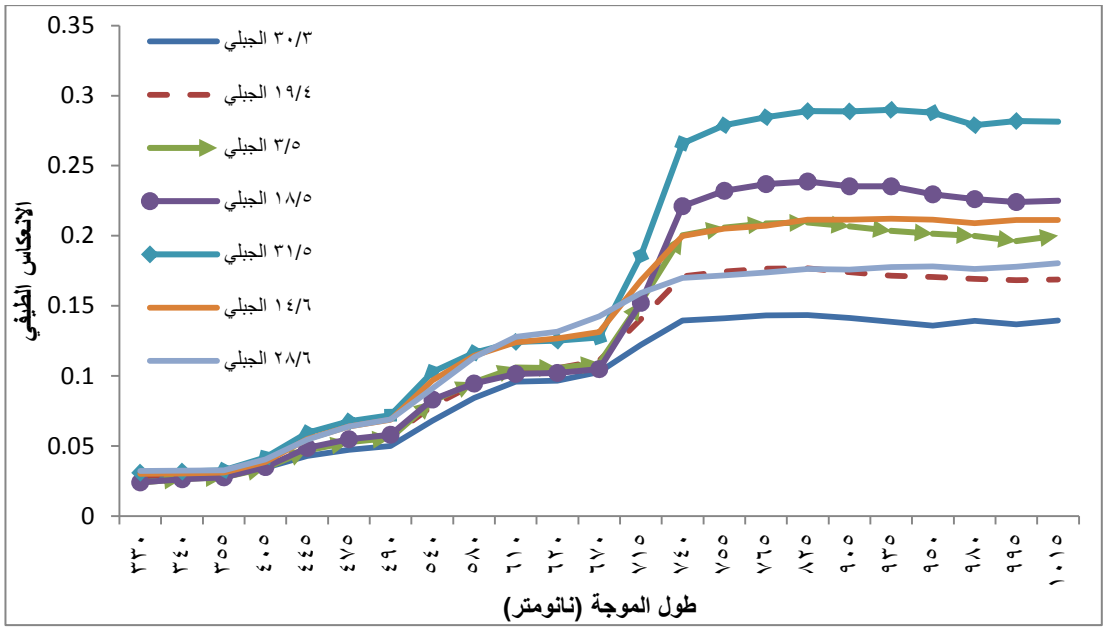
في حين أنّ قيم الانعكاس في الحزم التي تُعبِّر عن المجال تحت الأحمر القريب والمتوسط قد ازدادت منذ بداية مرحلة النمو وحتى مرحلة أوج النمو، لتعود وتنخفض من جديد. ويُعزى ازدياد قيم الانعكاس في هذه الحزم مع التقدم بالعمر إلى زيادة الكتلة الحية للنبات، وهذا يتوافق مع ما توصل إليه كل من McConnell وزملاؤه (2002)، و AL-Khaled وزملاؤه (2005)، والأحمد (2013) والخالد (2016)، أمّا الانخفاض في المراحل الأخيرة فهو نتيجة جفاف الأوراق السفلية وبالتالي انخفاض الوزن الرطب للنبات.



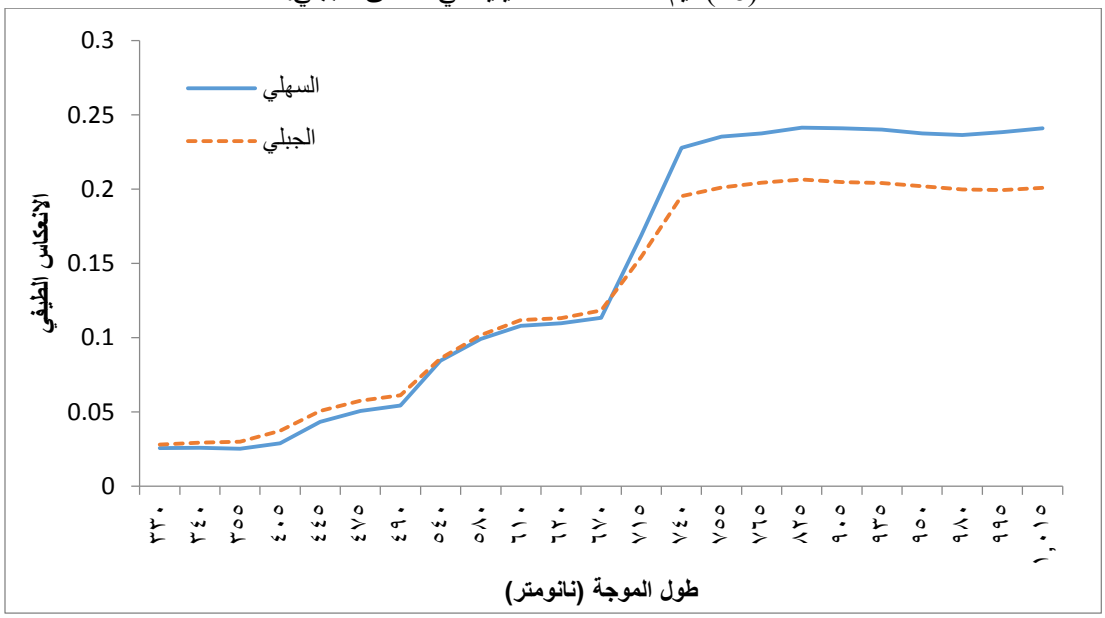
الشكل (8) قيم الانعكاسات الطيفية



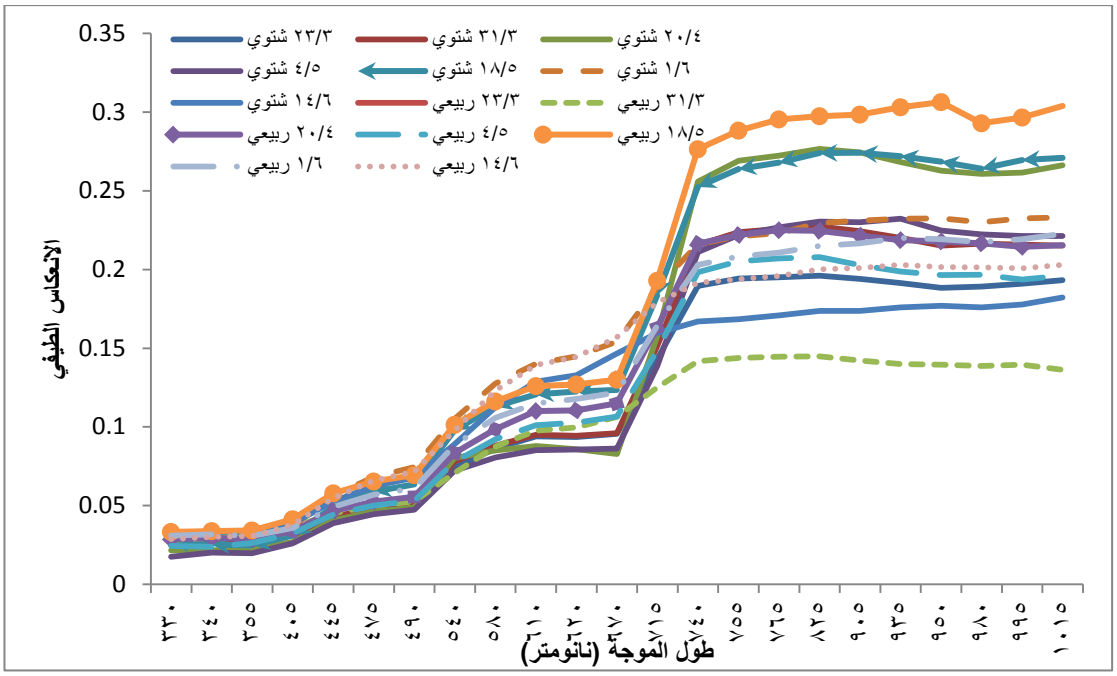
الشكل (9) قيم الانعكاسات الطيفية في النطاق السهلي.



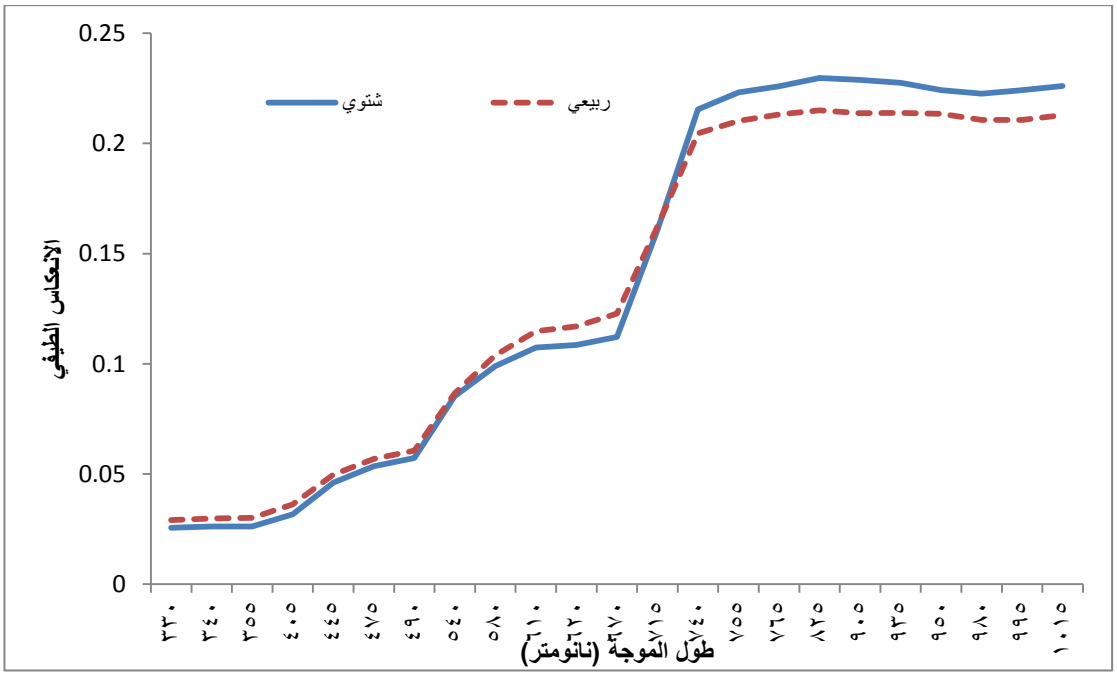
الشكل (10) قيم الانعكاسات الطيفية في النطاق الجبلي.



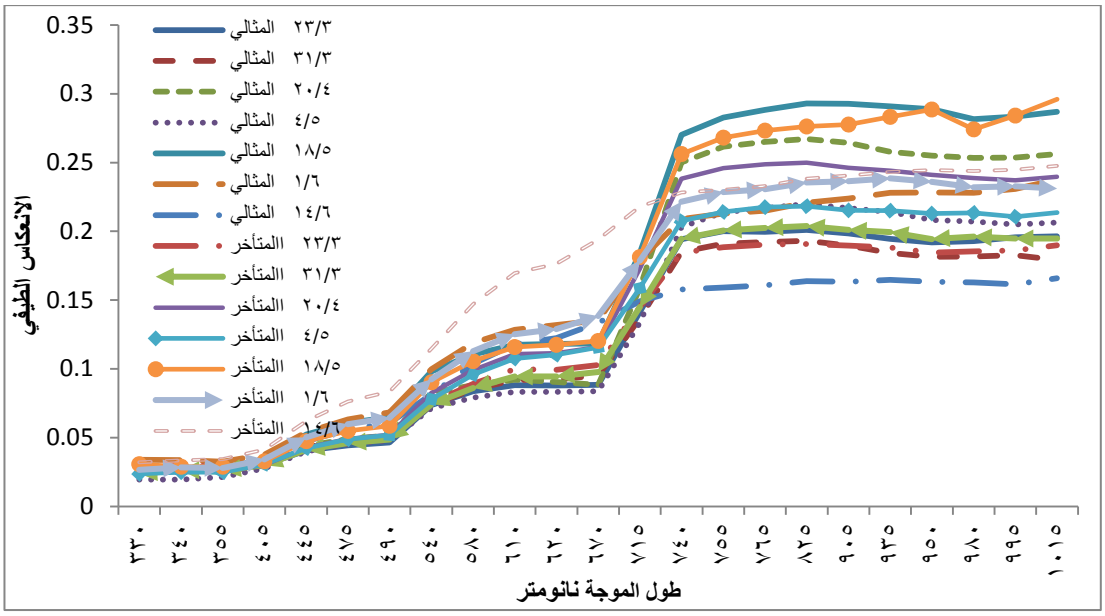
الشكل (11) متوسط قيم الانعكاسات الطيفية في موقعي الدراسة.



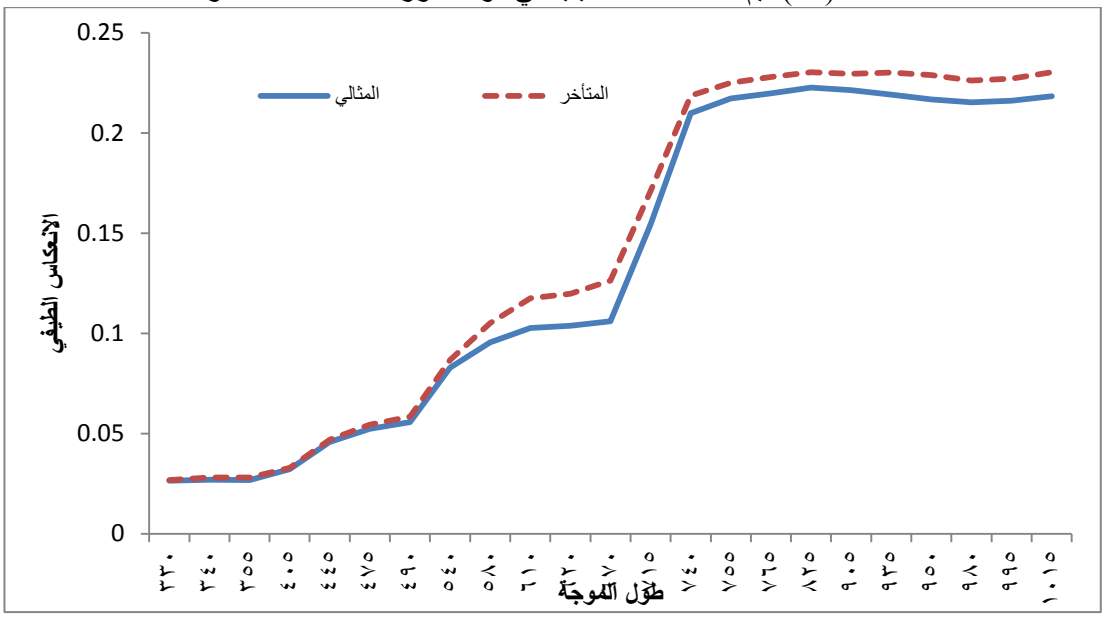
الشكل (12) قيم الانعكاسات الطيفية في الصنفين المزروعين خلال كافة مراحل النمو.



الشكل (13)متوسط قيم الانعكاسات الطيفية في الصنفين المدروسين.



الشكل (14) قيم الانعكاسات الطيفية في موعد الزراعة خلال كافة المراحل.

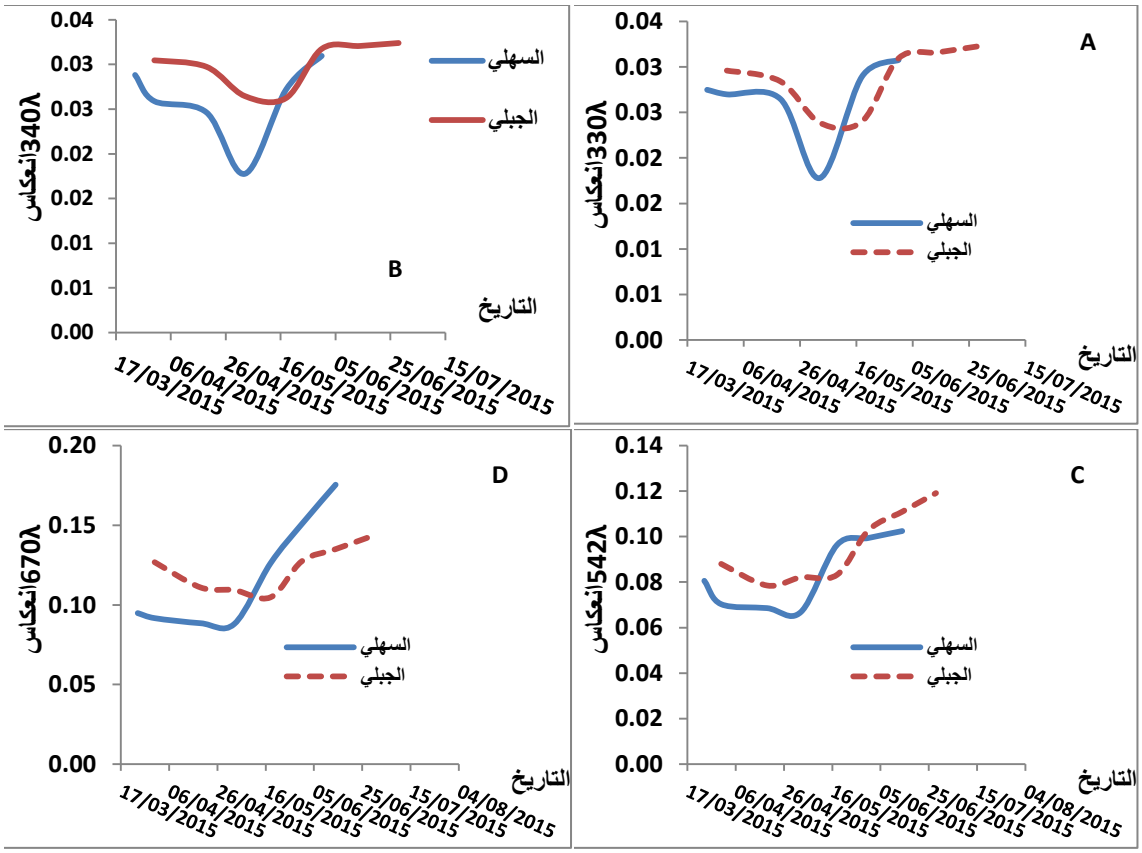


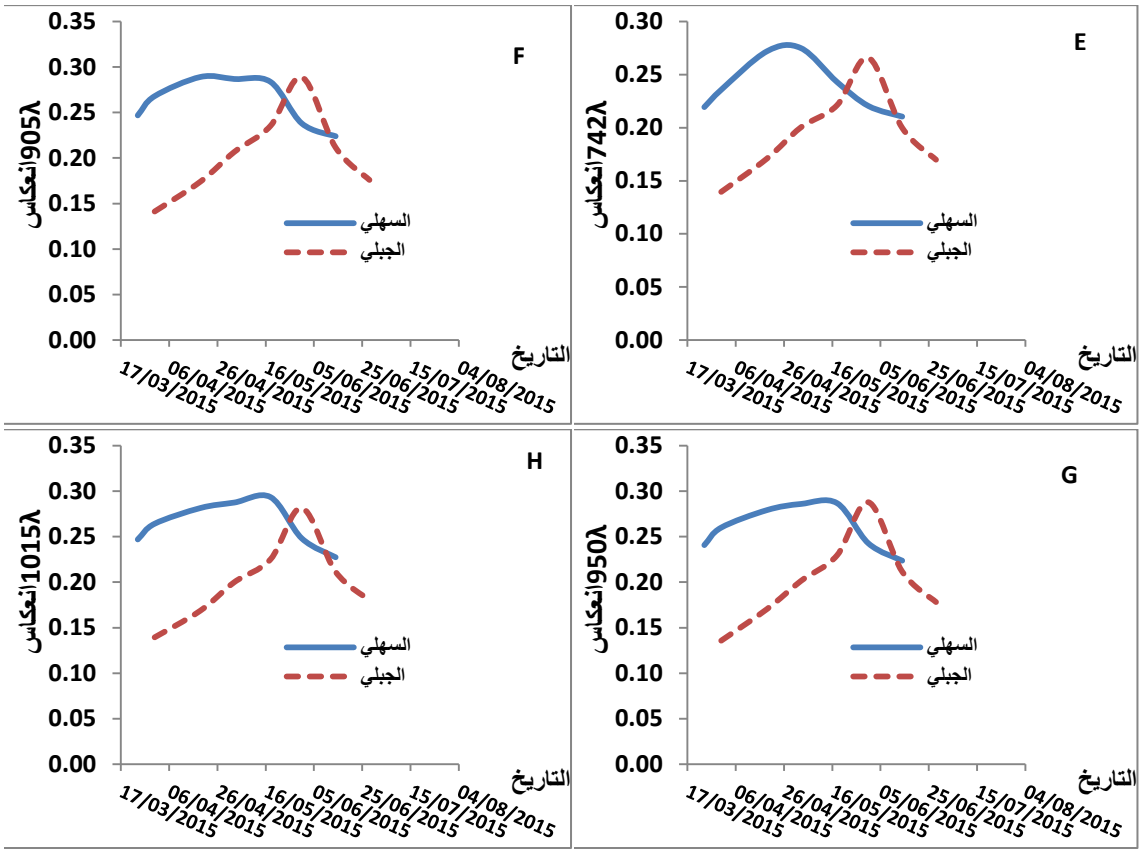
الشكل (15) متوسط قيم الانعكاس الطيفي في موعدي الزراعة.

2-4 تأثير النطاق الجغرافي في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبيّن الشكل (16) قيم الانعكاسات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير النطاق الجغرافي. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) الشكل (16-B) بالتناقص بدءاً من مراحل النمو الأولى وحتى تاريخ (3/أيار) أوج النمو، ثمّ ازدادت من جديد بعد هذه المرحلة. فبلغت قيمة الانعكاس في النطاق السهلي(0.0288، 0.0180، 0.0340) بتاريخ (3/24، 5/3، 6/14) على التوالي. كم أنّها سلكت في النطاق الجبلي السلوك نفسه حيث كانت (0.0395،

0.0260، 0.0320) بتاريخ (3/31، 5/18، 6/28) على التوالي. ولم يُلحظْ وجود فروقات معنوية في كافة مراحل النمو. وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (340λ، 355λ، 405λ، 445λ) السلوك العام ذاتهُ، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج (Ibrahem وزملاؤه (2003)). أما قيم المجال الطيفي (742λ) الشكل (16-E) بدأت بالتزايد من المراحل الأولى وحتى تاريخ (5/3) في النطاق السهلي وتاريخ (5/18) في النطاق الجبلي، ثمّ عادت لتتناقص بعد هذا التاريخ، وقد بلغت قيم الانعكاس في النطاق السهلي (0.2390، 0.2720) بتاريخ (3/24، 5/3) على التوالي، في حين بلغت في النطاق الجبلي (0.1400، 0.2660) بتاريخ (5/18،3/31) على التوالي. ولم يلاحظ فروقات معنوية في كافة المراحل. وهذا يتوافق مع ما توصل إليه (Graeff و Claupein (2007))، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (712λ، 755λ، 765λ، 825λ، 905λ، 935λ، 950λ ، 977λ، 995λ، 1015λ) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة عن غيرها.





الشكل (16) تأثير النطاق الجغرافي في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو

يبيّن الجدول (32) والشكل (17) أنّ قيم الدليل النباتي NDVI بدأت بالتزايد بدءاً من المراحل الأولى تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها، حيث بلغت في النطاق السهلي (0.73) بتاريخ (5/3) و(0.77) في النطاق الجبلي بتاريخ (5/18). ثمّ عاودت التناقص حتى نهاية موسم النمو فبلغت (0.29) في النطاق السهلي بتاريخ (6/14)، و(0.5) في النطاق الجبلي بتاريخ (6/28). وتوافقت هذه النتائج مع ما توصل إليه (Liu وزملاؤه (2009)، الأحمد (2013))، ومن هذه النتائج تبين وجود فروقات معنوية في الدليل NDVI تحت تأثير النطاق الجغرافي في مرحلة الانبات ومرحلة العقد، فقد سجل النطاق السهلي في مرحلة الانبات أعلى قيمة بلغت (0.49) وسبب التفوق للنطاق السهلي في مرحلة الانبات يعود إلى أنّ النطاق السهلي قد حصل فيه نمو أكبر وأسرع، وذلك بسبب ارتفاع درجات الحرارة قياساً بما هو في النطاق الجبلي. وقد سجل النطاق الجبلي في مرحلة العقد أعلى قيمة بلغت (0.74) وسبب التفوق للنطاق الجبلي في مرحلة العقد يعود إلى زيادة حجم المجموع الخضرية ودليل مساحة الأوراق.

