الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الزراعة
قسم الهندسة الريفية

تأثير الري الناقص في إنتاجية محصول فول الصويا في مزرعة أبي جرش

Effect of Deficit Irrigation on Soybeans Yield in Abe Jarash Farm

رسالة مقدّمة لاستكمال متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الهندسة الريفيّة – تخصص هندسة ريفيّة

إعداد

المهندسة رهف محيي الدين شكو

الإشراف

د. أحمد زليطة
باحث في إدارة بحوث الموارد الطبيعيّة
الهيئة العامة للبحوث العلميّة الزراعيّة
مشرفاً مشاركاً

د. عبد الله يعقوب
أستاذ مساعد في قسم الهندسة الريفيّة
كليّة الزراعة – جامعة دمشق
مشرفاً علميّاً

2020

قرار لجنة الحكم

قدمت هذه الأطروحة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في اختصاص الهندسة الريفية من كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق.

This thesis has been submitted as partial fulfillment of the requirement for a master degree in Rural Engineering Section at the Faculty of Agriculture, Damascus University.

لجنة الحكم:

الأستاذ الدكتور: يوسف نمر	كلية الزراعة – جامعة دمشق	عضواً
الدكتور: عبد الله يعقوب	كليّة الزراعة – جامعة دمشق	عضواً ومشرفاً
الدكتور: محمود عبد اللطيف	كلية الزراعة – جامعة دمشق	عضواً

نوقشت هذه الرسالة وأجيزت بتاريخ: *2020/8/17*

شهادة

نشهد بأن العمل الموصوف في هذه الأطروحة: ***تأثير الري الناقص في إنتاجية محصول فول الصويا في مزرعة أبي جرش***، هو نتيجة بحث علمي قامت به المرشحة **رهف محيي الدين شكو**، تحت إشراف الدكتور **عبد الله يعقوب** الأستاذ المساعد في قسم الهندسة الريفيّة في كلية الزراعة–جامعة دمشق، والدكتور **أحمد زليطة** الباحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية–وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، وأن أي مراجع أخرى بحثت في هذه الرسالة موثقة في النص.

المشرف العلمي	المشرف المشارك	المرشح
الدكتور عبد الله يعقوب	**الدكتور أحمد زليطة**	**المهندسة رهف شكو**

Certificate

It's herby certify that the work described in this thesis: ***Effect of Deficit Irrigation on Soybeans Yield (Glycine Max) in Abe Jarash Farm*** *is the result of the candidate* ***Rahaf Mohieddin Shakko*** *own scientific investigations under the suepervision of* ***Dr. AbdAllah Yakoub****, assistant professor at the department of rural engineering - Faculty of Agriculture-Damascus University and* ***Dr. Ahmad Zalita****, a researcher at General Commission for Scientific Agricultural Resarch-Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, and all references to other research works have duty acknowledged in the text.*

Supervisor	*Co-Supervisor*	*Candidate*
Dr. AbdAllah Yakoub	***Dr. Ahmad Zlita***	***Rahaf Shakko***

تصريح

أصرح بأنّ البحث الموصوف في الأطروحة تحت عنوان:

" **تأثير الري الناقص في إنتاجية محصول فول الصويا في مزرعة أبي جرش** " لم يسبق أن قدم للحصول على أية درجة جامعية أخرى. وغير مقدم حالياً لذلك، وإنّ كافة الأعمال والنتائج المذكورة فيه هي جهودي الشخصية وبتوجيهٍ من المشرفين، وإنّ أية معلومات أو نتائج أخرى ذكرت في الأطروحة قد نسبت إلى مصادرها ومؤلفيها في النص وفي قائمة المراجع.

المرشحة

رهف محيي الدين شكو

Declaration

*I declare that the present research work entitled "**Effect of Deficit Irrigation on Soybeans Yield (Glycine Max) in Abe Jarash Farm**". 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

Rahaf Mohieddin Shakko

كلمـــة شكر

أتقدم بالشـــكر والتقدير لكل من كلية الزراعة في جامعة دمشـــق وللهيئة العامة للبحوث العلميّة الزراعيّة ممثلة بمديرها العام الدكتورة ماجدة محمد مفلح لتقديمهم جميع التســـهيلات اللازمة لإتمام هذه الدراســـة ولتذليل جلّ الصـــعوبات التي واجهتها، مما كان له الفضل الكبير في التوصل لكافة أهداف هذه الدراسة بما يتناسب مع خطتها المُقرّة مسبقاً.

كما أتوّجه التوجه بأسمى عبارات الامتنان إلى الأساتذة المشرفين، الدكتور عبد الله يعقوب والدكتور أحمد زليطة، الذين كانوا خير الداعمين والمرشدين، والذين هيئوا لي أفضل بيئة علميّة مشبعة بالاحترام وبرشيد النصح.

الشـــكر الجزيل لزملائي الأعزاء في إدارة بحوث الموارد الطبيعيّة في الهيئة العامة للبحوث العلميّة الزراعيّة الذين جعلوا من مسيرة دراستي هذه واحة غناء من النقاش المثمر البنّاء والعملي، والذين قدموا لي من الدعم العلمي والمعنوي ما لا يمكن تقديره بثمن.

كما أتقدم بجزيل الشـكر والعرفان لإدارة بحوث المحاصـيل – قسـم المحاصـيل الزيتية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعيّة لتزويدي بكل ما يتعلق بالمادة النباتيّة المسـتخدمة في دراسـتي هذه من بذور ومن مراجع علميّة. ولن أنســـى التقدم بالامتنان العميق لمخابر كليّة الزراعة في جامعة دمشـــق ومخابر الهيئة العامة للبحوث العلميّة الزراعية لتنفيذهم التحاليل التي تطلبتها الدراسة وفقاً لمستوىً رفيع من الدقة والاتقان.

كل التقدير والشـــكر أقدّمه للدكتور رياض بلديه رفيق الدرب الذي لازمني بالنصـــح والتوجيه في ســـائر خطوات إتمام هذه الدراسة ومراحلها، فكان لي الزوج الداعم المتفهم ومنارةً للعلم أشرقت أيامي بصحبتها.

وفي لحظات التعب، ووسط تراكم المسؤوليات يأتيني وجهك الملائكي فيلهمني ويدفعني إلى المضـي قدماً لأكون قدوةً صالحةً لكِ قد تفخرين بها يوماً. كل الشكر لملاكي الصغير.. لطفلتي ولنعمة الله عزّ وجل علي.. لحبيبتي نورا.

وفي النهاية، قد لا تسـعفني لا العبارات ولا الأيام لشـكر عائلتي الكريمة وردّ معروفها في دعمي ومسـاندتي حتى إتمام هذه الدراسة، وأنا المهندسة العاملة والأم والزوجة. إن عملي هذا لم يكن ليبصر النور لولاكم.

م. رهف محيي الدين شكو

فهرس المحتويات

الفصل الأول: أهمية البحث وأهدافه		**1**
1-1-	المقدمة	2
1-2-	مبررات وأهمية البحث	5
1-3-	أهداف البحث	5
الفصل الثاني: المادة النباتيّة والدراسة المرجعيّة		**6**
2-1-	المادة النباتية المستخدمة في البحث	7
2-1-1.	الموطن الأصلي لفول الصويا	7
2-1-2.	التصنيف العلمي للنبات	7
2-1-3.	الوصف النباتي	7
2-1-4.	مراحل نمو نبات فول الصويا	9
2-1-5.	الاحتياجات البيئية المناسبة	11
2-1-6.	القيمة الغذائية للصويا واستعمالاته	11
2-1-7.	الأهمية الاقتصادية لفول الصويا عالمياً (مساحات وإنتاجية)	14
2-1-8.	واقع زراعة فول الصويا في سورية	15
2-2-	الدراسة المرجعية	16
الفصل الثالث: مواد وطرائق البحث		**22**
3-1-	موقع الدراسة	23
3-2-	الخواص الطبيعيّة لموقع الدراسة	23
3-2-1.	الظروف المناخية في موقع الدراسة	23
3-2-2.	الخواص الفيزيائيّة والكيميائيّة لتربة موقع الدراسة	25
3-3-	المادة النباتية المستخدمة	28
3-4-	التصميم الإحصائي والحقلي للدراسة	28
3-5-	العمليات الزراعيّة المنفّذة	32
3-5-1.	تحضير أرض التجربة	32
3-5-2.	تركيب شبكة الري	32
3-5-3.	زراعة المحصول (موعد الزراعة وطريقتها)	34
3-5-4.	ترقيع المحصول	34
3-5-5.	العزيق	35

3-5-6.	مكافحة الأمراض والآفات	35
3-5-7.	تسميد المحصول	35
3-5-8.	حصاد المحصول	36
3-6-	حسابات الري	37
3-6-1.	الاستهلاك المائي	37
3-6-2.	حساب الماء المتاح بسهولة	38
3-6-3.	كمية الرية الصافية	39
3-6-4.	كمية الرية الكليّة	40
3-6-5.	زمن الرية	41
3-6-6.	كفاءة استعمال المياه	41
3-6-7.	معامل استجابة المحصول (K_y)	42
3-7-	حسابات المحصول	43
3-7-1.	مراحل نمو المحصول	43
3-7-2.	تقدير وزن الغلة البذريّة للمحصول	46
3-7-3.	قياس نسبة البروتين في البذور	46
3-7-4.	تقدير نسبة الزيت في البذور	48
الفصل الرابع: نتائج البحث ومناقشتها		**49**
4-1-	نتائج الدراسة	50
4-1-1.	تحديد الاستهلاك المائي لمحصول فول الصويا صنف Sb44	50
4-1-2.	أثر الري الناقص في الغلة البذريّة لمحصول فول الصويا صنف Sb44	56
4-1-3.	أثر الري الناقص في وزن المئة بذرة لمحصول فول الصويا صنف Sb44	58
4-1-4.	أثر الري الناقص في نسبة الزيت لبذور محصول فول الصويا صنف Sb44	60
4-1-5.	أثر الري الناقص في نسبة البروتين لمحصول فول الصويا صنف Sb44	62
4-1-6.	أثر الري الناقص في كفاءة استخدام المياه (WUE) (كغ/م^3)	64
4-1-7.	تحديد معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص (Ky)	66
4-2-	مناقشة النتائج	69
الفصل الخامس: الاستنتاجات والتوصيات		**72**
المراجع		**75**
الملاحق		**85**

فهرس الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
الجدول(3-1)	القيم المتوسطة الشهريّة لأهم العوامل المناخيّة في منطقة الدراسة خلال عام 2016	24
الجدول(3-2)	نتائج التحليل الميكانيكي لتحديد قوام تربة موقع الدراسة	25
الجدول(3-3)	الخصائص الفيزيائية لتربة موقع الدراسة	27
الجدول(3-4)	الصفات الكيميائيّة لتربة موقع الدراسة	27
الجدول(3-5)	مواصفات الصنف Sb44 المستخدم في الدراسة	28
الجدول(3-6)	معاملات الري المدروسة	28
الجدول(3-7)	تفاصيل التصميم الحقلي للتجربة	30
الجدول(3-8)	مواصفات أنابيب السقاية بالمنقاطات الخارجية	34
الجدول(3-9)	كميّات الأسمدة الواجب المُضافة بناءً على التوصية السمادية	35
الجدول(3-10)	قيم معامل استجابة المحصول (K_y)	43
الجدول(3-11)	مراحل نمو محصول فول الصويا الصنف Sb44 ومدة كل مرحلة	43
الجدول(4-1)	مواعيد وكميّات الريات الكليّة (IR_g) للمعاملات الثلاث I_1، I_2، I_3 خلال كامل موسم نمو المحصول	51
الجدول(4-2)	نتائج اختبار أقل فرق معنوي للغلة البذريّة بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%	57
الجدول(4-3)	نتائج اختبار أقل فرق معنوي لوزن المئة بذرة بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%	59
الجدول(4-4)	نتائج اختبار أقل فرق معنوي لمحتوى البذور من الزيت (%) بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%	61
الجدول(4-5)	نتائج اختبار أقل فرق معنوي لمحتوى البذور من البروتين (%) بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%	63
الجدول(4-6)	قيم معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص(K_y) في المعاملتين I_2 و I_3 والانخفاض النسبي في الغلة البذريّة والاستهلاك المائي الكلي لهما	67
الجدول(4-7)	التوفير في المياه (%، $م^3$/هكتار)، وكفاءة استخدام المياه(كغ/$م^3$) ومعامل استجابة المحصول للمعاملات الثلاث المدروسة I_1، I_2، I_3	69
الجدول(4-8)	أثر المعاملات المدروسة I_1، I_2، I_3 في مواصفات غلّة محصول فول الصويا صنف Sb44	69

فهرس الأشكال (الرسوم البيانيّة والمخططات)

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل(1-1)	الهطول المطري في الجمهورية العربية السورية (مم/سنة) بين عامي (1901-2016)	3
الشكل(1-2)	إزدياد التعداد السكاني في الجمهورية العربيّة السورية (1000 نسمة) بين عامي (1950 - 2018)	3
الشكل(1-3)	تطور رقعة الأراضي المروية (%) بالنسبة لإجمالي مساحة القطر بين عامي (1982 - 2018)	4
الشكل(1-4)	وسطي نسبة استهلاك القطاعات للمياه (%) خلال 10 سنوات قبل الأزمة في الجمهورية العربية السورية	4
الشكل(2-1)	أوراق فول الصويا	8
الشكل(2-2)	أزهار فول الصويا	8
الشكل(2-3)	قرون فول الصويا	8
الشكل(2-4)	بذور فول الصويا	8
الشكل(2-5)	شكل توضع القرون على ساق نبات فول الصويا	8
الشكل(2-6)	مراحل النمو النموذجيّة لمحصول فول الصويا	10
الشكل(2-7)	ترتيب الإنتاج العالمي من الزيوت النباتية (مليون طن) لعام 2014	12
الشكل(2-8)	أعلى الدول المنتجة لفول الصويا (مليون طن) والمساحات المزروعة به فيها (مليون هكتار) لعام 2018	14
الشكل(2-9)	المساحات المزروعة (هكتار) والإنتاج (طن) والإنتاجية (كغ/هكتار) من محصول فول الصويا في الجمهورية العربية	15
الشكل(3-1)	صورة فضائية لحقل الدراسة	23
الشكل(3-2)	قوام تربة موقع الدراسة وفقاً لمثلث قوام التربة وفق التصنيف الأمريكي USDA	25
الشكل(3-3)	العلاقة بين نوع التربة، والماء الكلي فيها، والسعة الحقليّة، ونقطة الذبول الدائم حسب (Walker and Skogerboe، 1987)	26
الشكل(3-4)	أبعاد القطعة التجريبية (أ. صورة حقليّة للقطعة التجريبيّة، ب. شكل تخطيطي للقطعة التجريبية)	29
الشكل(3-5)	تفاصيل التصميم الحقلي للتجربة (مقياس الرسم 100/1)	31
الشكل(3-6)	تحضير أرض التجربة (أ. فلاحة الأرض، ب. تخطيط الأرض وتقسيمها، جـ. تنعيم الأرض بالعزاقة الدورانيّة)	32

الشكل(3-7)	المنقط الخارجي وخط الزراعة	32
الشكل(3-8)	التباعد بين أنابيب السقاية وبين المنقطات الخارجية في القطعة التجريبيّة	33
الشكل(3-9)	تركيب النقاطات الخارجية	33
الشكل(3-10)	نظام الري بالتنقيط بعد تركيبه	33
الشكل(3-11)	عداد المياه في بداية الشبكة	33
الشكل(3-12)	صمام تحكم بالقطعة التجريبيّة	33
الشكل(3-13)	زراعة المحصول (أ. إنشاء السطور بالقرب من أنابيب الري لنثر البذور فيها، ب. زراعة البذور ضمن السطر)	34
الشكل(3-14)	عزيق المحصول يدوياً خلال مراحل مختلفة من نموه	35
الشكل(3-15)	حصاد المحصول	36
الشكل(3-16)	مراحل نمو محصول فول الصويا خلال موسم الدراسة (أ. مرحلة الإنبات، ب. مرحلة النمو الخضري، جـ. مرحلة الإزهار، د. مرحلة تشكل المحصول، هـ. مرحلة النضج، و. القرون في مرحلة النضج)	44
الشكل(3-17)	مخطط Gantt يمثل بداية كل مرحلة من مراحل نمو محصول فول الصويا الصنف Sb44 ونهايتها ومدتها في مزرعة أبي جرش / موسم 2016	45
الشكل(3-18)	عمليّة وزن الغلة البذريّة لكل معاملة من المعاملات المدروسة (أ. وزن الغلة البذريّة لإحدى المعاملات، ب. الغلة البذريّة للمعاملات المدروسة)	46
الشكل(3-19)	مراحل تقدير نسبة البروتين وفق طريقة كلداهل Kjeldahl	47
الشكل(3-20)	مراحل استخلاص الزيت من بذور المحصول باستخدام جهاز سوكسلت	48
الشكل(4-1)	المنحني الرطوبي لمعاملات الري الثلاث I_1، I_2، I_3 وعدد الريات لمحصول فول الصويا الصنف Sb44 خلال موسم النمو	52
الشكل(4-2)	إجمالي كميّة الري الكليّة (IR_g) ($م^3$/هكتار) للمعاملات الثلاث والنسب المئوية للفروق بينها (%)	53
الشكل(4-3)	الاستهلاك المائي الكلي الشهري ($م^3$/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة	54
الشكل(4-4)	الاستهلاك المائي الكلي اليومي ($م^3$/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة خلال أشهر موسم النمو	55
الشكل(4-5)	الاستهلاك المائي التراكمي ($م^3$/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة خلال أشهر موسم النمو	55
الشكل(4-6)	وسطي الغلّة البذريّة (كغ/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة والنسبة المئوية للفروق بينها	56

الشكل(4-7)	وسطي وزن المئة بذرة (غ) للمعاملات الثلاث المدروسة والنسبة المئوية للفروق بينها	58
الشكل(4-8)	مخطط يمثل كفاءة استعمال المياه (كغ/م^3) والغلة البذريّة (كغ/هكتار) والاستهلاك المائي الكلي للمعاملات الثلاث المدروسة (م^3/هكتار)	60
الشكل(4-9)	وسطي محتوى البذور من الزيت (%) للمعاملات المدروسة الثلاث والنسب المئوية للفروق بينها	62
الشكل(4-10)	كفاءة استعمال المياه (كغ/م^3) والغلة البذريّة (كغ/هكتار) والاستهلاك المائي الكلي للمعاملات الثلاث المدروسة (م^3/هكتار)	65
الشكل(4-11)	معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص(K_y) في المعاملتين I_2 و I_3 والانخفاض النسبي في من الغلة البذريّة والاستهلاك المائي الكلي لهما	67
الشكل(4-12)	كميّة المياه التي يمكن توفيرها عبر تطبيق المعاملة I_2 بدلاً عن I_1 والزيادة في الغلة البذريّة الناتجة عن ذلك	71

الملّخص العربي

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد الاستهلاك المائي لمحصول فول الصويا [Glycine max L (Merr.)] (الصنف Sb44) ولدراسة تأثير الري الناقص في بعض المواصفات الإنتاجيّة لمحصول فول الصويا، ولتحديد معامل استجابة المحصول للري الناقص K_y. أجريت الدراسة في مزرعة أبي جرش التابعة لكلية الزراعة بجامعة دمشق خلال الموسم الزراعي 2016، وطُبّقت فيها ثلاث معاملات ري هي I_1 :ري كامل من دون إجهاد (100% من كمية الري اللازمة)، ومعاملتي ري ناقص هما I_2 (80% من الري الكامل) وI_3 (65% من الري الكامل).

بلغ الاستهلاك المائي الكلي للمحصول 6543.8 م^3/هكتار في المعاملة I_1 ، في حين بلغ 5294.2 م^3/هكتار في المعاملة I_2، أما بالنسبة للمعاملة I_3 فقد بلغ إجمالي الاستهلاك المائي الكليّ 4356.9 م^3/هكتار.

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي عند مستوى معنوية 5% تفوّق كلتا المعاملتين I_1 وI_2 على المعاملة I_3 معنوياً من حيث الغلّة البذريّة، حيث كانت الغلة البذريّة في I_3 أقل منها في المعاملة I_2 بنسبة 9%، وكذلك كانت أقل منها في المعاملة I_1 بنسبة 10.4%.

بيّنت نتائج التحليل الاحصائي بالنسبة لوزن المئة بذرة، تفوّق كلتا المعاملتين I_1 وI_2 معنويّاً على المعاملة I_3، حيث كان وزن المئة بذرة في I_3 أقل منها في المعاملة I_2 بنسبة 11%، وكذلك كانت أقل منها في المعاملة I_1 بنسبة 11.7%، أي أن وزن المئة بذرة في معاملة الري الناقص I_3 قد تدنى بشكل معنوي بتأثير الإجهاد المائي.

تبيّن أيضاً تفوق المعاملة I_1 تفوقاً غير معنوي على المعاملة I_2 وتفوقاً معنوياً على المعاملة I_3 من حيث نسبة الزيت في البذور. حيث أدى الإجهاد المائي وفقاً للمعاملة I_2 إلى خفض غير معنوي في محتوى الزيت في البذور بنسبة 5.2% مقارنةً بالمعاملة I_1، أما المعاملة I_3 فقد سبب تطبيقها انخفاضاً معنوياً بنسب تبلغ 11% و16% مقارنةً بالمعاملات I_2 و I_1 على التوالي.

أما بالنســـبة لمحتوى البذور من البروتين فقد حققت المعاملة I_2 تفوّقاً معنوياً على المعاملة I_1 بنســـبة زيادة مقدارها 11%، وتفوقاً غير معنوي على المعاملة I_3 بنسبة زيادة مقدارها 4%.

أظهر تقدير معامل استجابة المحصول للري الناقص K_y أن محصول فول الصويا في المعاملتين I_2 وI_3 قد أبدى استجابة إيجابيّة للري الناقص. حيث بلغت قيمة معامل استجابة المحصول للري الناقص 0.1 و0.31 من أجل المعاملتين I_2 و I_3 على التوالي مما يعني إمكانيّة تطبيق الري الناقص على محصول فول الصويا لأن $K_y < 1$.

الكلمات المفتاحية: ري، ري ناقص، ري بالتنقيط، فول الصويا، الاستهلاك المائي، الغلة البذريّة، وزن المئة بذرة، نسبة البروتين، نسبة الزيت، معامل استجابة المحصول للري الناقص.