أمّا تأثير النطاق الجغرافي على قيم الدليل النباتي NDGI فيظهر من الجدول (32) والشكل (18) أنّ قيم هذا الدليل قد سلكت سلوكها في الدليل NDVI، حيث بدأت بالتزايد بدءاً من تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها فكانت (0.116−) في النطاق السهلي بتاريخ (5/3)، وبلغت (0.042−) في النطاق الجبلي بتاريخ (5/18)، ثمّ تناقصت حتى وصلت إلى أخفض قيمة لها في نهاية موسم النمو. إذْ بلغت (0.263−) في النطاق السهلي بتاريخ (6/14)، ووصلت في النطاق الجبلي إلى (0.154−) بتاريخ (6/28). وتفوق النطاق الجبلي معنوياً في قيم الدليل NDGI مرحلة الانبات ومرحلة الازهار (0.198−، 0.042−)، وقد توافقت هذه النتائج مع النتائج التي حصلت عليها الأحمد (2013).

ويبين الجدول (32) والشكل (19) أنّ قيم الدليل NDWI1 لم تكن معنوية في كافة المراحل. وقد بدأت بالتزايد اعتباراً من تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أعلى قيمة (0.015)عند تاريخ (4/19) في النطاق السهلي. وبلغت (0.016) في النطاق الجبلي بتاريخ (5/18). وتوافقت هذه النتائج مع نتائج Chattaraj وزملاؤه (2014). كما يبين الجدول (32) والشكل (20) أنّ قيم الدليل NDWI2 كانت معنوية تحت تأثير النطاق الجغرافي في مرحلة التفرع ومرحلة الازهار ومرحلة النضج الفيزيولوجي والنضج التام، حيث سجل النطاق الجبلي أقل قيمة (0.0080−، 0.0090−، 0.0001، 0.0060) على التوالي، وسلك هذا الدليل سلوكاً معاكساً لباقي الأدلة النباتية. حيث بدأت بالتناقص من تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أقل قيمة لها (0.0010−) في النطاق السهلي بتاريخ (4/19). وبلغت (0.0090−) في النطاق الجبلي بتاريخ (5/18)، ثم بدأت بالارتفاع حتى نهاية الموسم فبلغت (0.0150) في النطاق السهلي بتاريخ (6/14)، و(0.0060) في النطاق الجبلي بتاريخ (6/28).

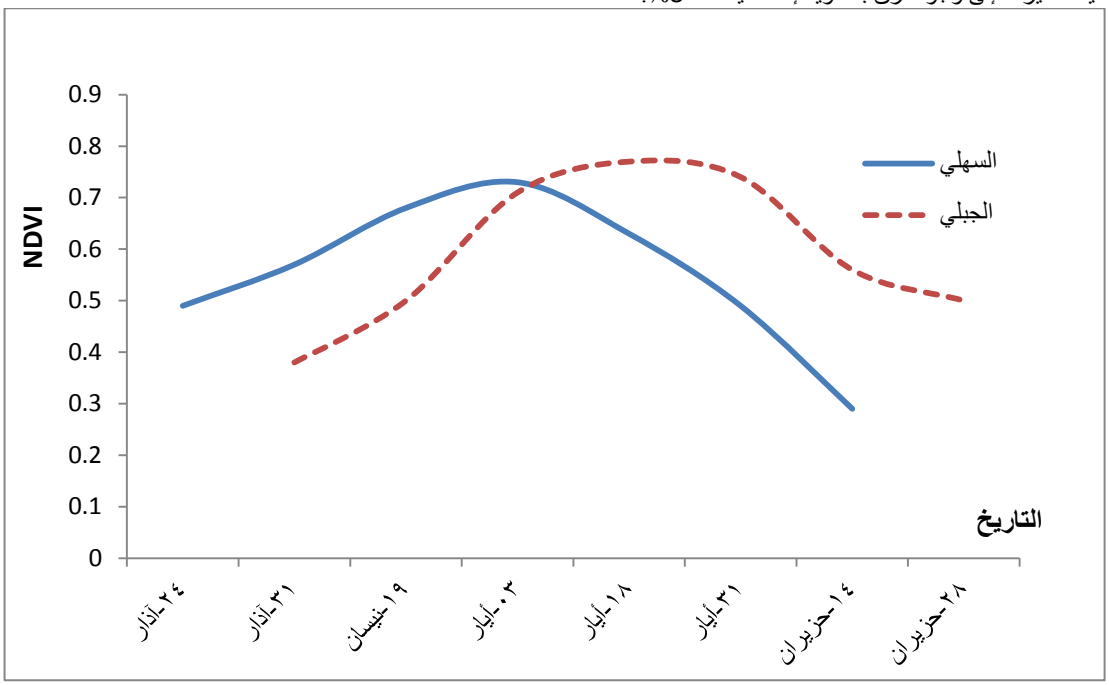
الجدول (32) تأثير النطاق الجغرافي في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.

الدليل الطيفي	النطاق	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	النضج الفيزيولوجي	النضج التام
NDVI	السهلي	0.490	0.570	0.680	0.730	0.630	0.490	0.290
	الجبلي	0.380	0.500	0.710	0.770	0.740	0.560	0.500
	المعنوية الإحصائية	*	-	-	-	*	-	-
NDGI	السهلي	-0.207	-0.159	-0.127	-0.116	-0.134	-0.201	-0.263
	الجبلي	-0.198	-0.144	-0.087	-0.042	-0.107	-0.131	-0.154
	المعنوية الإحصائية	*	-	-	*	-	-	-
NDWI1	السهلي	0.0120	0.0140	0.0150	0.0140	0.0060	-0.0030	-0.0130

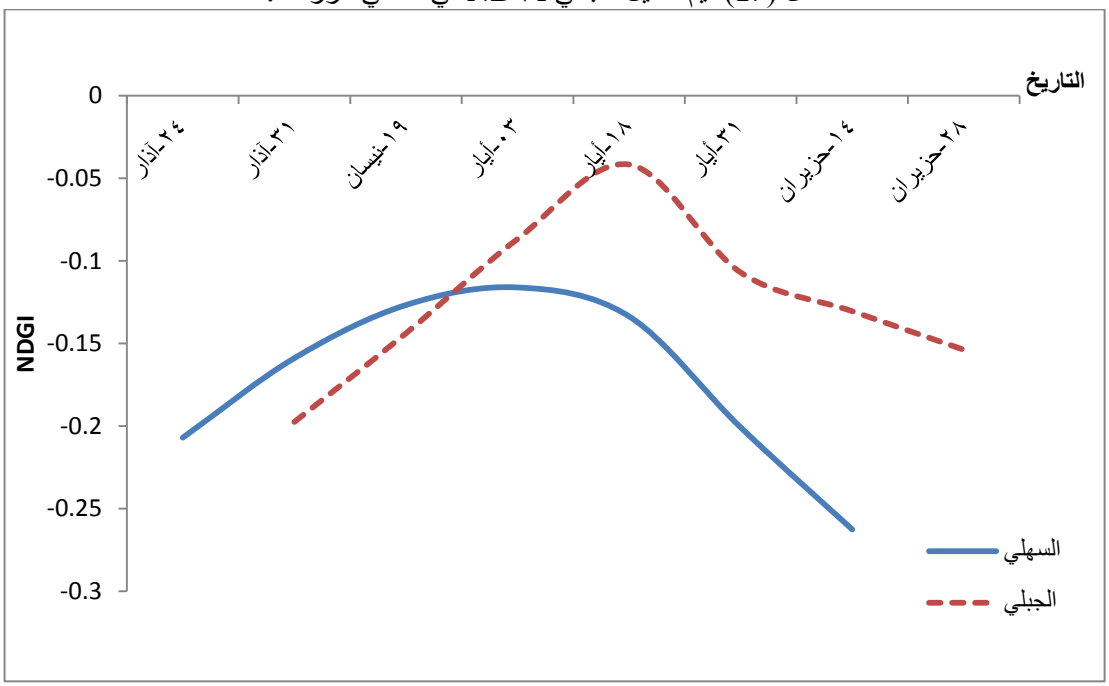
الجبلي	0.0070	0.0100	0.0130	0.0160	0.0070	-0.0004	-0.0060
المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	-	-
السهلي	0.0120	0.0060	-0.0010	0.0010	0.0080	0.0120	0.0150
الجبلي	0.0120	0.0020	-0.0080	-0.0090	-0.0040	0.0001	0.0060
المعنوية الإحصائية	-	-	*	*	-	*	*

NDWI2

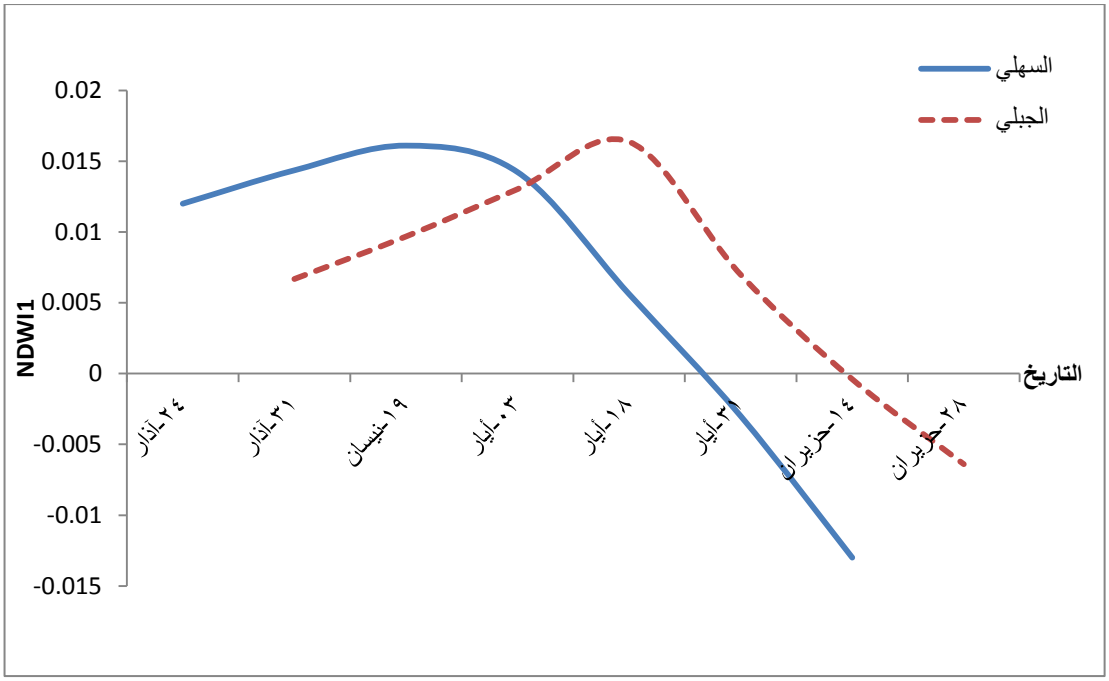
حيث تشير * إلى وجود فرق بمعنوية إحصائية عند 5%.



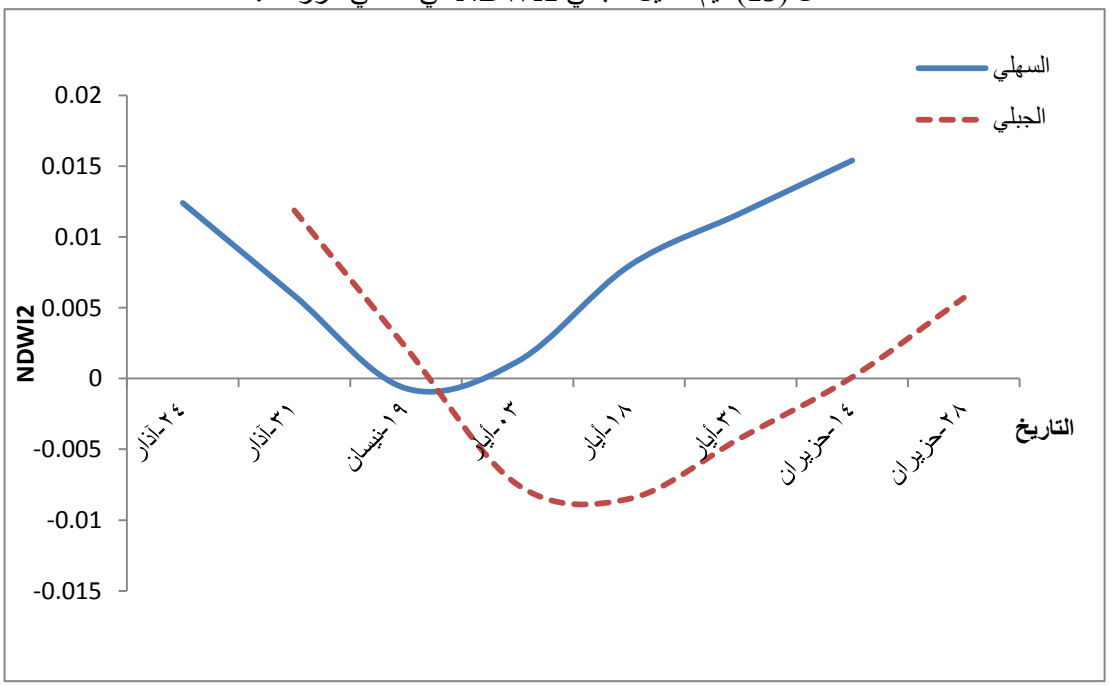
الشكل (17) قيم الدليل النباتي NDVI في نطاقي الزراعة.



الشكل (18) قيم الدليل النباتي NDGI في نطاقي الزراعة.



الشكل (19) قيم الدليل النباتي NDWI1 في نطاقي الزراعة.



الشكل (20) قيم الدليل النباتي NDWI2 في نطاقي الزراعة.

نستنتج من قيم الأدلة النباتية NDVI، NDGI، NDWI1 وNDWI2 التي سجلتها نباتات الحمص خلال مراحل النمو في نطاقي الزراعة والموضحة في الاشكال (17، 18، 19، 20)، على التوالي، أنّ نباتات النطاق الجبلي قد حافظت على استدامة اخضرار أوراق نباتاتها مدّة أطول، إذْ يعكس الدليل النباتي NDVI حالة التركيب الخلوي النباتي حسب المحتوى المائي (بواسطة قيم القناة تحت الحمراء القريبة)، وكفاءة التمثيل الضوئي (بواسطة قيم قناة الأشعة

الحمراء) فكلما زادت قيمهُ واستمرت فترة طويلة دل على حيوية الغطاء المحصولي وفترة نشاطه وبالتالي كفاءة انتاجه. وما يؤكد أنّ نباتات النطاق الجبلي كانت الأكفأ في الاستفادة من المعطيات المناخية من هطول أمطار وحرارة ما دلت عليه الصفات الخضرية، ولا سيما صفات الوزن الرطب و CCI و LAI .

بينما بيّن الدليل NDGI الشكل (18) كفاءة النباتات بعملية التمثيل الضوئي خلال مراحل النمو، فهو يعبر عن حالة الاخضرار التي تعكس كفاءة الامتصاص لأشعة القناة الحمراء، علماً أنّ هذه الأشعة صاحبة الأثر الأكبر مع الصانعات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي. حيث بدت هذه الكفاءة جلية بالقيم الأعلى للدليل في النطاق الجبلي خلال معظم مراحل النمو، وخاصة مراحل النمو العظمي. وأكد ذلك الصفات النباتية المسجلة في الجدول (5) وخاصة صفة CCI.

أما الدليل النباتي (NDWI1) فيعكس بعلاقته الفيزيائية للقنوات الطيفية حالة المحتوى المائي في النبات ذات العلاقة المباشرة والأثر الكبير في الإنتاجية المحصولية، فهو يبين منحنى نمو نباتات النطاق الجبلي وفق مخطط النمو الطبيعي بقيم أكبر نوعاً ما مما سجلته نباتات النطاق السهلي، خاصة خلال مراحل النمو الأعظمي للنباتات الشكل (19). وهذا ما توثقه الصفات النباتية المسجلة في الجدول (5)، وخاصةً تقدير حالة المحتوى المائي. وربما يعود ذلك إلى قلة الهطول وارتفاع درجة الحرارة في تلك المرحلة في النطاق السهلي.

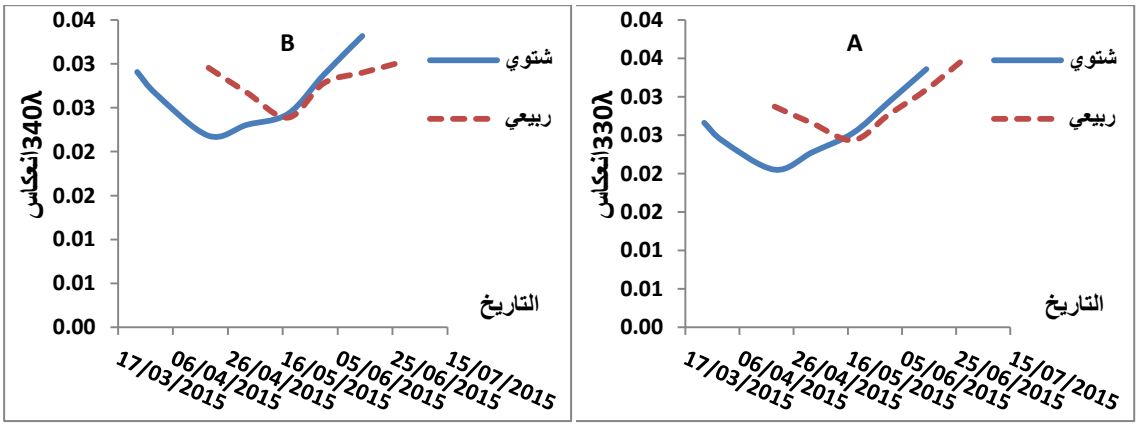
كما أنّ الدليل النباتي (NDWI2) (الشكل 20) يبين أنّ حالة التوازن المائي بين المحتوى المائي في النبات وحالة الموفر الخارجي (من هطول مطري) كانت الأكفأ في النطاق الجبلي. حيث انخفضت متزامنة مع زيادة الهطول المطري الجدول (3) ثم تسارعت بعد مراحل النمو الأعظمي وبقيم أدنى (أي اكفاء) من تلك المسجلة لنباتات النطاق السهلي، وهذا ما قد سجل تفوقاً كمياً في جدول صفات النمو وخاصة LAI.

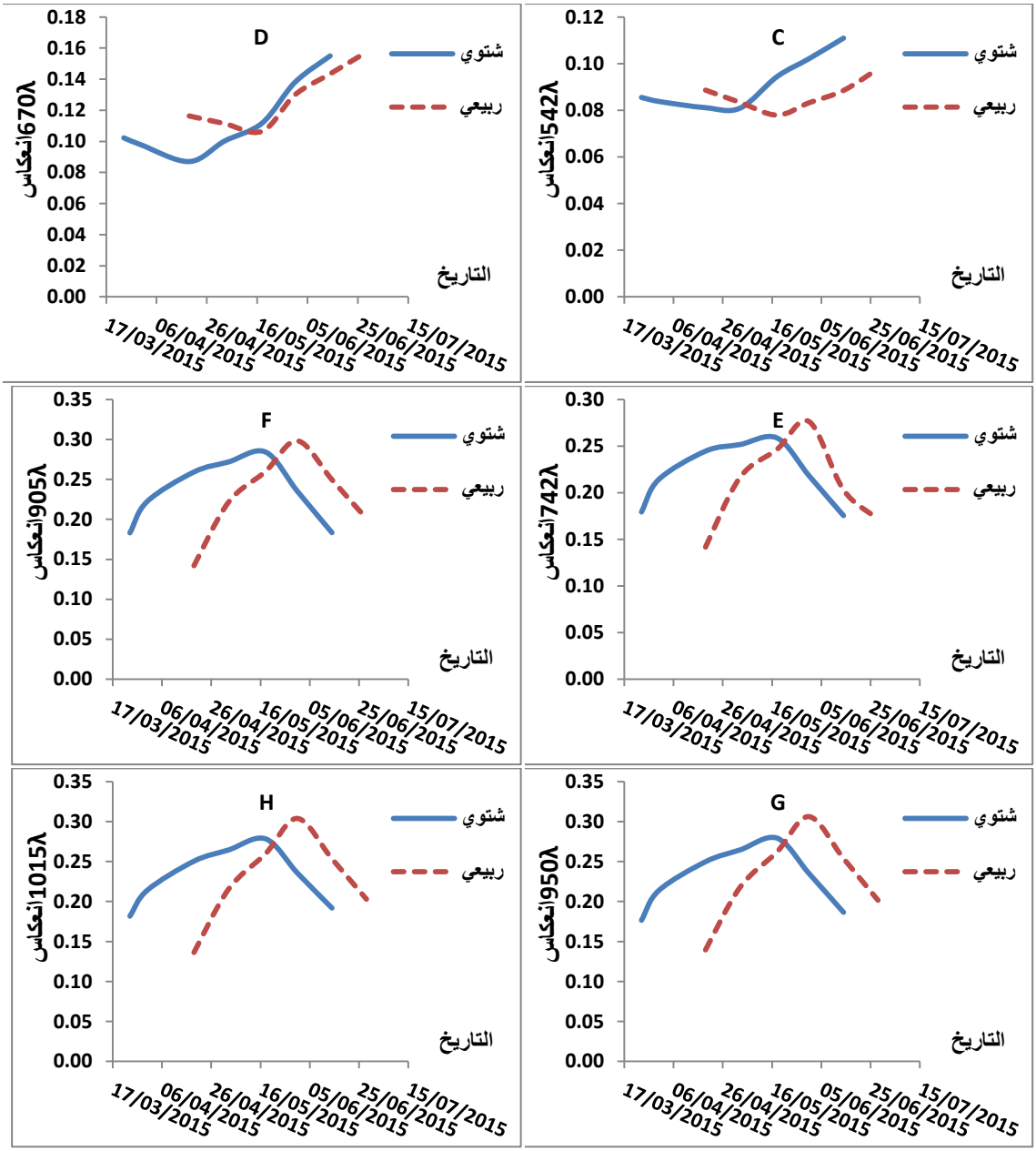
إذاً مكنت الأدلة الطيفية النباتية المدروسة (NDVI، NDGI، NDWI1 و NDWI2) من بيان سبب انخفاض كمية انتاج محصول الحمص في النطاق السهلي عن الجبلي في محافظة السويداء، في مركب الانتاجية المتمثل في كفاءة النباتات في الاستفادة من الطاقة الضوئية في

عملية التصنيع مع المحتوى المائي والغذائي وبالتوقيت الملائم لطراز النمو المحصولي وإنّ أي خلل في توقيت تأثير العناصر الثلاث بين طراز النمو والطاقة الضوئية مع المتطلبات المناخية والأرضية سينعكس سلباً على كمية الانتاج.

3-4 تأثير الصنف المزروع في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبين الشكل (21) قيم الانعكاسات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير الصنف المزروع. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) الشكل (21–B) بالتناقص بدءاً من مراحل النمو الأولى وحتى تاريخ (5/3) أوج النمو ثم ازدادت من جديد بعد هذه المرحلة. فبلغت قيمة الانعكاس في الصنف الشتوي (0.025، 0.0205، 0.034) بتاريخ (3/24، 4/19، 6/14)، و(0.028، 0.024، 0.035) في الصنف الربيعي بتاريخ (3/31، 5/18، 6/28) على التوالي، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مراحل التفرع والازهار والنضج الفيزيولوجي والنضج التام، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (340λ، 355λ، 405λ، 445λ) السلوك العام ذاتهُ، أما قيم المجال الطيفي (742λ) الشكل (21–E) بدأت بالتزايد من تاريخ (3/24) وحتى تاريخ (5/3) للصنف المزروع ثم تعود وتتناقص بعد هذا التاريخ، وقد بلغت قيمة الانعكاس في الصنف الشتوي (0.179، 0.259) عند تاريخ (3/24، 5/3) على التوالي. وفي الصنف الربيعي (0.142، 0.276) بتاريخ (3/31، 5/18)على التوالي، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة بداية التفرع، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (712λ، 755λ، 765λ، 825λ، 905λ، 935λ، 950λ ، 977λ، 995λ، 1015λ) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة عن غيرها.





الشكل (21) تأثير الصنف المزروع في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.

يبين الجدول (33) والشكل (22) أنّ قيم الدليل النباتي NDVI بدأت بالتزايد من المراحل الأولى تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها، حيث بلغت في الصنف الشتوي (0.528) بتاريخ (4/19) كما بلغت في الصنف الربيعي(0.379) بتاريخ (5/31)، ثمّ عاودت التناقص حتى نهاية موسم النمو فبلغت (0.09) في الصنف الشتوي بتاريخ (6/14)، و(0.121) في الصنف الربيعي بتاريخ (6/28). ومن هذه النتائج تبين وجود فروقات معنوية في الدليل NDVI في مرحلة بداية التفرع والتفرع حيث سجل الصنف الشتوي أعلى قيمة بلغت (0.419، 0.528) على التوالي.

أما تأثير الصنف المزروع على قيم الدليل النباتي NDGI فيظهر في الجدول (33) والشكل (23) أنّ قيم هذا الدليل قد سلكت سلوكها في الدليل NDVI. كما يبين الجدول (33) وجود فروقات معنوية تحت تأثير الصنف المزروع في مرحلة بداية التفرع والتفرع حيث سجل الصنف الشتوي أعلى قيمة بلغت (−0.066، −0.005) على التوالي.

كما يبين الجدول (33) والشكل (24) أنّ قيم الدليل NDWI1 كانت معنوية في مراحل الانبات وبداية التفرع والتفرع، حيث تفوق الصنف الشتوي بقيم هذا الدليل (0.0160، 0.0180، 0.0210) على التوالي. وقد سلكت قيم هذا الدليل سلوكها في الدليل NDVI. كما يبين الجدول (33) والشكل (25) أنّ قيم الدليل NDWI2 قد سلك سلوكاً معاكساً لباقي الأدلة النباتية. حيث بدء بالتناقص من تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أقل قيمة لها (−0.0070) في الصنف الشتوي بتاريخ (5/3) و(−0.0050) في الصنف الربيعي بتاريخ (5/18) ثمّ بدأت بالارتفاع حتى نهاية الموسم فبلغت (0.0190) في الصنف الشتوي بتاريخ (6/14)، و(0.0193) في الصنف الربيعي بتاريخ (6/28)، ومن هذه النتائج تبين وجود فروقات معنوية في الدليل NDWI2تحت تأثير الصنف المزروع في مرحلة بداية التفرع ومرحلة العقد حيث سجل الصنف الربيعي أعلى قيمة بلغت (0.0040) في مرحلة بداية التفرع بالمقارنة مع الصنف الشتوي (0.0003)، في حين سجل الصنف الشتوي أعلى قيمة بلغت (0.0030) في مرحلة العقد بالمقارنة مع الصنف الربيعي (−0.0010).

الجدول (33) تأثير الصنف المزروع في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو.

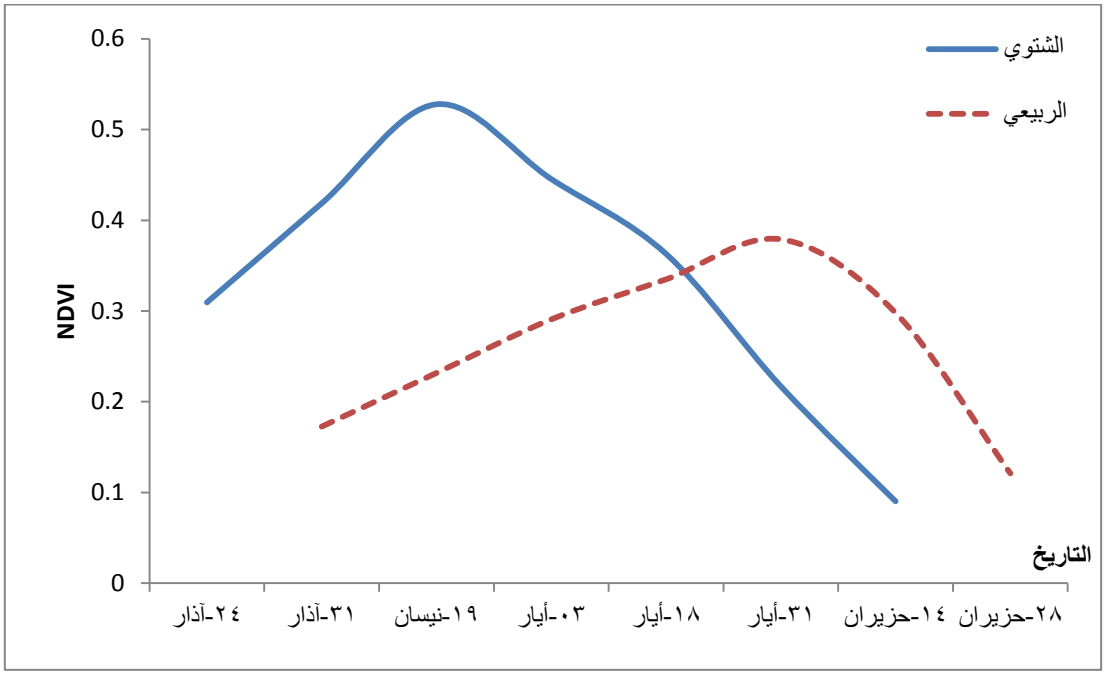
الدليل الطيفي	الصنف	المراحل					
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
NDVI	الشتوي	0.310	0.419	0.528	0.446	0.363	0.217	0.090
	الربيعي	0.173	0.232	0.291	0.335	0.379	0.298	0.121
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*	*				
NDGI	الشتوي	-0.126	-0.066	-0.005	-0.055	-0.104	-0.180	-0.275
	الربيعي	-0.199	-0.17	-0.141	-0.124	-0.107	-0.158	-0.229
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*	*				
NDWI1	الشتوي	0.0160	0.0180	0.0210	0.0160	0.0100	0.0030	-0.0050
	الربيعي	0.0050	0.0070	0.0120	0.0170	0.0060	0.0020	-0.0010
	المعنوية الاحصائية (0.05)	*	*	*				

NDWI2	الشتوي	0.0120	0.0003	-0.0030	-0.0070	0.0030	0.0090	0.0190
	الربيعي	0.0120	0.0040	-0.0020	-0.0050	-0.0010	0.0092	0.0193
	المعنوية الاحصائية (0.05)		*			*		

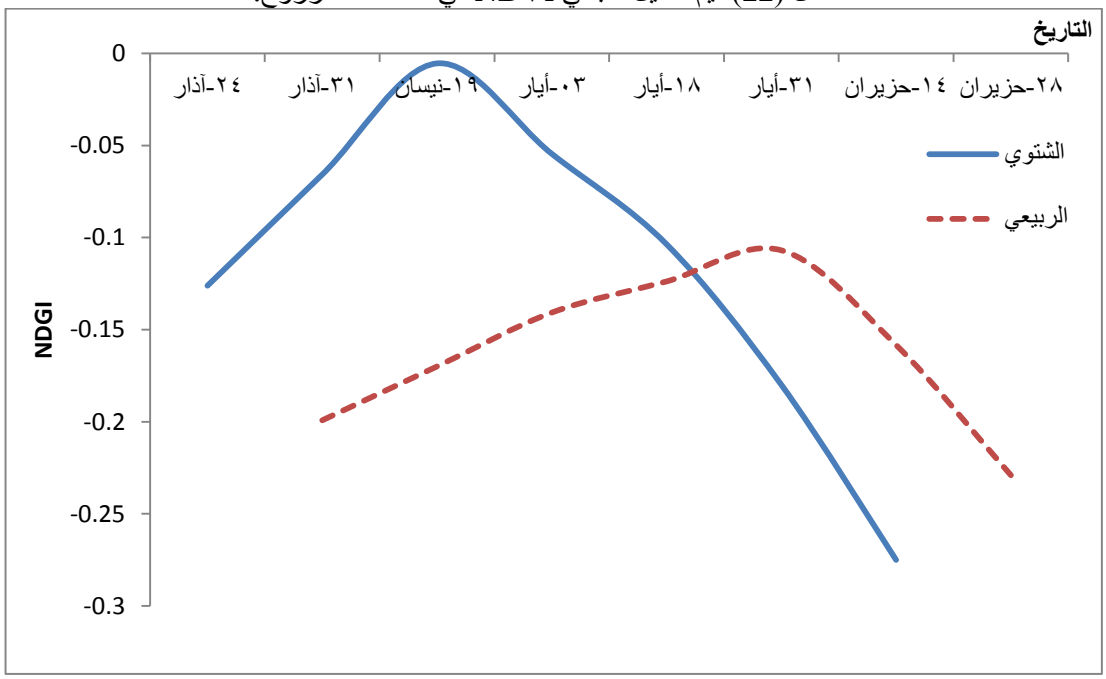
حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

حيث:

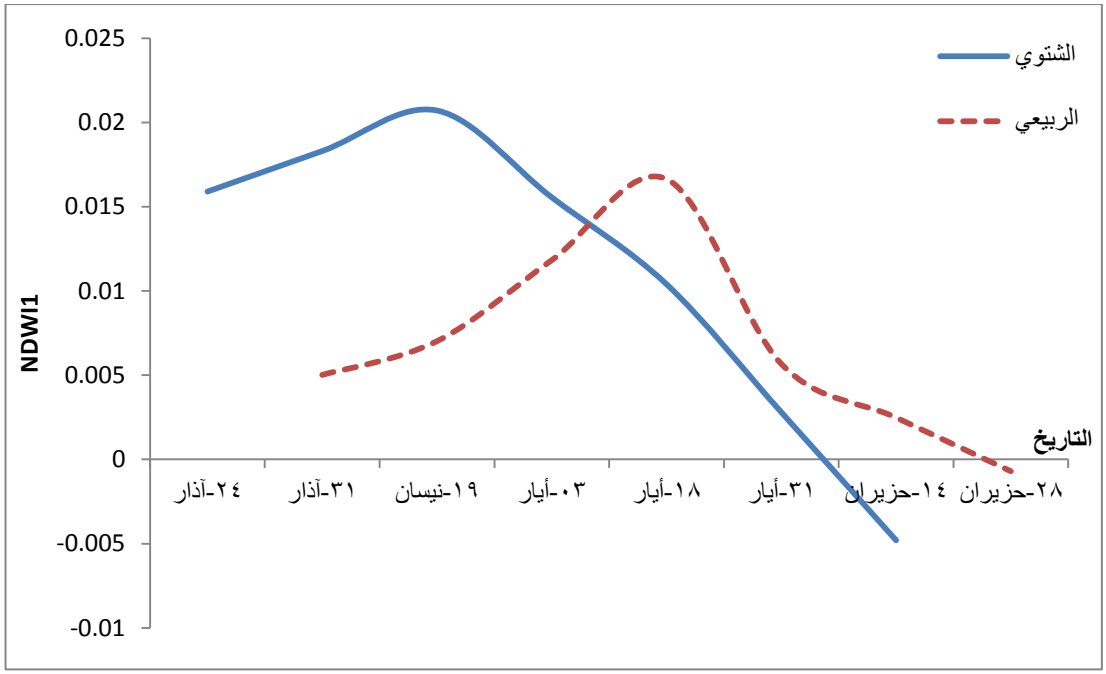
	المراحل	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
التاريخ	الشتوي	آذار-24	آذار-31	نيسان-19	أيار-03	أيار-18	أيار-31	حزيران-14
	الربيعي	آذار-31	نيسان-19	أيار-03	أيار-18	أيار-31	حزيران-14	حزيران-28



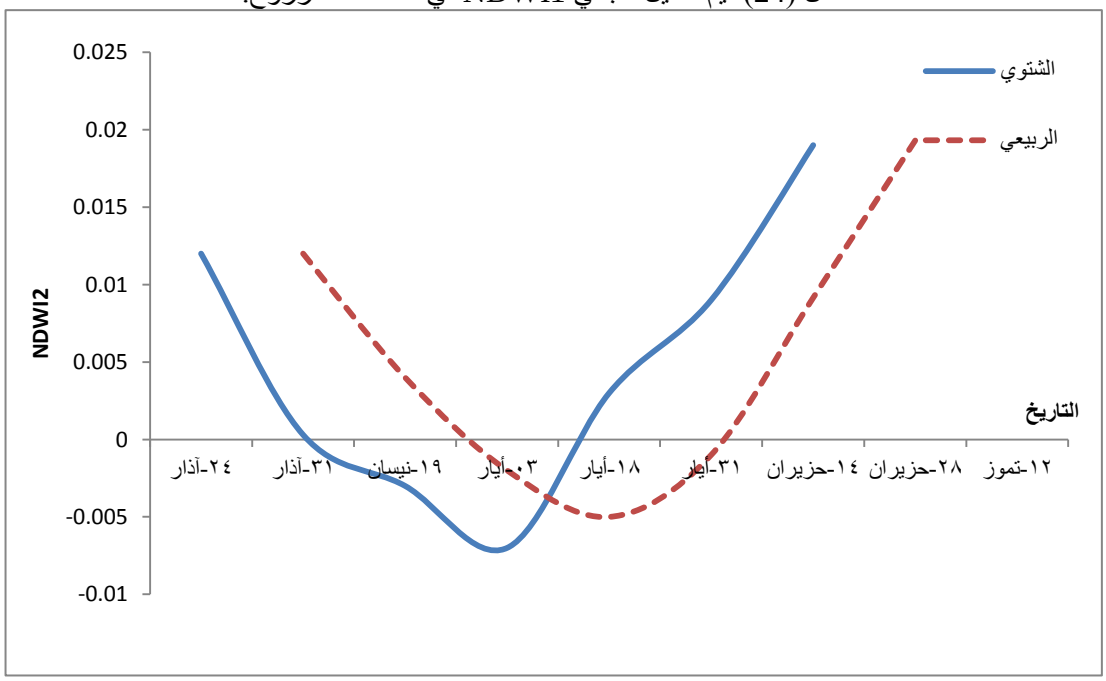
الشكل (22) قيم الدليل النباتي NDVI في الصنف المزروع.



الشكل (23) قيم الدليل النباتي NDGI في الصنف المزروع.



الشكل (24) قيم الدليل النباتي NDWI1 في الصنف المزروع.



الشكل (25) قيم الدليل النباتي NDWI2 في الصنف المزروع.

نستنتج من قيم الأدلة النباتية NDVI، NDGI، NDWI1 وNDWI2 التي سجلتها نباتات الحمص خلال مراحل النمو في الصنف المزروع والموضحة في الاشكال (22، 23، 24، 25)، على التوالي، أنّ نباتات الصنف الشتوي قد حافظة على استدامة اخضرار أوراق نباتاتها بنشاط أكبر ومدّة أطول. إذْ بدا منحني الصنف الشتوي بقيم أكبر من الصنف الربيعي الذي بدأ نموه بشكل متأخر عن الشتوي الذي بدوره استمر فترة أطول مقارنة مع الصنف الربيعي الذي كانت قيمه أقل ووصل إلى ذروته بشكل أبكر، إذْ يعكس الدليل النباتي NDVI حالة التركيب الخلوي

النباتي حسب المحتوى المائي (بواسطة قيم القناة تحت الحمراء القريبة)، وكفاءة التمثيل الضوئي (بواسطة قيم قناة الأشعة الحمراء) فكلما زادت قيمهُ واستمرت فترة طويلة دل على حيوية الغطاء المحصولي وفترة نشاطه وبالتالي كفاءة انتاجه. خاصةً إذا ما وجدنا أنّ قيم NDVI للصنف الشتوي كانت الأكفاء في الاستفادة من المعطيات المناخية من هطول أمطار وحرارة، وأكد ذلك الصفات النباتية المسجلة في الجدول (6) خاصة صفات الوزن الرطب و CCI و LAI .

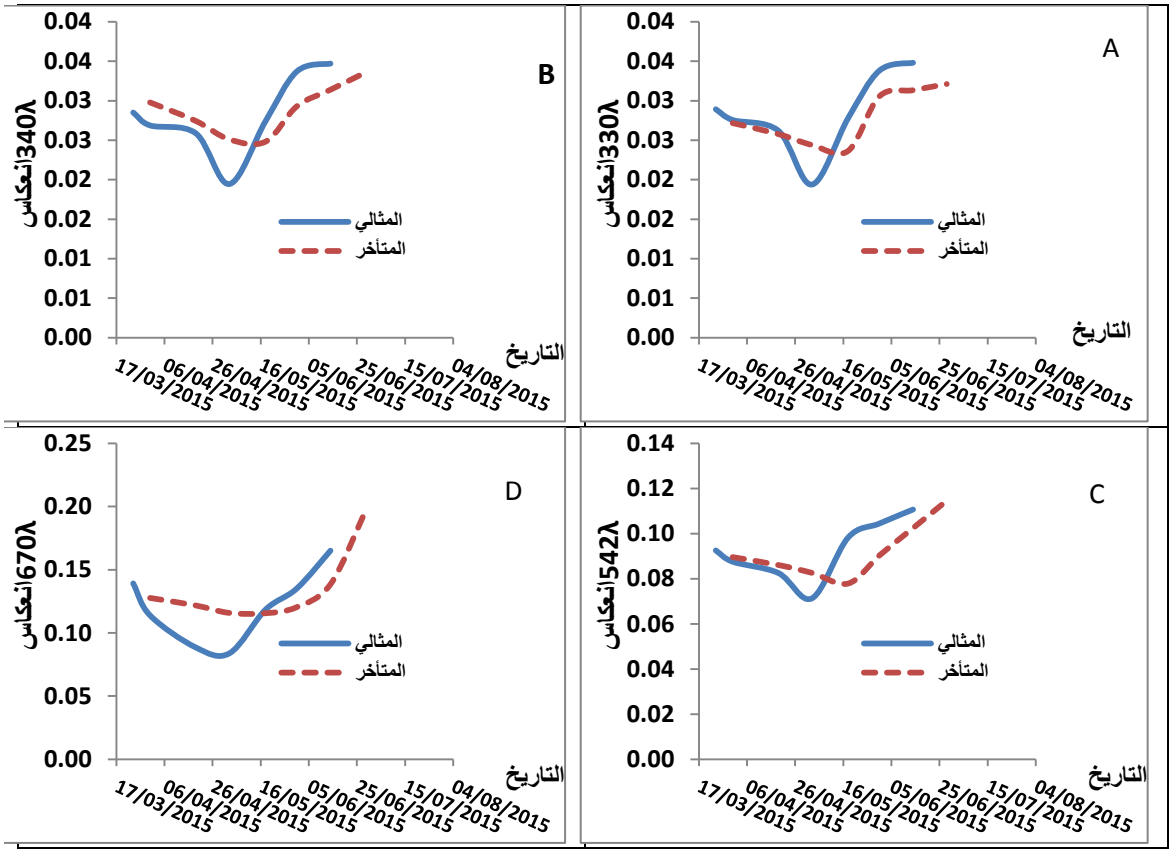
بينما بيّن الدليل NDGI الشكل (23) كفاءة النباتات بعملية التمثيل الضوئي خلال مراحل النمو، فهو يعبر عن حالة الاخضرار التي تعكس كفاءة الامتصاص لأشعة القناة الحمراء، علماً أنّ هذه الأشعة صاحبة الأثر الأكبر مع الصّانعات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي. حيث بدت هذه الكفاءة جلية بالقيم الأعلى للدليل في النطاق الجبلي خلال معظم مراحل النمو، وخاصة مراحل النمو العظمي. وأكد ذلك الصفات النباتية المسجلة في الجدول (6) وخاصة صفة CCI.

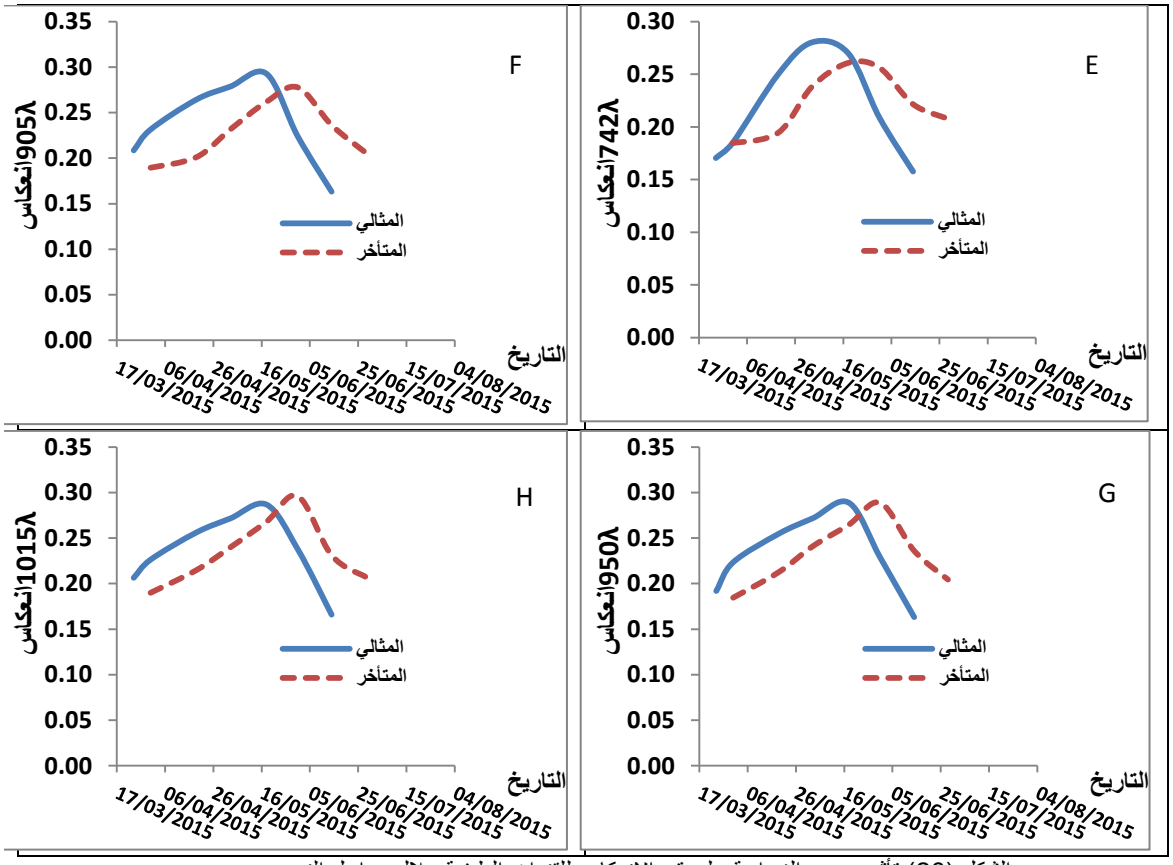
أما الدليل النباتي (NDWI1) فيعكس بعلاقته الفيزيائية للقنوات الطيفية حالة المحتوى المائي في النبات ذات العلاقة المباشرة والأثر البعيد في الانتاجية المحصولية، فهو يبين منحني نمو نباتات الصنف الشتوي وفق مخطط النمو الطبيعي بقيم أكبر نوعاً ما مما سجلته نباتات الصنف الربيعي، خاصة خلال مراحل النمو الأعظمي للنباتات الشكل (24). وهذا ما توثقه الصفات النباتية المسجلة في الجدول (6)، وخاصةً تقدير حالة المحتوى المائي. كما أنّ الدليل النباتي (NDWI2) (الشكل 25) يبين أنّ حالة التوازن المائي بين المحتوى المائي في النبات وحالة الموفر الخارجي (من هطول مطري) كانت الأكفأ في الصنف الشتوي. حيث انخفضت متزامنة مع الهطول المطري الجدول (3) ثم تسارعت بعد مراحل النمو الأعظمي وبقيم أدنى (أي اكفاء) من تلك المسجلة لنباتات الصنف الربيعي، وهذا ما قد سجل تفوقاً كمياً في جدول صفات النمو وخاصة LAI.

إذاً مكنت الأدلة الطيفية النباتية المدروسة (NDVI، NDGI، NDWI1 و NDWI2) من بيان سبب انخفاض كمية انتاج محصول الحمص في الصنف الربيعي عن الشتوي في محافظة السويداء، في كمية الانتاجية المتمثلة في كفاءة النباتات في الاستفادة من الطاقة الضوئية في عملية التصنيع مع المحتوى المائي والغذائي وبالتوقيت الملائم لطراز النمو المحصولي وإنّ أي خلل في توقيت تأثير العناصر الثلاث بين طراز النمو والطاقة الضوئية مع المتطلبات المناخية والأرضية سينعكس سلباً على كمية الانتاج.