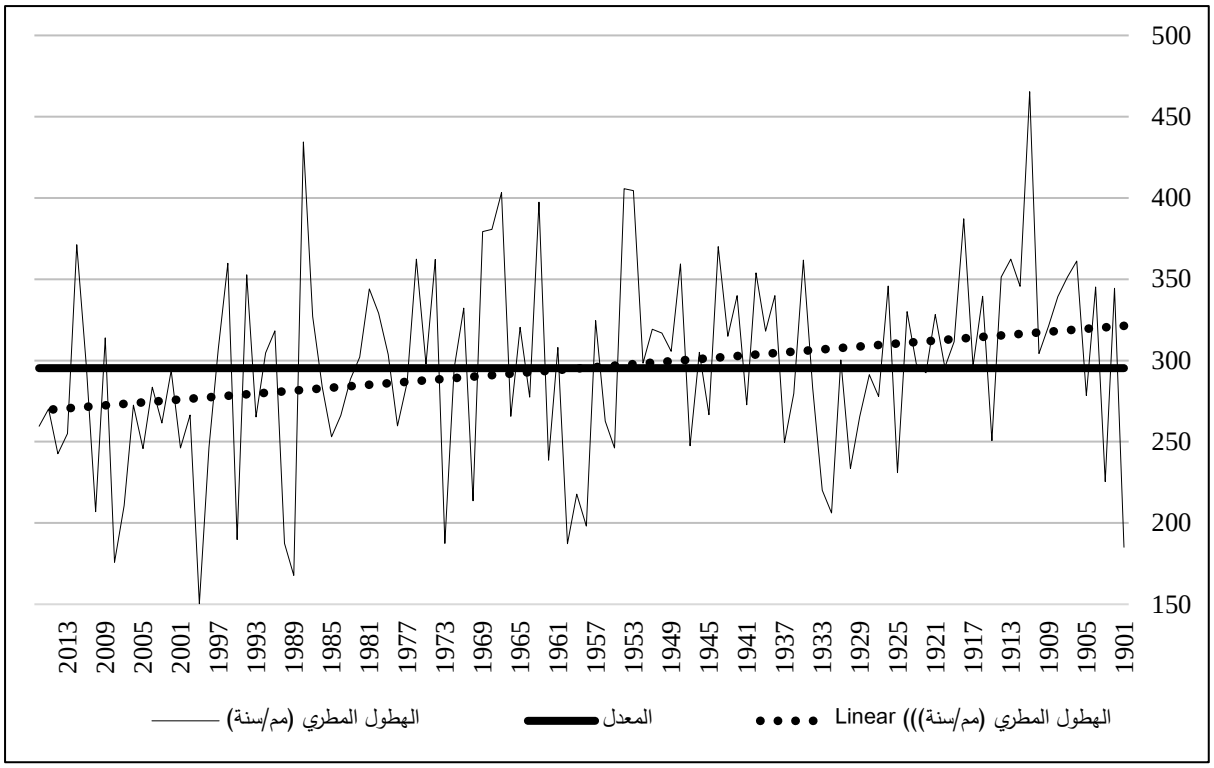
الفصل الأول

أهمية البحث وأهدافه

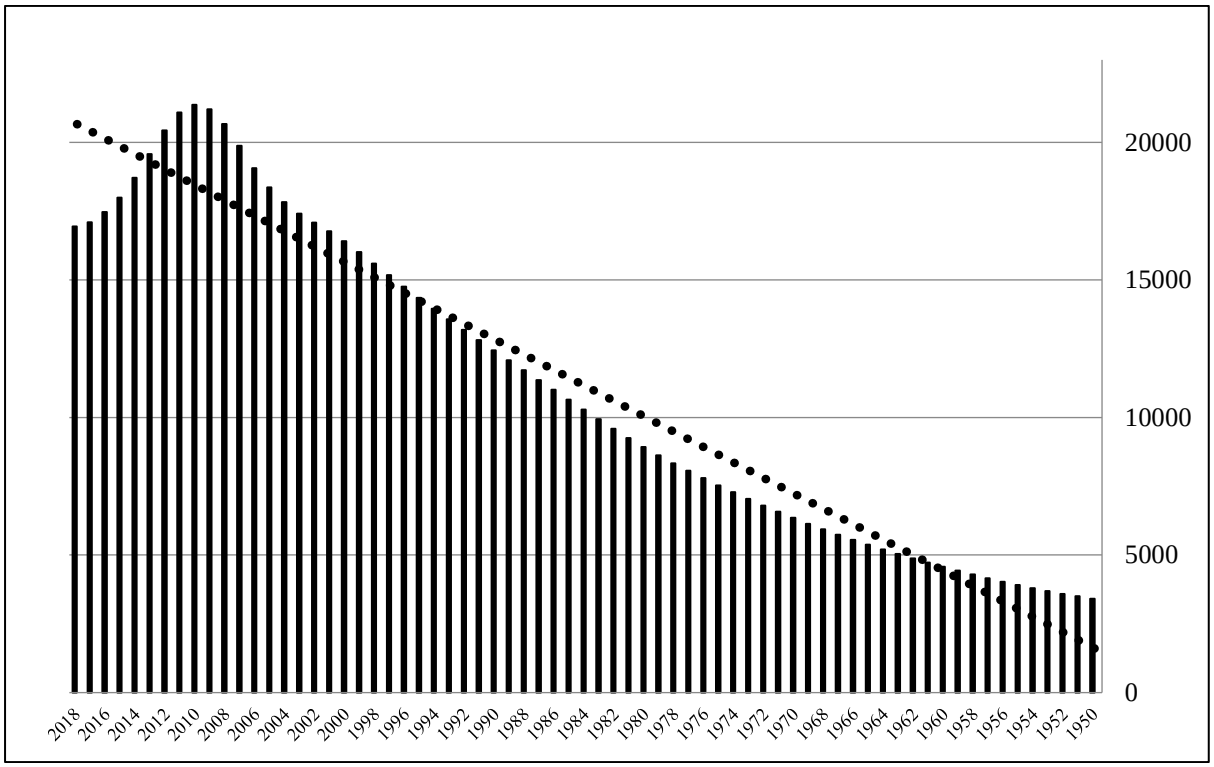
1-1- المقدمة Introduction:

تمتد الجمهورية العربية السورية على مساحة كلية تبلغ 18.5 مليون هكتار على الساحل الشرقي للبحر الأبيض المتوسط، متأثرة بالمناخ المتوسطي مع تأثير قاري يجعل الهطول المطري الذي تستقبله معظم أرجاء البلاد يتميّز بتفاوت توزيعه جغرافيّاً وبانخفاض نسبي لمتوسطه السنوي الذي يبلغ 252 مم في القطر ككل. إن السمات السابقة للهطول المطري في القطر تجعل من مصادر المياه فيه محدودة بشكل كبير ومعتمدةً بصورةٍ رئيسةٍ على المياه الجوفية وعلى المياه السطحية التي يشكل نهر الفرات المصدر الأساسي لها، (Frenken, 2009).

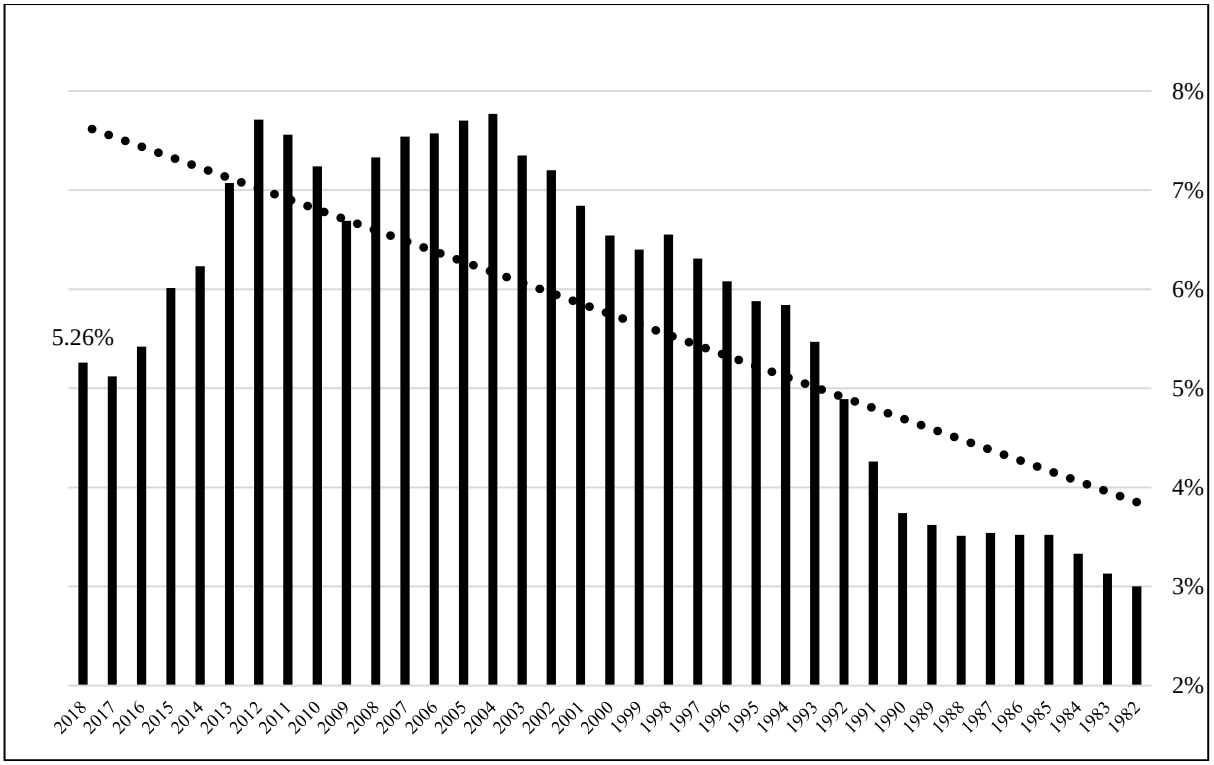
في ظروف الارتفاع المستمر لتكاليف تشييد المنشآت المائيّة أصبحت كميّة المياه السطحية الممكن استخدامها بصورة فعليّة أقل بنسبة 50% من إجمالي الموارد المائية المتاحة (دليل معايير تصميم أنظمة الري الفعالة، 2007)، لذلك فقد توجهت عمليات تأمين المياه نحو المياه الجوفية مما سبب استنزافاً كبيراً لها وانخفاضاً في منسوبها في العديد من مناطق القطر نجم عنه عجز مائي سنوي قُدّر بحوالي (3.1) مليار $م^3$ بين الموارد المائيّة المتاحة والموارد المائيّة المطلوبة (الشرع، 2016)، ساهم في اشتداد حدته التغيرات المناخية، وانخفاض معدلات الأمطار (الشكل1-1) وتكرار سنوات الجفاف، وارتفاع التعداد السكاني (الشكل1-2) الذي ترتب عليه توسع حتمي في رقعة الأراضي المروية (الشكل1-3) من أجل تلبيّة الاحتياجات الغذائية المتزايدة، إذ بلغت مساحة الأراضي المرويّة 973648 هكتار في العام 2018 أي ما يشكل 5.26% من مساحة القطر (وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السوريّة، 2018)، مما جعل قطاع الزراعة في القطر يحتل المرتبة الأولى كأكبر قطاع مستهلك للمياه بنسبة 88% من إجمالي استهلاك المياه(الشكل1-4) وفق وسطي 10 سنوات قبل الأزمة وذلك حسب بيانات وزارة الموارد المائيّة في سورية (Al-Akhras, 2020).



الشكل(1-1): الهطول المطري في الجمهورية العربية السورية (مم/سنة) بين عامي (1901-2016)
Source: World DataBank, Climate Change Knowledge Portal, Retrieved April, 2020

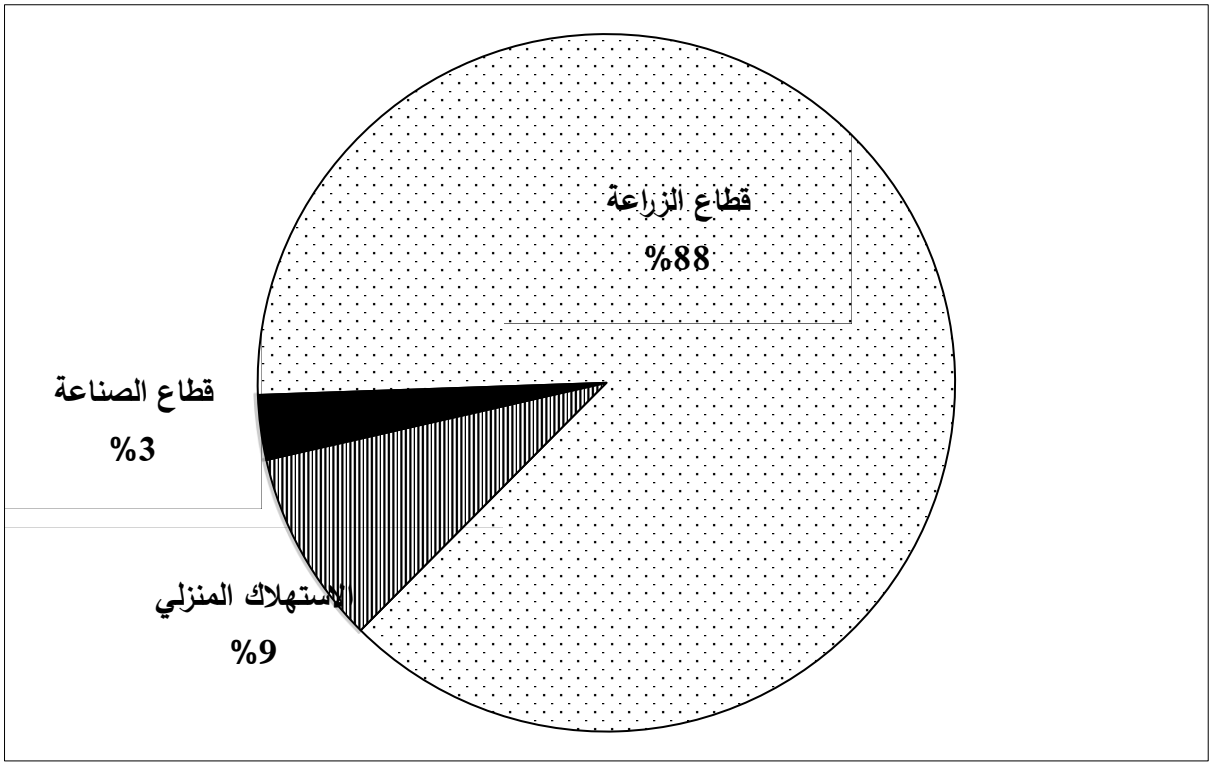


الشكل(1-2): إزدياد التعداد السكاني في الجمهورية العربيّة السورية (1000 نسمة) بين عامي (1950 - 2018)
Source: FAOSTAT, Annual population, Retrieved April 2020



الشكل(1–3): تطور رقعة الأراضي المروية (%) بالنسبة لإجمالي مساحة القطر بين عامي (1982 – 2018)

المصدر: وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي السوريّة، المجموعات الإحصائيّة (1991 – 2018)



الشكل(1–4): وسطي نسبة استهلاك القطاعات للمياه (%) خلال 10 سنوات قبل الأزمة في الجمهورية العربية السورية

Source: Al-Akhras (2020)

كنتيجة لما سبق أصبح "الاستعمال الفعّال لمصادر المياه المحدودة" وخصوصاً تلك المستخدمة في قطاع الزراعة أمراً حاسماً وحيوياً في القطر يجب تحقيقه عبر رفع كفاءة استعمال مياه الري بشتى الطرائق (أنظمة الري المطوّرة: الموضعية والسطحيّة) والتقنيات الممكنة (مثل الري الناقص، وتغطية التربة، استخدام الأصناف المقاومة للجفاف..) مع مراعاة مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية التي تتضمن: (لشهابي، 2016)

- الإنصاف الإجتماعي في توزيع الموارد المتاحة من حيث الكمية والنوعية بين كافة المستفيدين بما يضمن رفع مستوى المعيشة.
- الكفاءة الإقتصادية التي تحقق الإستفادة القصوى لأكبر عدد من المستخدمين من خلال الموارد المائية والمالية المتاحة.
- استدامة النظام البيئي الحيوي.

تمّ التركيز في هذه الدراسة على استخدام تقنية الري الناقص على محصول فول الصويا كهدف أساسي لرفع كفاءة استخدام المياه وكفاءة الري الحقلي وصولاً إلى الترشيد الأمثل لاستخدام المياه.

1-2- مبررات وأهمية البحث:

- في ظروف العجز المائي الذي يعاني منه القطر، ونظراً لكون القطاع الزراعي أكبر القطاعات المستهلكة للمياه مع التزايد المستمر في رقعة الأراضي المروية، أضحى من المهم اتباع أنظمة وتقنيات ري تهدف إلى رفع كفاءة استعمال المياه للمحصول، مما يُمكّن من استعمال المياه التي وُفّرت في ري مساحات أخرى من الأراضي وبالتالي رفع إنتاجيّة المحصول.
- نقص عدد الدرسات والأبحاث التي تتناول محصول فول الصويا نظراً لأهميته الغذائية والصناعية.

1-3- أهداف البحث:

- تحديد الاستهلاك المائي لمحصول فول الصويا.
- دراسة أثر الري الناقص في إنتاجية فول الصويا، ونسبة الزيت، ونسبة البروتين.
- تحديد معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص (K_y)

الفصل الثاني

المادة النباتيّة والدراسة المرجعيّة

2-1- المادة النباتية المستخدمة في البحث:

2-1-1. الموطن الأصلي لفول الصويا:

يُعد فول الصـويا من أقدم االمحاصـيل التي زرعها الإنسـان، وردت أول إشـارة عنه في مرجع صـيني كُتب عام 2838 قبل الميلاد (هجرس، 1996)، وقد اتفق العلماء على اعتبار شرق آسيا المُتضمن شرقي الصين، وأقصى شرقي روسيا، واليابان، وكوريا وتايوان الموطن الأصلي له (Singh and Hymowitz, 1999)، ويعتقد حسب (Boerma and Specht, 2004) أن تدجينه قد بدأ في تلك المناطق منذ حوالي 5000 عام اعتباراً من أنواعه البرية (Glycine ussuriensis أو Glycine soja) ذات النباتات الالتوائية المتعرشـــة الرهيفة والتي لا تزال منتشـرة في تلك المناطق، ومنها انتشـر على نطاق واسـع في العديد من بلدان العالم نظراً للفوائد والاسـتخدامات العديدة لحبوبه (فلوح، 1974)، حيث زرع لأول مرة في الولايات المتحدة الأمريكية في جورجيا في عام 1765م (Hymowitz and Harlan, 1983).

2-1-2. التصنيف العلمي للنبات:

ينتمي فول الصويا Soyabean إلى:

العائلة Family: البقولية Fabaceae أو Leguminosae.

الجنس Genus: Glycine

الصنف Species: Glycine max

2-1-3. الوصف النباتي:

هو محصول عشبي حولي صيفي، ذاتي التلقيح لا تتجاوز نسبة الخلط فيه 4% يمتد طور نموه بحسب الصنف من 75 يوم حتى 200 يوم أو أكثر، يتراوح ارتفاعه بين (30-180)سم، ذو جذر وتدي قوي يتراوح عمقه بين (40-70)سم تتفرع عنه جذيرات ثانوية كبيرة تنمو في كافة الاتجاهات، وتحتوي جذوره على العقد الآزوتية. ذو أوراق مركبّة ثلاثية، تتباين حسب الأصناف في ملمسها وشكلها وحجمها ولونها، الشكل(2-1). أزهار هذا المحصول فراشية الشكل عديمة الرائحة، تشكل عناقيد أو شماريخ يتراوح عدد الأزهار فيها بين 3 و5 أزهار، تختلف ألوانها بين الأبيض والبنفسجي والأرجواني، (الشكل2-2). تتميّز قرونه بأنّها صغيرة ذات قشرة جلدية مزغبة. تتوضع

بشكل عنقود يحتوي على (2–4) قرون يتراوح طول الواحد منها بين 2.5 و6 سم، ويحتوي القرن على (3) بذور وسطياً، الشكلين (2–3) و(2–5)، بذوره كلوية ذات نقرة بيضوية الشكل تتباين كثيراً في الحجم واللون حسب الصنف المزروع، (الشكل2–4)، حسب كل من (فلوح، 1974) و(المط، 1977) و(غنيم، 1988).

الشكل(2–1): أوراق فول الصويا مركبة ثلاثية

الشكل(2–2): أزهار فول الصويا (فراشيّة، مركبة، بيضاء)

الشكل(2–3): قرون فول الصويا قبل النضج

الشكل(2–4): بذور فول الصويا (كلويّة الشكل، صفراء اللون)

الشكل(2–5): شكل توضع القرون على ساق نبات فول الصويا

2-1-4. مراحل نمو نبات فول الصويا:

يتراوح طول موسم نمو محصول فول الصويا بين 70 إلى 140 يوماً وذلك حسب الصنف المزروع وموعد الزراعة (Steduto et al., 2012)، ويمر خلال نموه كما الحال لدى أغلب النباتات بمراحل مورفولوجية مميّزة عن بعضها البعض منذ زراعته حتّى النضج، حيث تتميز هذه المراحل بتداخلها وعدم إمكان فصلها عن بعضها البعض فصلاً تاماً، إضافةً إلى الدور الذي تلعبه العوامل البيئية من حرارة وضوء ورطوبة في تحديد مدة كل منها، (المط، 1977).

تشتمل مراحل نمو محصول فول الصويا حسب Steduto et al. (2012) على المراحل الخمسة التالية والمبيّنة بالشكل(2-6).

1- مرحلة الإنبات Establishment Stage: تتم خلال عشرة أيام وتتبع عوامل الطقس المتغيّرة.

2- مرحلة النمو الخضري Vegetative Stage: تتراوح بين 30-40 يوماً وتمتد بين نهاية الإنبات حتى بدء مرحلة الإزهار ولموعد الزراعة دور كبير في تحديد طول هذه الفترة (المط، 1977) و(Steduto et al., 2012).

3- مرحلة الإزهار Flowering: تتراوح هذه المرحلة بين 25 إلى 35 يوماً وتبدأ بتفتح أوّل زهرة حيث تظهر البراعم الزهرية والنورات على الساق بشكل منتظم من الأسفل للأعلى وتنتهي بعقد أول زهرة، (المط، 1977) و(غنيم، 1988).

4- مرحلة تشكل القرون Yield Formation: تتراوح بين 30 إلى 40 يوماً وتشتمل على مرحلتين الأولى تشكل القرون والثانية امتلاء القرون، (Steduto et al., 2012).

5- مرحلة النضج Ripening: تستغرق من 10 إلى 15 يوماً وتبدأ فيها القرون بالنضج تدريجيّاً ويتغير لون النبات إلى الأصفر ومن ثم تجف قرونه وتتساقط أوراقه (غنيم، 1988) و(Steduto et al., 2012)

الشكل(2–6): مراحل النمو النموذجيّة لمحصول فول الصويا

2-1-5. الاحتياجات البيئية المناسبة:

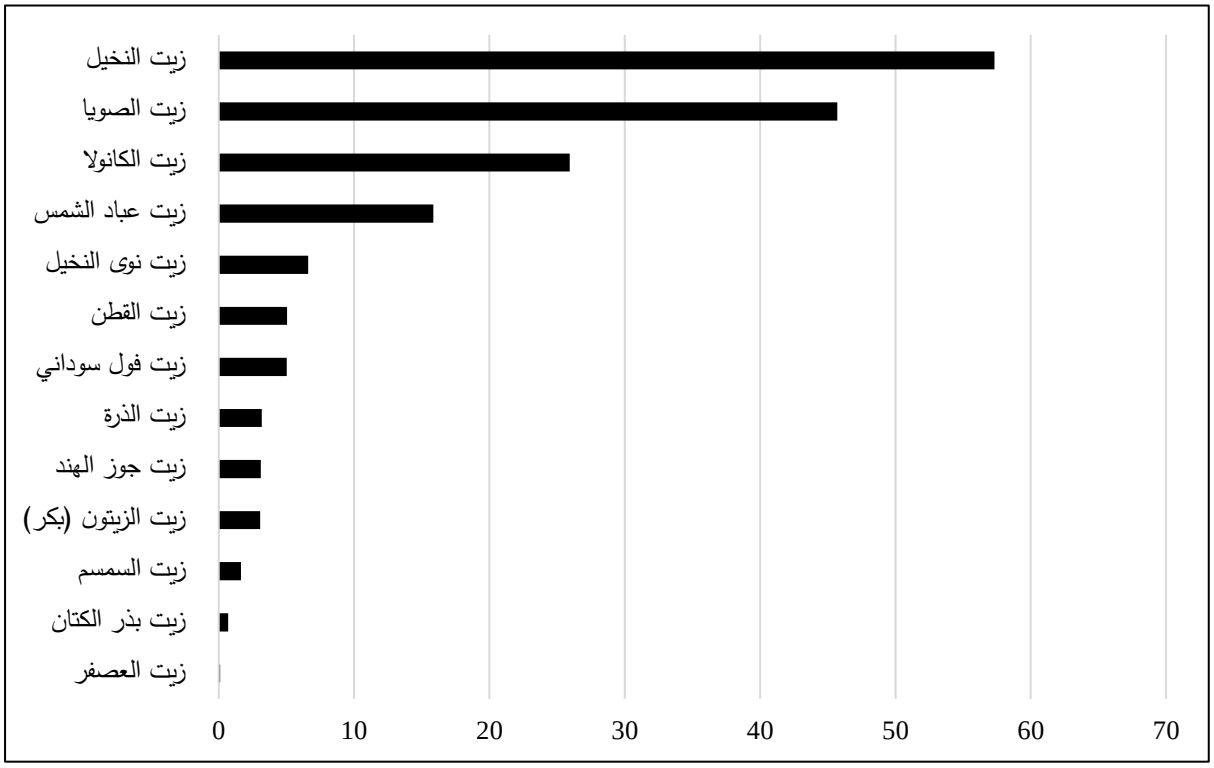
- يزرع فول الصـويا في الأراضـي الواقعة بين خطي عرض 45° جنوب خط الاسـتواء و55° شـمال خط الاسـتواء وينمو بشـكل عام في المناطق الواقعة تحت ارتفاع 1000م عن سـطح البحر (Steduto et al., 2012). وتقع سورية في المناطق التي توافق زراعة معظم أصنافه، (المط، 1977) و(غنيم، 1988).
- يعد فول الصويا من المحاصيل الصيفيّة حيث يلعب طول النهار والحرارة والرطوبة دوراً هاماً في إنتاجه.
- تنجح زراعة فول الصـويا في جميع أنواع الأراضـي، ولكن زراعته تجود في الأراضـي المسـتوية ذات التربة الخصبة والعميقة، متوسطة القوام، جيدة الصرف والتهوية، منخفضة الملوحة. (غنيم، 1988) و(Steduto et al., 2012).
- متوسـط المقاومة للجفاف، ويحتاج إلى أكثر من 6000-7000 م^3 من مياه الري للهكتار الواحد خلال كافة مراحل نموه وفقاً لكل من (غنيم، 1988) و(المط، 1977)، وبحسـب (Allen et al., 1998) فإنه يحتاج بين 4500 و 8250 م3/هكتار وذلك اعتماداً على الظروف المناخيّة، ونوع التربة، والصـنف المزروع، وعمليات الخدمة المطبّقة.