4-4 تأثير موعد الزراعة في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبين الشكل (26) قيم الانعكاسات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير موعد الزراعة. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) (الشكل B–26) بالتناقص بدءاً من مراحل النمو الأولى وحتى تاريخ (5/3) أوج النمو ثم ازدادت من جديد بعد هذه المرحلة. فبلغت قيمة الانعكاس في الموعد المثالي (0.0285، 0.0194) بتاريخ(3/24، 5/3)، وفي الموعد المتأخر (0.0298، 0.0248) بتاريخ (3/31، 5/18) على التوالي، ثم عاودت الارتفاع حتى نهاية نمو المحصول، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (340λ ، 355λ، 405λ، 445λ) السلوك العام ذاتهُ، أما قيم المجال الطيفي (742λ) الشكل (26–E) بدأت بالتزايد من تاريخ (3/24) وحتى تاريخ (5/3) لموعد الزراعة ثم تعود وتتناقص بعد هذه المرحلة، وقد بلغت قيمة للانعكاس في الموعد المثالي (0.1704، 0.2803) بتاريخ (5/3،3/24) و(0.2563،0.1846) في الموعد المتأخر بتاريخ (5/30،3/31) على التوالي، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (712λ، 755λ، 765λ، 825λ، 905λ، 935λ، 950λ ، 977λ، 995λ، 1015λ) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة عن غيرها.





الشكل (26) تأثير موعد الزراعة على قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو

يبين الجدول (34) والشكل (27) أنّ قيم الدليل النباتي NDVI بدأت بالتزايد بدءاً من المراحل الأولى تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها، حيث بلغت في الموعد المثالي (0.46) بتاريخ (4/19)، وبدء الموعد المتأخر بتاريخ (3/31) ووصل إلى أعلى قيمة(0.385) بتاريخ (5/18). ثمّ عاودت التناقص حتى نهاية موسم النمو فبلغت (0.103) في الموعد المثالي بتاريخ (6/14)، و(0.108) في الموعد المتأخر بتاريخ (6/28). ومن هذه النتائج تبين وجود فروقات معنوية في الدليل NDVI تحت تأثير موعد الزراعة في مرحلة التفرع والإزهار حيث سجل الموعد المثالي أعلى قيمة للدليل NDVI حيث بلغت (0.460، 0.426) على التوالي.

أما تأثير موعد الزراعة على قيم الدليل NDGI فيظهر الجدول (34) الشكل (28) أنّ قيم الدليل قد سلك سلوكها في الدليل NDVI، حيث بدأت بالتزايد بدءاً من تاريخ (3/24) حتى وصلت إلى أعلى قيمة لها فكانت(−0.019) في الموعد المثالي بتاريخ (4/19) و(−0.111) في الموعد المتأخر بتاريخ (5/18) ثمّ تناقصت حتى نهاية موسم النمو إذْ بلغت (−0.259) في الموعد المثالي بتاريخ (6/14)، و(−0.245) في الموعد المتأخر بتاريخ (6/28). ويبين الجدول (32) وجود فروقات معنوية في قيم الدليل NDGI تحت تأثير موعد الزراعة في مرحلة

التفرع والإزهار، فقد سجل الموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (0.0188−، 0.047−) على التوالي.

أما تأثير موعد الزراعة على قيم الدليل NDWI1 فيظهر من الجدول (34) والشكل (29) وجود فروقات معنوية في الدليل تحت تأثير موعد الزراعة في مرحلة بداية التفرع والتفرع والعقد، فقد سجل الموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (0.015، 0.017، 0.022) على التوالي.

كما يبين الجدول (34) والشكل (30) أنّ قيم الدليل NDWI2 سلك سلوكاً معاكساً لباقي الادلة النباتية. حيث بدأت بالتناقص من تاريخ (3/24) حتى وصل إلى أقل قيمة لها في الموعد المثالي بتاريخ (4/19)، والموعد المتأخر بتاريخ (5/18)، ثم بدأت بالارتفاع حتى نهاية الموسم في الموعد المثالي بتاريخ (6/14)، وفي الموعد المتأخر بتاريخ (6/28)، ويبين الجدول (34) أنّ قيم الدليل NDWI2 كانت معنوية تحت تأثير موعد الزراعة في مرحلة العقد والنضج الفيزيولوجي، وقد سجل الموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (0.002−، 0.005) على التوالي.

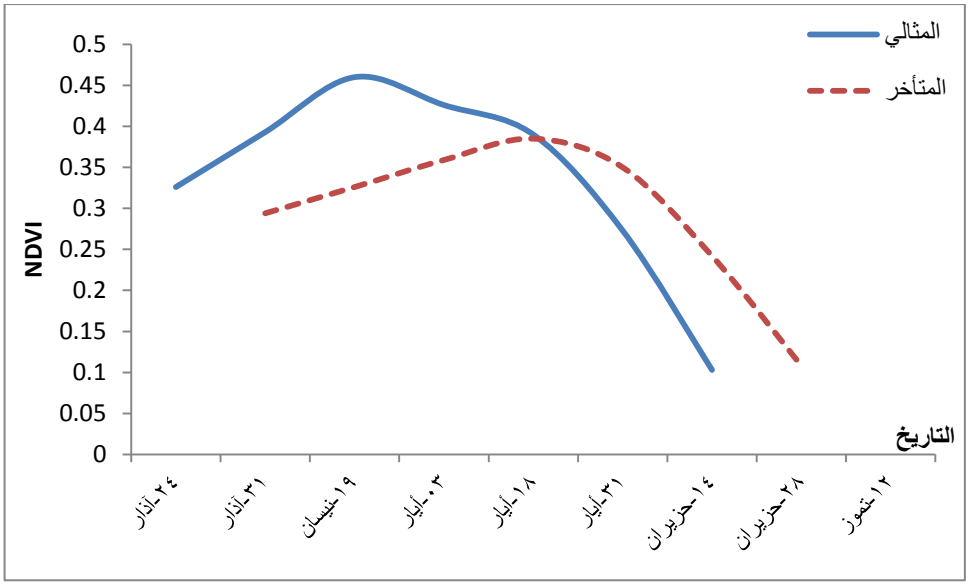
الجدول (34) تأثير موعد الزراعة في قيم الأدلة الطيفية لمحصول الحمص.

الدليل الطيفي	الموعد	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
NDVI	المثالي	0.326	0.393	0.46	0.426	0.39	0.273	0.103
	المتأخر	0.294	0.326	0.359	0.385	0.35	0.242	0.108
	المعنوية الإحصائية	-	-	*	*	-	-	-
NDGI	المثالي	-0.101	-0.06	-0.019	-0.047	-0.076	-0.154	-0.259
	المتأخر	-0.15	-0.139	-0.127	-0.111	-0.135	-0.184	-0.245
	المعنوية الإحصائية	-	-	*	*	-	-	-
NDWI1	المثالي	0.013	0.015	0.017	0.022	0.012	0.003	0
	المتأخر	0.009	0.011	0.012	0.007	-0.002	-0.007	-0.009
	المعنوية الإحصائية	-	*	*	*	-	-	-
NDWI2	المثالي	0.009	-0.009	-0.009	-0.004	-0.002	0.005	0.013
	المتأخر	0.015	-0.001	-0.002	-0.006	-0.004	0.001	0.009
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	*	*	-

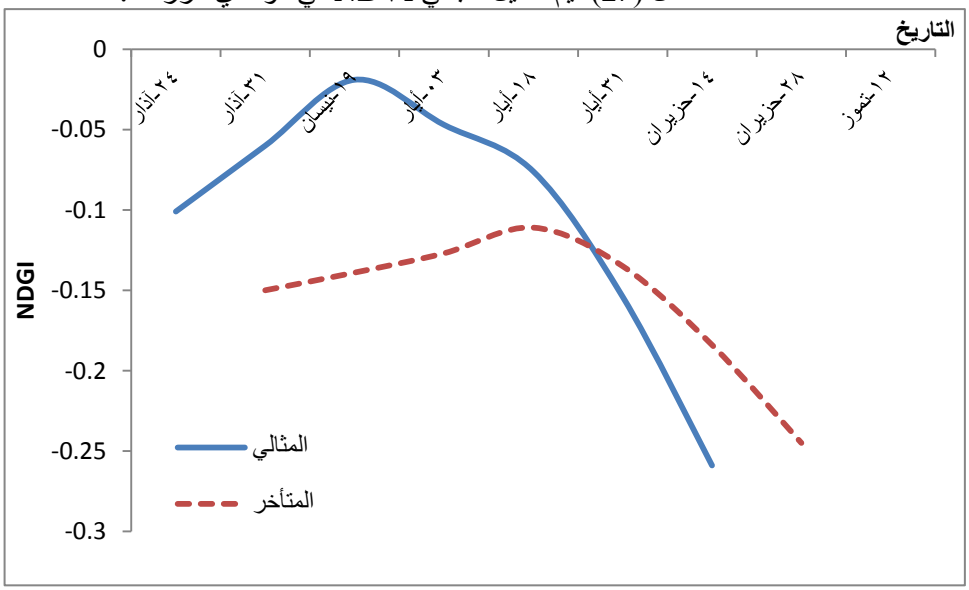
حيث تشير * إلى وجود فرق بمعنوية إحصائية عند 5%.

حيث:

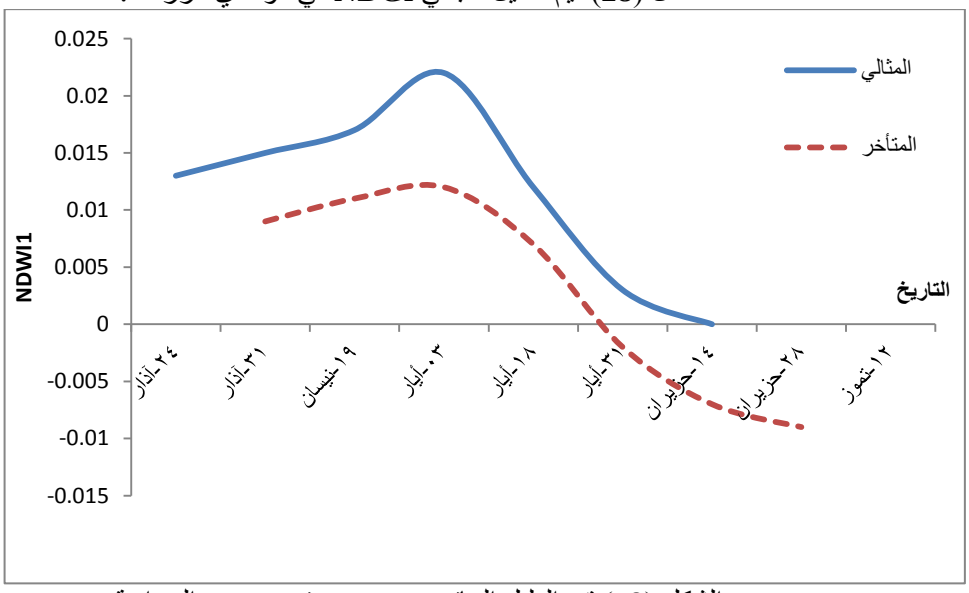
المراحل		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
التاريخ	المثالي	آذار-24	آذار-31	نيسان-19	أيار-03	أيار-18	أيار-31	حزيران-14
	المتأخر	آذار-31	نيسان-19	أيار-03	أيار-18	أيار-31	حزيران-14	حزيران-28



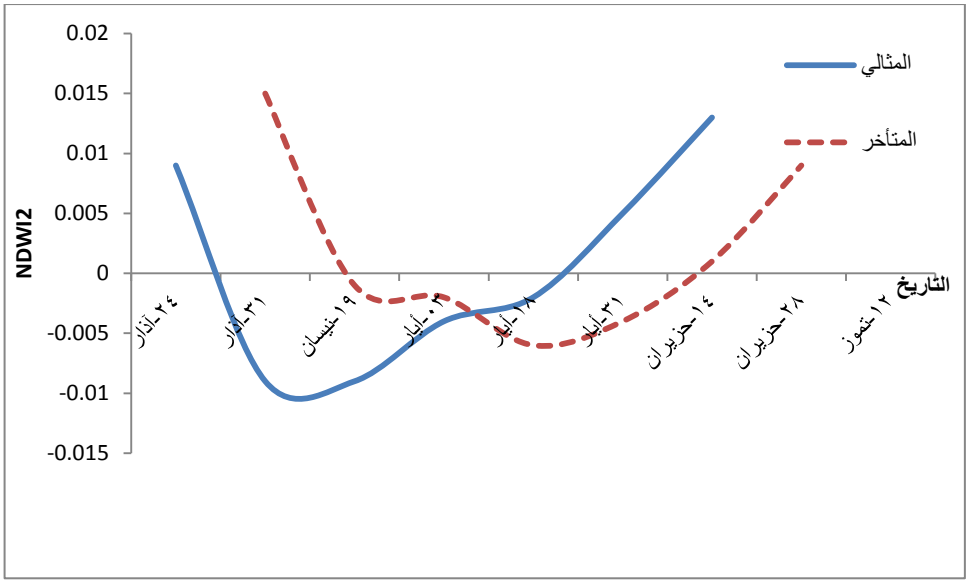
الشكل (27) قيم الدليل النباتي NDVI في موعدي الزراعة.



الشكل (28) قيم الدليل النباتي NDGI في موعدي الزراعة.



الشكل (29) قيم الدليل النباتي NDWI1 في موعدي الزراعة.



الشكل (30) قيم الدليل النباتي NDWI2 في موعدي الزراعة.

نستنتج من قيم الأدلة النباتية NDVI، NDGI، NDWI1 و NDWI2 التي سجلتها نباتات الحمص خلال مراحل النمو في موعدي الزراعة والموضحة في الأشكال (27، 28، 29، 30) على التوالي، أنّ نباتات الموعد المثالي للزراعة قد استدامت اخضرار أوراق نباتاته بنشاط أكبر ومدة أطول. إذْ بدا منحني الموعد المثالي بقيم أكبر خاصة خلال مراحل النمو العظمى واستمرت فترة أطول مقارنة مع الموعد المتأخر الذي كانت قيمه أقل ووصل إلى ذروته خلال مرحلة قصيرة ثم انخفض بسرعة، إذْ يعكس الدليل النباتي NDVI حالة التركيب الخلوي النباتي حسب المحتوى المائي (بواسطة قيم القناة تحت الحمراء القريبة)، وكفاءة التمثيل الضوئي (بواسطة قيم قناة الأشعة الحمراء) فكلما زادت قيمهُ واستمرت فترة طويلة دل على حيوية الغطاء المحصولي وفترة نشاطه وبالتالي كفاءة انتاجه. وما يؤكد أنّ نباتات الموعد المثالي كانت الأكفأ في الاستفادة من المعطيات المناخية من هطول أمطار وحرارة ما دلت عليه الصفات الخضرية، ولا سيما صفات الوزن الرطب و CCI و LAI.

بينما بيّن الدليل NDGI الشكل (28) كفاءة النباتات بعملية التمثيل الضوئي خلال مراحل النمو، فهو يعبر عن حالة الاخضرار التي تعكس كفاءة الامتصاص لأشعة القناة الحمراء، علماً أنّ هذه الأشعة صاحبة الأثر الأكبر مع الصانعات الخضراء في عملية التمثيل الضوئي. حيث بدت هذه الكفاءة جلية بالقيم الأعلى للدليل في الموعد المثالي خلال مراحل الازهار والعقد. بينما لم تظهر تلك الكفاءة في الموعد المتأخر ولم يأخذ منحني النمو شكله الطبيعي بذروة النمو خلال مراحل النمو العظمى، وأكد ذلك الصفات النباتية المسجلة في الجدول (7) وخاصة صفة CCI.

أما الدليل النباتي (NDWI1) فيعكس بعلاقته الفيزيائية للقنوات الطيفية حالة المحتوى المائي في النبات ذات العلاقة المباشرة والأثر البعيد في الانتاجية المحصولية، فهو يبين منحني نمو نباتات الموعد المثالي وفق مخطط النمو الطبيعي بقيم أكبر مما سجلته نباتات الموعد

المتأخر، خاصة خلال مراحل النمو الأعظمي للنباتات والذي بدأ بالانخفاض متسارعاً حتى قبل نباتات الموعد المثالي الشكل (29) مما يعكس حالة اختصار المراحل التطورية الذي دفع النباتات نحو اختصار مراحل النمو وحياة المحصول باتجاه النضج، خاصة في مرحلة الإزهار إلى نهاية عمر النبات، وهذا ما توثقه الصفات النباتية المسجلة في الجدول (7)، وخاصةً تقدير حالة المحتوى المائي. وربما يعود ذلك إلى قلة الهطول وارتفاع درجة الحرارة في تلك المرحلة في الموعد المتأخر.

كما أنّ الدليل النباتي (NDWI2) الشكل (30) يبين أنّ حالة التوازن المائي بين المحتوى المائي في النبات وحالة الموفر الخارجي (من هطول مطري) كانت الأكفأ في الموعد المثالي. حيث انخفضت متزامنة مع زيادة الهطول المطري الجدول(3) ثمّ تسارعت بعد مراحل النمو الأعظمي وبقيم أدنى (أي اكفاء) من تلك المسجلة لنباتات الموعد المتأخر، وهذا ما قد سجل تفوقاً كميا في جدول صفات النمو وخاصة LAI.

إذاً مكنت الأدلة الطيفية النباتية المدروسة (NDVI، NDGI، NDWI1 و NDWI2) من بيان سبب انخفاض كمية انتاج محصول الحمص في الموعد المتأخر عن الموصي به في محافظة السويداء، في إجمالي الانتاجية المتمثل في كفاءة النباتات في الاستفادة من الطاقة الضوئية في عملية التصنيع مع المحتوى المائي والغذائي وبالتوقيت الملائم لطراز النمو المحصولي وإنّ أي خلل في توقيت تأثير العناصر الثلاث بين طراز النمو والطاقة الضوئية مع المتطلبات المناخية والأرضية سينعكس سلباً على كمية الانتاج.

5-4 تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبين الجدول (35) قيم الانعكاسات لبعض القنوات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) الجدول (35) بالتناقص من مراحل النمو الأولى وحتى تاريخ (5/3) أوج النمو للنطاق الجغرافي والصنف المزروع ثمّ ازدادت من جديد بعد هذه المرحلة. فبلغت أعلى قيمة للانعكاس في الصنف الشتوي المزروع في النطاق السهلي(0.029، 0.014، 0.030) بتاريخ (3/24، 5/3، 6/14) لوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة النضج الفيزيولوجي، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (340λ ، 355λ، 405λ، 445λ) السلوك العام ذاتهُ، أما قيم المجال الطيفي (742λ) الجدول (33) بدأت بالتزايد من المراحل الاولى وحتى تاريخ (5/3) ثمّ تعود وتتناقص بعد هذا التاريخ، وقد بلغت قيمة للانعكاس في الصنف الشتوي المزروع بالنطاق السهلي (0.239، 0.270) بتاريخ (3/24، 5/3) وفي الصنف الربيعي المزروع بالنطاق الجبلي(0.238) بتاريخ

(5/31) ولوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة التفرع والازهار والعقد، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (λ712، λ755، λ765، λ825، λ905، λ935،λ950 ، λ977، λ995، λ1015) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة عن غيرها.

الجدول (35) تأثير النطاق الجغرافي الصنف المزروع معاً في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.

القنوات الطيفية	النطاق-الصف	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
λ340	سهلي-شتوي	0.0289	0.0280	0.0190	0.0144	0.0259	0.0303	
	سهلي-ربيعي		0.0286	0.0244	0.0212	0.0285	0.0313	0.0327
	جبلي-شتوي	0.0285	0.0261	0.0244	0.0259	0.0246	0.0288	0.0316
	جبلي-ربيعي		0.0334	0.0286	0.0266	0.0322	0.0332	0.0353
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	*	-
λ670	سهلي-شتوي	0.0938	0.0918	0.0667	0.0723	0.1479	0.177	
	سهلي-ربيعي		0.1203	0.1103	0.1037	0.1042	0.1238	0.1754
	جبلي-شتوي	0.1027	0.1002	0.099	0.1001	0.0992	0.1229	0.1466
	جبلي-ربيعي		0.1217	0.1196	0.1094	0.1147	0.12	0.1386
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	*	-
λ742	سهلي-شتوي	0.2394	0.2363	0.2704	0.1568	0.212	0.2015	
	سهلي-ربيعي		0.1315	0.2737	0.2197	0.3141	0.23	0.2105
	جبلي-شتوي	0.1396	0.1951	0.2413	0.2655	0.293	0.2235	0.1671
	جبلي-ربيعي		0.147	0.1593	0.177	0.2387	0.1763	0.1727
	المعنوية الإحصائية	-	*	-	*	*	-	-
λ950	سهلي-شتوي	0.2407	0.2612	0.2817	0.2499	0.2181	0.2171	
	سهلي-ربيعي		0.125	0.2767	0.3162	0.3556	0.2554	0.2237
	جبلي-شتوي	0.1358	0.1942	0.2438	0.2868	0.3188	0.2402	0.1769
	جبلي-ربيعي		0.1468	0.1588	0.1722	0.2569	0.183	0.1795
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	*	-	-	-

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية

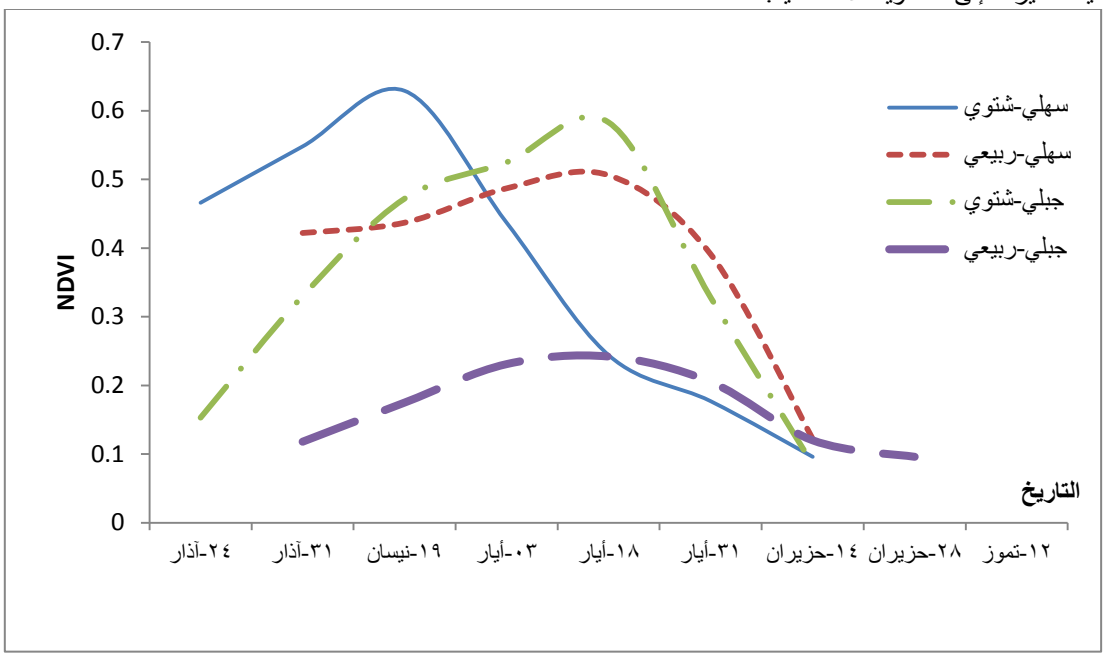
يبين الشكل (31) سلوك دليل NDVI السلوك نفسهُ الذي سبق في العوامل الماضية. ويبين الجدول (36) أنّ قيم الدليل NDVI كانت معنوية تحت تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً في مرحلة العقد، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع في النطاق الجبلي أعلى قيمة بلغت (0.583)، أما تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع على قيم الدليل NDGI فيظهر من الجدول (36) والشكل (32) وجود فروقات معنوية في مرحلة العقد والنضج الفيزيولوجي، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع في النطاق الجبلي أعلى قيمة بلغت (−0.019، −0.145) على التوالي، كما يبين الجدول (36) والشكل (33) أنّ قيم الدليل NDWI1 لم تكن معنوية في كافة المراحل. كما يبين الجدول (36) والشكل (34) أنّ قيم الدليل NDWI2 كانت معنوية تحت

تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع معاً في مرحلة التفرع، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع في النطاق السهلي أعلى قيمة بلغت (0.0003-).