2-1-6. القيمة الغذائية لفول الصويا واستعمالاته:

استمر محصـول فول الصـويا لقرون عديدة بالنسـبة لسكان الصـين واليابان وكوريا ومنشـوريا والفلبين وإندونيسـيا مصـدراً أسـاسـيّاً لكل من اللحم والحليب والجبن والخبز والزيت، ما جعله يدعى بالذهب الآتي من التربة " Gold from soil" وببقرة الحقل "Cow of the field"، والبعض سـمّاه بالمحصـول المعجزة نظراً لكل من إنتاجيته العالية في الهكتار من المغذيات النوعية الهامة للإنسـان وللحيوان، وقدرته على التكيف مع البيئات الزراعيّة المختلفة في العالم (Khan, 1985)، فقد اكتسـب هذه المحصـول مكاناً بارزاً في تحقيق الأمن الغذائي العالمي (Thoenes, 2004)، (Khan, 1985) كواحد من أهم المحاصـيل الصـناعيّة الزيتيّة الرئيسـية في العالم (كيّال وزملاؤه، 1998).

يساهم فول الصويا بشكل كبير في تغذية الإنسان والحيوان فهو يستخدم بشكل أساسي كمصدر للبروتين وللزيت، حيث تحتوي بذوره على 40–42% من البروتين و17.5 إلى 20% من الزيت إضافةً إلى احتوائها على أحماض دهنية متعددة غير مشبعة، (Steduto et al., 2012)، ويمكن تلخيص استعمالاته بالتالي:

1- زيت الصويا: يعد من أكثر الزيوت النباتية انتشاراً على مستوى العالم، وحسب احصائيات FAOSTAT فإن إنتاجه يحتل المرتبة الثانية على المستوى العالمي بعد زيت النخيل (الشكل2-7). يمتاز هذا الزيت بغناه بالأحماض الدهنية غير المشبعة التي تلعب دوراً مهماً في خفض مستوى الكوليسترول في الدم، وتجدر الإشارة إلى أن جسم الإنسان يهضم زيت الصويا بصورة مماثلة للزيوت النباتية الأخرى المستعملة في التغذية. يمكن استخدامه مباشرة في الطعام وفي الطهي ويمكن أن تصنع الزبدة النباتية (المرغرين) منه. إضافةً إلى استخداماته الصناعية المتزايدة وخاصة في مجال الصابون، والدهانات، والصناعات البلاستيكية، ومستحضرات التجميل، والراتنج، والأحبار والمذيبات، وأقلام التلوين (Nollet and Van Hengel, 2016).



الشكل(2-7): ترتيب الإنتاج العالمي من الزيوت النباتية (مليون طن) لعام 2014
Source: FAOSTAT, Crops processed, Retrieved May, 2020

2- الأهمية العلفية للصويا: تجدر الإشارة إلى أن فول الصويا ذو قيمة علفية كبيرة ويستعمل في تغذية الحيوانات في أشكال مختلفة: علف أخضر، الدريس، السيلاج. كما تُعد الكسبة الناتجة عن عصر بذوره من أهم مصادر البروتين المستخدمة في تغذية حيوانات المزرعة من مواشي ودواجن، وهي تمثل ثلثي الأنتاج العالمي من أعلاف البروتين (Heuzé et al., 2020).

3- دقيق الصويا: يتميز دقيق فول الصويا، الذي يتم الحصول عليه بعد إزالة القشور والطحن واستخلاص الزيت بارتفاع نسبة البروتين وبعض الأحماض الأمينية الأساسية، لذلك فهو يستخدم في تدعيم ورفع القيمة الغذائية لبعض منتجات المخابز، وفي صناعة بعض منتجات اللحوم والأسماك عالية القيمة الغذائيّة منخفضة التكلفة. كما يستعمل أيضاً في صناعة المواد اللاصقة، وفي تحضير البروتينات المركزة التي تدخل كمادة أساسية في تحضير المقويات للرياضيين. (الحسانين، 2014) و(الباجوري، 2001).

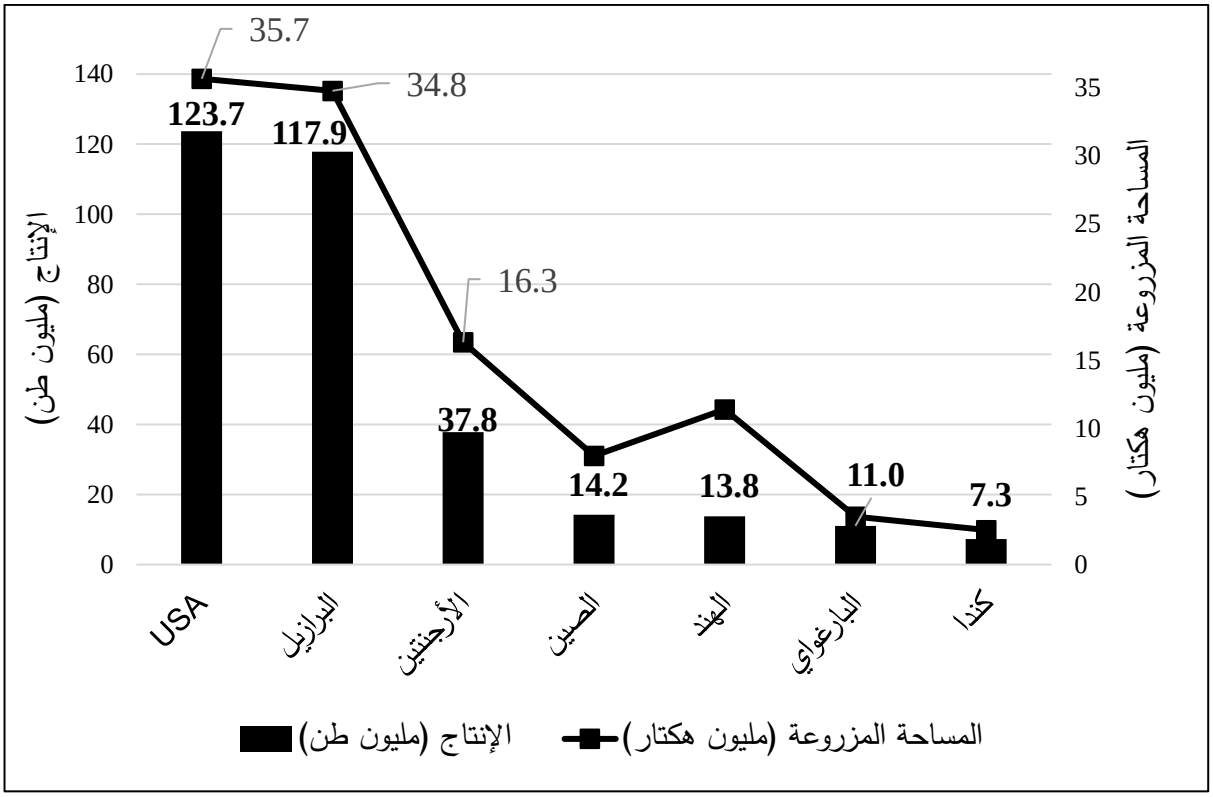
4- حليب الصويا: هو شراب يتم تحضيره بمعاملة بذور الصويا بالماء يحتوي على البروتين بنسبة قريبة جداً من الحليب البقري (Hajirostamloo and Mahastie, 2008) ذو طعم جيد يمكن استخدامه كبديل للحليب الحيواني في الكثير من المنتجات الغذائية مثل: أغذية الأطفال، والزبدة، ولبن فول الصويا، والمثلجات، وجبن الصويا (التوفو)، (الحسانين، 2014)

5- أهميته في التسميد: يعمل محصول الصويا كبقيّة المحاصيل البقوليّة على زيادة خصوبة التربة وتحسين خواصها وبالتالي رفع غلة المحصول الذي يليه في الدورة الزراعية، وذلك لمقدرة جذوره على تثبيت الآزوت الجوي بالتعايش مع بكتريا العقد الجذرية Rhizobium مما يؤدي إلى تراكم الآزوت في التربة، كما تستعمل بقايا محصول فول الصويا عادةً كسماد عضوي نظراً لغناها بالآزوت، (Yoshiki et al., 2013).

2-1-7. الأهمية الاقتصادية لفول الصويا عالمياً (مساحات وإنتاجية):

جاء محصول فول الصويا في المرتبة الرابعة على مستوى العالم من حيث المساحة المزروعة به بعد كل من القمح والذرة والرز وذلك خلال عام 2018 حسب احصائيات FAOSTAT. حيث بلغت المساحة الإجماليّة المزروعة به لعام 2018 على مستوى العام حوالي 125 مليون هكتار (56% منها تقريباً في الولايات المتحدة والبرازيل)، كما بلغ إجمالي إنتاجه فيه حوالي 350 مليون طن.

تحتل الولايات المتحدة الأمريكية مركز الصدارة عالمياً من حيث إنتاج فول الصويا تليها البرازيل ومن ثم الأرجنتين والصين، حيث بلغ إنتاج فول الصويا في الولايات المتحدة الأمريكية لعام 2018 مقدار 123.7 مليون طن وبلغت المساحة المزروعة به 35.7 مليون هكتار، تلتها البرازيل بإنتاج قدره 117.9 مليون طن ومساحة قدرها 34.8 مليون هكتار، وحلّت في المرتبة الثالثة الأرجنتين بإنتاج بلغ 37.8 مليون طن ومساحة مزروعة به بلغت 16.3 مليون هكتار. يبيّن الشكل(2-8) الدول التي تحتل الصدارة على مستوى العالم في إنتاج مصول فول وإنتاجها منه والمساحات المزرعة به خلال العام 2018.

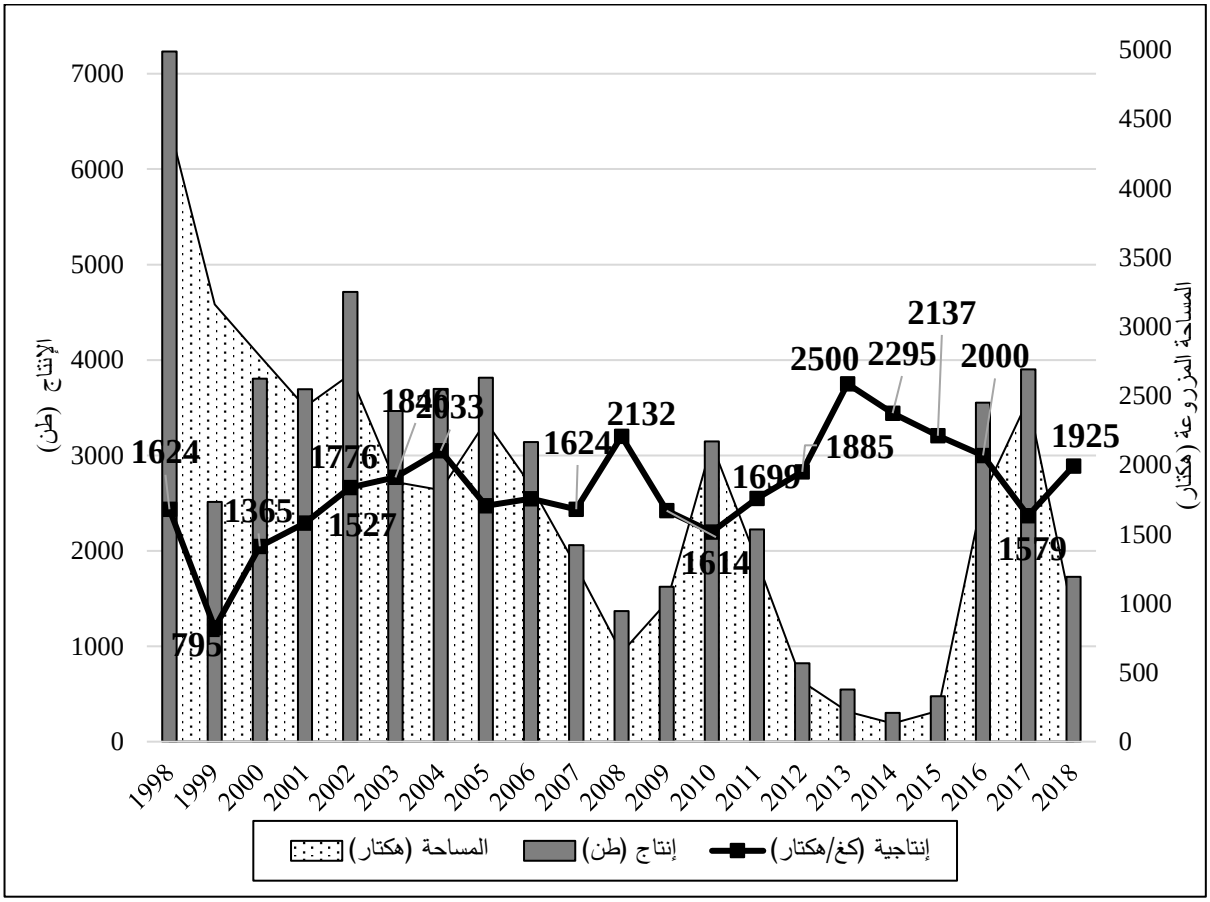


الشكل(2-8): أعلى الدول المنتجة لفول الصويا (مليون طن) والمساحات المزروعة به فيها (مليون هكتار) لعام 2018
Source: FAOSTAT, Crops, Retrieved June, 2020

2-1-8. واقع زراعة فول الصويا في سورية:

يزرع محصول فول الصويا على نطاقٍ ضيق في سورية، وبهدف الدخول في مجال الزراعة الواسعة فقد بدأت مراكز البحوث الزراعيّة منذ منتصف الثمانينيات بإدخال أصناف مختلفة منه وإخضاعها للتجارب والأبحاث لتقييم اقتصاديتها وملاءمتها للظروف البيئية في سورية (وهبي، 2002). قدّرت إنتاجيّة محصول فول الصويا في القطر حسب المجموعة الإحصائيّة السنويّة الزراعيّة لعام (2018) بحوالي 1925 كغ/هكتار، إذ بلغ إنتاجه 1.727 طن والمساحة المزروعة به كانت 897 هكتار توزرعت بشكل أساسي في محافظة الرقة (450 هكتار) وفي حمص (447 هكتار)، كما بيّنت نتائج أبحاث الماجستير والدكتوراة في كل من حوط/السويداء (عيسى، 2008) وفي مزرعة خرابو/ريف دمشق (العسود، 2010، 2013) إمكانيّة نجاح زراعة هذا المحصول.

يبيّن الشكل(2-9) تطور المساحات المزروعة من فول الصويا وإنتاجها وإنتاجيتها بين عامي 1998 و2018 حسب احصيائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي في سورية.



الشكل(2-9): المساحات المزروعة (هكتار) والإنتاج (طن) والإنتاجية (كغ/هكتار) من محصول فول الصويا في الجمهورية العربية السورية (1998-2018)، (المصدر: وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي في سورية، المجموعات الإحصائيّة الزراعيّة السنويّة)

2-2- الدراسة المرجعية:

نظراً للأهمية الكبيرة التي يتمتع بها محصـــول فول الصـــويا كمصـــدر غذائي عالي القيمة ذو محتوى مرتفع من الزيت والبروتين بالنسبة لكل من الإنسان والحيوان، أصبح من الضروري إجراء المزيد من البحوث والدراسات عليه في ظل ظروف الإجهاد المختلفة بما فيها الإجهاد المائي (Pagano and Miransari, 2016) الذي يعد العامل الرئيس الذي يسـبب خسـائر فادحة في إنتاج فول الصـويا في جميع أنحاء العالم (Wijewardana et al., 2018)، وبالتالي لا بد من العمل على تحديد آثاره في إنتاجيّة المحصـول وفي نسـب المواد المغذيّة فيه بما يخدم جدولة الري والتحكم في إنتاجية المحصول وتركيبه في ظل ظروف رطوبة التربة المتفاوتة.

إنّ الزراعة المروية في الوقت الحاضر وبشكل أكبر في المستقبل ستخضع عموماً لظروف ندرة المياه، وبالتالي فإن إدارة عمليّة الري ستحول تركيزها وأولوياتها من رفع الإنتاج في وحدة المساحة إلى رفع الإنتاج من أجل وحدة المياه المستهلكة، أي أنها ستركز على رفع كفاءة استعمال المياه WUE (Fereres and Soriano, 2007) وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تعد فيها المياه -وليست الأراضي- هي العامل المحدد لتحسين الإنتاج الزراعي (Oweis and Hachum, 2003)، وهنا تبرز أهمية الري الناقص خصوصاً في المناطق التي تعاني من موارد مائية محدودة، إذ أن التطبيق الأمثل له سيمكّن من استعمال المياه التي تم توفيرها بوساطته في ري مساحات إضافيّة من الأراضي (Kipkorir et al., 2001).

وفقاً لـ (Kirda, 2002) فقد أصبح من الضروري تطوير طرائق جديدة لجدولة الري لا تستند بالضرورة إلى توفير الاحتياج المائي الكامل للمحصول بل تهدف إلى ضمان الاستخدام الأمثل للمياه المحدودة المخصّصة. ويعد الري الناقص أحد طرائق الري هذه التي تهدف لتحقيق أعلى كفاءة استخدام مياه لمحصول معيّن عبر تخفيض كميّة الري المقدمة له تخفيضاً يؤثر بصورة طفيفة على إنتاجيته. فمن أجل كل واحدة من كميّة مياه الري المقدمة فإن المحصول سيتعرض لمستوى معيّن من الإجهاد المائي وذلك إما خلال مرحلة معيّنة من مراحل نموه أو خلال كامل موسم النمو، الأمر الذي يتم اعتماده حسب (Kirda & Kanber, 1999) بناءً على أنظمة تخصيص المياه ضمن مشاريع الري أو وفقاً لطريقة الري التي يتبعها المزارع بصورة فردية.

أشار (Ali et al., 2007) إلى أنّ النقص المتوّقع في إنتاج المحصول الخاضع لتقنية الري الناقص المناسبة سيكون غير معنوياً مقارنةً بالمياه التي سيتم توفيرها واستخدامها في ري محاصيل أخرى ضمن مساحات إضافيّة قد تكون كمية مياه الري المتاحة لها غير كافية مما قد يعوِّضْ إلى حد كبير من الخسارة الاقتصادية التي سبّبها الري الناقص، وبحسب (Kirda, 2002) فإنّ هذا الانخفاض في الإنتاج يُعد أقلّ بكثيرٍ من انخفاضه الناجم سواء بسبب الأمراض والآفات، أو بسبب التخزين والحصاد غير الملائمين، أو بسبب الاستخدام غير الملائم للأسمدة.

إنَ الري الناقص وفقاً لكل من (Geerts & Raes, 2009) هو من الممارسات الهادفة إلى إلى رفع كفاءة استعمال المياه مع تأمين إنتاجيّة مستقرة للمحصول ليست بالضرورة أن تكون أعظمية، حيث يُعد رفع كفاءة استعمال المياه واحداً من التدابير الهادفة إلى الاستخدام الفعّال الأفضل للموارد المائيّة المحدودة والتي ستعطي نتائج فورية بعكس برامج التربيّة التي غالباً ما تستغرق وقتاً طويلاً (Ku et al., 2013).

يُعرف الري الناقص بأنه أحد استراتيجيات الري التي يمكن تطبيقها مع أنظمة الري المختلفة، ويتطلب التطبيق الصحيح لهذه الاستراتيجيّة فهماً شاملاً لتأثير الإجهاد المائي في إنتاجية المحصول وللأثر الاقتصادي له في تخفيض كمية الانتاج (English, 1990)، الأمر الذي أكدّه أيضاً كل من (Steduto et al., 2012) و(Kirda, 2002) عندما بيّنوا أن استجابة المحاصيل للإجهاد المائي هي علاقة معقدة بطبيعتها وتختلف بشكل كبير بين محصول وآخر، وأنه لا بد من توفير طرق مبسّطة تفسر هذه العلاقة وتحدد السمات الأساسيّة لاستجابة المحصول للإجهاد المائي مما يمكّن بالنتيجة من دراسة الطرق الكفيلة برفع كفاءة استخدام المياه.

يمكن أن يتم تقدير أثر الري الناقص في إنتاج محصول معيّن عن طريق حساب معامل استجابة المحصول K_y الذي استُنبط من علاقة بسيطة تربط الانخفاض النسبي في غلة المحصول بما يقابله من انخفاض في الاستهلاك المائي (Smith & Steduto, 2012) وهي علاقة ذات موثوقية عالية تسمح عمليّاً بتقدير آثار عجز المياه في غلّة المحصول (Doorenbos and Kassam, 1979).

يعدّ عامل استجابة المحصول K_y مؤشراً يدل على درجة حساسيّة المحصول للإجهاد المائي ومدى تسامحه معه، فيتم بذلك توظيفه في تقدير الإنخفاض المتوقع في إنتاج المحصول بناءً على مقدار العجز المطبّق عليه،

وفي القيام بالتعديلات اللّازمة للحصول على كميّة الري المناسبة التي ستقلّل من خسارة الإنتاج ما أمكن (Smith et al., 2002)، مما يجعل معامل استجابة المحصول K_y يقوم بدورٍ رئيسٍ في التخطيط للإنتاج الزراعي في المزرعة خصوصاً في ظروف ندرة المياه، وذلك من خلال تصميم وتشغيل نظام الري بطريقة تراعي تأثّر إنتاج المحصول بكميّات الري المختلفة المقدّمة له ومواعيدها (Doorenbos and Kassam, 1979).

تخضع قيمة معامل استجابة محصول معيّن للإجهاد المائي K_y للعوامل التالية: الصنف المزروع، مستوى الإجهاد المائي المطبّق، نظام الري، فترة تطبيق الإجهاد، التلاؤم مع البيئة ومع الظروف المناخيّة المزروع فيها وعمليات الخدمة المطبّقة، ونوع التربة، لذا فإن قيّم K_y تتميّز بالتبعثر وبالاختلاف وفقاً للعوامل السابقة الخاصة بكل تجربة (Doorenbos and Kassam, 1979).

بالنسبة لمحصول فول الصويا فقد أشارت الكثير من الأبحاث والدراسات إلى إمكانيّة تطبيق الري الناقص عليه منها (Korte et al., 1983)، و(Eck et al., 1987)، و(Specht et al., 1989)، وكذلك أكّد (Stegman et al., 1990)، و(Comlekcioglu & Simsek, 2011) حيث أشار الأخيران في تجربة قاما بها في تركيا لدراسة استجابة صنفين من فول الصويا للري الناقص (Toyokomachi و Toyohomare) إلى أنّ قيمة معامل استجابة المحصول كانت أصغر من الواحد ($K_y<1$) مما يدل على الاستجابة الإيجابيّة لهذين الصنفين للري الناقص.

من ناحية أخرى، فإن تطبيق الري الناقص بشكل ملائم يمكن أن يحسّن نوعيّة المحصول، كأن يرفع محتوى البروتين في القمح والصويا وغيرها، أو يزيد طول ومتانة تيلة القطن، أو يرفع نسبة السكر في الشوندر السكري والعنب، (Kirda, 2002).

بيّن (Jovanovic and Stikic, 2012) في دراسة أجريت في كرواتيا، أنه يمكن عبر الإدارة الجيدة للري الناقص تجنب الأثر السلبي له على إنتاجية المحصول، كما أظهرت التجارب على العديد من المحاصيل (الذرة، القمح، فول الصويا، عباد الشمس، والأشجار المثمرة) إمكانيّة رفع كفاءة استخدام المياه ونوعية المحصول وزيادة أرباح المزارعين عبر تطبيق الري الناقص بالصورة المناسبة. الأمر الذي أكدّه (Kirda, 2002)، فقد بيّن أن وجود

عجزٍ مائيٍ بنسبة 25% أدى للحصول على كفاءة استعمال مياه أكبر بمقدار 1.2 مرة مقارنةً مع قيمتها لدى تطبيق الري الكامل بدون عجز، في بحث أجراه لدراسة أثر الري الناقص في إنتاج المحاصيل الرئيسة متضمنةً القطن، والذرة، والبطاطا، والشوندر السكري، وفول الصويا والقمح.

أظهرت دراسة حديثة أجريت على فول الصويا أن تطبيق الري الناقص بنسبة 75% من الري الكامل أدى إلى المحافظة على أكثر من 90٪ من إنتاجية المحصول مع رفع كفاءة استعمال المياه من 0.44 إلى 0.56 كغ/م^3 مقارنة مع الري الكامل، (Sarai et al., 2012)

بيّن (Specht et al., 2001) أنّ الغلة البذريّة لمحصـــول فول الصـــويا المجهد مائيّاً تكون أقل بكثير من غلته البذريّة الناتجة عن تزويده بكميّات الري المناســـبة. وكذلك فقد وجد كل من (Dornbos et al., 1989) و(Frederick et al., 2001) أن تعرّض محصـول فول الصـويا لإجهاد المائي قد أدى إلى انخفاض في غلته البذريّة بسبب نقص عدد الحبوب بشكل رئيسي.

بّنت دراســة نفذت في ســهل حران في تركيا خلال عامي 2003 و2004 بشـكل عام أنّ كل خفض مقداره 25% من كمية مياه الري المقدمة في الري الكامل قد قابله خســـارة كبيرة في الغلة البذريّة، حيث بلغ وســـطي الخســـارة في الغلة البذريّة خلال عامي الدراســـة 50.5% لدى تطبيق المعاملة 50% من كمية الري الكامل، (Kirnak et al., 2010).

وجد (Wei et al., 2018) أن تطبيق إجهاد مائي شديد على محصول فول الصويا قد أسفر عن خسائر كبيرة أصابت كل من الغلة البذريّة بنسبة 73%، ووزن المئة بذرة بنسبة 42٪.

أورد كل من (Dornbos & Mullen, 1991) أنّه في ظل ظروف الإجهاد المائي الشديد لمحصول فول الصويا، فإن نسبة البذور ذات الحجم الكبير (أكبر من 4.8 مم) انخفضت بنسبة بين 30–40%، في حين أن نسبة البذور صغيرة الحجم (أقل من 3.2 مم) كانت قد ازدادت بنسبة بين 3–15%.

بناءً على دراسة قام بها (Masoumi et al., 2010) فقد وُجد أن الإجهاد المائي المطبّق على فول الصويا قد خفّض من إجمال محتوى الكلوروفيل في النبات ومن وزن البذرة ومن غلّته البذريّة.

بيّن بحث نُفذ في منطقة Serm في صربيا أن تطبيق إجهاد مائي بمقدار 35% من كميّة الري على فول الصويا قد أدى إلى زيادة غلته الاقتصاديّة، وحقق تركيزاً أفضل للعناصر الغذائية في غلته البذريّة، (Kresović et al., 2017).

وبحسب (Rose, 1988) فإن الزيت والبروتين هما المكونان الرئيسان لبذور فول الصويا، ويبدأ تشكّلهما خلال مرحلة امتلاء القرون، لذلك فإن كلاً من الظروف البيئية في المناطق شبه الجافة والري الناقص يؤثران في تكوّن هذين المكونين الرئيسيين، وعادةً يزداد الإجهاد خلال مرحلة امتلاء القرون، مما يؤدي في أغلب الأحيان في البيئات الجافة إلى زيادة نسبة البروتين وانخفاض محتوى زيت فول الصويا.

كما أكدّ (Mertz-Henning et al., 2018) في دراسة أجريت على عدد من أصناف فول الصويا في ظروف الري الناقص وجود علاقة عكسيّة بين البروتين والزيت في البذور، وكذلك بين الغلة البذريّة ومحتوى البذور من البروتين. وقد عزّز (Chung et al., 2003) النتيجة السابقة، إذ أشار إلى ارتباط نسبة البروتين في بذور فول الصويا ارتباطاً سلبيّاً مع نسبة الزيت فيها.

وفي تجربة أجراها كل من (Arumingtyas & Savitri, 2014) في أندونيسيا على تأثير الري الناقص في محتوى الصويا من البروتين، تبيّن أن كمية البروتين في بذور الصويا كانت أعلى في ظروف الإجهاد المائي مقارنةً بالري بالكامل، وهي نتيجة مطابقة لما توصل إليه (Rotundo & Westgate, 2010).

أشار بحث أجراه (Behtari et al., 2011) في جامعة تبريز في إيران أن كلاً من نسبة الزيت والبروتين لصنف من بذور الصويا لم تتأثر بشكل معنوي بالعجز المائي، إلا أنه مع اشتداد حدة العجز المائي لوحظ أن كمية البروتين والزيت المستخلصة من وحدة المساحة قد تأثرت بصورة معنوية. كما بيّن(Kirnak et al., 2010) أن الإجهاد المائي المطبّق على فول الصويا سبّب خفضاً معنوياً في نسبة الزيت والبروتين.

أظهرت دراسة أجراها (Ghassemi-Golezani & Farshbaf-Jafar, 2012) في خوي في إيران أن الإجهاد المائي قد تسبب في خفض نسبة الزيت وزيادة نسبة البروتين في فول الصويا كما بيّنا وجود علاقة ارتباط إيجابي كبير بين الغلّة البذريّة وإنتاجيّة فول الصويا من الزيت والبروتين في وحدة المساحة.

أما في الظروف المثلى غير المجهدة، فقد تناولت الكثير من الدراسات والأبحاث الاحتياج المائي الكامل لمحصول فول الصويا وهو بحسب (Allen et al., 1998) عبارة عن كميّة المياه اللّازمة للمحصول لتحقيق الإنتاج الأمثل ويساوي إلى كميّة المياه التي تتم خسارتها بسبب النتح والتبخر.

فبحسب كل من (Brouwer & Heibloem, 1986) فإنّ الإحتياج المائي الكامل لفول الصويا يتراوح بين 4500 و7000 م^3/هكتار، وبين 6000 إلى7000 م^3/هكتار حسب كل من (وهبي،2002) و(غنيم، 1988)، أما (Smith & Steduto, 2012) فقد وجدا أن الاستهلاك المائي لفول الصويا يتراوح بين 3000 إلى 8000 م^3/هكتار، حيث يُقدّر في الهند بـ 4500 م^3/هكتار وفي الولايات المتحدة الأمريكيّة بين 3300 إلى 7600م^3/هكتار. أما وفقاً لـ (Allen et al., 1998) فإنه يساوي بين 4500 إلى 8250 م^3/هكتار. وفي دراسة أجريت خلال الموسمين 2000 و2001 ضمن مصلحة الأبحاث الزراعيّة في تل عمارة في لبنان بلغ وسطي الاستهلاك المائي لفول الصويا 7625 م^3/هكتار (Karam et al., 2005).

الفصل الثالث

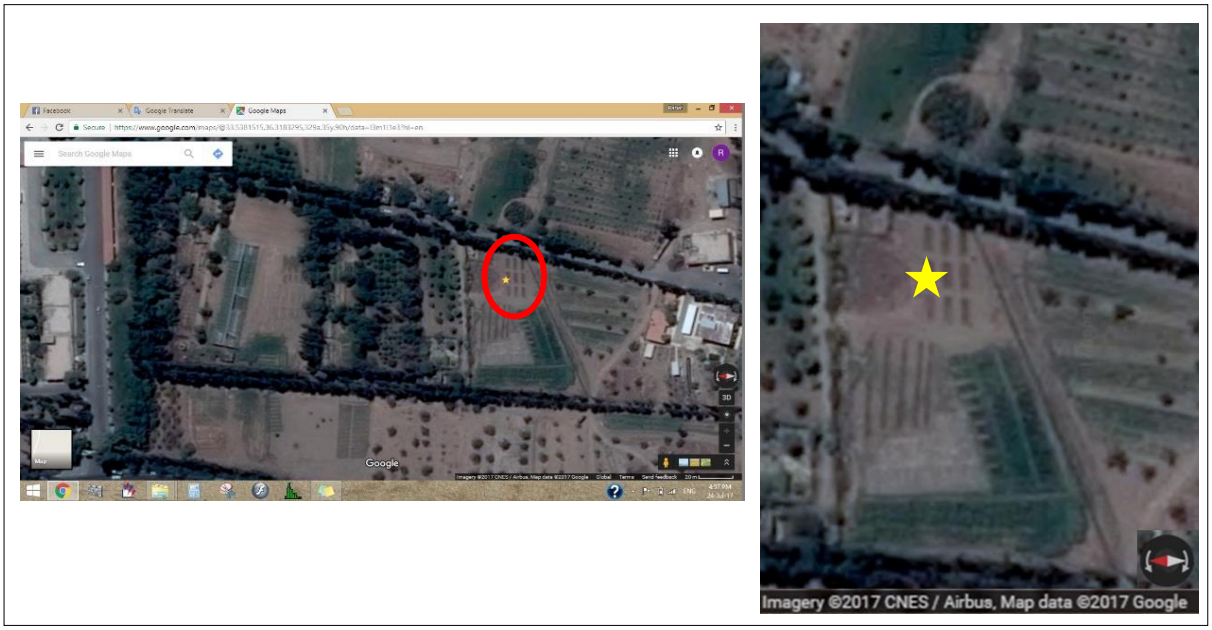
مواد وطرائق البحث

3- مواد وطرائق البحث:

وصولاً إلى تحقيق أهداف الدراسة تم تنفيذ المنهجيّة التالية متضمنة مجموعة الخطوات والاجراءات والأسس:

3-1- موقع الدراسة:

نُفذت الدراسة في مزرعة أبي جرش التابعة لكلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق الواقعة ضمن حوض دمشق المائي والتابعة لمنطقة الاستقرار الثالثة على خط عرض 33.54° شمالاً وخط طول 36.32° شرقاً على ارتفاع وسطي 718.2 م عن سطح البحر، الشكل(3-1).



الشكل(3-1): صورة فضائية لحقل الدراسة
Imagery ©2017 CNES / Airbus, Map data ©2017 Google

3-2- الخواص الطبيعيّة لموقع الدراسة:

تمت الإحاطة بكافة الخواص الطبيعية التي يمتاز بها موقع الدراسة من خواص مناخية وبيديولوجية متعلقة بالتربة لتوظيفها في تحقيق أهداف الدراسة.

3-2-1. الظروف المناخية في موقع الدراسة:

تتأثر هذه المنطقة بمناخ البحر الأبيض المتوسط، وآخر قاري إلى حد ما، تتميز بصيف جاف وحار نسبياً وشتاء بارد نسبياً وفصلين انتقالين قصيرين الخريف والربيع، وفيما يلي أهم الظروف المناخيّة في هذه المنطقة خلال عام 2016:

- **الهطول المطري:** يتميّز الهطول المطري في موقع الدراسة بتباين كميّته خلال السنة الواحدة ومن سنة إلى أخرى، ويتركز معظمه في فصل الشتاء اعتباراً من شهر كانون الأول وحتى شهر شباط بمعدل سنوي يبلغ 250 مم، في حين بلغ 226 مم في سنة الدراسة 2016

- **الحرارة:** كان معدل الحرارة الوسطي خلال عام 2016 في منطقة الدراسة 20.2°م، وبلغت الحرارة في هذا العام قيمتها العظمى 42°م في شهر آب، في حين بلغت قيمتها الدنيا 3.5°- م في شهر كانون الثاني.

- **الرطوبة:** بلغ معدل الرطوبة النسبية لمنطقة الدراسة عام 2016 حوالي 50%، وكانت أعلى رطوبة نسبيّة خلال شهري كانون الثاني (62%) وكانون الأول (74%)، في حين بلغت الرطوبة النسبيّة قيمتها الأدنى في سنة الدراسة خلال شهري نيسان (33.7%) وحزيران (38.2%).

- **الرياح:** تسود في المنطقة الرياح الغربية والجنوبيّة الغربية شتاءً مع فترات تسود فيها رياح شرقية أو شرقية جنوبية.

الجدول(3-1): القيم المتوسطة الشهريّة لأهم العوامل المناخيّة في منطقة الدراسة خلال عام 2016

الشهر	الهطول المطري (مم)	وسطي الحرارة (م°)	وسطي الرطوبة النسبية (%)
كانون الثاني	31.9	8.1	62.3
شباط	30.1	13.6	50.4
آذار	9.9	15.1	44.0
نيسان	4.4	21.5	33.7
أيار	2.2	22.3	49.9
حزيران	0	28.8	38.2
تموز	0	29.3	50.1
آب	0	30.5	50.0
أيلول	0	26.2	50.4
تشرين الأول	8.2	23.6	48.9
تشرين الثاني	30	15.8	47.5
كانون الأول	109.3	8.0	74.7

المصدر: محطة رصد المزة المركزي

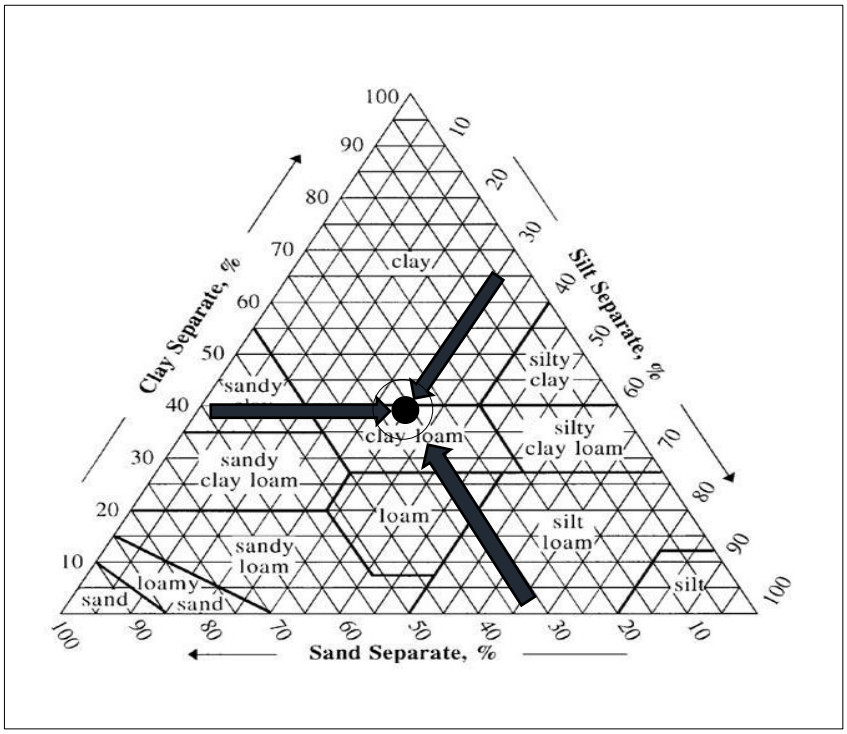
3-2-2. الخواص الفيزيائيّة والكيميائيّة لتربة موقع الدراسة:

أُجريت التحاليل اللازمة لتحديد أهم الخواص الفيزيائية والكيماوية لتربة موقع الدراســـة قبل الزراعة، وذلك بهدف حساب كميات الري اللّازمة، وتحديد الاحتياجات السمادية للمحصول ومدى ملائمته لتربة المنطقة، فتبيّن ما يلي:

- تم تقدير قوام تربة موقع الدراســـة بطريقة الهيدروميتر (Gupta, 2000) في مخبر التربة التابع لمركز البحوث العلمية الزراعيّة في السويداء وذلك بتحديد النسبة المئوية لمجاميع الرمل والطين والسلت (الجدول 3-2)، فكان قوام تربة الدراسة "طيني لومي" وفقاً للتصنيف الأمريكي USDA (الشكل، 3-2) وهي مناسبة للمحصول المزروع.

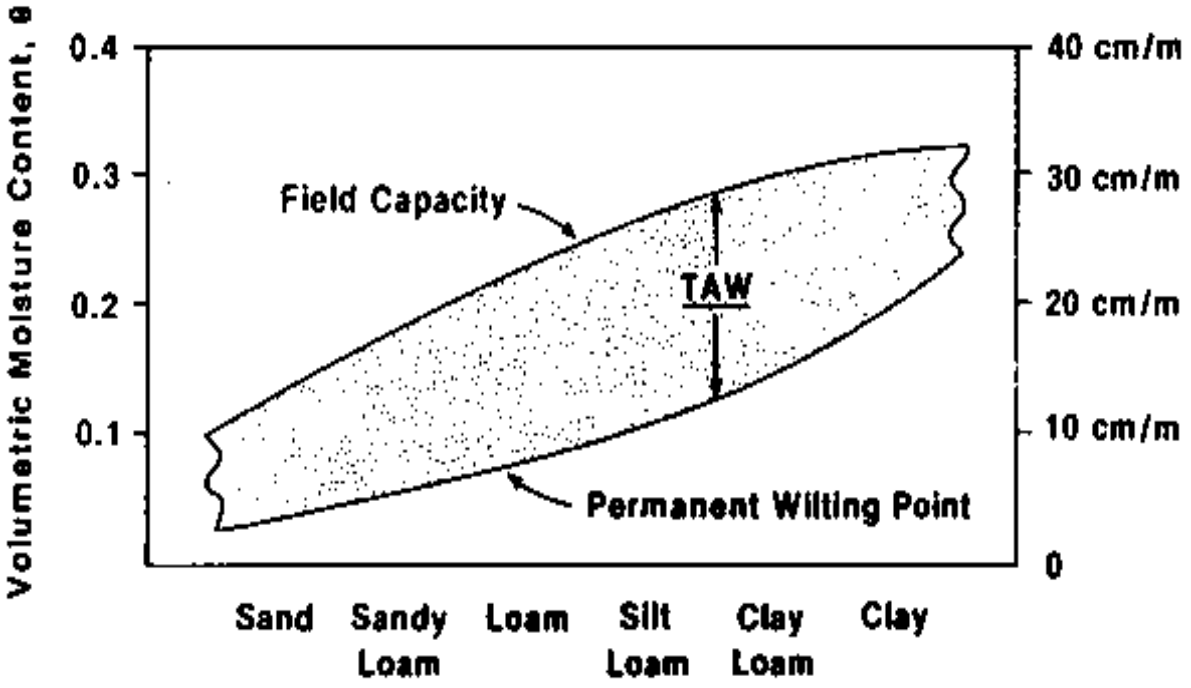
الجدول(3-2): نتائج التحليل الميكانيكي لتحديد قوام تربة موقع الدراسة

التركيب الحبيبي للتربة في موقع الدراسة		
نسبة الرمل [%]	**نسبة الطين** [%]	**نسبة السلت** [%]
31	39	30
قوام التربة: طيني لومي Clay Loam		



(الشكل3-2): قوام تربة موقع الدراسة وفقاً لمثلث قوام التربة وفق التصنيف الأمريكي USDA

- بلغت الكثافة الظاهرية (ρ_b) وسطياً عند عمق 30 سم 1.2 غ/سم^3، تم تقديرها حقلياً بطريقة الأسطوانة (Blake ،1986).
- قُدّرت السعة الحقليّة الوزنيّة (Fc_w) حقليّاً في موقع الدراسة بـ 26% حيث تم اشباع قطاع التربة بالمياه حتى 1 م ضمن قطعة تجريبية أنشئت في حقل الدراسة، ومن ثم تمت تغطية هذه القطعة بالنايلون لمنع التبخر، وتم أخذ قراءات رطوبة التربة فيها كل 24 ساعة إلى أن تم الوصول إلى السعة الحقليّة عندما أصبحت التغيّرات في رطوبة التربة صغيرة جداً، (Walker, 1989). وترجع أهمية السعة الحقلية لكونها تمثل الحد الأعلى للماء المتاح بسهولة RAW للنبات في التربة والذي يؤدي تجاوزه إلى التأثير على النشاط الفيزيولوجي للجذور وخفض قدرة النبات على الاستفادة من ماء التربة لاختلاف التوازن بين الماء والهواء ضمن المسام، (بلديه، 2014).
- بلغت السعة الحقلية الحجميّة (Fc_v) 31.2%، وهي حاصل جداء الكثافة الظاهرية في السعة الحقليّة الوزنية.
- نقطة الذبول الدائم (PWP_v) قُدرت بـ 16.8% اعتماداً على الشكل التالي(3-3):



الشكل(3-3): العلاقة بين نوع التربة، والماء الكلي فيها، والسعة الحقليّة، ونقطة الذبول الدائم حسب (Walker and Skogerboe، 1987)

- ويبيّن الجدول(3–3) أهم الخواص الفيزيائية لتربة موقع الدراسة.

الجدول(3–3): الخصائص الفيزيائية لتربة موقع الدراسة

الخاصة الفيزيائية			القيمة
الكثافة الظاهرية	(ρ_b)	[gr/cm^3]	1.2
السعة الحقلية الوزنية	(**Fc_w**)	[%]	26
السعة الحقلية الحجمية	(**Fc_v**)	[%]	31.2
نقطة الذبول الدائم	(PWP_v)	[%]	16.8

- أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية (الجدول 3–4) أن تفاعل التربة كان قاعدياً معتدلاً، وأن التربة غير متأثرة بالملوحة، وذات محتوى كاف من المادة العضـوية، وكميّة مرتفعة نسـبيّاً من كربونات الكالسـيوم. تم التحليل في مخبر التربة التابع لمركز البحوث العلمية الزراعيّة في السـويداء، كما تم تقييم نتائج هذه التحاليل حسـب الزعبي وآخرون (2013)

الجدول(3–4): الصفات الكيميائيّة لتربة موقع الدراسة

التحليل		القيمة	التقييم*
PH	(1:2.5)	7.58	قاعدي
Ec	[mS/cm]	0.815	غير مالحة
OM	[%]	2.14	كاف
CaCo3	[%]	41	مرتفع
N	[ppm]	12	معتدل
P	[ppm]	11	متوسط
K	[ppm]	131	فقيرة
Fe	[ppm]	3.98	منخفض
Cu	[ppm]	5.43	مرتفع
Zn	[ppm]	5.39	عالي
Mn	[ppm]	6.29	منخفض

3-3- المادة النباتية المستخدمة:

استخدمت في هذه الدراسة بذور الطراز الوراثي (NEW A3803) التابع لمجموعة النضج الثالثة (III) من نبات فول الصويا [Glycine max L (Merr.)]. وهو صنف متفوّق في تجارب الحقول الاختبارية تم توصيفه وإعطاؤه الرمز Sb44 خلال تجارب وأبحاث قسم بحوث المحاصيل الزيتية التابع لإدارة بحوث المحاصيل في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية. يبين الجدول(3-5) مواصفات هذا الصنف.