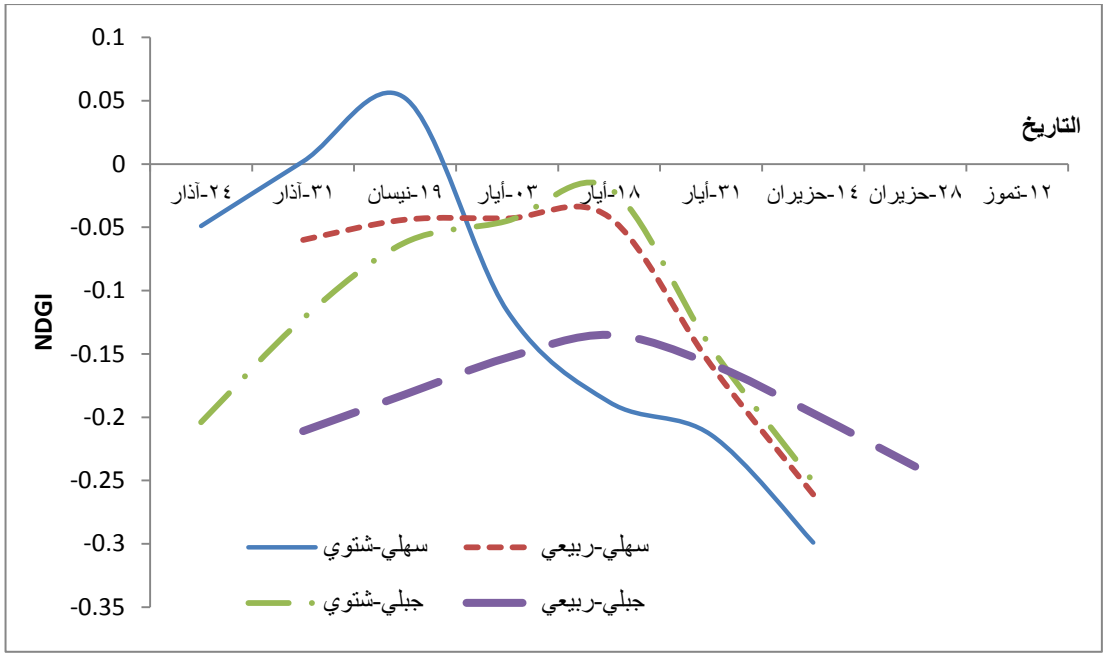
الجدول (36) تأثير النطاق الجغرافي-الصنف المزروع في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو

الدليل الطيفي	النطاق-الصنف	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
NDVI	سهلي-شتوي	0.47	0.55	0.63	0.44	0.24	0.18	0.10
	سهلي-ربيعي		0.42	0.44	0.49	0.51	0.39	0.12
	جبلي-شتوي	0.15	0.33	0.47	0.53	0.58	0.33	0.09
	جبلي-ربيعي		0.12	0.18	0.23	0.24	0.21	0.12
	LSD	-	0.068	0.060	0.11	*0.051	0.07	0.04
NDGI	سهلي-شتوي	-0.049	0.002	0.052	-0.116	-0.188	-0.214	-0.299
	سهلي-ربيعي		-0.06	-0.044	-0.043	-0.042	-0.159	-0.261
	جبلي-شتوي	-0.204	-0.122	-0.062	-0.045	-0.019	-0.145	-0.251
	جبلي-ربيعي		-0.211	-0.182	-0.153	-0.135	-0.158	-0.197
	LSD	-	0.031	0.048	0.065	*0.042	*0.035	0.018
NDWI1	سهلي-شتوي	0.0120	0.0230	0.0270	0.0170	0.0120	0.0050	-0.0020
	سهلي-ربيعي		0.0102	0.0160	0.0120	0.0010	-0.0050	-0.0100
	جبلي-شتوي	0.0110	0.0150	0.0190	0.0140	0.0090	-0.0003	-0.0090
	جبلي-ربيعي		0.0070	0.0140	0.0220	0.0110	-0.0010	-0.0040
	LSD	-	0.0060	0.0092	0.0076	0.0097	0.0056	0.0165
NDWI2	سهلي-شتوي	0.0120	-0.0002	-0.0003	-0.0004	0.0080	0.0170	0.0220
	سهلي-ربيعي		-0.0050	-0.009	-0.0030	0.0030	0.0130	0.0130
	جبلي-شتوي	0.0120	0.0010	-0.006	-0.0130	-0.0080	0.0010	0.0150
	جبلي-ربيعي		-0.0010	-0.013	-0.0170	-0.0130	-0.0010	0.0020
	LSD	-	0.0055	*0.017	0.0124	0.0040	0.01500	0.0193

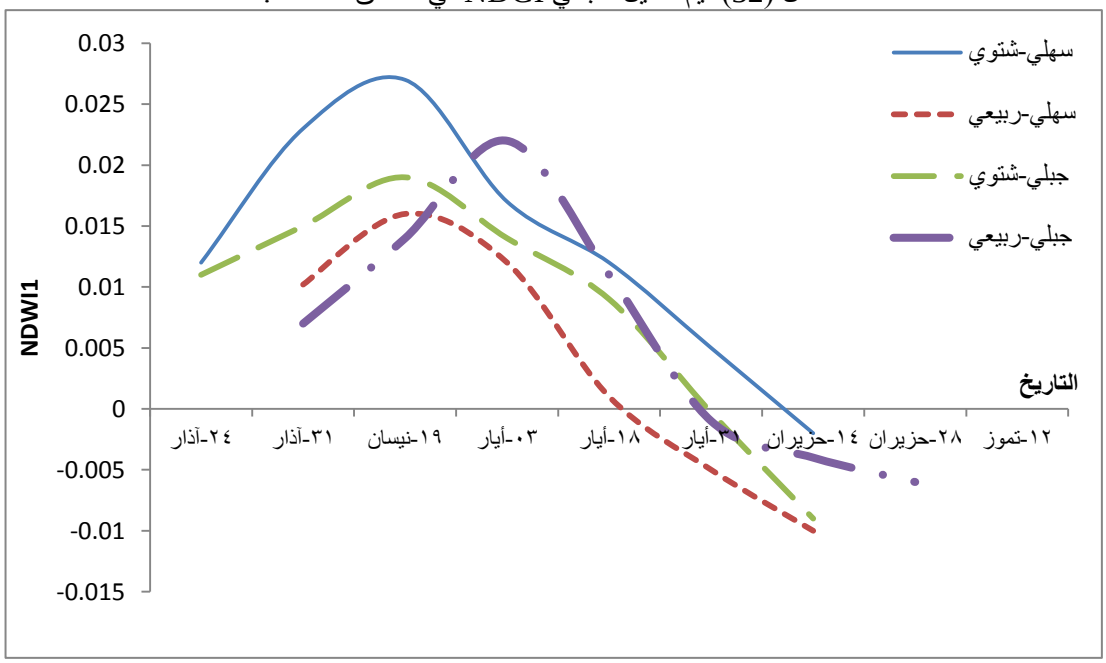
حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.



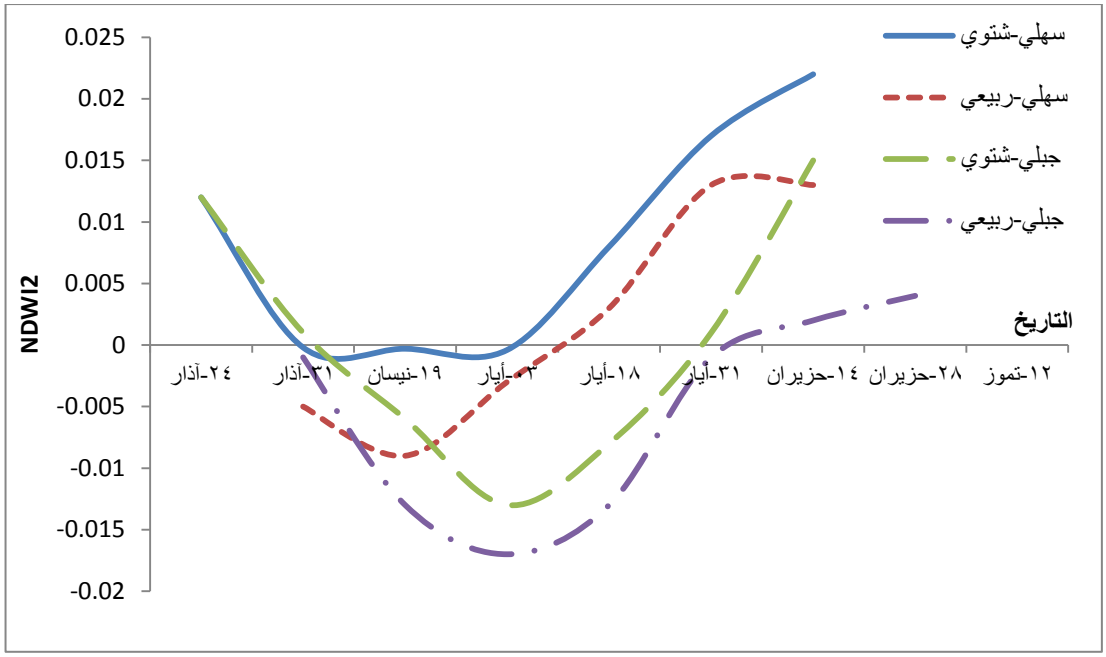
الشكل (31) قيم الدليل النباتي NDVI في النطاق-الصنف.



الشكل (32) قيم الدليل النباتي NDGI في النطاق-الصنف.



الشكل (33) قيم الدليل النباتي NDWI1 في النطاق-الصنف.



الشكل (34) قيم الدليل النباتي NDWI2 في النطاق-الصنف.

6-4 تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبين الجدول (37) قيم الانعكاسات للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير النطاق الجغرافي لموعد الزراعة. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) الجدول (37) بالتناقص بدأً من مراحل النمو الأولى وحتى تاريخ (5/3) ثم ازدادت من جديد بعد هذه المرحلة. فبلغت أعلى قيمة للانعكاس في النطاق السهلي المزروع بالموعد المثالي (0.0287، 0.016، 0.037) بتاريخ (3/24، 5/3، 6/24)على التوالي، وفي النطاق الجبلي المزروع بالموعد المتأخر(0.031، 0.029، 0.034) بتاريخ (3/24، 5/31، 6/28) على التوالي، ولم يلاحظ وجود فروقات معنوية في كافة مراحل النمو، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (340λ ، 355λ، 405λ، 445λ) السلوك العام ذاتهُ، أما قيم المجال الطيفي (742λ) الجدول (37) بدأت بالتزايد من تاريخ (3/24) وحتى تاريخ (5/3) ثمّ تعود وتتناقص بعد هذا التاريخ، وقد بلغت قيمة الانعكاس في النطاق السهلي المزروع بالموعد المثالي (0.1740، 0.3029) بتاريخ (3/24، 5/3) على التوالي، وفي النطاق الجبلي المزروع بالموعد المتأخر (0.2642) بتاريخ (5/31)، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة النضج الفيزيولوجي، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (712λ، 755λ، 765λ، 825λ، 905λ، 935λ، 950λ، 977λ، 995λ، 1015λ) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة من غيرها.

الجدول (37) تأثير النطاق الجغرافي-موعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.

القنوات الطيفية	النطاق-الموعد	المراحل					
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
340λ	سهلي-مثالي	0.0287	0.0252	0.0244	0.0156	0.0242	0.0347	0.0351
	سهلي-متأخر	0.0289	0.0271	0.0249	0.0200	0.0302	0.0316	0.0330
	جبلي-مثالي	0.0292	0.0285	0.0274	0.0233	0.0306	0.0327	0.0335
	جبلي-متأخر	0.0306	0.0280	0.0255	0.0231	0.0329	0.0338	0.0346
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	-	-
670	سهلي-مثالي	0.1088	0.0825	0.0765	0.0745	0.1201	0.1328	0.1455
	سهلي-متأخر	0.1211	0.1164	0.1116	0.1015	0.1321	0.1506	0.2053
	جبلي-مثالي	0.1251	0.1183	0.1115	0.0932	0.1167	0.1409	0.1428
	جبلي-متأخر	0.1162	0.1141	0.107	0.1003	0.1381	0.1479	0.1576
	المعنوية الإحصائية	-	-	*	*	-	-	-
742λ	سهلي-مثالي	0.1740	0.2032	0.2945	0.3029	0.2760	0.2215	0.1748
	سهلي-متأخر	0.2048	0.2271	0.2494	0.2697	0.2500	0.2199	0.2046
	جبلي-مثالي	0.1147	0.1665	0.2059	0.2234	0.2642	0.2027	0.1491
	جبلي-متأخر	0.1644	0.1755	0.1946	0.2189	0.2674	0.1969	0.1906
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	*	-
950λ	سهلي-مثالي	0.1735	0.1999	0.3044	0.3249	0.2959	0.2597	0.1835
	سهلي-متأخر	0.1808	0.1971	0.254	0.2924	0.2778	0.2341	0.2264
	جبلي-مثالي	0.1105	0.163	0.2055	0.2295	0.2817	0.2127	0.1531
	جبلي-متأخر	0.1611	0.1781	0.1972	0.2295	0.294	0.2105	0.2033
	المعنوية الإحصائية	-	*	-	-	-	*	-

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

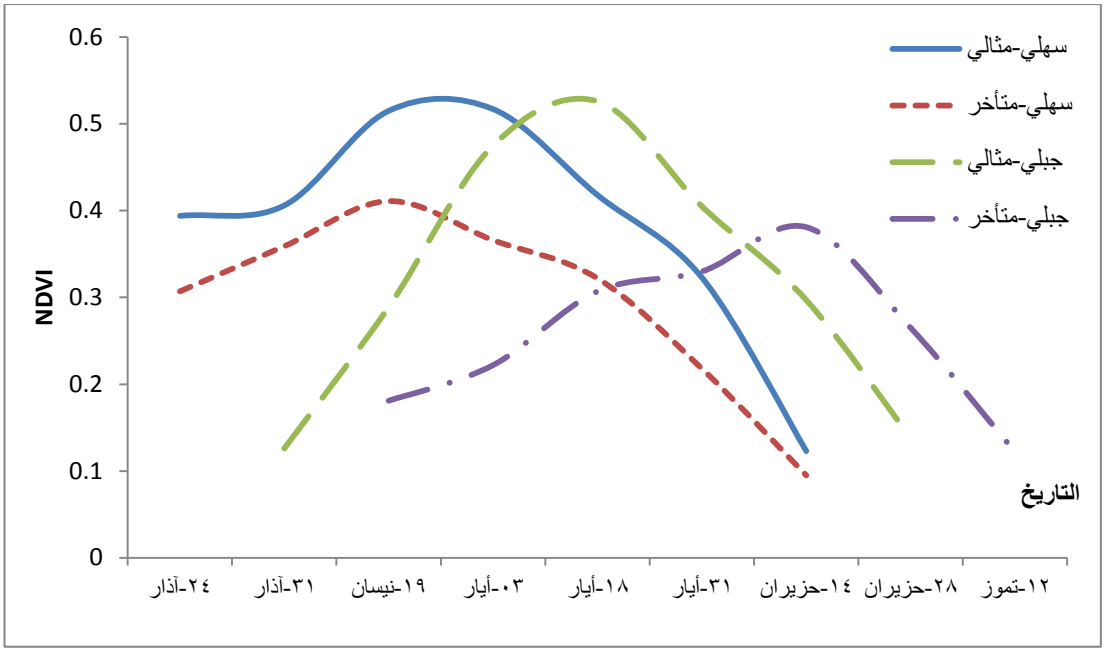
يبين الجدول (38) والشكل (39) وجود فروقات معنوية في الدليل NDVI تحت تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة في مرحلة الانبات والتفرع والنضج التام، فقد سجل النطاق السهلي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (0.40 ،0.52) في مرحلة الانبات والتفرع على التوالي، وقد سجل النطاق الجبلي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (0.14) في مرحلة النضج التام، أما تأثير النطاق الجغرافي وموعد الزراعة على قيم الدليل NDGI فيظهر الجدول (38) والشكل (40) وجود فروقات معنوية بين موعد الزراعة في الدليلNDGI في مرحلة الانبات والتفرع، فقد سجل النطاق السهلي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (−0.060، 0.029) على التوالي. ويبين الجدول (38) والشكل (41) أنّ قيم الدليل NDWI1 لم تكن معنوية في كافة المراحل. كما يبين الجدول (38) والشكل (42) أنّ قيم الدليل NDWI2 كانت معنوية في مرحلة الازهار والنضج الفيزيولوجي، فقد سجل النطاق السهلي المزروع بالموعد المتأخر أعلى قيمة في مرحلة الازهار بلغت (0.007)، وقد سجل النطاق الجبلي المزروع

بالموعد المثالي أقل قيمة بلغت (−0.015). وقد سجل النطاق السهلي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة في مرحلة النضج الفيزيولوجي بلغت (0.039)، وسجل النطاق الجبلي المزروع بالموعد المتأخر أقل قيمة بلغت (−0.003).

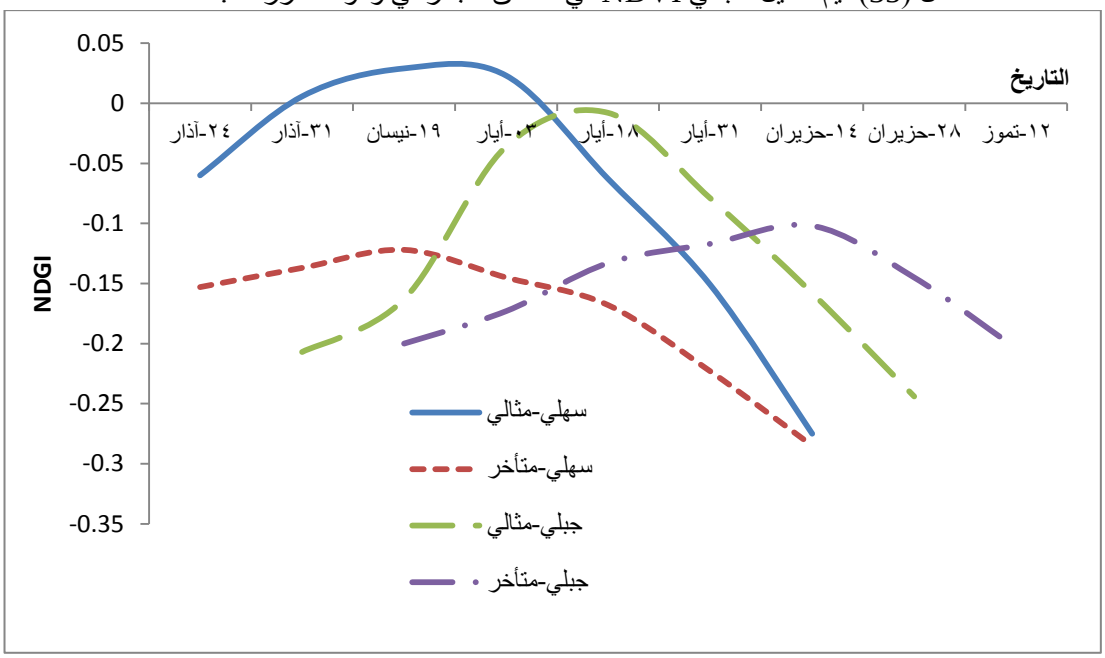
الجدول (38) تأثير النطاق الجغرافي-موعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو

الأدلة الطيفية	النطاق الموعد	المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
NDVI	سهلي-مثالي	0.39	0.41	0.52	0.52	0.42	0.32	0.12
	سهلي-متأخر	0.31	0.36	0.41	0.37	0.32	0.22	0.10
	جبلي-مثالي	0.13	0.29	0.48	0.53	0.41	0.30	0.14
	جبلي-متأخر	0.18	0.22	0.31	0.33	0.38	0.27	0.12
	LSD (0.05)	*	0.065	*0.061	0.109	0.057	0.077	*0.012
NDGI	سهلي-مثالي	-0.06	0.0057	0.029	0.023	-0.063	-0.151	-0.275
	سهلي-متأخر	-0.153	-0.137	-0.122	-0.145	-0.168	-0.223	-0.285
	جبلي-مثالي	-0.207	-0.163	-0.036	-0.008	-0.079	-0.158	-0.244
	جبلي-متأخر	-0.200	-0.173	-0.133	-0.117	-0.102	-0.145	-0.204
	LSD (0.05)	*		*0.047	0.0628	0.0385	0.0323	0.022
NDWI1	سهلي-مثالي	0.016	0.027	0.023	0.018	0.013	0.011	0.009
	سهلي-متأخر	0.008	0.017	0.014	0.010	0.004	-0.002	-0.007
	جبلي-مثالي	0.012	0.020	0.023	0.025	0.012	-0.001	-0.007
	جبلي-متأخر	0.002	0.006	0.011	0.006	0.002	0.001	-0.006
	LSD (0.05)	-	0.0057	0.009	0.0051	0.0088	0.0066	0.0165
NDWI2	سهلي-مثالي	0.014	-0.005	-0.006	-0.006	0.007	0.039	0.044
	سهلي-متأخر	0.011	-0.0003	0.002	0.007	0.012	0.015	0.018
	جبلي-مثالي	0.005	-0.012	-0.014	-0.015	-0.011	0.004	0.004
	جبلي-متأخر	0.018	-0.001	-0.005	-0.015	-0.010	-0.003	0.008
	LSD (0.05)	-	0.0096	0.0152	*0.006	0.064	*0.015	0.087

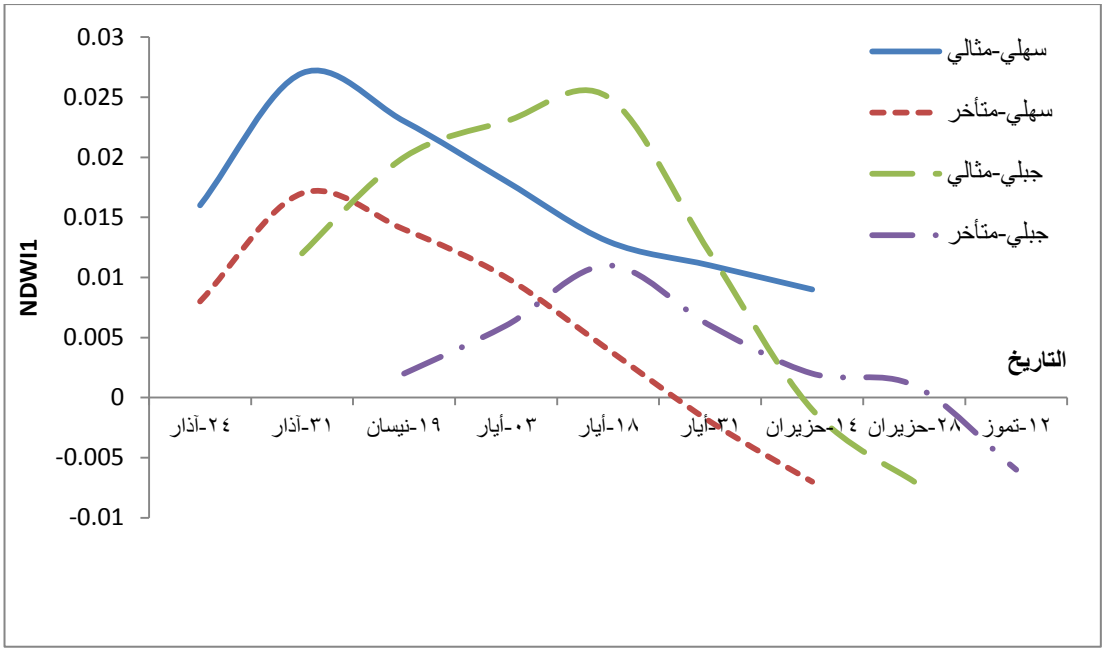
حيث تشير * إلى المعنوية الإحصائية.