الجدول(3-5): مواصفات الصنف Sb44 المستخدم في الدراسة*

الطراز الوراثي	الرمز	لون الأزهار	المصدر
NEW A3803	Sb44	أبيض	شركة اسكرو الامريكية

* الهيئة العامة للبحوث العلمية الزارعية، إدارة بحوث المحاصيل، قسم المحاصيل الزيتيّة

3-4- التصميم الإحصائي والحقلي للدراسة:

وضعت هذه الدراسة وفقاً لتصميم القطاعات العشوائية الكاملة RCBD (Randomized Complete Block Design) لدراسة استجابة الصنف Sb44 من فول الصويا لظروف الري الناقص وفقاً لمستويات الري الثلاثة المبيّنة في (الجدول3-6) وبثلاث مكررات للمعاملة، فكان العدد الكلي للقطع التجريبية (9) قطع.

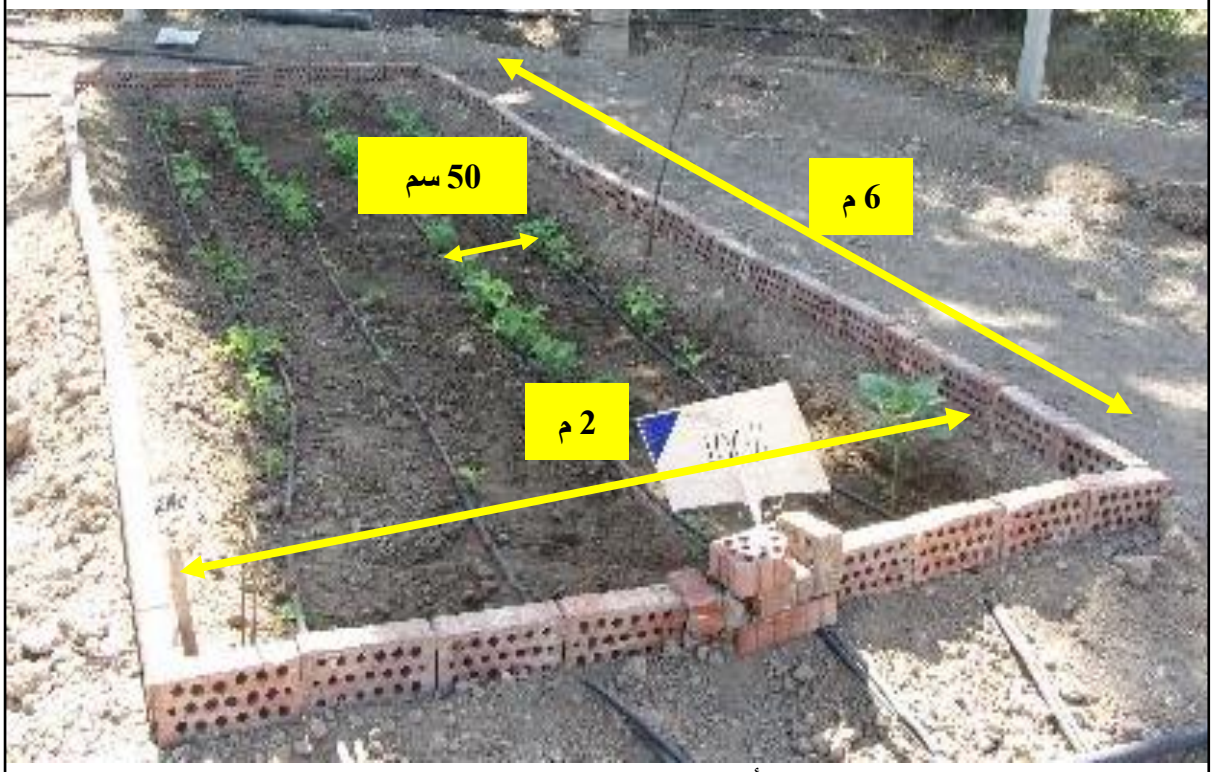
الجدول(3-6): معاملات الري المدروسة

رمز المعاملة	وصف المعاملة
I_1	ري كامل (100%) من دون إجهاد مائي
I_2	ري ناقص: (80%) من الري الكامل
I_3	ري ناقص: (65%) من الري الكامل

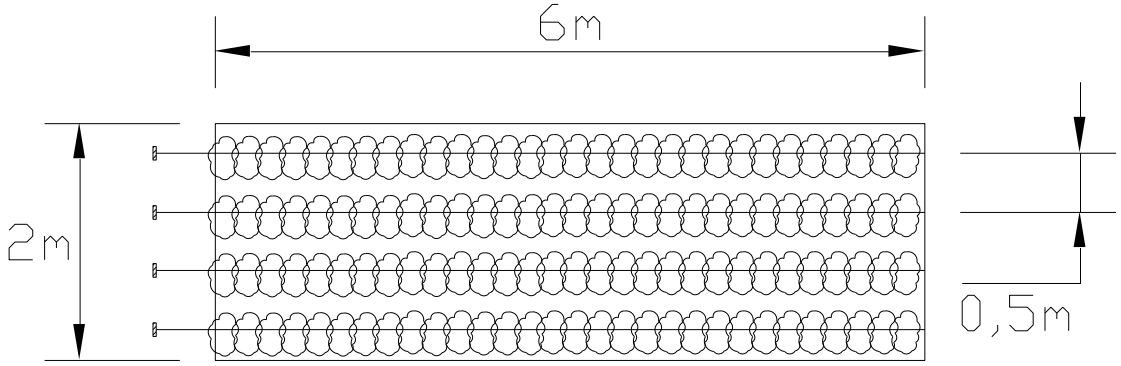
- تم جمع بيانات القراءات المدروسة وتبويبها باستخدام برنامج MS-Excel ثم حُللت احصائياً باستعمال البرنامج الاحصائي GenStat (12th Edition)، حيث استخدُم تحليل التباين الأحادي One-way ANOVA لتحديد معنوية تأثير المعاملات المدروسة في المؤشرات المدروسة لمحصول فول الصويا عند مستوى

α=0.05، تلاه اختبـار أقـل فرق معنوي LSD (Fisher's Unprotected Least Significant Difference) لتحديد مصـادر التباين، وإجراء المقارنات الثنائية بين متوسطات المتغيرات المدروسة وصولاً إلى اختيار المعاملة ذات المؤشرات الأنسب.

- تم تخطيط الأرض وتقسيمها إلى (9) قطع التجريبية، بلغت مساحة القطعة الواحدة 12 م^2 بأبعاد 6 م x 2 م أُنشئت فيها أربعة خطوط زراعة بتباعد 50 سم فيما بينها، الشكل(3-4، أ، ب)



أ. صورة حقليّة للقطعة التجريبية



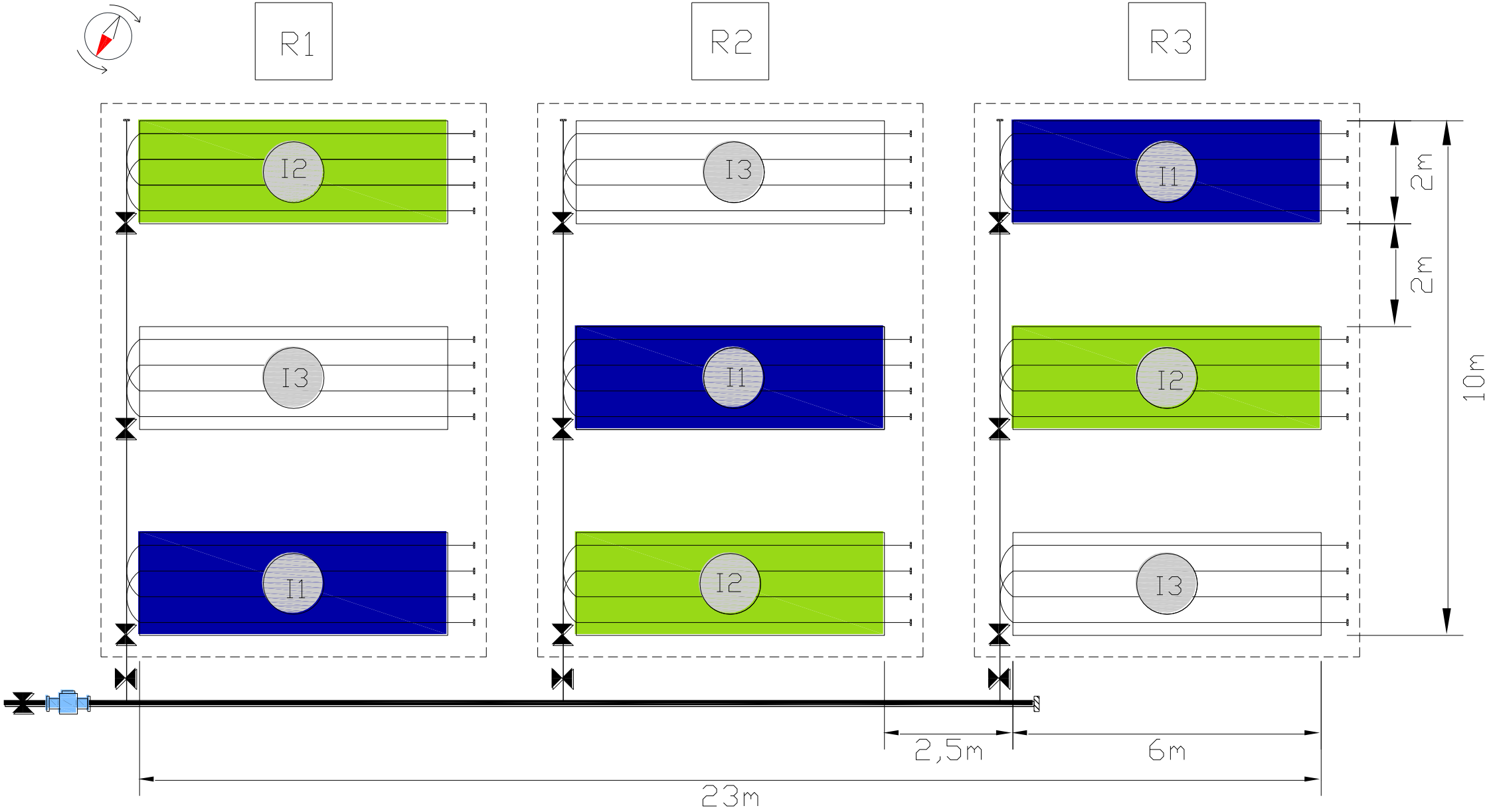
ب. شكل تخطيطي للقطعة التجريبية

الشكل(3-4): أبعاد القطعة التجريبية

- وُزعت القطع التجريبيّة بشكل عشوائي على ثلاثة قطاعات (R_1، R_2، R_3) احتوى كل منها على المعاملات الثلاثة بتوزيع يختلف من قطاع لآخر بما يحقق توّزعاً متجانســاً للوحدات التجريبية في كامل التجربة (تركت مسـافة تسـاوي إلى 2 م بين القطع التجريبية للحد من إمكانية رشـح المياه من القطع غير المعاملة إلى القطع المعاملة عند مرحلة معينة، في حين كانت المسـافة بين القطاعات تسـاوي 2.5 م، ويبيّن كل من الجدول(3-7) والشكل(3-5) تفاصيل التصميم الحقلي للتجربة.

الجدول(3-7): تفاصيل تصميم مخطط التجربة

عدد المعاملات	3 معاملات
عدد المكررات	3 مكررات
عدد القطع التجريبية	9 قطع تجريبيّة
طول القطعة التجريبيّة	6 م
عرض القطعة لتجريبيّة	2 م
مساحة القطعة لتجريبيّة	12 $م^2$
مساحة التجربة / مساحة الأرض المزروعة /	108 $م^2$
عدد أنابيب السقاية في القطعة التجريبية	4 أنابيب سقاية
طول الأنبوب	6 م
التباعد بين أنابيب السقاية في القطعة التجريبيّة	50 سم
عدد الخطوط المزروعة في القطعة التجريبيّة	4 خطوط زراعة
طول الخط المزروع	6 م
التباعد بين الخطوط المزروعة في القطعة التجريبيّة	50 سم
التباعد بين النباتات في الخط المزروع	10 سم
عدد النباتات في الخط المزروع	60 نبتة
عدد النباتات في القطعة التجريبية	240 نبتة
عدد النباتات الكلي	2160 نبتة
الكثافة النباتية	200 ألف نبتة/هكتار
عرض ممرات الخدمة	2 م
المسافة بين القطاعات	2.5 م
الطول الإجمالي للحقل مع ممرات الخدمة	27 م
العرض الإجمالي للحقل مع ممرات الخدمة	14 م
إجمالي مساحة الحقل	378 $م^2$



الشكل(3-5): تفاصيل التصميم الحقلي للتجربة (مقياس الرسم 100/1)

3-5- العمليات الزراعيّة المنفّذة:

تم البدء بتحضير الأرض للزارعة منذ منتصف شهر أيار2016 واستمرت عمليات خدمة المحصول حتى مرحلة الحصاد في شهر تشرين الأول، 2016 (الملحق1). وفيما يلي العمليات الزراعية التي طُبّقت على المحصول:

3-5-1. تحضير أرض التجربة: الشكل(3-6، أ، ب، جـ)

تمت فلاحة الأرض المخصصة للدراسة في منتصف شهر أيار فلاحتين متعامدتين على عمق 40 سم، تلا ذلك تخطيطها وتقسيمها إلى (9) قطع تجريبيّة وفقاً لتصميم التجربة الوارد في الفقرة (3-4)، ومن تم تنعيم القطع التجريبيّة بالعزاقة الدورانية للتخفيف قدر الإمكان من وجود الأعشاب.

أ. فلاحة الأرض

ب. تخطيط الأرض وتقسيمها

جـ. تنعيم الأرض بالعزاقة الدورانيّة

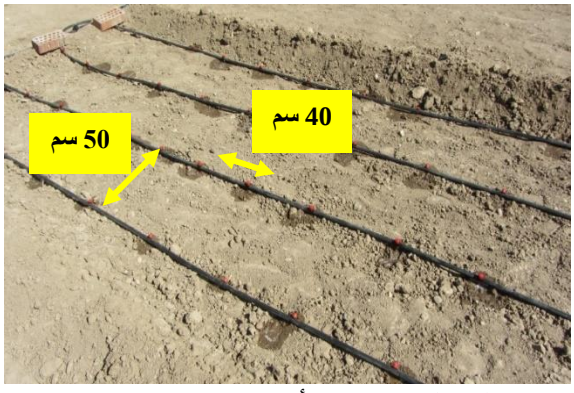
الشكل(3-6): تحضير أرض التجربة

3-5-2. تركيب شبكة الري:

استخدم نظام الري بالتنقيط ذي النقاطات الخارجيّة، حيث زوّدت كل قطعة تجريبية بأربعة أنابيب سقاية مجاورة لخطوط الزراعة (الشكل3-7). بلغ التباعد بين أنابيب السقاية 50 سم وتم تركيب النقاطات الخارجيّة عليها وفقاً لتباعد ثابت يساوي إلى 40 سم، الأشكال (3-8 و3-9 و3-10)

- تم تركيب عداد للمياه في بداية الشـــبكة الشـــكل(3-11)، وزوّد كل قطاع وكل قطعة تجريبية في التجربة بصـــمامات تحكم خاصـــة بها بما يحقق التحكم التام بكميات الري المقرر إمداد المحصـــول بها في الوقت المناسب، الشكل(3-12).

الشكل(3-7): المنقط الخارجي وخط الزراعة



الشكل(3-8): التباعد بين أنابيب السقاية وبين المنقطات الخارجية في القطعة التجريبيّة

الشكل(3-9): تركيب النقاطات الخارجية

الشكل(3-10): نظام الري بالتنقيط بعد تركيبه

الشكل(3-11): عداد المياه في بداية الشبكة

الشكل(3-12): صمام تحكم بالقطعة التجريبيّة

ويبيّن الجدول(3-8) التالي بعض مواصفات أنابيب السقاية المستخدمة حسب الشركة المصنعة:

الجدول(3-8): مواصفات أنابيب السقاية بالمنقاطات الخارجية

مادة أنبوب السقاية	LDPE
قطر أنبوب السقاية	16 مم
تصريف النقاطة	4 ليتر/ساعة
الضغط	حتى 4 بار
السماكة	1.2 مم

3-5-3. زراعة المحصول (موعد الزراعة وطريقتها):

تمت زراعة المحصول بتاريخ 6 حزيران2016 وذلك في تربة رطبة بعد يومين من ريّها ريّة خفيفة لتأمين إنبات جيّد للبذور (زراعة خضير)، وبمعدل 1 كغ/دونم من البذور السليمة. حيث قدّرت الكميّة اللازمة من البذور بعد تنقيتها يدوياً من البذور الغريبة والمكسرة والتالفة واختبار حيويتها مخبرياً.

زرعت البذور يدوياً ضمن سطور على عمق (3) سم وبتباعد (10) سم بحيث كانت الكثافة النباتية 200 ألف نبتة/هكتار، (الشكل3-13، أ، ب) الجدول(3-7)

أ. إنشاء السطور بالقرب من أنابيب الري لنثر البذور فيها

ب. زراعة البذور ضمن السطر

الشكل(3-13): زراعة المحصول

3-5-4. ترقيع المحصول:

تم ترقيع المحصول ببذور من نفس الصنف بعد ثلاثة أيام من تكشف البادرات وذلك بإعادة زراعة البذور في المواقع الخالية من النباتات.

3-5-5. العزيق:

أُجريت ست عمليات عزيق سطحي يدوياً للقطع التجريبية خلال كامل موسم النمو للتخلص من الأعشاب، الشكل(3-14)

الشكل(3-14): عزيق المحصول يدوياً خلال مراحل مختلفة من نموه

3-5-6. مكافحة الأمراض والآفات:

تمت مراقبة ظهور الآفات بعد الزراعة بشكل مستمر، كما رُشّ المحصول وقائيّاً باستخدام المبيدات المناسبة الموصى بها من قبل إدارة بحوث وقاية النبات في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعيّة. ولم تظهر على النباتات أية أمراض أو إصابات حشرية طول موسم النمو.

3-5-7. تسميد المحصول:

أُضيفت الأسمدة الآزوتية والفوسفورية والبوتاسية اللّازمة بشكل مترافق مع تحضير التربة للزراعة وذلك بناءً على نتائج تحليل محتوى التربة من العناصر الكبرى (K-P-N) الواردة في الفقرة (2-2-3.) واعتماداً على التوصية السمادية الصادرة عن إدارة بحوث الموارد الطبيعية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، (الجدول3-9)

الجدول(3-9): كميّات الأسمدة الواجب المُضافة بناءً على التوصية السمادية

	تركيز العنصر في التربة		الكميّة الموصى بها من العنصر		كميّة السماد الواجب إضافتها	
N	12	[ppm]	20	كغ/هكتار (N)	64.33	كغ/هكتار (نترات 33.5%)
P	11	[ppm]	20	كغ/هكتار (P2O5)	37.94	كغ/هكتار (سوبر فوسفات 46%)
K	131	[ppm]	25	كغ/هكتار (K2O)	55.39	كغ/هكتار (سلفات البوتاسيوم 50%)

ونظراً لعدم استخدام الملقح البكتيري في معاملة البذور، فقد قُسمت الكمية المطلوبة من السماد الآزوتي إلى قسمين، الأول تم تزويد التربة به مع باقي الأسمدة عند تحضير التربة، وأُضيف القسم الثاني بعد الإنبات الكامل.

3-5-8. حصاد المحصول:

تمت عمليّة الحصاد بتاريخ 4 تشرين الأول 2016 وذلك في مرحلة النضج الكامل للمحصول حيث تحولت في هذه المرحلة 80-90% من القرون إلى اللون البني أو الأصفر، وتساقطت الأوراق وجّفت الساق واصفرت. أُجريت عمليات الحصاد يدوياً باستخدام مقص للنباتات ثم نُقلت النباتات إلى أرض مجاورة مغطاة بغطاء بلاستيكي حيث تُركت لتجف تحت أشعة الشمس المباشرة مع تقليبها بشكل مستمر. تم جمع القرون بعد جفافها ومن ثم تم فصل الحب عن القش، تلا ذلك تذرية المحصول وغربلته ومن ثم تعبئته بأكياس مناسبة كما يبين الشكل(3-15)

أ. حصاد المحصول باستخدام مقص نباتات

ب. تجفيف شمسي للمحصول

جـ. قوط القرون

د. غربلة المحصول وتذريته (1)

هـ. غربلة المحصول وتذريته (2)

و. تعبئة البذور

الشكل(3-15): حصاد المحصول

3-6- حسابات الري:

3-6-1. الاستهلاك المائي:

قُدّر الاستهلاك المائي للمحصول (ET_c) حقليّاً خلال كامل موسم النمو وخلال كل طور من الأطوار الفينولوجية باستعمال معادلة الموازنة المائية للتربة وفقاً لـ (Allen et al., 1998) التي تفترض التساوي بين الوارد والفاقد من كميّات المياه ضمن منطقة المجموع الجذري الفعّال للمحصول في التربة خلال الفترة الزمنيّة المعتبرة:

$$\mathbf{ET_c} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}} \mathbf{IR_{n_i}} + \mathbf{P} - \mathbf{RO} - \mathbf{DP} + \mathbf{CR} \pm \boldsymbol{\Delta SF} \pm \boldsymbol{\Delta SW}$$

حيث:

ETc الاستهلاك المائي للمحصول ويساوي إلى النتح والتبخر من النبات وسطح التربة [مم]

$\sum IR_n$ كميّة الري الصافي التي زوّدت بها منطقة المجموع الجذري الفعّال للمحصول خلال الفترة الزمينة المعتبرة وتساوي إلى مجموع الريّات المقدمة للمحصول خلالها [مم]

P كميّة الهطول المطري [مم]

RO الفاقد بالجريان السطحي من الري الصافي ومن الهطول المطري [مم]

DP الفاقد بالتسرب العميق من الري الصافي ومن الهطول المطري [مم]

CR كمية التغذيّة بالمياه الشعرية الصاعدة من مستوى ماء أرضي مرتفع [مم]

ΔSF الوارد أو الفاقد من مياه الجريان الأفقي تحت السطحي [مم]

ΔSW التغير في المحتوى الرطوبي للتربة ضمن منطقة المجموع الجذري الفعّال للمحصول [مم]

- أُهمل الهطول المطري P من المعادلة لأن المحصول صيفي، كما أُهمل كل من الجريان السطحي RO والفاقد بالتسرب العميق DP بسبب الكفاءة العالية لنظام الري التي بلغت في هذه التجربة (95%)، ولأن كميات الري المُقدمة للمحصول كانت محسوبة حسب العمق الفعّال للجذور فقط. كما أُهمل CR لعدم وجود مستوى ماء أرضي مرتفع في موقع التجربة، وأهملت ΔSF لعدم وجود مصادر تغذية جانبية في موقع الحقل

المدروس، وكذلك تم إهمال ΔSW بســـبب تماثل المحتوى الرطوبي للتربة بين بداية ونهاية الفترة الزمنيّة المعتبرة. وبذلك فقد اقتصرت معادلة الموازنة المائيّة السابقة على الشكل التالي:

$$\mathbf{ET_c} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}} \mathbf{IR_{n_i}}$$

أي أن الاستهلاك المائي للمحصول تمّ تعويضه عن طريق عمليات الري فقط خلال كامل موسم النمو.

3-6-2. حساب الماء المتاح بسهولة Readily Available Water (RAW):

هو المحتوى الرطوبي للتربة ضـــمن العمق الفعّال للجذور الذي يحتاجه النبات كي ينمو نموّاً طبيعيّاً من غير إجهاد (دليل معايير تصــميم، 2007). وبعبارة أخرى فإن الماء المتاح بســهولة هو الجزء من الماء المتاح الكلي (Total Available Water، TAW) الذي يســتطيع الحصــول عليه من العمق الفعّال للجذور بســهولة ومن غير أن يواجه إجهاداً مائيّاً (Allen et al, 1998) وتتأثر كميّته بخواص التربة وبالمحصـــول المزروع ومعدل استهلاكه (بلديه والشاطر، 2010).

- حيث حُسب الماء المتاح الكلي (TAW) حسب (Allen et al, 1998) من العلاقة:

$$\mathbf{TAW} = \left(\frac{\mathbf{f_{cv}} - \mathbf{PWP_v}}{\mathbf{100}}\right)\mathbf{Z_r}$$

حيث:

TAW	الماء المتاح الكلي للتربة ضمن العمق الفعّال للجذور [مم]
f_{cv}	المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية كنسبة حجميّة [%]
PWP_v	المحتوى الرطوبي للتربة عند حد الذبول الدائم كنسبة حجمية [%]
Z_r	العمق الفعّال للجذور [مم]

- في حين تم حساب كميّة الماء المتاح بسهولة (RAW) بالعلاقة التالية وفق استمارات جدولة الري في إدارة بحوث الموارد الطبيعية في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، وحسب (دليل معايير تصميم، 2007):

$$\mathbf{RAW} = \left(\frac{\mathbf{f_{cv} - 80\%\, f_{cv}}}{\mathbf{100}}\right)\mathbf{Z_r}$$

حيث:

RAW الماء المتاح بسهولة للتربة ضمن العمق الفعّال للجذور [مم]

f_{cv} المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية كنسبة حجمية [%]

Z_r العمق الفعّال للجذور [مم] حيث تم حســاب كميّة الماء المتاح من أجل القيمتين التاليتين لعمق الجذور الفعّال حسب الأطوار الفينولوجية:

(45) سم اعتباراً من بداية الزراعة حتى بداية طور الأزهار

(70) سم اعتباراً من بداية طور الإزهار حتى نهاية موسم النمو.

- وفقاً للمعادلة الســابقة فإن الماء المتاح بســهولة للنبات هو عبارة عن المحتوى الرطوبي للتربة ضــمن العمق الفعّال للجذور في المجال الواقع بين السعة الحقلية و80% من السعة الحقلية وهو الحد الحرج الواجب تقديم الرية عنده للنبات. أي أن الحد الأعلى يســاوي إلى رطوبة التربة عند الســعة الحقلية وهي الرطوبة التي يتم تأمينها بواسطة الري، في حين أن الحد الأدنى يساوي إلى رطوبة التربة عند 80% من السعة الحقلية وهي الرطوبة التي تُنذر بالحاجة إلى للري عند الوصول إليها، (دليل معايير تصميم، 2007).

3-6-3. كمية الرية الصافية (IR_n):

هي الحجم (أو الارتفاع) الضـروري نظريّاً من مياه الري للحصـول على إنتاجية قياسـية من المحصـول المزروع على مســتوى كامل المســاحة المزروعة بدون حســاب الفواقد (Vermeiren & Jobling, 1983) وتعطى بالعلاقة:

$$\mathbf{IR_n} = \mathbf{10} \,.\, \left(\frac{\mathbf{f_{cv} - 80\%\, f_{cv}}}{\mathbf{100}}\right)\mathbf{Z_r} \,.\, \mathbf{K_r} \,.\, \mathbf{A}$$

حيث:

IR_n كميّة الريّة الصافية [م^3/هكتار]

Z_r العمق الفعّال للجذور [مم]

f_{cv} الرطوبة العظمى وهي تساوي إلى المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية كنسبة حجميّة [%]

80% f_{cv} المحتوى الرطوبي الحرج المحددة لبدء الري كنسبة حجمية وهو يساوي إلى 80% من السعة الحقليّة [%]

K_r معامل الخفض بالنسبة لنظام الري بالتنقيط [%]

A المساحة المروية [هكتار]

3-6-4. كمية الرية الكليّة (IR_g):

هي الحجم (أو الارتفاع) الضروري من مياه الري الذي يزوّد به المحصول بصورة عمليّة متضمناً الفواقد (Vermeiren & Jobling, 1983)، فهي تساوي إلى كميّة الرية الصافية مضافاً إليها الفواقد. وتعطى IR_g بالعلاقة التالية (Doorenbos & Pruitt, 1977):

$$\mathbf{IR_g = \frac{100.IR_n}{E_a}}$$

حيث:

IR_g كميّة الريّة الكليّة [م^3/هكتار]

IR_n كميّة الريّة الصافية [م^3/هكتار]

Ea كفاءة التطبيق وهي النسبة بين كميّة المياه التي تصل مباشرة إلى المحصول وتلك التي ترد إلى بداية الشبكة، وهي تعكس كفاءة النظام بشكل عام وتعتمد قيمتها على طريقة الري وعلى إدارة المزارع (Doorenbos & Pruitt, 1977).

3-6-5. زمن الرية:

حُدد الزمن اللازم للرية انطلاقاً من كمية الري الكليّة المطلوبة وفق العلاقة التاليّة:

$$\mathbf{T = \frac{1000 \,.\, IR_g}{q \,.\, N}}$$

حيث:

T زمن الريّة الواحدة [ساعة]

IR_g كميّة الريّة الكلية [م^3/هكتار]

q تصريف النقاطة [ليتر/ساعة]

N عدد النقاطات في القطعة التجريبية وهو يساوي إلى: n . L حيث:

L: عدد الخطوط في القطعة التجريبيّة، n: عدد النقطات في الخط الواحد

3-6-6. كفاءة استعمال المياه Water Use Efficiency (WUE):

وهي تعرف حسب (Kang et al., 2002) بأنها النسبة بين إنتاجية المحصول وإجمالي التبخر نتح للمحصول خلال موسم النمو. وتعطى بالعلاقة:

$$\mathbf{WUE = \frac{Y}{ET_c}}$$

حيث:

WUE كفاءة استعمال المياه [كغ/م^3]

Y إنتاجيّة المحصول (المادة التسويقية للمحصول) [كغ/هكتار]

ET_c إجمالي التبخر نتح للمحصول خلال موسم النمو [م^3/هكتار]

3-6-7. معامل استجابة المحصول Yield response factor (K_y):

تمَّ تحديد مدى استجابة المحصول للري الناقص عند كل مستوى من مستويات الري المطبقة من خلال تقدير قيمة معامل استجابة المحصول (K_y).

- ويمثل هذا المعامل حسب (Smith & Steduto, 2012) تأثير الري الناقص في خفض إنتاجية المحصول، سواء من أجل كامل موسم نمو المحصول أو من أجل كل مرحلة من مراحل نموه (Doorenbos & Kassam, 1979).
- ويشتق (K_y) حسب (Stewart et al., 1977) من العلاقة التجريبية التالية التي تمثل النسبة بين الانخفاض النسبي في إنتاجية الحصول $\left(1 - \frac{Y_a}{Y_{max}}\right)$ إلى النقص النسبي في الاستهلاك المائي المطبق على المحصول $\left(1 - \frac{ET_a}{ET_{max}}\right)$:

$$K_y = \frac{1 - \frac{Y_a}{Y_{max}}}{1 - \frac{ET_a}{ET_{max}}}$$

حيث:

K_y معامل استجابة المحصول

Y_a الإنتاج الفعلي للمحصول عند تطبيق معاملة الري الناقص [كغ/هكتار]

Y_{max} الإنتاج الأعظمي للمحصول عند تطبيق الري الكامل [كغ/هكتار]

ET_a الاستهلاك المائي الفعلي للمحصول عند تطبيق الري الناقص [م^3/هكتار]

ET_{max} الاستهلاك المائي الأعظمي للمحصول عند تطبيق الري الكامل [م^3/هكتار]

يفسر الجدول(3-9) دلالة قيم هذا المعامل حسب (Smith & Steduto, 2012):

الجدول(3-10): قيم معامل استجابة المحصول (K_y)

قيمة (K_y)	دلالة قيمة معامل استجابة المحصول (K_y)
$1 < K_y$	المحصول حساس جداً للري الناقص، حيث يكون إنخفاض إنتاجيته أكبر نسبياً من إنخفاض كميّة المياه المتاحة له لدى تعرضه للإجهاد المائي.
$1 > K_y$	المحصـــول متحمل للري الناقص، ويبدي تكيّفاً أكبر مع نقص المياه، ويكون قابلاً للتعافي منه بشكل جزئي. تبدي إنتاجيته إنخفاضاً بشكل أقل نسبياً من إنخفاض كميّة المياه المتاحة له لدى تعرضه للإجهاد المائي.
$1 = K_y$	الإنخفاض في إنتاجية المحصول يتناسب طرداً مع الإنخفاض في استهلاكه للمياه.

3-7- حسابات المحصول:

3-7-1. مراحل نمو المحصول:

بلغ موسم نمو محصول فول الصويا الصنف (Sb44) 121 يوماً اعتباراً من 2016/6/6 وانتهاءً بـ 2016/10/4. انقسم موسم النمو إلى خمسة مراحل مبيّنة في الشكل(3-16، أ، ب، ج، د، هـ) وهي مرحلة الإنبات، ومرحلة النمو الخضري، ومرحلة الإزهار، ومرحلة تشكل المحصول، ومرحلة الضج على التتالي. تم تحديد بداية ونهاية والفترة الزمنية لكل مرحلة من هذه المراحل عبر المراقبة الحقلية لتطورات المحصول، ويبيّن كل من الجدول(3-11) والشكل(3-17) تفاصيل هذه المراحل.

الجدول(3-11) مراحل نمو محصول فول الصويا الصنف Sb44 ومدة كل مرحلة

رقم المرحلة	مرحلة النمو	مدة المرحلة
1	مرحلة الإنبات	10 أيام
2	مرحلة النمو الخضري	29 يوم
3	مرحلة الإزهار	30 يوم
4	مرحلة تشكل المحصول	39 يوم
5	مرحلة النضج	13 يوم
طول موسم النمو		**121 يوم**

أ. مرحلة الإنبات

ب. مرحلة النمو الخضري

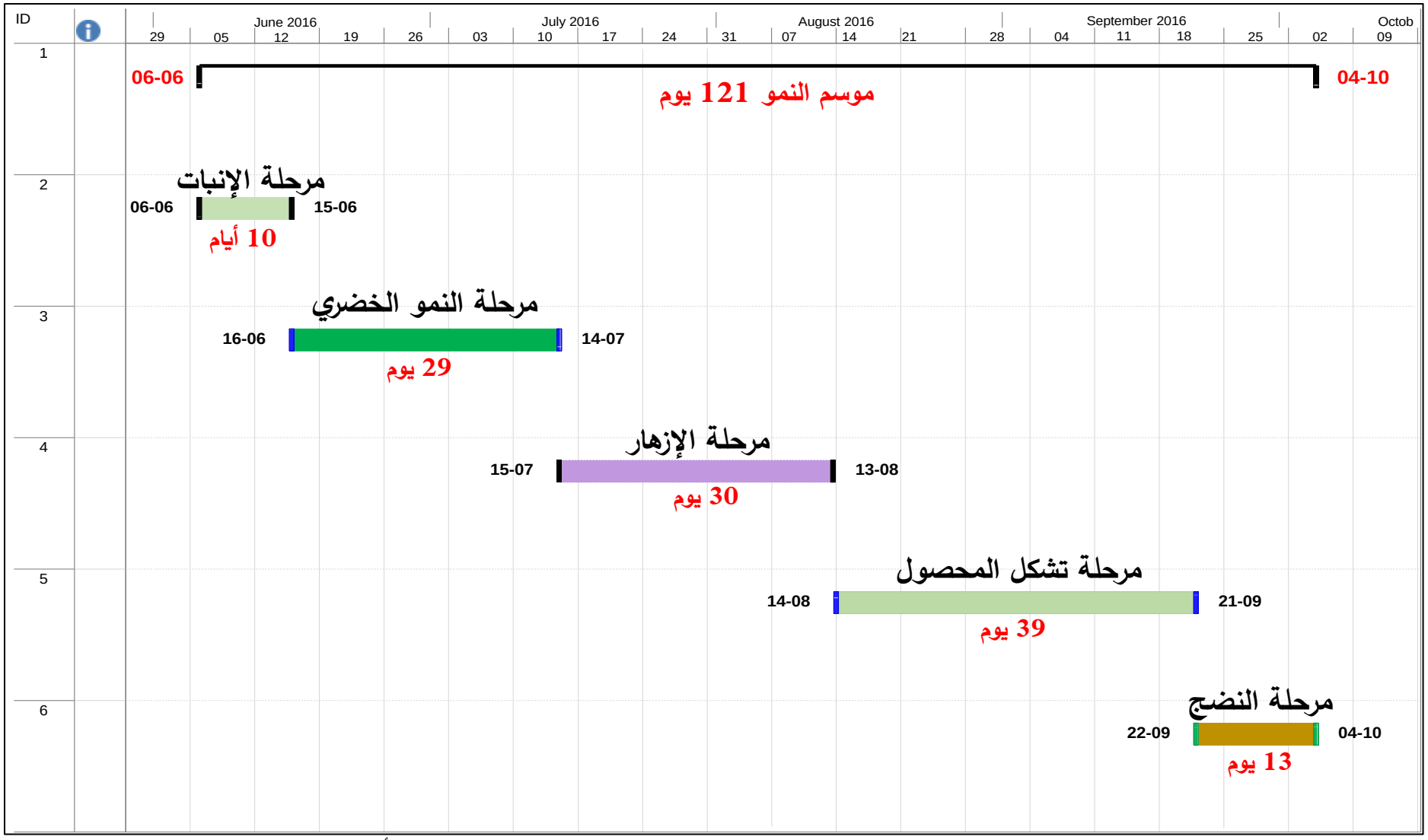
جـ. مرحلة الإزهار

د. مرحلة تشكل المحصول

هـ. مرحلة النضج

و. القرون في مرحلة النضج

الشكل(3-16) مراحل نمو محصول فول الصويا خلال موسم الدراسة



الشكل(3-17): مخطط Gantt يمثل بداية كل مرحلة من مراحل نمو محصول فول الصويا الصنف Sb44 في مزرعة أبي جرش / موسم 2016

3-7-2. وزن الغلة البذريّة للمحصول:

بعد إتمام عملية حصاد المحصول تم جمع الغلة البذريّة لكل معاملة من المعاملات المدروسة ووزنها بوساطة ميزان مناسب وذلك في كليّة الزراعة-جامعة دمشق لحساب إنتاجية كل معاملة من المعاملات من الغلة البذريّة في الهكتار (كغ/هكتار)، الشكل(3-18)

أ. وزن الغلة البذريّة لإحدى المعاملات

ب. الغلة البذريّة للمعاملات الثلاثة المدروسة

الشكل(3-18): عمليّة وزن الغلة البذريّة لكل معاملة من المعاملات المدروسة

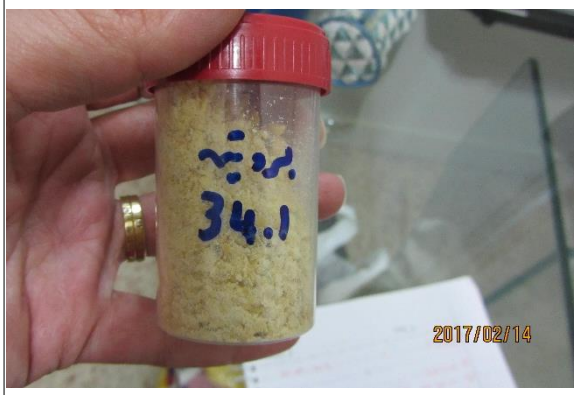
3-7-3. تقدير نسبة البروتين في البذور:

قُدّرت نسبة البروتين في بذور محصول فول الصويا للمعاملات الثلاثة ضمن مخبر البحوث العلمّية الزراعية في حمص وفقاً طريقة كلداهل (Kjeldahl, 1883)، حيث تم تحضير العينات وطحنها، تلا ذلك تقطير الأمونيا الناتجة عن هضم المركبات الآزوتيّة واستقبالها في محلول حمض البوريك حيث تمت معايرة شاردة البورات الناتجة عن تفاعل حمض البوريك مع الأمونيا بواسطة حمض كلور الماء (الزعبي وآخرون، 2013).

ويبيّن الشكل(3-19) مراحل تقدير نسبة البروتين في بذور العينات المأخوذة من القطع التجريبيّة التسع للدراسة.

أ. مرحلة تحضير العينات وطحنها

ب. مرحلة الهضم



د. تقدير النسبة المئوية للبروتين في العينة

جـ. مرحلة المعايرة

الشكل (3-19): مراحل تقدير نسبة البروتين وفق طريقة كلداهل Kjeldahl

3-7-4. تقدير نسبة الزيت في البذور:

قُدّرت نسبة الزيت في بذور محصول فول الصويا للمعاملات الثلاثة ضمن مخابر التقانة الحيوية في كليّة الزراعة- جامعة دمشق باستخدام جهاز سوكسلت Soxhlet extractor (Soxhlet, 1879) الذي يقوم مبدأ عمله على استخلاص المواد الدهنية من العينة الصلبة باستخدام مذيب عضوي.

حيث تم ملء أنبوبة (كشتبان) مصنوعة من ورق ترشيح سيللوزي سميك بعينة البذور المطحونة والمجففة على حرارة 105°م لمدة ساعة، ثم وضعت هذه الأنبوبة ضمن حجرة جهاز سوكلست المزودة بدورق يحتوي على المذيب العضوي (الهكسان) في أسفلها وبمكثف في أعلاها (الشكل 3-20، ب). تمّ استخلاص الزيت من العينة المدروسة بعد عدة دورات من التسخين والاستخلاص استمرت لمدة ست ساعات. يبيّن الشكل(3-20) مراحل تقدير نسبة الزيت في بذور العينات المأخوذة من القطع التجريبيّة التسع للدراسة.

أ. وضع العيّنة في حجرة سوكسلت

ب. وزن العيّنة

د. تجمع الزيت المستخلص من العيّنة في دورق الجهاز

جـ. جهاز سوكسلت (مكثف، حجرة سوكسلت، دورق يحوي على المذيب العضوي)

الشكل (3-20): مراحل استخلاص الزيت من بذور المحصول باستخدام جهاز سوكسلت

الفصل الرابع

نتائج الدراسة ومناقشتها

4-1- نتائج الدراسة:

تم خلال موسم النمو تطبيق كافة العمليات الزراعية اللّازمة للمحصول، كما أُخذت كافة القراءات، والقياسات، والتحاليل المُشار إليها في الفصل السابق وصولاً لتحقيق أهداف الدراسة:

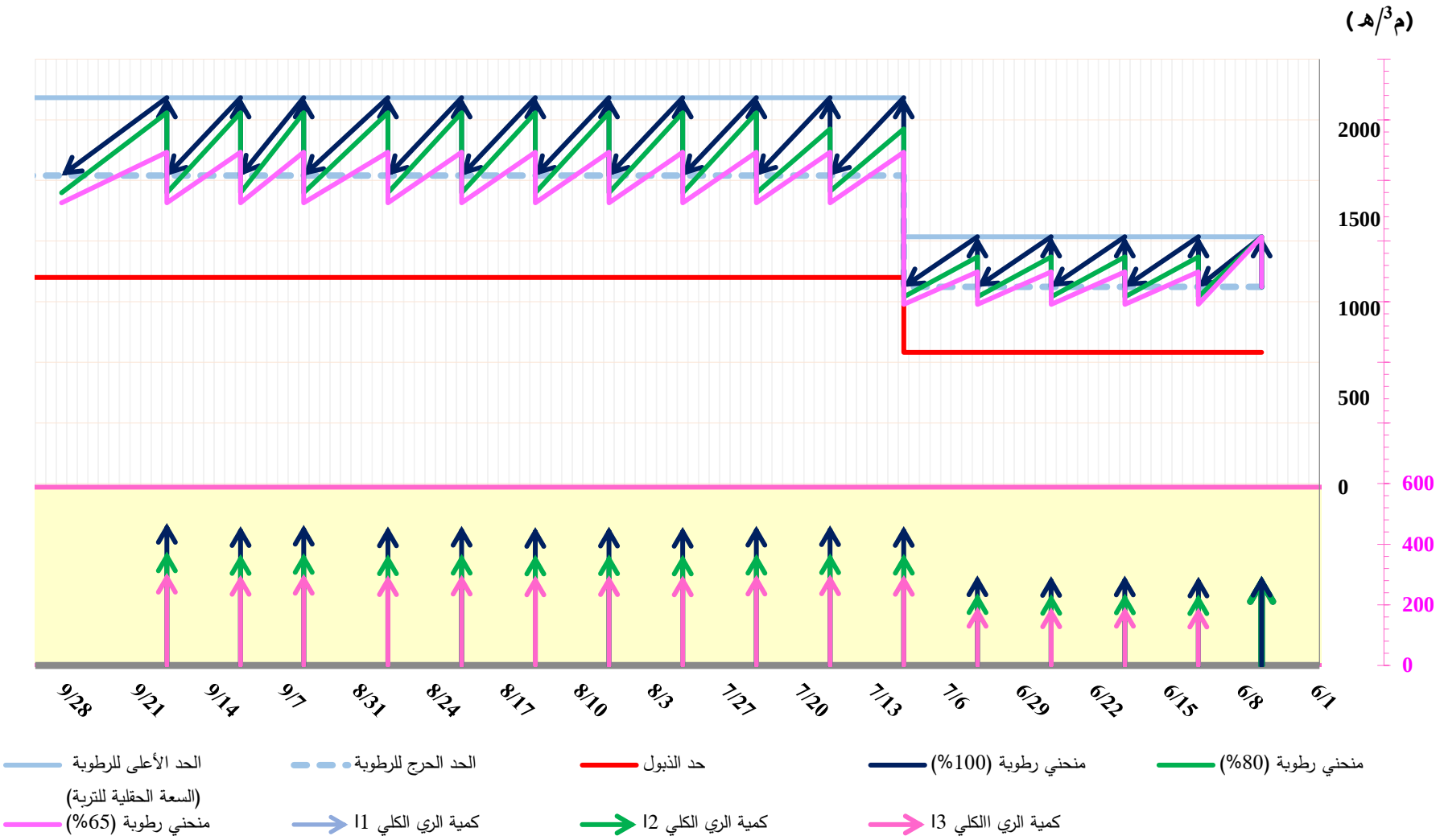
4-1-1. تحديد الاستهلاك المائي لمحصول فول الصويا صنف Sb44:

تم تعويض الاستهلاك المائي للمحصول (النتح – تبخر من النبات وسطح التربة) في هذه الدراسة خلال كامل موسم النمو بوساطة عمليات الري (الفقرة 3-6-1)، وتمت جدولة الري بمتابعة الاستنزاف الرطوبي في التربة بالطريقة الوزنية، وهي تهدف بحسب (Brouwer et al., 1989) إلى تحديد كميّة مياه الري الواجب تزويد المحصول بها، وموعد الري، وعدد الريّات.

- تم تقديم الريّات لجميع المعاملات في الوقت نفسه وذلك لدى وصول معاملة الري الكامل I_1 إلى 80% من السعة الحقلية وذلك بهدف العودة برطوبة التربة ثانيةً إلى السعة الحقليّة، في حين زُوّدت قطع معاملات الري الناقص I_2، I_3 بكميّات الري حسب النسب المقررة من كميّة الري الكامل وهي 80% و65% على التتالي.
- حُسبت كميات الري اللازمة وفقاً للعمقين التاليين للجذور الفعّالة للمحصول:
  - (45) سم اعتباراً من بداية الزراعة حتى بداية طور الإزهار.
  - (70) سم اعتباراً من بداية طور الإزهار حتى نهاية موسم النمو.
- بلغ عدد الريات المقدّمة للمحصول لكل معاملة من المعاملات الثلاثة (16) ريّة خلال كامل موسم النمو بفاصل زمني بين الريّات بلغ وسطيّاً 7 أيام وذلك اعتباراً من ريّة الإنبات في 2016/6/6 وحتى آخر ريّة في 2016/9/18 التي تم فطام المحصول بعدها.
- **كميّة الري الكلية (IR_g) ومواعيد الريّات:** يبين الجدول(4-1) كلاً من مواعيد الري للريات الستة عشر، والفاصل الزمني بينها، وكمية الري الكليّة (IR_g) المقدمة للمحصول في المعاملات الثلاثة في كل رية ولكامل موسم النمو. كما يبين الشكل(4-1) منحني التتبع الرطوبي لمعاملات الري I_1، I_2، I_3 وعدد الريات لمحصول فول الصويا الصنف Sb44 خلال كامل موسم النمو.