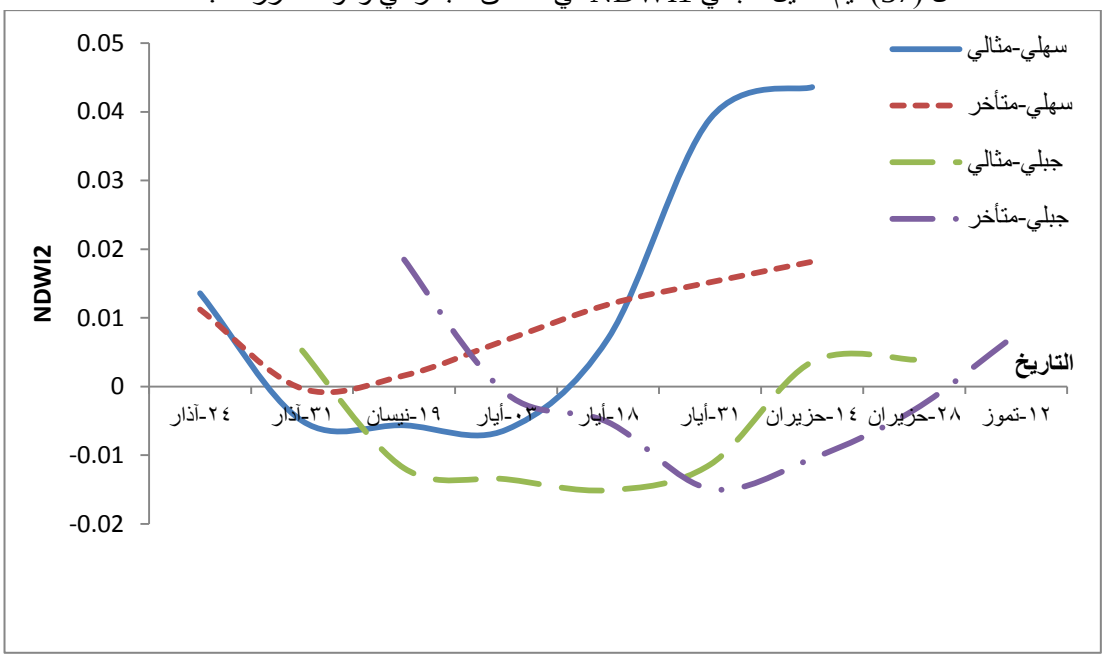
الشكل (35) قيم الدليل النباتي NDVI في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.



الشكل (36) قيم الدليل النباتي NDGI في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.



الشكل (37) قيم الدليل النباتي NDWI1 في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.



الشكل (38) قيم الدليل النباتي NDWI2 في النطاق الجغرافي وموعد الزراعة.

7-4 تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبين الجدول (39) قيم الانعكاسات للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير الصنف المزروع لموعد الزراعة. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) الجدول (39) بالتناقص بدأً من مراحل النمو الأولى وحتى تاريخ (5/3) ثم ازدادت من جديد بعد هذا التاريخ. فبلغت أعلى قيمة للانعكاس في الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي (0.0267، 0.0155، 0.0266) بتاريخ (3/24، 5/3، 6/14) على التوالي، وفي الصنف الربيعي

المزروع بالموعد المتأخر (0.024) بتاريخ (5/18)، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة العقد، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (λ340 ، λ355، λ405، λ445) السلوك العام ذاتهُ، أما قيم المجال الطيفي (λ742) الجدول (37) بدأت بالتزايد من تاريخ (3/24) وحتى تاريخ (5/3) ثم تعود وتتناقص بعد هذه المرحلة، وقد بلغت قيمة الانعكاس في الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي (0.194، 0.298، 0.142) بتاريخ (3/24، 5/3، 6/14) على التوالي، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مراحل النضج الفيزيولوجي والنضج التام، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية(λ712، λ755، λ765، λ825، λ905، λ935، λ950، λ977، λ995، λ1015) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة عن غيرها.

الجدول (39) تأثير الصنف المزروع-موعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.

القنوات الطيفية	الصنف الموعد	المراحل					
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
λ340	شتوي-مثالي	0.0276	0.0279	0.0235	0.0155	0.0275	0.0287	0.0266
	شتوي-متأخر	0.0298	0.0262	0.0198	0.0248	0.023	0.0296	0.0365
	ربيعي-مثالي		0.026	0.0283	0.0235	0.0274	0.0363	0.0284
	ربيعي-متأخر		0.0368	0.0307	0.0244	0.0401	0.0273	0.0321
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	*	-	-
λ670	شتوي-مثالي	0.1088	0.0943	0.0848	0.068	0.1387	0.1572	0.1621
	شتوي-متأخر	0.1027	0.0976	0.0809	0.0784	0.1084	0.1527	0.1718
	ربيعي-مثالي		0.096	0.0921	0.085	0.0981	0.124	0.1396
	ربيعي-متأخر		0.1427	0.1377	0.1134	0.0996	0.1197	0.1744
المعنوية	المعنوية الإحصائية	-	-	*	*	-	-	-
λ742	شتوي-مثالي	0.1944	0.2369	0.2792	0.2087	0.2937	0.2389	0.142
	شتوي-متأخر	0.1846	0.1946	0.2325	0.2136	0.2112	0.2048	0.1923
	ربيعي-مثالي		0.133	0.2213	0.1979	0.2466	0.1941	0.1655
	ربيعي-متأخر		0.1595	0.2117	0.1988	0.3063	0.2122	0.2176
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	*	*
λ950	شتوي-مثالي	0.192	0.2359	0.2874	0.3126	0.3144	0.2553	0.148
	شتوي-متأخر	0.1846	0.1943	0.2382	0.2824	0.2448	0.2211	0.2058
	ربيعي-مثالي		0.127	0.2226	0.2543	0.2631	0.2149	0.1708
	ربيعي-متأخر		0.1647	0.213	0.2812	0.3493	0.2235	0.2032
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	-	-	*	-

حيث تشير * إلى المعنوية الإحصائية.

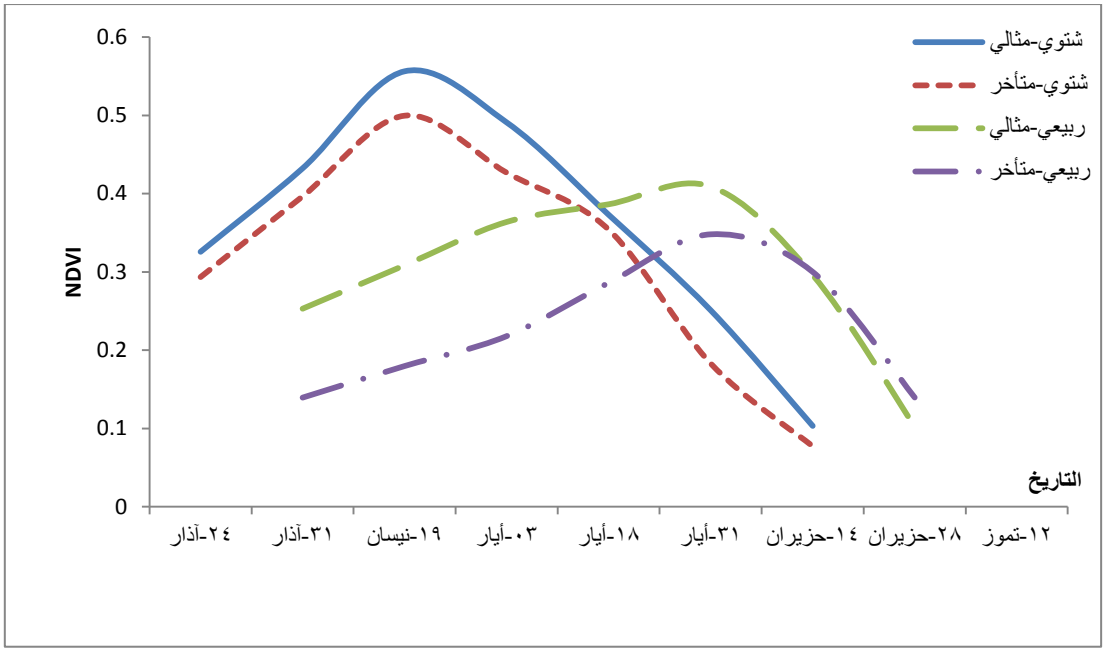
يبين الجدول (40) والشكل (39) وجود فروقات معنوية في الدليل NDVI تحت تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في مرحلة التفرع، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي أعلى قيمة بلغت (0.56)، وكما يبين الجدول (40) والشكل (44) أنّ قيم الدليل NDGI

لم تكن معنوية في كافة المراحل، أما تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة على قيم الدليل NDWI1 فيظهر من الجدول (40) والشكل (45) أنّ قيم الدليل NDWI1 كانت معنوية في مرحلة العقد، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المتأخر أعلى قيمة بلغت (0.011)، وكما يبين الجدول (40) والشكل (46) أنّ قيم الدليل NDWI2 لم تكن معنوية في كافة المراحل.

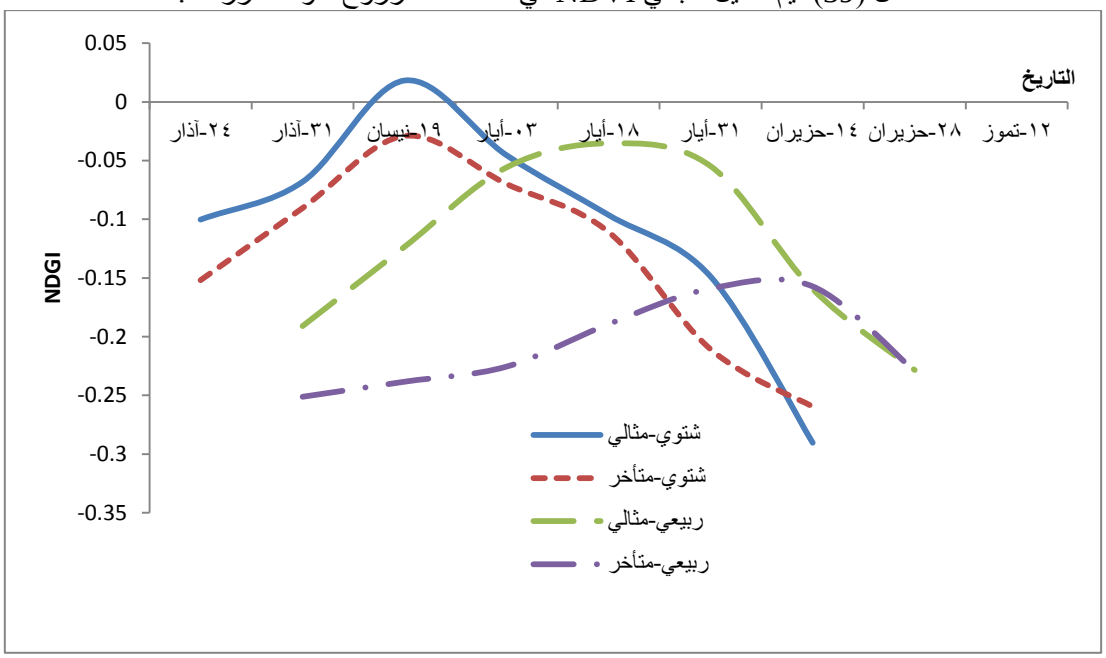
الجدول (40) تأثير الصنف المزروع وموعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو

		المراحل						
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
NDVI	شتوي-مثالي	0.33	0.43	0.56	0.49	0.37	0.25	0.10
	شتوي-متأخر	0.29	0.39	0.50	0.43	0.35	0.18	0.08
	ربيعي-مثالي	-	0.31	0.36	0.39	0.41	0.29	0.10
	ربيعي-متأخر	-	0.18	0.22	0.29	0.35	0.3	0.14
	LSD (0.05)	-	0.052	*0.051	0.081	0.061	0.086	0.038
NDGI	شتوي-مثالي	-0.1	-0.068	0.018	-0.046	-0.096	-0.149	-0.29
	شتوي-متأخر	-0.152	-0.090	-0.029	-0.07	-0.111	-0.211	-0.26
	ربيعي-مثالي	-	-0.123	-0.056	-0.035	-0.055	-0.16	-0.228
	ربيعي-متأخر	-	-0.238	-0.226	-0.189	-0.159	-0.157	-0.230
	LSD (0.05)	-	0.0278	0.037	0.048	0.0470	0.023	0.023
NDWI1	شتوي-مثالي	0.018	0.023	0.024	0.016	0.008	0.003	-0.004
	شتوي-متأخر	0.014	0.017	0.017	0.014	0.011	0.002	-0.007
	ربيعي-مثالي	-	0.02	0.023	0.028	0.001	-0.013	-0.014
	ربيعي-متأخر	-	0.009	0.007	0.005	-0.005	-0.009	-0.012
	LSD (0.05)	-	0.0049	0.0055	0.0076	*0.0092	0.0058	0.010
NDWI2	شتوي-مثالي	0.009	-0.001	-0.004	-0.007	0.006	0.015	0.023
	شتوي-متأخر	0.015	0.001	-0.003	-0.007	-0.002	0.003	0.015
	ربيعي-مثالي	-	0.002	-0.005	-0.008	-0.01	-0.004	0.002
	ربيعي-متأخر	-	-0.003	-0.006	-0.003	0.0002	0.001	0.003
	LSD (0.05)	-	0.0094	0.0078	0.0124	0.0039	0.0098	0.015

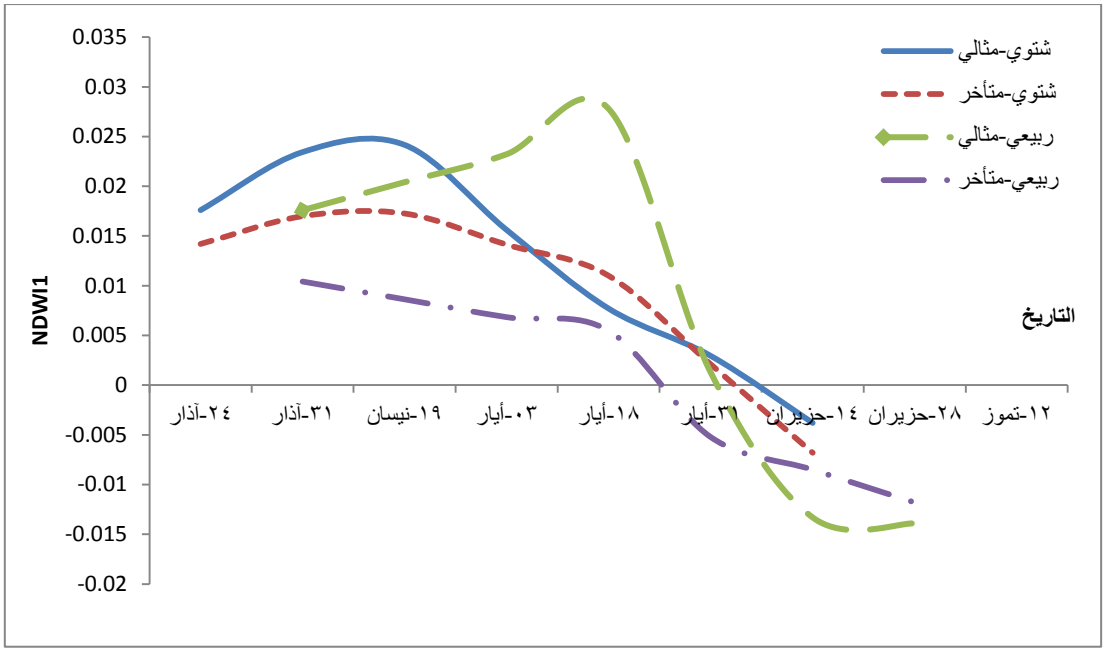
حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.



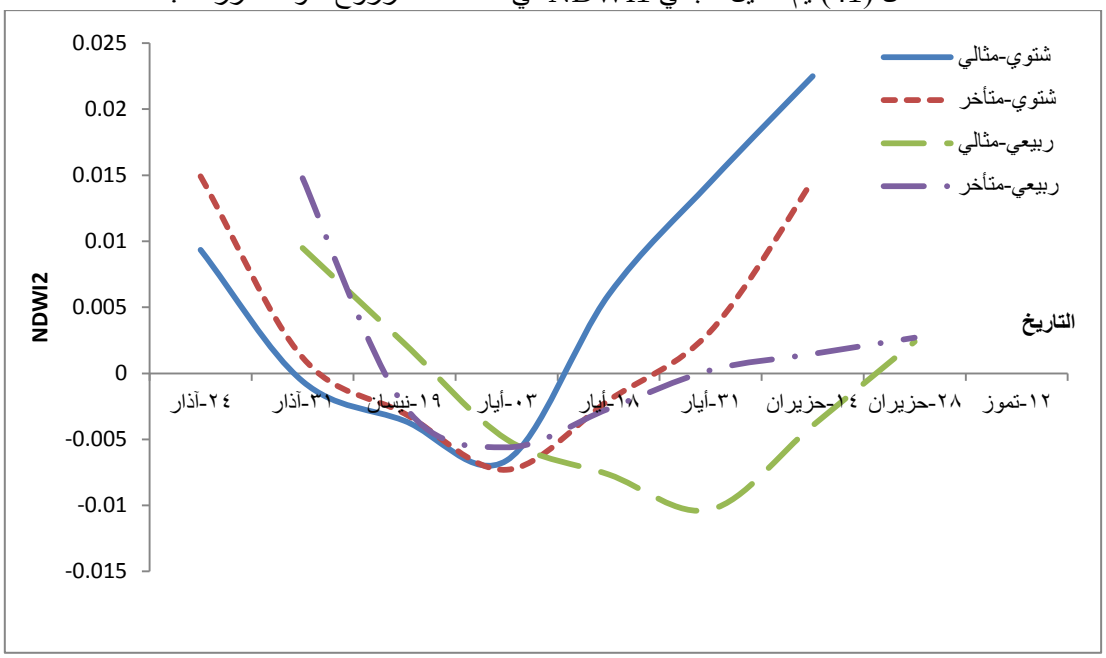
الشكل (39) قيم الدليل النباتي NDVI في الصنف المزروع لموعد الزراعة.



الشكل (40)قيم الدليل النباتي NDGI في الصنف المزروع لموعد الزراعة.



الشكل (41)قيم الدليل النباتي NDWI1 في الصنف المزروع لموعد الزراعة.



الشكل (42)قيم الدليل النباتي NDWI2 في الصنف المزروع لموعد الزراعة.

8-4 تأثير النطاق الجغرافي-الصنف المزروع-موعد الزراعة في المؤشرات الطيفية خلال مراحل النمو:

يبين الجدول (41) قيم الانعكاسات الطيفية خلال مراحل النمو تحت تأثير تفاعل عوامل الدراسة. حيث اتسمت قيم المجال الطيفي (340λ) الجدول (41) بالتناقص بدءاً من مراحل النمو الأولى تاريخ (3/24) وحتى تاريخ (5/3) ثمّ ازدادت من جديد بعد هذه المرحلة. فبلغت قيمة الانعكاس في الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي (0.010) بتاريخ (5/3)، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة العقد، وقد سلكت كل من المجالات

الطيفية التالية (340λ، 355λ، 405λ، 445λ) السلوك العام ذاتهُ، أما قيم المجال الطيفي (742λ) الجدول (41) بدأت بالتزايد من تاريخ (3/23) وحتى تاريخ (5/19) ثم تعود وتتناقص بعد هذه المرحلة، وقد بلغت قيمة الانعكاس في الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي (0.274، 0.225) بتاريخ (3/24، 6/14) على التوالي، وفي الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي(0.362) بتاريخ (5/3)، ولوحظ وجود فروقات معنوية في مرحلة الازهار، وقد سلكت كل من المجالات الطيفية التالية (712λ، 755λ، 765λ، 825λ، 905λ، 935λ، 950λ، 977λ، 995λ، 1015λ) السلوك العام ذاتهُ لكن بقيم انعكاس تختلف عند كل قناة عن غيرها.

الجدول (41) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في قيم الانعكاس للقنوات الطيفية خلال مراحل النمو.

القنوات الطيفية	النطاق-الصنف-الموعد	المراحل					
		الانبات	بداية التفرع	التفرع	الازهار	العقد	الفيزيولوجي	النضج التام
340λ	سهلي شتوي مثالي			0.0287	0.0287	0.0184	0.0137	0.0271
	سهلي شتوي متأخر		0.0289	0.0271	0.0194	0.0151	0.0247	0.0303
	سهلي ربيعي مثالي		0.0322	0.0303	0.0174	0.0213	0.0326	0.0352
	سهلي ربيعي متأخر		0.0314	0.0304	0.0248	0.0214	0.0269	0.032
	جبلي شتوي مثالي	0.0309	0.0294	0.0286	0.0173	0.0279	0.0287	0.0327
	جبلي شتوي متأخر	0.0306	0.0252	0.0201	0.0179	0.0212	0.0288	0.0365
	جبلي ربيعي مثالي		0.03	0.0262	0.0294	0.0334	0.0367	0.0385
	جبلي ربيعي متأخر		0.0368	0.0309	0.0238	0.0205	0.0276	0.032
	المعنوية الإحصائية					*		
670λ	سهلي شتوي مثالي			0.0911	0.0893	0.0609	0.0682	0.1639
	سهلي شتوي متأخر		0.0962	0.0942	0.0726	0.0764	0.1319	0.177
	سهلي ربيعي مثالي		0.0756	0.0699	0.0641	0.0762	0.1234	0.1455
	سهلي ربيعي متأخر		0.1623	0.1507	0.1267	0.1229	0.1242	0.2053
	جبلي شتوي مثالي	0.1389	0.1299	0.1087	0.0678	0.1134	0.1572	0.1621
	جبلي شتوي متأخر	0.1162	0.101	0.0892	0.0842	0.0849	0.1284	0.1718
	جبلي ربيعي مثالي		0.1163	0.1144	0.0986	0.1199	0.1247	0.1336
	جبلي ربيعي متأخر		0.1271	0.1248	0.1002	0.0913	0.1153	0.1435
	المعنوية الإحصائية	-	-	*	-	*	-	-
742λ	سهلي شتوي مثالي			0.274	0.275	0.2858	0.2556	0.2254
	سهلي شتوي متأخر		0.1805	0.1976	0.2549	0.2267	0.1986	0.2014
	سهلي ربيعي مثالي		0.1314	0.3033	0.338	0.3267	0.2215	0.1748
	سهلي ربيعي متأخر		0.1987	0.2014	0.2514	0.3014	0.2384	0.2146
	جبلي شتوي مثالي	0.1147	0.1986	0.2726	0.2891	0.362	0.2388	0.1419
	جبلي شتوي متأخر	0.1644	0.1915	0.21	0.2417	0.2238	0.208	0.1922
	جبلي ربيعي مثالي		0.1344	0.1544	0.1986	0.1877	0.1665	0.1562
	جبلي ربيعي متأخر		0.1595	0.1793	0.1961	0.211	0.1859	0.189
	المعنوية الإحصائية	-	-	-	*	-	-	-
950λ	سهلي شتوي مثالي			0.2635	0.2749	0.3199	0.2777	0.2355

سهلي شتوي متأخر		0.1908	0.1971	0.2641	0.2324	0.2006	0.1971
سهلي ربيعي مثالي		0.125	0.2809	0.3186	0.3563	0.2597	0.1835
سهلي ربيعي متأخر		0.1772	0.1844	0.2022	0.3549	0.2511	0.2385
جبلي شتوي مثالي	0.1105	0.197	0.2753	0.3175	0.3934	0.2553	0.148
جبلي شتوي متأخر	0.1611	0.1915	0.2123	0.2561	0.2442	0.225	0.2058
جبلي ربيعي مثالي		0.129	0.1566	0.1842	0.17	0.1701	0.1581
جبلي ربيعي متأخر		0.1647	0.182	0.203	0.2437	0.1959	0.2008
المعنوية الإحصائية	-	-	-	*	-	-	-

حيث تشير * إلى وجود فرق بمعنوية إحصائية عند مستوى معنوية 5%.

يبين الجدول (42) أنّ قيم الدليل NDVI كانت معنوية تحت تأثير تفاعل عوامل الدراسة في مرحلة التفرع والإزهار، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة في مرحلة التفرع بلغت (0.6759)، وقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق الجبلي أعلى قيمة في مرحلة الإزهار بلغت (0.648). أم تأثير تفاعل عوامل الدراسة على قيم الدليل NDGI فيظهر من الجدول (42) أنّ قيم الدليل NDGI كانت معنوية في مرحلة التفرع والإزهار والعقد، فقد سجل الصنف الربيعي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة بلغت (0.1277، −0.1277، −0.0729) على التوالي. ويبين الجدول (42) أنّ قيم الدليل NDWI1 لم تكن معنوية في كافة المراحل، ويبين الجدول (42) أنّ قيم الدليلNDWI2 كانت معنوية في مرحلة العقد، فقد سجل الصنف الشتوي المزروع بالموعد المثالي في النطاق السهلي أعلى قيمة بلغت (0.02292).