الجدول(4–1): مواعيد وكميّات الريات الكليّة (IR_g) للمعاملات الثلاث I_1، I_2، I_3 خلال كامل موسم نمو المحصول

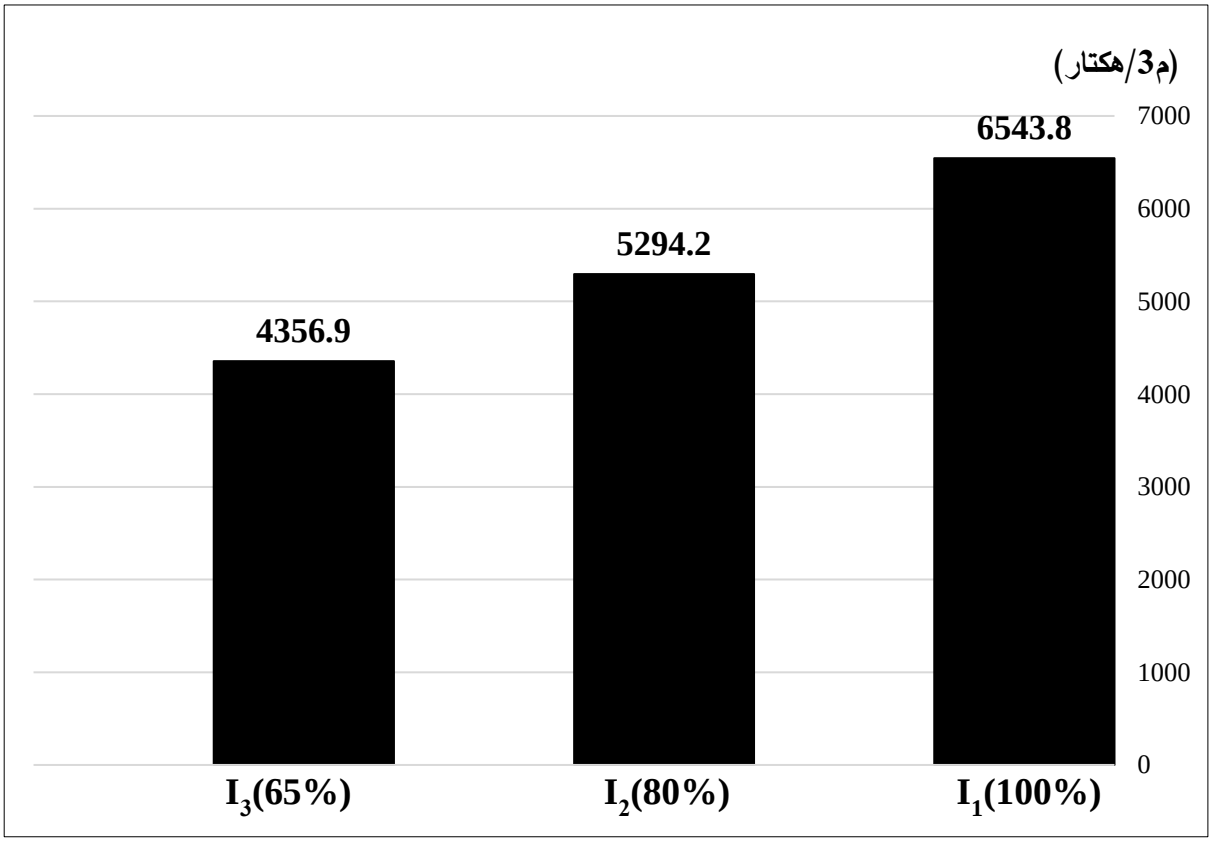
رقم الرية	موعد الرية	الفاصل بين الريات (يوم)	عمق الجذور الفعّال (سم)	كمية الري الكليّة (IR_g) ($م^3/هـ$)		
				المعاملة I_1	المعاملة I_2	المعاملة I_3
1	2016-06-06		45	295.6	295.58	295.58
2	2016-06-12	6		293.0	234.40	190.5
3	2016-06-19	7		296.6	237.28	192.8
4	2016-06-26	7		294.8	235.84	191.6
5	2016-07-03	7		297.2	237.76	193.2
6	2016-07-10	7	70	459.8	367.83	298.86
7	2016-07-17	7		462.4	369.92	300.56
8	2016-07-24	7		460.7	368.56	299.46
9	2016-07-31	7		457.0	365.60	297.05
10	2016-08-07	7		457.8	366.24	297.57
11	2016-08-14	7		456.6	365.25	296.76
12	2016-08-21	7		460.5	368.40	299.33
13	2016-08-28	7		458.5	366.83	298.05
14	2016-09-05	8		463.8	371.07	301.50
15	2016-09-11	6		459.5	367.60	298.68
16	2016-09-18	7		470.0	376.00	305.50
إجمالي الريّات الكليّة (م3/هـ)				**6543.8**	**5294.2**	**4356.9**



الشكل(4-1): المنحني الرطوبي لمعاملات الري الثلاث I_1، I_2، I_3 وعدد الريات لمحصول فول الصويا الصنف Sb44 خلال موسم النمو

- نجد من الجدول(4-1) السابق أن إجمالي كميات الري الكليّة المقدمة في المعاملة I_1 (ري كامل) بلغت 6543.8 م^3/هكتار، في حين بلغت في المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) 5294.2 م^3/هكتار. أما بالنسبة للمعاملة I_3 (65% من الري الكامل) فقد بلغ إجمالي كميّات الري الكليّة المقدّمة 4356.9 م^3/هكتار، (الشكل4-2). وقد توصل كل من (Brouwer and Heibloem, 1986)، و(وهبي، 2002)، و(غينم، 1988)، و(Allen et al., 1998)، و(Karam et al., 2005) إلى نتائج مشابهة بالنسبة لمقدار الاستهلاك المائي الكالمل لمحصول فول الصويا ضمن سورية وضمن بيئات أخرى مشابهة لمنطقة الدراسة.

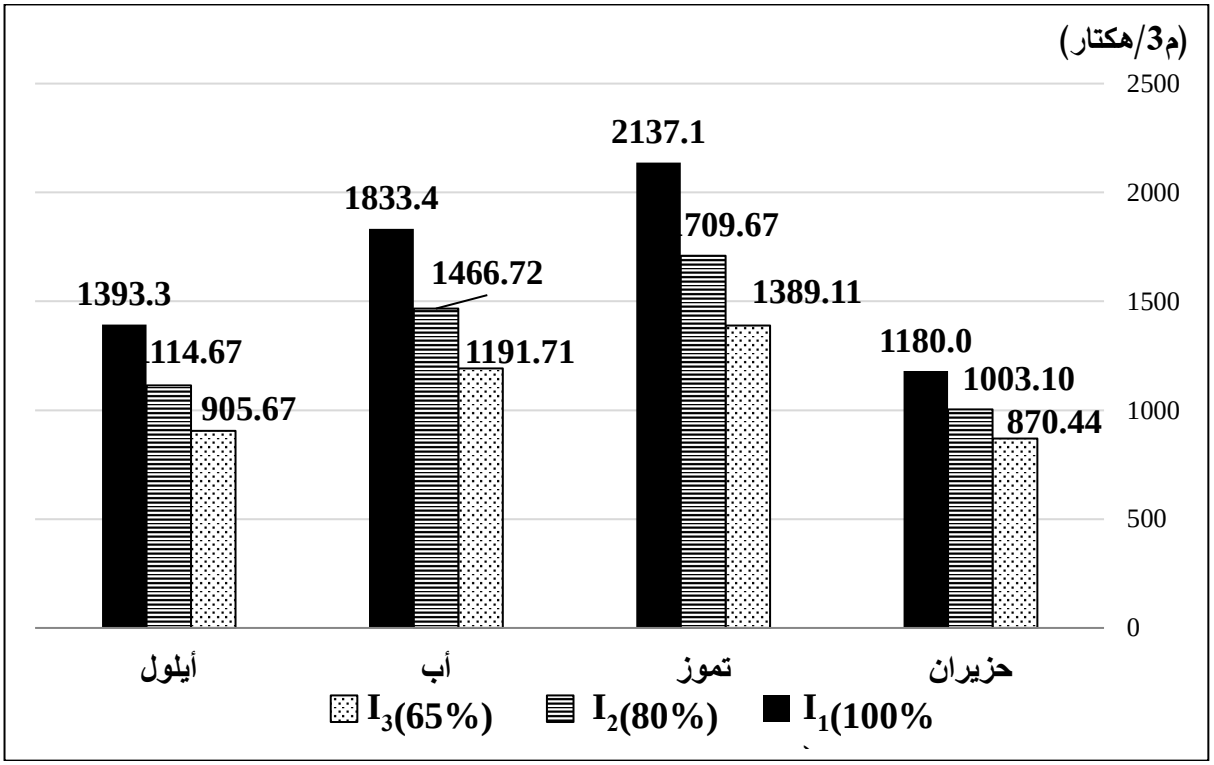
- بيّنت المقارنة بين إجمالي كميّات الري الكليّة المقدمة في المعاملات الثلاث المدروسة (الشكل4-2) أنّ تطبيق معاملة الري الناقص I_2 أدى إلى توفير في كمية الري الكليّة المقدمة مقداره 1249.6 م^3/هكتار بالمقارنة مع كمية الري الكليّة المقدمة في معاملة الري الكامل I_1. أما معاملة الري الناقص I_3، فقد بلغ التوفير في كميّة الري الكليّة المقدمة فيها 2186.9 م3/هكتار مقارنةً مع كمية الري الكلية المقدّمة في معاملة الري الكامل I_1.



الشكل(4-2): إجمالي كميّة الري الكليّة (IR_g) (م^3/هكتار) للمعاملات الثلاث والنسب المئوية للفروق بينها (%)

- **الاستهلاك المائي الكلي الشهري (م^3/هكتار/شهر):** يبيّن الشكل (4-3) الاستهلاك المائي الكلي للمعاملات الثلاثة I_1، I_2، I_3 موّزعاً على أشهر موسم النمو. حيث بلغ عدد الريات في شهر حزيران (4) ريات، وشهر تموز (5) ريات، في حين كان عدد الريات في شهر آب (4) ريات وفي شهر أيلول (3) ريات.

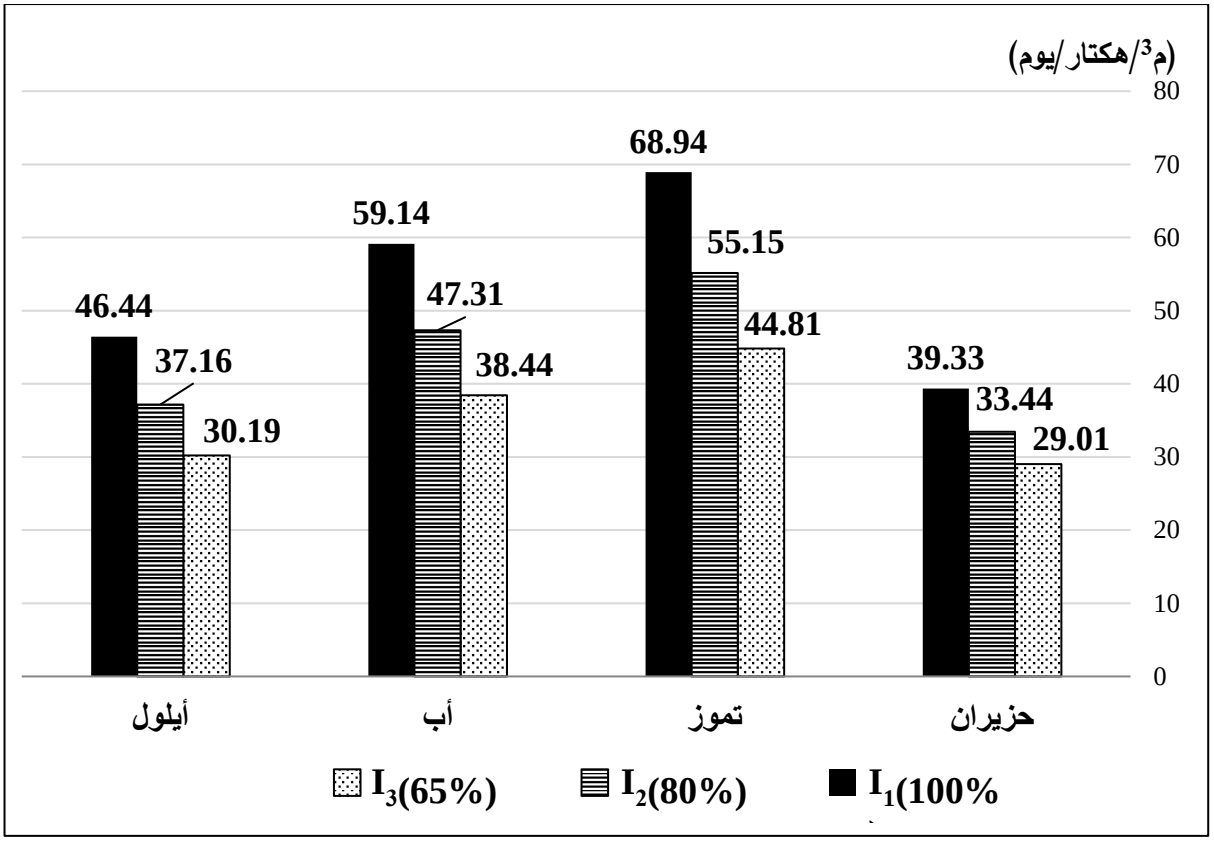
بلغ الاستهلاك المائي الكلي الشهري لمعاملة الري الكامل I_1 قيمته العظمى في شهر تموز بمقدار 2137.1 م^3/هكتار، أما قيمته الصغرى فكانت في شهر حزيران 1180 م^3/هكتار.



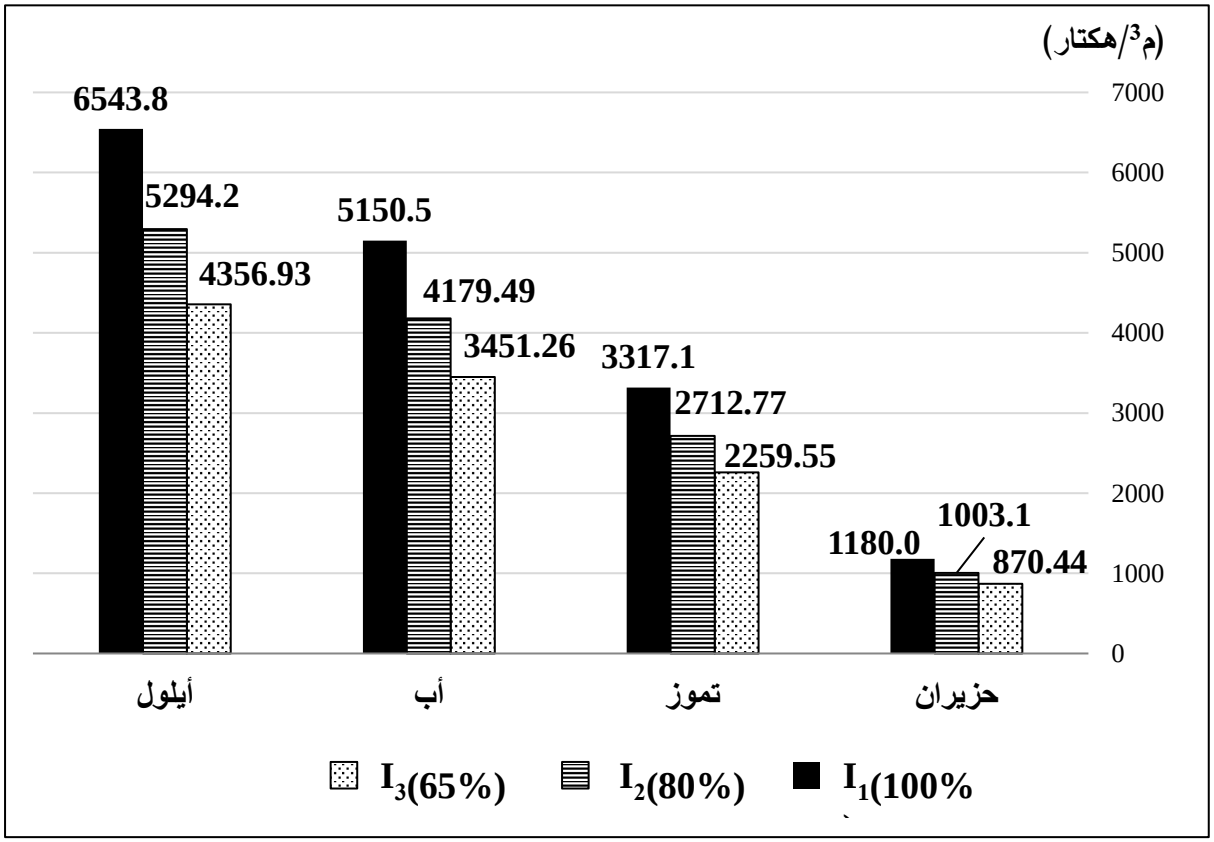
الشكل(4-3): الاستهلاك المائي الكلي الشهري (م^3/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة

- **الاستهلاك المائي الكلي اليومي (م^3/هكتار/يوم):** تم تقدير وسطي الاستهلاك المائي اليومي لكل شهر خلال موسم النمو (م^3/هكتار/يوم) للمعاملات الثلاث I_1، I_2، I_3، حيث بلغ الاستهلاك المائي اليومي بالنسبة لمعاملة الري الكامل I_1 قيمته العظمى في شهر تموز بمقدار يساوي 68.94 م^3/هكتار، في حين كانت أقل قيمة له في شهر حزيران 39.33 م^3/هكتار، (الشكل 4-4)

- **الاستهلاك المائي الكلي التراكمي (م^3/هكتار):** يبيّن الشكل(4-5) الاستهلاك المائي الكلي التراكمي للمعاملات الثلاث المدروسة I_1، I_2، I_3 حسب أشهر موسم النمو اعتباراً من حزيران وحتى أيلول.



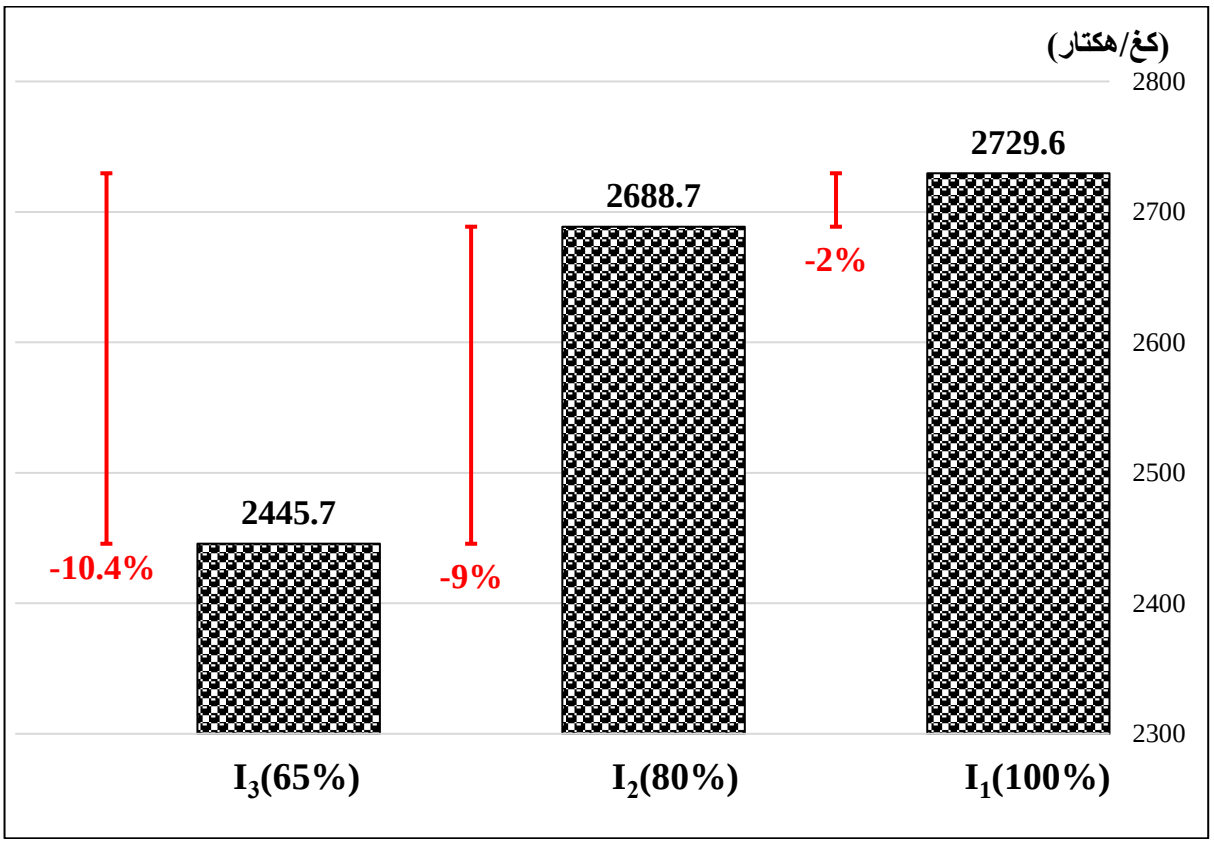
الشكل(4-4): الاستهلاك المائي الكلي اليومي (م^3/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة خلال أشهر موسم النمو



االشكل(4-5): الاستهلاك المائي التراكمي (م^3/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة خلال أشهر موسم النمو

4-1-2. أثر الري الناقص في الغلة البذريّة لمحصول فول الصويا صنف Sb44:

تم وزن الغلة البذريّة لكل قطعة من القطع التجريبية وحساب المتوسط الحسابي لكل معاملة من المعاملات الثلاث المدروســـة. تبيّن أن أعلى غلّة حبيّة حققتها معاملة الري الكامل I_1 إذ بلغت 2729.6 كغ/هكتار، تلتها المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) حيث كانت 2688.7 كغ/هكتار، أما أقل غلة البذريّة فقد كانت 2445.7 كغ/هكتار وحققتها المعاملة I_3 (65% من الري الكامل) ، (الشكل 4-6).



الشكل(4-6): وسطي الغلّة البذريّة (كغ/هكتار) للمعاملات الثلاث المدروسة والنسبة المئوية للفروق بينها

بينت نتائج التحليل الإحصـائي المُنفذ بوسـاطة برنامج GenStat 12th (الملحق2) وجود فروق معنوية عند المستوى $\alpha=0.05$ في الغلة البذريّة لمحصول فول الصويا بتأثير المعاملات الثلاث المدروسة التي طُبّقت عليه. تم تحديد مصادر التباين بين المعاملات بتطبيق اختبار أقل فرق معنوي (LSD)، كما تم إجراء المقارنات الثنائية بين متوسطات الغلة البذريّة للمعاملات الثلاث المدروسة (الجدول 4-2)، فتبيّن ما يلي:

الجدول(4–2): نتائج اختبار أقل فرق معنوي للغلة البذريّة بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%

المعاملات	الغلة البذريّة (كغ/هكتار)*	المقارنة بين المتوسطات (كغ/هكتار)		
I_1	2729.6 a	I_1 - I_2	41.0	فرق غير معنوي
I_2	2688.7 a	$I_1 - I_3$	284.0	فرق معنوي
I_3	2445.7 b	$I_2 - I_3$	243.0	فرق معنوي
L.S.D (5%) = 55.45				

* وفقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05 فإن المتوسطات المتبوعة بأحرف غير متماثلة تكون مختلفة معنوياً فيما بينها، أما المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه فلا يوجد اختلاف معنوي بينها.

- عدم وجود فروق معنوية بين معاملة الري الكامل I_1 والمعاملة I_2 من حيث الغلة البذريّة، حيث بلغ الفرق في الإنتاج بينهما 41.0 كغ/هكتار (الشكل4–6 والجدول 4–2). أي أن الإجهاد المائي المطبّق في المعاملة I_2 سبّب خفضاً غير معنويٍ في الغلة البذريّة للمحصول بنسبة 2% (الشكل 4–6) مقارنة مع I_1.