الجدول (42) تأثير النطاق الجغرافي والصنف المزروع وموعد الزراعة في الأدلة النباتية خلال مراحل النمو

الادلة الطيفية	النطاق-الصنف-الموعد	المراحل					
		الانبات	**بداية التفرع**	**التفرع**	**الازهار**	**العقد**	**الفيزيولوجي**	**النضج التام**
NDVI	**سهلي-شتوي-مثالي**			0.68	0.33	0.19	0.15	0.12
	سهلي-شتوي-متأخر		0.49	0.58	0.44	0.22	0.09	0.07
	سهلي-ربيعي-مثالي		0.58	0.64	0.64	0.65	0.44	0.13
	سهلي-ربيعي-متأخر		0.32	0.33	0.38	0.42	0.34	0.12
	جبلي-شتوي-مثالي	0.125	0.34	0.44	0.65	0.56	0.24	0.09
	جبلي-شتوي-متأخر	0.181	0.32	0.42	0.45	0.49	0.27	0.08
	جبلي-ربيعي-مثالي		0.08	0.09	0.12	0.17	0.15	0.09
	جبلي-ربيعي-متأخر		0.19	0.20	0.34	0.27	0.26	0.16
	(0.05) LSD		0.075	*0.075	*0.121	*0.082	0.11	0.035
NDGI	**سهلي-شتوي-مثالي**			0.091	-0.141	-0.198	-0.250	-0.302
	سهلي-شتوي-متأخر		-0.045	0.013	-0.090	-0.179	-0.265	-0.297
	سهلي-ربيعي-مثالي		0.066	0.128	0.100	0.073	-0.138	-0.248
	سهلي-ربيعي-متأخر		-0.208	-0.183	-0.159	-0.158	-0.180	-0.274
	جبلي-شتوي-مثالي	-0.207	-0.113	-0.054	0.050	0.005	-0.135	-0.279
	جبلي-شتوي-متأخر	-0.200	-0.131	-0.071	-0.057	-0.043	-0.156	-0.222
	جبلي-ربيعي-مثالي		-0.214	-0.200	-0.187	-0.183	-0.181	-0.209
	جبلي-ربيعي-متأخر		-0.215	-0.195	-0.120	-0.127	-0.134	-0.185
	(0.05) LSD		0.0373	*0.0558	*0.0678	*0.059	0.0375	0.0313

	سهلي-شتوي-مثالي			0.0292	0.0161	0.0082	0.0060	0.0040
	سهلي-شتوي-متأخر		0.0202	0.0241	0.0172	0.0151	0.0051	-0.0057
	سهلي-ربيعي-مثالي		0.0281	0.0240	0.0192	0.0062	-0.0098	-0.0250
	سهلي-ربيعي-متأخر		0.0151	0.0092	0.0043	-0.0101	-0.0242	-0.0248
NDWI1	**جبلي-شتوي-مثالي**	0.0195	0.0211	0.0191	0.0151	0.0113	-0.0011	-0.0096
	جبلي-شتوي-متأخر	0.0202	0.0141	0.0101	0.0091	0.0072	0.0003	-0.0079
	جبلي-ربيعي-مثالي		0.0090	0.0071	0.0022	-0.0031	-0.0016	-0.0046
	جبلي-ربيعي-متأخر		0.0091	0.0112	0.0071	0.0039	0.0006	-0.0035
	(0.05) LSD		0.0069	0.0093	0.0087	0.012	0.0087	0.0159
	سهلي-شتوي-مثالي			-0.0027	-0.0049	0.0229	0.0303	0.0313
	سهلي-شتوي-متأخر		0.0019	0.0021	0.0029	0.0038	0.00995	0.0161
	سهلي-ربيعي-مثالي		-0.0097	-0.0087	-0.0078	-0.0089	0.00255	0.0140
	سهلي-ربيعي-متأخر		-0.0005	-0.0096	-0.0132	-0.0157	-0.00614	0.0034
NDWI2	**جبلي-شتوي-مثالي**	0.0051	-0.0008	-0.0031	-0.0082	-0.0110	-0.0014	0.0169
	جبلي-شتوي-متأخر	0.0187	0.0025	-0.0088	-0.0186	-0.0058	0.0030	0.0132
	جبلي-ربيعي-مثالي		-0.0019	-0.0092	-0.0105	-0.0117	-0.0095	-0.0072
	جبلي-ربيعي-متأخر		-0.0046	-0.0079	-0.0112	-0.0152	-0.0098	0.0020
	(0.05) LSD		0.0134	0.0156	0.013	0.0054*	0.0156	0.022

حيث تشير * إلى المعنوية الاحصائية.

خامساً: العلاقات الطيفية - الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية

ارتباط المؤشرات الطيفية مع الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية:

يبين الجدول (43) قيم معامل الارتباط بين المؤشرات الطيفية والصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية لنبات الحمص. وقد كانت قيمة الارتباط بين محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI) مع الدليل NDGI أكبر من قيم الارتباط بينه وبين بقية المؤشرات الطيفية، إذْ بلغت قيمته (0.897). كما يتبيّن من الجدول أنّ قيم ارتباط صفة LAI كانت أكبر ما يمكن مع الدليل NDWI2 وبشكلٍ عكسي (0.92−). وقد تناسبت صفة الوزن الرطب طرداً في المجال (905λ) (0.933)، أما صفة الوزن الجاف فقد تناسبت عكساً مع الدليل NDWI1 (0.95−)، في حين أنّ صفة المحتوى المائي تناسبت عكساً مع الدليل النباتي NDWI2 (0.87−) وطرداً مع الدليل النباتي NDWI1 (0.732).

الجدول (43) قيم معامل الارتباط بين المؤشرات الطيفية والصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية لنباتات الحمص.

		الصفات الشكلية والفيزيولوجية والانتاجية						
		CH (CCI)	**LAI**	**WF (g)**	**WD (g)**	**WC (%)**	**Yield (g\m^2)**	**HI (%)**
المؤشرات الطيفية	**330λ**	-0.093	-0.656	0.729*	0.76*	-0.777*	0.003	-0.009
	445λ	0.074	-0.443	0.866*	0.878*	-0.653	0.498	0.54
	542λ	0.312	-0.15	0.803*	0.797*	-0.446	0.61*	0.469
	670λ	-0.126	-0.624	0.71	0.751	-0.796*	0.39	0.219

-0.872*	0.15	-0.028	0.729*	0.777*	0.24	0.464	**712λ**	
0.55	0.072	0.176	0.868*	0.933*	0.225	0.448	**905λ**	
-0.429	-0.51	0.115	0.857*	0.894*	0.207	0.395	**950λ**	
0.0525	-0.38	0.138	0.583	0.633	0.373	0.306	**1015λ**	
0.654*	0.81*	0.632	-0.38	0.332	0.718*	0.251	**NDVI**	
0.659*	-0.41	0.631	-0.25	0.196	0.531	0.897*	**NDGI**	
0.266	0.21	0.732*	-0.95*	0.416	0.513	-0.081	**NDWI1**	
0.28	0.06	-0.87*	0.315	-0.51	-0.92*	-0.453	**NDWI2**	

حيث تشير * إلى وجود فرق بمعنوية إحصائية عند 5%.

أما بالنسبة لصفتي الغلة (وزن البذور في 1م^2) ودليل الحصاد، فقد تمّ حساب معامل الارتباط لكل مرحلة نمو على حده. فقد كان أعلى قيمة لمعامل الارتباط لصفة الغلة مع الدليل NDVI في مرحلة النضج الفيزيولوجي (0.81). بينما كانت أعلى قيمة لمعامل الارتباط لصفة دليل الحصاد مع المجال الطيفي (712λ) عكساً في مرحلة العقد بقيمة بلغت (0.872−).

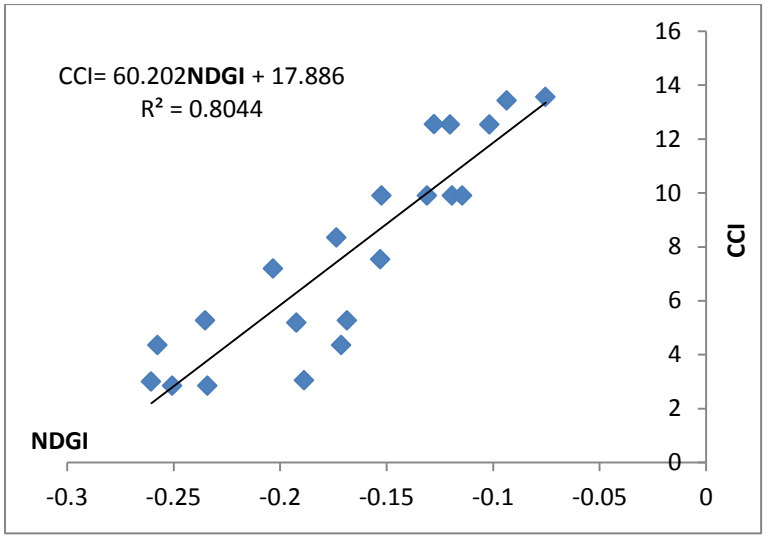
المعادلات الرّياضية للعلاقات الطيفية – الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية:

بناءً على قيم معاملات الارتباط للنماذج الطيفية المدروسة لتقدير الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية الواردة في (الجدول 43)، تم اختيار المؤشرات الطيفية الأفضل في تقدير كل صفة على حدا. وذلك اعتماداً على قيمة معامل الارتباط الأقوى. ثمّ بُوِّبت في الجدول (44). من بعد ذلك استنبطت المعادلات والنماذج الرّياضية التي تقدر هذه الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية وفق المؤشر الطيفي الأكثر دقة معها كما في الأشكال (51 إلى57).

الجدول (44) النماذج الطيفية لتقدير الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية لنباتات الحمص.

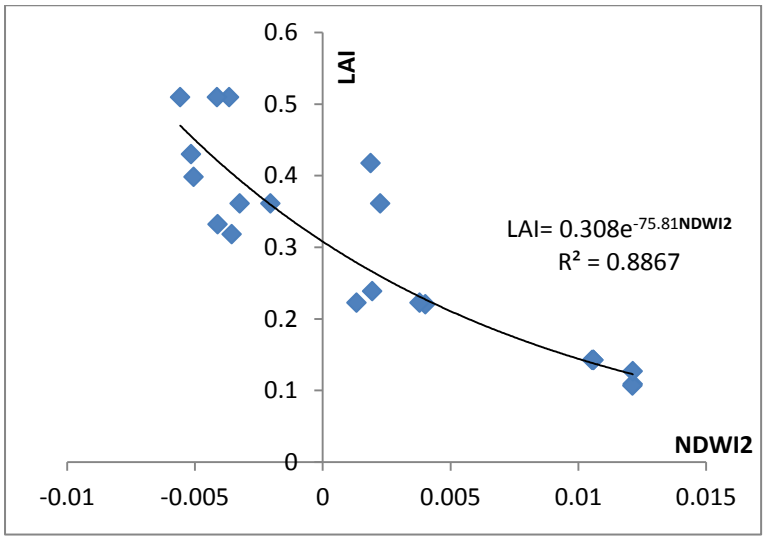
الصفة	المؤشر الطيفي	عدد البيانات	معامل التحديد	النموذج
اليخضور (CCI)	**NDGI**	21	0.8044	CCI= 60.202**NDGI** + 17.886
دليل مساحة الأوراق (LAI)	**NDWI2**	21	0.8867	$LAI= 0.308e^{-75.81\mathbf{NDWI2}}$
الوزن الرطب (WF g)	**905 λ**	21	0.9162	$FW= 1.4071e^{14.439(\mathbf{905\ \lambda})}$
الوزن الجاف (WD g)	**NDWI1**	21	0.9038	DW = -3186.4**NDWI1**+ 58.55
المحتوى المائي (WC%)	**NDWI2**	21	0.7617	WC= -582.33**NDWI2** + 58.955
الإنتاجية الحبية (غ/م^2)	**NDVI**	18	0.7064	$Yield = 17.662e^{6.4072\mathbf{NDVI}}$
دليل الحصاد (HI%)	**712λ**	18	0.7618	HI = -1968.3**(712λ)** + 408.91

أما بالنسبة لتقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل (CCI) لنباتات الحمص تمّ بالاعتماد على قيم الدليل (NDGI) بالمعادلة الخطية الموضحة بالشكل (51):



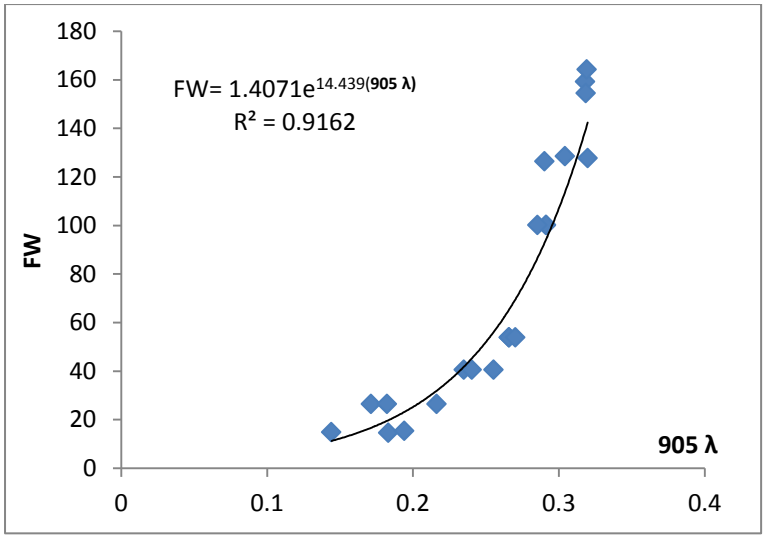
الشكل (43) العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDGI وCCI في الحمص

وبالمثل تم تقدير LAI لنباتات الحمص بالاعتماد على قيم الدليل (NDWI2) بالمعادلة الأسية الموضحة بالشكل (44)، ولم تتوافق هذه النتيجة مع نتائج Chattaraj وزملاؤه (2014):



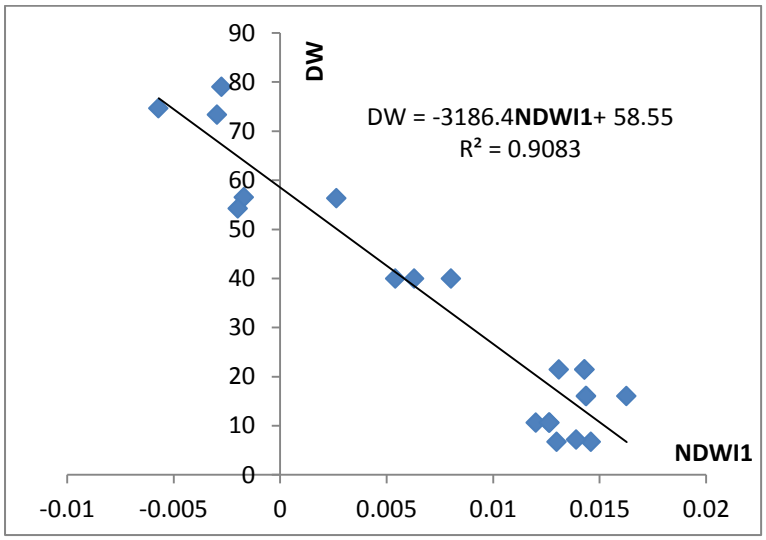
الشكل (44)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDWI2 وLAI في الحمص

وكذلك تم تقدير قيمة الوزن الرطب (غ) لنباتات الحمص بالاعتماد على قيم الانعكاس الطيفي عنها في المجال (905λ) بالمعادلة الأسية الموضحة بالشكل (53)، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج AL–Khaled وزملاؤه (2005):



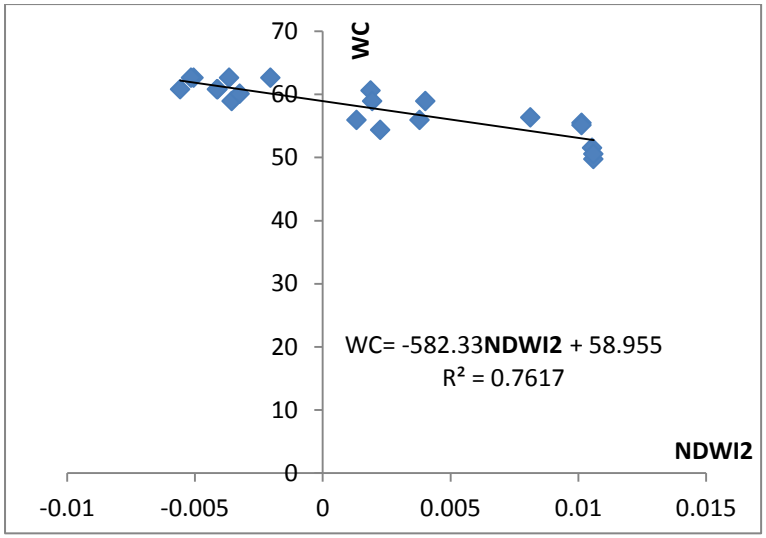
الشكل (45)العلاقة بين قيم الانعكاس الطيفي للمجال (905λ) والوزن الرطب في الحمص

أما بالنسبة لتقدير قيمة الوزن الجاف (غ) لنباتات الحمص تمّ بالاعتماد على الدليل النباتي NDWI1 بالمعادلة الخطية الموضحة بالشكل (54):



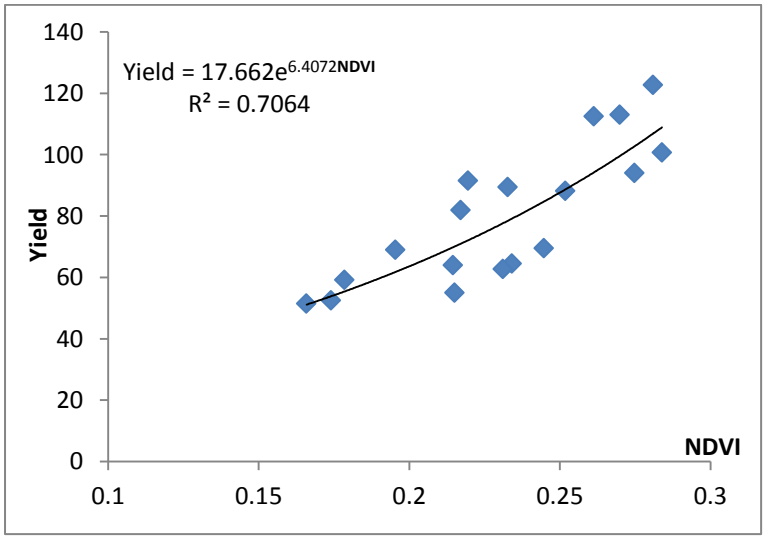
الشكل (46)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDWI1 والوزن الجاف في الحمص

وبالمثل تمّ تقدير صفة المحتوى المائي لنباتات الحمص كنسبة مئوية(%) بالاعتماد على الدليل النباتي NDWI2 وفق المعادلة الموضحة بالشكل (55)، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج حميدان (2011):



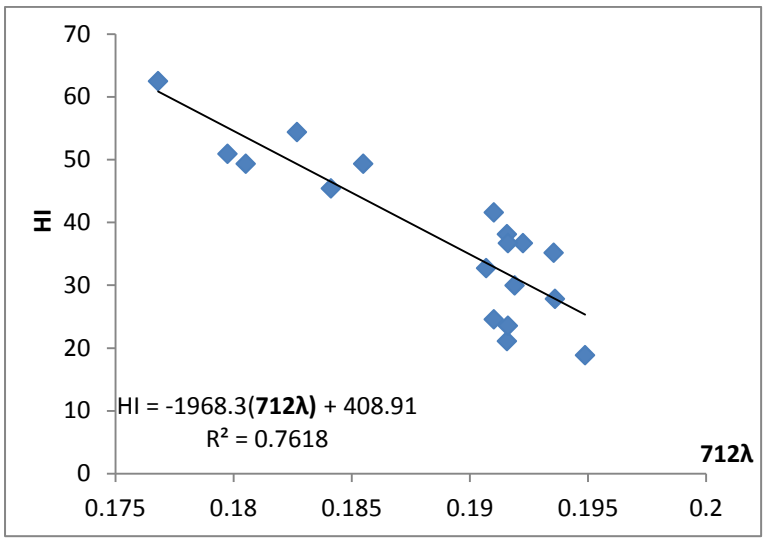
الشكل (47)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDWI2 والمحتوى المائي في الحمص

أما بالنسبة للصفات الانتاجية تم تقدير صفة الغلة (غ.م$^{-2}$) بالاعتماد على الدليل NDVI وفق المعادلة الموضحة بالشكل (56)، وتوافقت هذه النتائج مع نتائج Raun وزملاؤه(2001) على القمح، وMaوزملاؤه (2001) على فول الصويا، والأحمد (2013) على الذرة، وابراهيم (2016) على الحمص:



الشكل (48)العلاقة بين قيم الدليل النباتي NDVI والغلة في الحمص.

وتم تقدير صفة دليل الحصاد بالاعتماد على قيم انعكاس المجال 712λ وفق المعادلة الموضحة بالشكل (49):



الشكل (49) العلاقة بين قيم المجال الطيفي 712λ ودليل الحصاد في الحمص.

الاستنتاجات:

- أثر النطاق الجبلي معنوياً في معظم الصفات الشكلية والفيزيولوجية والإنتاجية. وقد تفوق الجبلي على السهلي في جميع الصفات المدروسة، وتفوق الصنف الشتوي على الصنف الربيعي، وقد تفوق الموعد المثالي على الموعد المتأخر.
- أظهر الدليل NDVI استدامة اخضرار أوراق نباتات النطاق الجبلي ونباتات الصنف الشتوي ونباتات الموعد المثالي مدّة أطول من مراحل النمو بالمقارنة مع النطاق السهلي والصنف الربيعي والموعد المتأخر على التوالي.
- ترافقت زيادة قيمة الدليل NDGI مع زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل في النطاق الجبلي عنه في السهلي، والشتوي عنه في الربيعي، والموعد المثالي عنه في المتأخر.
- أوضح الدليل NDWI1 اختصار المراحل التطورية في نباتات الموعد المتأخر، الأمر الذي دفع النباتات نحو اختصار حياة المحصول والتبكير بالنضج.
- يُقدر تركيز اليخضور (CCI) لنباتات الحمص اعتماداً على قيم الدليل النباتي NDGI بالمعادلة الخطية التالية: $CCI = 60.202NDGI + 17.886$.
- يُقدر LAI لنباتات الحمص بالاعتماد على قيم الدليل النباتي NDWI2 بالمعادلة الأسية التالية: $LAI=0.308e^{-75.81NDWI2}$.
- تُقدر قيمة الوزن الرطب (غ) لنباتات الحمص اعتماداً على قيم الانعكاس الطيفي عنها في المجال (905λ) بالمعادلة الأسية التالية: $FW=1.4071e^{14.439(905\ \lambda)}$.
- تُقدر قيمة الوزن الجاف (غ) لنباتات الحمص اعتماداً على قيم الدليل (NDWI1) بالمعادلة الخطية التالية: $DW=-3186.4NDWI1+58.55$.
- يُقدر المحتوى المائي كنسبة مئوية (%) باعتماد على الدليل النباتي NDWI2 وفق المعادلة التالية: $WC=-582.33NDWI2+58.955$.
- تُقدر الغلة الحبية (غ .م$^{-2}$) باعتماد على قيم الدليل النباتي NDVI وفق المعادلة الأسية التالية: $Yield=17.662e^{6.4072NDVI}$.
- تُقدر صفة دليل الحصاد باعتماد على قيم انعكاس المجال 712λ وفق المعادلة الخطية التالية: $HI=-1968.3(712\lambda)+408.91$.

التوصيات:

تؤول النتائج الى التوصية في مجال استخدام بيانات الاستشعار عن بعد في مراقبة نمو وتقدير إنتاجية الحمص ضمن هذا البحث بعدة نقاط هي:

- استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة المراحل التطورية للمحصول والتغيرات الحاصلة على الكتلة الحية والإنتاجية.
- استعمال تقنيات الاستشعار عن بعد في مراقبة النمو والإنتاجية النباتية تحت الظروف الزراعية والمناخية المختلفة لنطاقات جغرافية واسعة.
- استعمال الدليل NDVI للتنبؤ المبكر في غلة محصول الحمص، وذلك في بداية طور النضج الفيزيولوجي.
- استعمال الدليل NDGI لتقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل وفعّالية عملية التمثيل الضوئي.
- استعمال الدليل NDWI2 لتقدير قيمة دليل مساحة الأوراق LAI.
- استعمال الدليل NDWI1 لتقدير قيمة الكتلة النباتية الجافة.

المراجع:

المراجع العربية:

- **ابـراهيم، ناصـر طـرّاف (2008).** الانعكاسـات الطيفيـة للمحاصـيل الشـتوية والفصـل الطيفـي فيمـا بينهما موسم (2006 –2007). تقرير علمي. مشروع "مسح الموارد الطبيعية والزراعية في سورية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي" بالتعاون بين الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ووزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، دمشق.
- **ابراهيم، ناصر طرّاف (2016).** تقدير إنتاجية المحاصيل الشتوية من الصور الفضائية في محافظة السويداء موسم 2015. مشروع "مسح الموارد الطبيعية والزراعية في سورية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي" بالتعاون بين الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ووزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، دمشق.
- **الأحمد، رزان (2013).** الانعكاس الطيفي لمحصولي الذرة الصفراء والبيضاء وعلاقته بالنمو وكمية المحصول، رسالة ماجستير –كلية الزراعة –جامعة دمشق.
- **البياتي، أيوب جمعة عبد الرحمن. الداودي، علي حسين رحيم. (2010).** تأثير مواعيد وأعماق زراعة مختلفة في صفات النمو والحاصل ومكوناته لمحصول الحمص (*Cicer arietinum* L.) في الترب الجبسية. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية. المجلد(1) العدد(1) 2010.
- **حميدان، غدير، (2011).** استخدام بيانات الانعكاس الطيفي في تحديد القيمة الغذائية لبعض المحاصيل العلفية. رسالة ماجستير –كلية الزراعة –جامعة دمشق.
- **الخالد، إياد أحمد (2016).** الاستجابة الطيفية وتمييز المحاصيل الاستراتيجية الشتوية في محافظة السويداء. تقرير علمي. مشروع "مسح الموارد الطبيعية والزراعية في سورية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافي" بالتعاون بين الهيئة العامة للاستشعار عن بعد ووزارة الزراعة والاصلاح الزراعي، دمشق.
- **الطائي. عمار حبيب محمود، النوري. محمد عبد الوهاب (2013).** تأثير مواعيد الزراعة والكثافات النباتية في صفات الحاصل وبعض الصفات النوعية لمحصول الحمص المحلي (*Cicer arietinum L.*). كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل البحث مستل من رسالة الماجستير للباحث الاول.
- **الفلاحي، محمد علي حسين (1996).** تأثير التداخل بين التراكيب الوراثية والبيئية على الحاصل ومكوناته وبعض الصفات الحقلية للحمص. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

- **المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية لعام (2015)**، مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي.
- **المقداد، هوازن. (2015)**.الانعكاسات الطيفية لنباتات الشعير تحت الاجهاد المائي والازوتي. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة دمشق.

المراجع الأجنبية:

1. **Aase, J.K., and Tanaka, D.L. 1984**. Effects of tillage practices on soil and wheat spectral reflectance. Agron. J. 76:814–818.
2. **Abd El-Gawad, A, A; A, S, Edris; H, K, Zaki and N, T, Ibrahem. (2004)** Estimation of soybean yield and vegetation amount from canopy reflectance measurements. Arab Univ. J. Agric. Sci. Cairo. 12(1): 221-240.
3. **Aggarwal, H., A. Rao, J. S. Rana, J. Singh, A. Kumar, V. Chhoka and V. Beniwal. 2011**. Inter Simple Sequence Repeats Reveal Significant Genetic Diversity Among Chickpea (Cicer arietinum L.) Genotypes. J. Plant Sci.6(5):202-212.
4. **Ajai, D.J. Kamat, G.S. Chaturvedi, A.K. Singh and S.K. Sinha. 1983**. Spectral assessment of leaf area index, chlorophyll content and biomass of chickpea. Photogr. Engineer. Remote Sensing 49: 1721- 1727.
5. **Ajai, Sashikumar M N, Kamat D S, Chaturvedi G S, Singh A K and Sinha S K (1982).** Temporal relationship between spectral reflectance and biophysical parameters for mustard crop. Proc IIIrd Asian Conf. on Remote Sensing, Dacca, Bangladesh, pp. A-6-10.
6. **Akhtar M.F. ;Ahmed I., Nadeem I., Abbas Q., Raza A., Yousaf M.J., Ahmed R. and Niaz T. (2014)**. Impact of Different dates of Sowing on Gram Pod Borer (Helicoverpa armigera) Infestation in Chickpea Crop. World Journal of Zoology 9 (4): 270-275, 2014.
7. **Akibode, C.S. and M. Maredia, 2011**. Global and Regional Trends in Production, Trade and Consumption of Food Legume Crops. Report submitted to the Standing Panel on Impact Assessment (SPIA) of the CGIAR Science Council, (March 2011), FAO, Rome
8. **Al-Khaled , E ; 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. Sci; Ani shams Univ. Cairo, 50(1), 65-82 , 2005.
9. **Aslan, H. 2015** Using Remote Sensing as an Indirect Selection Tool for Grain Yield in Soybean. 35-40.
10. **Azimi, S. M., Kor, N. M., Ahmadi, M., Shaaban, M., Motlagh, Z. R., and Shamsizadeh, M. (2015**). Investigation of growth analysis in chickpea (Cicer arietinum L.) cultivars under drought stress. International Journal of Life Sciences, 9(5), 91-94.
11. **Baber, J. L., Levens, D., Libutti, D., and Tjandra, N. (2000).** Chemical shift mapped DNA-binding sites and 15N relaxation analysis of the C-terminal KH domain of heterogeneous nuclear ribonucleoprotein K. Biochemistry, 39(20), 6022-6032.
12. **Bahi, L., Das, S., de Souza, P., Jelinek, F., Katz, S., Mercer, R., and Picheny, M. (1984, March**). Some experiments with large-vocabulary isolated-word sentence recognition. In Acoustics, Speech, and Signal Processing, IEEE International Conference on ICASSP'84. (Vol. 9, pp. 395-396). IEEE.
13. **Blackburn, G.A., and Steele, C. M. 1999**. Relationships between Spectral Reflectance, Pigment, and Biophysical Characteristics of Semiarid Bushland Canopies, Remote Sensing of Environment, 70(3), pp. 278-292.
14. **Carter, G. A., and Knapp, A. K. (2001).** Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American journal of botany, 88(4), 677-684.
15. **Ceccato, P., Flasse, S., Tarantola, S., Jacquwmoud, S. and Gregoire, J. M. 2001.** Detecting vegetation leaf water content using reflectance in the optical domain, Remote Sensing of Environment 77:22-33.

16. **ChattaraJ S., N. Mridha, D. Chakraborty, P. Aggarwal and Shantha N., 2014**. Effect of Static Magnetic Treatment to Seeds on Soil-Plant-Water Relations in Chickpea (*Cicer arietinum L.*). Journal of Agricultural Physics, Vol. 14, No. 1, pp. 100-112 (2014).
17. **Cui, D., J. B. Guo, L. J. Zhao, C. C. Chang, and F. Ma, 2009.** Application of bio augmentation to improve the activated sludge system into the contact oxidation system treating petrochemical wastewater. Bioresource technology, 100(2), 597-602.
18. **Curran, P. J. 1989.** Remote sensing of foliar chemistry. Remote Sensing of Environment, 30: 271–278.
19. **Darvishzadeh, R., Atzberger, C., and Skidmore, A. K. 2006.** Hyper spectral vegetation indices for estimation of leaf area index. In ISPRS Commission VII Mid-term Symposium" Remote Sensing: From Pixels to Processes", Enschede, Netherlands (pp. 8-11).
20. **Datt, B. 2000.** Identification of green and dry vegetation components with a cross-correlogram spectral matching technique. *International Journal of Remote Sensing* 21, 2133–2139.
21. D**aughtry, C. S. T., Bauer, M. E., Crecelius, D. W., and Hixson, M. M. (1980)**. Effects of management practices on reflectance of spring wheat canopies. Agronomy Journal, 72(6), 1055-1060.
22. **Deore, B. P., R. W. Bharud, and V. M. Kharde** (**1989**). "Physiological basis for yield differences in chickpea under different seeding periods." Annual of Plant Physiology 3.2 (1989): 181-187.
23. **Dumbre, A. D., and R. B. Deshmukh (1983**). "Yield of gram varieties as affected by sowing dates, fertilizer application and irrigation." Journal of Maharashtra Agricultural Universities 8 (1983): 300.
24. **Fardin Moemeni, Mokhtar Ghobadi, Saeid jalali-honarmand and Parviz Shekaari. 2013** Effect of Supplementary Irrigation on growth analysis of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) International Journal of Agriculture and Crop Sciences. IJACS/2013/5-14/1595-1600
25. **Fridgen, J. L., and Varco, J. J. 2004.** Dependency o cotton leaf nitrogen, chlorophyll, and reflectance on nitrogen and potassium availability. Agron. J. 96: 63-69.
26. **Gao, Bo-Cai**. "NDWI—A normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space." Remote sensing of environment 58.3 (1996): 257-266.
27. **Gitelson, A. A., Gritz ,U., and Merzlyak, M. N.2003.** *Relationships between leaf chlorophyll content and spectral reflectance and algorithms for non-destructive chlorophyll assessment in higher plant leaves*, Journal of Plant Physiology, 160−(3) 271–282.
28. **Gitelson, A., and Merzlyak, M. N.1997.** Remote estimation of chlorophyll con- tent in higher plant leaves. Int J Remote Sens 18: 291–298.
29. **Graeff, S., and Claupein,W. 2007.** Identification and discrimination of water stress in wheat leaves (Triticum aestivum L.) by means of reflectance measurements. Irrigation Science, 26, 61-70.
30. **Holben, B. N., Tucker, C. J., and Fan,C. J.1980**. Spectral assessment of soybean leaf area and blomass Photogram Engr Re- mote Sens 46(5) 651-656.
31. **Ibrahem, N, T; H, K, Zaki; A, S, Edris and A, A, Abd-El-Gawad. (2003**) Forecasting growth characteristics and yield of cotton from spectral reflectance data. Annals Agric. Sci. Cairo. 48(2): 585-605.
32. **Jackson**, R.**D., and Huete, A., R. 1991.** Interpreting vegetation indexes, *Preventive Veterinary Medicine*, 11(3–4):185–200.
33. **Jacquemoud, S., and Baret, F. (1990**). PROSPECT: A model of leaf optical properties spectra. Remote sensing of environment, 34(2), 75-91.
34. **Jensen, J.R. 2007**. Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective. 2nd ed. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ.
35. **Kumar, L., Chmidt, K., Dury, S., andSkidmore, A. 2001.** Imaging spectrometry and vegetation science. In: VAN DER MEER, F. D. and DE JONG, S. M. (eds.) Imaging Spectrometry: Basic Principles and Prospective Applications. 111-155. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.

36. **Lee, G. H., Proenca, R., Montez, J. M., Carroll, K. M., Darvishzadeh, J. G., Lee, J. I., and Friedman, J. M. (1996**). Abnormal splicing of the leptin receptor in diabetic mice. Nature, 379(6566), 632-635.
37. **Lee, K. S., Cohen, W. B., Kennedy, R. E., Maiersperger, T. K., andGower, S.T. 2004**. Hyperspectral versus multispectral data for estimating leaf area index in four different biomes. Remote Sensing of Environment 91 (3–4), 508–520.
38. **Li, H., Lascano, R. J., Barnes, E., Booker, J., Wilson, L. T., Segarra, E., and Bronson, K. F. 2001a.** Temporal patterns of cotton reflectance and NDVI-days lint yield modeling. In P. Dugger and D. Richer (ed.) Proc. Beltwide Cotton Conf., Anaheim, CA. Natl. Cotton Counc. of Am., Memphis. TN. 9-13: 590 -594.
39. **Li , H., Lascano, R. J., Barnes, R., M., Booker, J., Wilson, L. T., Bronson, K. F., and Segarra, E. 2001b**. Multispectral reflectance of cotton related to plant growth, Soil Water and Texture, and Site Elevation. Agron. J. 93, 1327-1337.
40. **Lillesand, T.M and R.W. Kiefer (1994**). Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley and Sons Inc., New York.
41. **Liu, M. L., Liu ,X. N.,Li,M., Fang, M. H., and Chi,W. X.2009.** Neural-network model for estimating leaf chlorophyll concentration in rice under stress from heavy metals using four spectral indices.. Biosys Eng.106 (3):223- 233.
42. **Lopez-Bellido,f.j., R.J. Lopez-Bellido, s.k Khalil, L. lopez-Bellido, (2008)**. Effecy of planting date on winter kabuli chickpea growth and yield under rain fed Mediterranean conditions, Agronom journal, 100(4):957-964.
43. **Ma, B.L., Dwyer, L.M., Costa, C. Cober, E. L., and Morrison, M. J. 2001.** Early prediction of soybean yield from canopy reflectance measurements. Agron. J. 93:1227-1234.
44. **Mahootchi A.H. and Golezani K.Gh, 2013**. The Impact of seed priming and aging on physldogical.
45. **Markwell, P. J., and Earle, K. E. (1995**). Taurine: an essential nutrient for the cat. A brief review of the biochemistry of its requirement and the clinical consequences of deficiency. Nutrition research, 15(1), 53-58.
46. **McConnell J.T. Miller P.R. Lawrence R.L. Engel R., and Nielsen G. A. 2002**. Managing inoculation failure of filed pea and chickpea based on spectral responses. Can. J. Plant Sci. 82: 273-282.
47. **Moulin, S., Kergoat, L., Viovy, N., and Dedieu, G. (1997**). Global-scale assessment of vegetation phenology using NOAA/AVHRR satellite measurements. Journal of Climate, 10(6), 1154-1170.
48. **Mutanga, O., and Skidmore, A. K. 2004.** Narrow band vegetation indices overcome the saturation problem in biomass estimation. In: International journal of remote sensing, 25 ,19 pp. 3999-4014.
49. **Myneni, R. B., Nemani** R.R.**, and Running,** S. W. **1997.** Running. Estimation of Global Leaf Area Index and Absorbed Par Using Radiative Transfer Models, IEEE Trans. Geoscie. Remote Sens., 35,1380-1393.
50. **Nabavi, S. M., Marchese, A., Izadi, M., Curti, V., Daglia, M., and Nabavi, S. F. (2015**). Plants belonging to the genus Thymus as antibacterial agents: From farm to pharmacy. Food chemistry, 173, 339-347.
51. **Nguy-Robertson, A., Gitelson, A., Peng, Y., Walter-Shea, E., Leavitt, B., and Arkebauer, T. (2013)**. Continuous monitoring of crop reflectance, vegetation fraction, and identification of developmental stages using a four band radiometer. Agronomy Journal, 105(6), 1769-1779.
52. **Nichol, C. J., Huemmrich, K. F., Black, T. A., Jarvis, P. G., Walthall, C. L., Grace, J., and Hall, F. G. (2000).** Remote sensing of photosynthetic-light-use efficiency of boreal forest. Agricultural and Forest Meteorology, 101(2), 131-142.
53. **Nixon, P. R., Escobar, D. E., and Menges, R. M. 1985**. Use of a multi-band video system for quick assessment of vegetal condition and discrimination of plant species. Remote Sensing of Environment, 17, 203-208.

54. **Osborne, S, L; J, S, Schepers; D, D, Francis and M, R, Schlemmer. (2002)**. Use of spectral radiance to estimate in season biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. Crop.Sci.42(1): 165-171
55. **Özalkan, Ç., Sepetoğlu, H., İhsanullah, D. A. U. R., and ŞEN, O. F. (2010).** Relationship between some plant growth parameters and grain yield of chickpea (Cicer arietinum L.) during different growth stages. Turkish Journal of Field Crops, 15(1), 79-83..
56. **Peng, Y., and Gitelson, A. A. (2011).** Application of chlorophyll-related vegetation indices for remote estimation of maize productivity. Agricultural and Forest Meteorology, 151(9), 1267-1276.
57. **Prasad, B., B. F. Carver, M. L. Stone, M. A. Babar, W.R. Raun, and A. R. Klatt. 2007**. Potential use of spectral reflectance indices as a selection tool for grain yield in winter wheat under Great Plains conditions. Crop Sci. 47:1426-1440.
58. **Price, J, C and W, C, Bausch. (1995)** Leaf area index estimation from visible and near-infrared reflectance data. Rem. Sens. Environ. 52 (1): 55-65.
59. **Raun, W. R., Solie, J. B., Johnson, G. V., Stone, M. L., Lukina, E. V., Thomason, W. E., and Schepers, J. S. (2001**). In-season prediction of potential grain yield in winter wheat using canopy reflectance. Agronomy Journal, 93(1), 131-138.
60. **Richardson, A. D., Duigan S. P., & Berlyn G. P. 2002.** An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. New Phytol. 153: 185–194.
61. **Rouse, W. R., and B. S. Robert**. "A simple model for determining evaporation from high-latitude upland sites." Journal of Applied Meteorology11.7 (1972): 1063-1070.
62. **Salaymeh, H., and Loulou, A.1989.** Plant phenologic stages monitoring using remote sensing techniques. Remote Sensing Scientific Journal issued by the General Organization of Remote Sensing (GORS) in the Syrian Arab Republic. No.5-Nov.1989pp.9-12.
63. **Schlemmer, M, R; D, D, Francis, J, F, Shanahan, and J, S, Schepers (2005)** Remotely Measuring Chlorophyll Content in Corn Leaves with DifferingNitrogen Levels and Relative Water Content. Agron. J. 97:106–112.
64. **Shamsa, F., Ohtsuki, K., Hasanzadeh, E., and Rezazadeh, S. (2010**). The anti-inflammatory and anti-viral effects of an ethnic medicine: glycyrrhizin. Journal of Medicinal Plants, 1(33), 1-28..
65. **Shamsi, M. B., Venkatesh, S., Tanwar, M., Talwar, P., Sharma, R. K., Dhawan, A., ... and Mittal, S. (2009**). DNA integrity and semen quality in men with low seminal antioxidant levels. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms
66. **Siddique, K. H. M., and R. H. Sedgley (1986).** "Chickpea (Cicer arietinum L.), a potential grain legume for south-western Australia: seasonal growth and yield." Australian Journal of Agricultural Research 37.3 (1986): 245-261.
67. **Sims, D. A., and Gamon, J. A .2002.** Relationship between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range species, leaf structures and development stages. Remote Sens Environ 81: 337–354.
68. **Singh, P. K., N. B. Singh and R. C. Bharti (1993**). Divergence and stability analysis in Chickpea. Crop Improve. 20(5): 14-62 (1993).
69. **Steele, M., Gitelson, A., and Rundquist, D.C. 2008.** Nondestructive Estimation of Leaf Chlorophyll Content in Grapes. Am. J. Enol. Vitic. 59(3): 299-305.
70. **Tayyar, S. (2008).** Grain yield and agronomic characteristics of Romanian bread wheat varieties under the conditions of Northwestern Turkey. African Journal of Biotechnology, 7(10).
71. **Tayyar, Sh.; O. Cem Egesel; M. Kemal Gul and Hakan Turhan (2008)**. The effect of autumn and spring planting time on seed yield and protein content of chickpea genotypes. African J. of Biotic., 7(11): 1655-1661.
72. **Thenkabail, P. S., Enclona, E. A., Ashton, M.S., and Meer, B. V. D. 2004.**Accuracy assessments of hyper spectral waveband performance for vegetation analysis applications. Remote Sens Environ,91(3-4):354–376. doi: 10.1016/j.rse.2004.03.013.

73. **Thenkabail, P.S., R.B. Smith, and E.D. Pauw. 2002**. Evaluation of Narrowband and Broadband Vegetation Indices for Determining Optimal Hyperspectral Wavebands for Agricultural Crop Characterization. Photogramm. Eng. Remote Sens. 68:607-621.
74. **Tian, Y. I., Kanade, T., and Cohn, J. F. (2001).** Recognizing action units for facial expression analysis. IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 23(2), 97-115.
75. **Tucker, C. J. 1979.** Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation, Remote Sensing of Environment, 8:127–150.
76. **Walter S., E, A. Privette, J. Cornell, D. Mesarch, M. A. and C. J. Hays. (1997**). Relations between directional spectral vegetation indices and leaf area and absorbed radiation in alfalfa. Remote Sensing of Environmental. 61 (1): 162-177.
77. **Wang Fu-min , Jing-feng Huang Qi-fa Zhou, and Xiu-zhen Wang. 2008.** .Optimal waveband identification for estimation of leaf area index of paddy rice. J Zhejiang Univ Sci B. 9(12): 953–963.
78. **Yang, C., and Anderson, G. L. 1996.** Determining within-field management zones for grain sorghum using Aerial Videography, Proceedings of the 26th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Vancouver, Canada, 25–29 March, pp. 606–611.
79. Yi**gitoglu, I., Bonatsos, D., Lenis, D., Petrellis, D., Terziev, P. A., and (2006**). X (3): an exactly separable γ-rigid version of the X (5) critical point symmetry. Physics Letters B, 632(2), 238-242.
80. **Yucel, D., and A. E. Anlarsal, (2008)**. "Performance of some winter chickpea (Cicer arietinum L.) genotypes in mediterranean conditions." Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 36.2 (2008): 35.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Agriculture
Department of Agronomy

Spectral Reflectance of Chickpea Crop and it's Relation with Growth and Productivity under two Geographical Sites and Sowing Dates

Abstract:

The goal of this research was to monitor the chickpea spectral reflectance changes, along with productivity and vegetation characteristics, to conclude the relation between them during the growth stages. The experiments were conducted in Swaidaa governorate during the growing season (2014-2015). The cultivation was done in two geographical sites, the plain site represented by Thaale village and mountainous site, represented by Bosan village, while the first factor included of the sowing winter and spring genotypes of chickpea, and the second factor was the sowing date. The experiment was laid out according to Randomized Complete block design (RCBD) with three replications. Spectral reflectance data were measured at interval of 7-15 days from planting to advanced growth stage for each genotype. Wavelengths ranged from 350 to 1075 nm with band step 1 nm. Simultaneously spectral data, vegetation and productivity data were collected for each crop as follows. The mountainous site was superior in the NDVI value (0.77) at date (18/4), NDGI (-0.0417) at date (18/4) and NDWI1 (0.016) at date (18/4) respectively. The recommended date was superior in the NDVI value (0.46) at date (19/4), NDGI (-0.0188) at dates (19/4) and NDWI1 (0.022) at dates (3/5), respectively. NDVI values represent a sustained vigor of plants that planted at the mountainous site date more than at the plain site during the growth stages, conjugation with fresh weight, CCI and

LAI characteristics. NDGI appear the activity of photosythtic efficiena in plants grown at mountainous site date opposite the plain site, conjugation with CCI characteristic. NDVI values represent a sustained vigor of plants of the winter genotype and the optimum sowing date compared with the spring genotype and late sowing date during growth stages, conjugation with fresh weight, CCI and LAI characteristics. NDGI appear the activity of photosythtical in plants grown at wintry genotype and ideal sowing date opposite the spring genotype and late date, conjugation with CCI characteristic. NDWI1 reflects the state of internal acceleration in plants that sowing at the late date which led to shorten the growth stages and life of the crop,

Chickpea growth characteristics and yield components were estimated depending on its spectral reflectance during growth stages by the following equations: Chlorophyll content (CCI) depending on NDGI: CCI= 60.202**NDGI** + 17.886, LAI depending on NDWI2: LAI= $0.308e^{-75.81\mathbf{NDWI2}}$, fresh weight (g) depending on (905λ): FW= $1.4071e^{14.439(\mathbf{905\ \lambda})}$, dry weight (g) depending on NDWI1: DW = -3186.4**NDWI1**+ 58.55, water content (%) depending on (NDWI2): WC= -582.33**NDWI2** + 58.955, yield depending on NDVI: Yield = $17.662e^{6.4072\mathbf{NDVI}}$, and harvest index depending on (712λ): HI = -1968.3**(712λ)** + 408.91.