- تفوّق كلتا المعاملتين I_1 وI_2 على المعاملة I_3 معنوياً من حيث الغلّة البذريّة (الجدول 4–2). حيث كانت الغلة البذريّة في I_3 أقل منها في المعاملة I_2 بصورة معنوية وبنسبة بلغت 9% (أقل بـــ243.0 كغ/هكتار)، وكذلك كانت أقل منها في المعاملة I_1 بصورة معنوية وبنسبة 10.4% (أقل بـ284.0 كغ/هكتار) (الشكل4–6 والجدول 4–2) أي أن الغلّة البذريّة في معاملة الري الناقص I_3 قد تدنت بشـــكل معنوي بتأثير الإجهاد المائي.

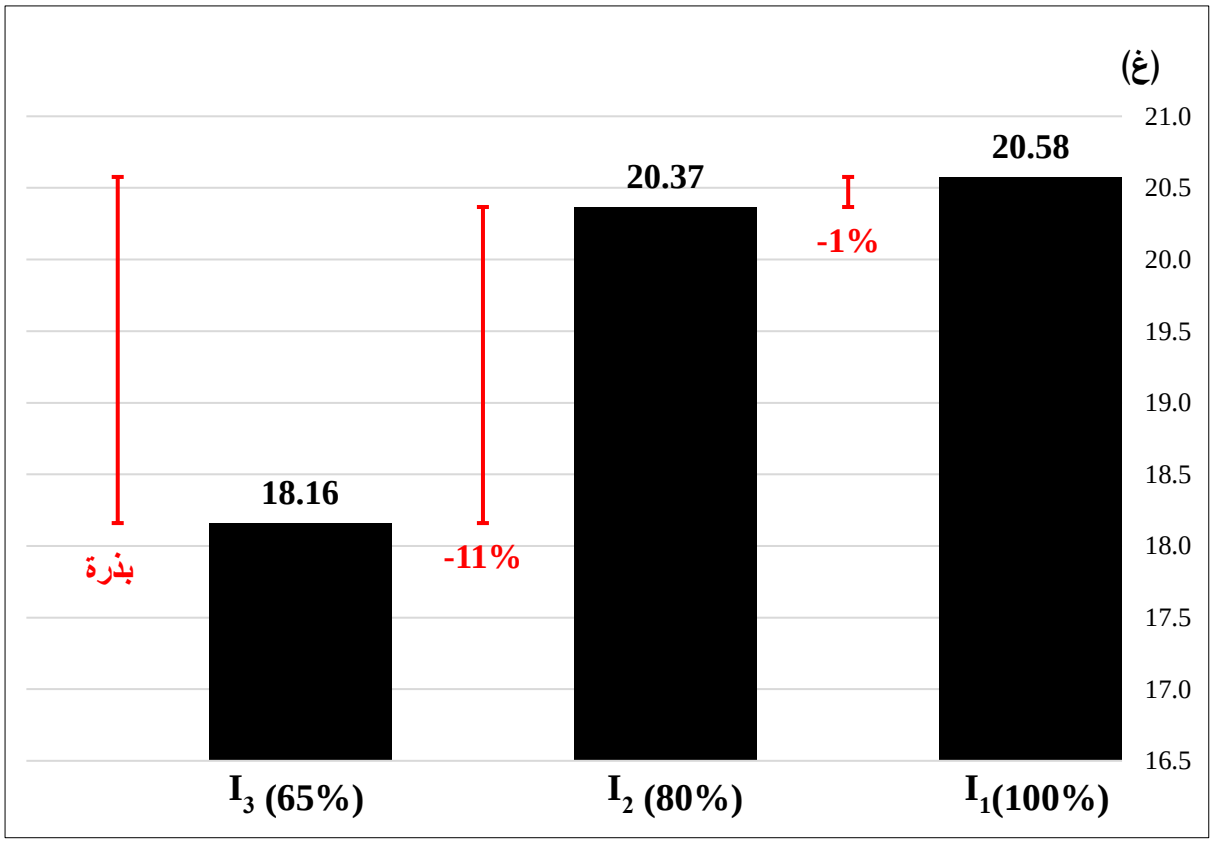
- **وبالنتيجة فقد تبيّن بالنسـبة للغلة البذريّة عند مسـتوى معنوية 5% أنّ معاملة الري الكامل I_1 قد تفوقت تفوقاً غير معنوي على معاملة الري الناقص I_2، وتفوقت تفوّقاً معنويّاً على معاملة الري الناقص I_3. أما المعاملة I_2 فقد كانت متفوقة معنويّاً على I_3.**

- يعود الانخفاض الحاصـــل في الغلة البذريّة إلى أنّ الإجهاد المائي الناتج عن تطبيق معاملات الري الناقص قد أدى إلى خفض طول الساق الرئيسس لنبات فول الصويا (Desclaux et al., 2000) وإلى خفض عدد

القرون وبالتالي عدد البذور ضمن وحدة المساحة (Specht et al., 2001)، وهي نتيجة تتماشى مع نتائج دراسات أخرى مختلفة طّبقت على محصول فول الصويا لتقدير أثر الري الناقص في غلته البذريّة مثل (Specht et al., 2001)، و(Dornbos et al., 1989)، و(Kirnak et al., 2010)، و(Wei, 2018)، و(Frederick et al. 2001)، و(Masoumi et al. 2010).

4-1-3. أثر الري الناقص في وزن المئة بذرة لمحصول فول الصويا صنف Sb44:

تم تقدير وزن المئة بذرة لكل قطعة من القطع التجريبية ومن ثم حساب المتوسط الحسابي لكل معاملة من المعاملات الثلاث المدورسة. تبيّن أن وسطي وزن المئة بذرة في معاملة الري الكامل I_1 كان الأعلى 20.58غ، تلته المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) حيث بلغ 20.37 غ، أما بالنسبة للمعاملة I_3 (65% من الري الكامل) فقد كان وسطي وزن المئة بذرة هو الأقل بين المعاملات المطبّقة وكان يعادل 18.16 غ، (الشكل 4-7).



الشكل(4-7): وسطي وزن المئة بذرة (غ) للمعاملات الثلاث المدروسة والنسبة المئوية للفروق بينها

بينت نتائج التحليل الإحصائي المُنفذ بوساطة برنامج GenStat 12th (الملحق3) وجود فروق معنوية عند المستوى $\alpha=0.05$ في وزن المئة بذرة لمحصول فول الصويا بتأثير المعاملات الثلاث المدروسة المطُبّقة عليه.

وبتطبيق اختبار أقل فرق معنوي (LSD) تم تحديد مصادر التباين بين المعاملات، كما أجريت المقارنات الثنائية بين متوسطات وزن المئة بذرة للمعاملات الثلاث المدروسة وتم التوصل إلى النتائج التاليّة المبيّنة في الجدول (4-3):

الجدول(4-3): نتائج اختبار أقل فرق معنوي لوزن المئة بذرة بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%

المعاملات	وزن المئة بذرة (غ)*	المقارنة بين المتوسطات (غ)		
I_1	20.58 a	I_1 - I_2	0.2	فرق غير معنوي
I_2	20.37 a	$I_1 - I_3$	2.4	فرق معنوي
I_3	18.16 b	$I_2 - I_3$	2.2	فرق معنوي
L.S.D (5%) = 0.362				

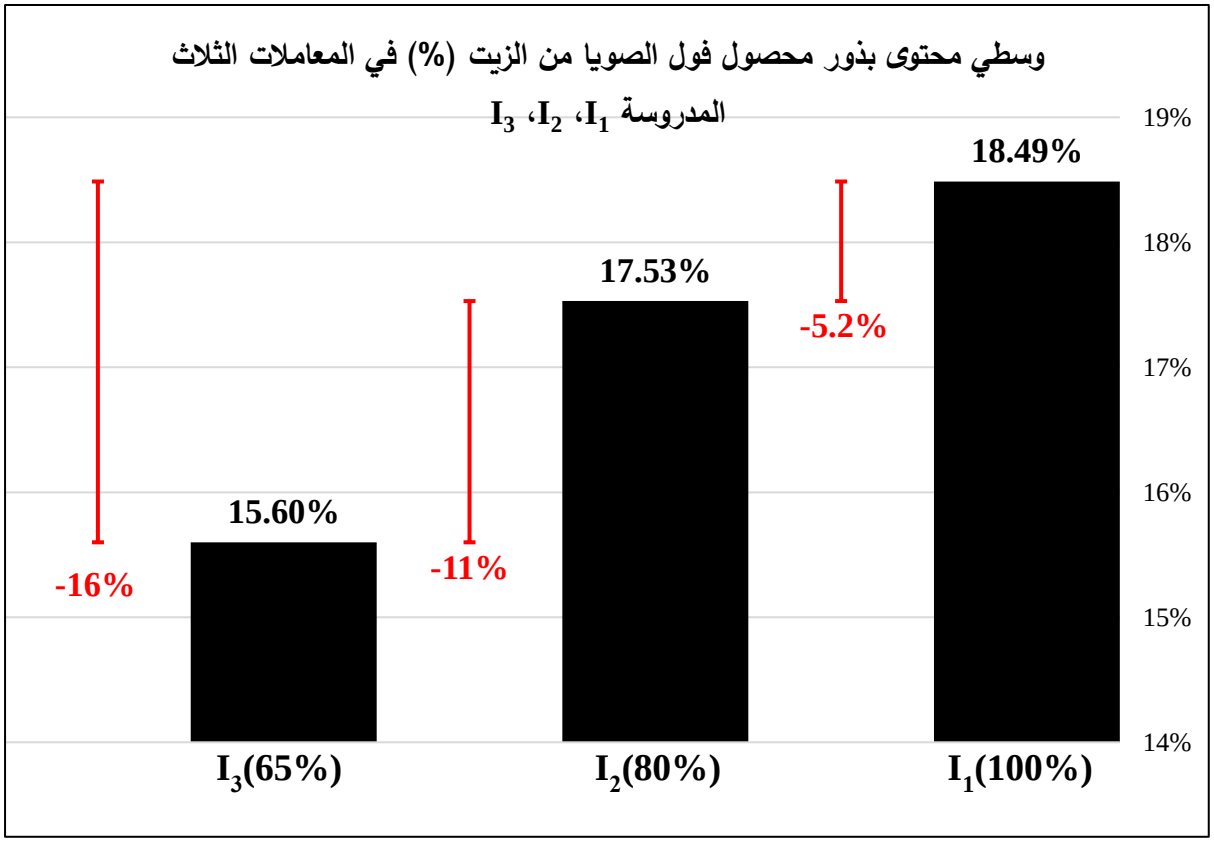
* وفقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05 فإن المتوسطات المتبوعة بأحرف غير متماثلة تكون مختلفة معنويّاً فيما بينها، أما المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه فلا يوجد اختلاف معنوي بينها.

- عدم وجود فروق معنوية بين معاملة الري الكامل I_1 والمعاملة I_2 من حيث وسطي وزن المئة بذرة للمعاملتين، أي أن الإجهاد المائي المطبّق في المعاملة I_2 تسبب بانخفاض غير معنوي نسبته 1% في وزن المئة بذرة (الشكل 4-7) مقارنة مع معاملة الري الكامل I_1.
- تفوّق كلتا المعاملتين I_1 وI_2 معنويّاً على المعاملة I_3 من حيث وزن المئة بذرة، حيث كان وزن المئة بذرة في I_3 أقل منها في المعاملة I_2 بنسبة 11% (أقل بـ 2.2 غ)، وكذلك كانت أقل منها في المعاملة I_1 بنسبة 11.7% (أقل بـ 2.2 غ) (الشكل4-7 والجدول 4-3). أي أن وزن المئة بذرة في معاملة الري الناقص I_3 قد تدنى بشكل معنوي بتأثير الإجهاد المائي.
- **وبالنتيجة فقد تبيّن بالنسبة لوزن المئة بذرة عند مستوى معنوية 5% أنّ معاملة الري الكامل I_1 قد تفوقت تفوقاً غير معنوي على معاملة الري الناقص I_2 ، وتفوقت تفوقاً معنويّاً على المعاملة I_3. أما المعاملة I_2 فقد كانت متفوقة معنويّاً على I_3.**

- تُعد صفة وزن المئة بذرة حسب Burris et al. (1973) واحدةً من مكونات غلّة محصول فول الصويا التي ترتبط بشـــكل عام ارتباطاً إيجابيّاً بالغلة البذريّة له، مما يعني أن إنخفاض وزن المئة بذرة في معاملات الري الناقص يعزى كما هو الحال بالنسبة إلى الغلّة البذريّة إلى الإجهاد المائي الذي سبب خفضـاً في حجم بذور النبات المتشـكلة نتيجة انخفاض مسـاحة مظلتة الورقيّة المتشـكلة مما قلل من كفاءتها التمثيليّة. وتتفق هذه النتيجة مع كل من (Dornbos & Mullen, 1991)، و(Masoumi et al., 2010)، و(Wei et al., 2018).

4-1-4. أثر الري الناقص في نسبة الزيت لبذور محصول فول الصويا صنف Sb44:

بعد تقدير النسبة المئوية للزيت في بذور القطع التجريبيّة التسع، تم حساب المتوسط الحسابي لها في كل معاملة من المعاملات الثلاث المدورسـة. تبيّن أن وسـطي نسـبة الزيت في بذور معاملة الري الكامل I_1 بلغ 18.49%، وللمعاملة I_2 (80% من الري الكامل) بلغ 17.53%، أما بالنســبة للمعاملة I_3 (65% من الري الكامل) فقد بلغ وسطي نسبة الزيت في بذورها 15.60%، (الشكل 4-8).



الشكل(4-8): وسطي محتوى البذور من الزيت (%) للمعاملات المدروسة الثلاث والنسب المئوية للفروق بينها

بينت نتائج التحليل الإحصـائي المُنفذ بوسـاطة برنامج GenStat 12th (الملحق4) وجود فروق معنوية عند المستوى $\alpha=0.05$ في نسبة الزيت في بذور محصول فول الصويا بتأثير المعاملات الثلاث المدروسة المطُبّقة عليه. بتطبيق اختبار أقل فرق معنوي (LSD) تم تحديد مصـــادر التباين بين المعاملات، كما أجريت المقارنات الثنائية بين متوسطات نسبة الزيت في المعاملات الثلاث المدروسة (الجدول 4-4)، فتبيّن ما يلي:

الجدول(4-4): نتائج اختبار أقل فرق معنوي لمحتوى البذور من الزيت (%) بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%

المعاملات	محتوى البذور من الزيت (%)*	المقارنة بين المتوسطات (%)		
I_1	18.49 a	I_1 - I_2	0.96	فرق غير معنوي
I_2	17.53 a	$I_1 - I_3$	2.89	فرق معنوي
I_3	15.60 b	$I_2 - I_3$	1.93	فرق معنوي
L.S.D (5%) = 1.184				

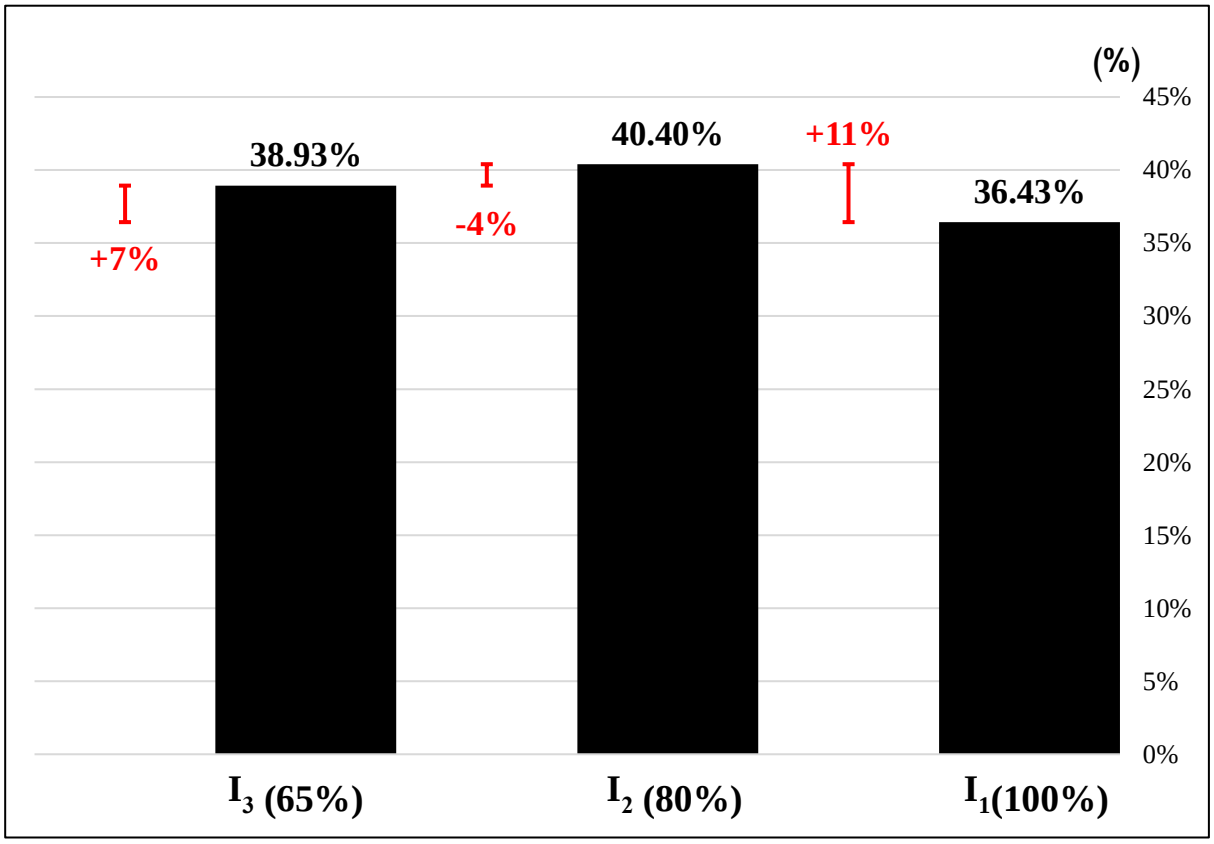
* وفقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05 فإن المتوسطات المتبوعة بأحرف غير متماثلة تكون مختلفة معنوياً فيما بينها، أما المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه فلا يوجد اختلاف معنوي بينها.

- عدم وجود فروق معنوية بين معاملة الري الكامل I_1 ومعاملة الري الناقص I_2 من حيث نســـبة الزيت في البذور. أي أن تطبيق الإجهاد المائي وفقاً للمعاملة I_2 قد أثر بشكل غير معنوي في محتوى بذور المحصول من الزيت بانخفاض قليل فيه مقداره 5.2% بالنسبة للمعاملة I_1 (الشكل 4-8).
- كانت الفروق معنوية بالنسبة لمحتوى بذور المحصول من الزيت عند تطبيق المعاملة I_3 مقارنةً بالمعاملتين I_1 و I_2 (الجدول 4-4). أي أن تطبيق الري الناقص عند سوية 65% من الري الكامل أدى إلى خفض معنوي في نسبة الزيت بنسبة 11% مقارنةً بالمعاملة I_2 وبنسبة انخفاض قدرت بـ 16% مقارنة بالمعاملة I_1.
- **وبالنتيجة فقد بيّنت دراسة نسبة الزيت في البذور عند مستوى معنوية 5% أنّ معاملة الري الكامل I_1 قد تفوقت تفوقاً غير معنوي على معاملة الري الناقص I_2، وتفوقت تفوقاً معنويّاً على المعاملة I_3. أما المعاملة I_2 فقد كانت متفوقة معنويّاً على I_3.**

- إن انخفاض نسبة الزيت في معاملات الري الناقص المطبّقة مرده إلى الانخفاض الكبير في الغلة البذريّة نظراً لوجود رابط إيجابي كبير بين إنتاجية فول الصويا من الزيت مع الغلّة البذريّة في وحدة المساحة، وهي نتيجة منسجمة مع كل من (Ghassemi-Golezani and Farshbaf-Jafari, 2012)، و(Mertz-Henning et al, 2018)، و(Kresović et al., 2017)، و(Kirnak, 2010)

4-1-5. أثر الري الناقص في نسبة البروتين لمحصول فول الصويا صنف Sb44:

- بعد تقدير محتوى بذور المحصول من البروتين(%) لكل قطعة تجريبيّة من القطع التجريبية التسع، تم حساب المتوسط الحسابي لمحتوى البروتين لكل معاملة من المعاملات الثلاث المدورسة، فتبيّن أن وسطي نسبة البروتين في بذور معاملة الري الكامل I_1 بلغ 36.43%، وللمعاملة I_2 (80% من الري الكامل) بلغ 40.40%، أما بالنسبة للمعاملة I_3 (65% من الري الكامل) فقد بلغ وسطي محتوى البروتين في بذورها 38.93%، (الشكل 4-9).



الشكل(4-9): وسطي محتوى البذور من البروتين (%) للمعاملات المدروسة الثلاث والنسب المئوية للفروق بينها

بينت نتائج التحليل الإحصـــائي المُنفذ بوســـاطة برنامج GenStat 12th (الملحق5) وجود فروق معنوية عند المستوى $\alpha=0.05$ في محتوى بذور المحصول من البروتين بتأثير المعاملات الثلاث المدروسة المطُبّقة عليه. تم تطبيق اختبار أقل فرق معنوي (LSD) وحُدّدت مصـــــادر التباين بين المعاملات، كما أُجريت المقارنات الثنائية بين متوسطات نسبة البروتين في المعاملات الثلاث المدروسة (الجدول 4-5)، فتبيّن ما يلي:

الجدول(4-5): نتائج اختبار أقل فرق معنوي لمحتوى البذور من البروتين (%) بين المعاملات المدروسة والمقارنة بين المتوسطات عند مستوى معنوية 5%

المعاملات	محتوى البذور من البروتين (%)*	المقارنة بين المتوسطات		
I_2	40.40 a	I_1 - I_2	4.0	فرق معنوي
I_3	38.93 a	$I_1 - I_3$	2.5	فرق معنوي
I_1	36.43 b	$I_2 - I_3$	1.5	فرق غير معنوي
L.S.D (5%) = 2.293				

* وفقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05 فإن المتوسطات المتبوعة بأحرف غير متماثلة تكون مختلفة معنوياً فيما بينها، أما المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه فلا يوجد اختلاف معنوي بينها

- تفوق معاملتي الري الناقص I_2 وI_3 تفوقاً معنوياً على معاملة الري الكامل I_1 من حيث محتوى البروتين في البذور. حيث أدى تطبيق المعاملة I_2 إلى زيادة معنويّة في محتوى البذور من البروتين بالمقارنةً مع المعاملة I_1 حيث بلغت نســبة هذه الزيادة 11% (الشــكل4-9)، وكذلك فقد نتج عن تطبيق المعاملة I_3 زيادة معنويّة في محتوى البذور من البروتين بنسبة زيادة بلغت 7% مقارنةً معه في المعاملة I_1.
- أما الفروق بين معاملتي الري الناقص I_2 و I_3 فقد كانت غير معنوية بالنســبة لتأثيرهما على نســبة البروتين في بذور محصــول فول الصــويا حيث كان محتوى البروتين في I_2 أعلى ظاهرياً منه في المعاملة I_3 بنســبة زيادة ظاهرية تعادل 4% (الشكل4-9)

- **وبالنتيجة فقد بيّنت دراســـة نســـبة البروتين في البذور عند مســـتوى معنوية 5% تفوق معاملات الري الناقص I_2 وI_3 تفوقاً معنويّاً على معاملة الري الكامل I_1، أما الفروق بين معاملتي الري الناقص I_2 و I_3 فقد كانت غير معنويّة.**

- يمكن تفســير هذه الاســتجابة لمحتوى بذور فول الصــويا من البروتين لتأثير الري الناقص إلى أن الإجهاد المائي قد عمل على تخفيض فترة امتلاء البذور مما جعل حجمها أقل وتركيز البروتين فيها عالياً، كما أن الأثر الســلبي للإجهاد المائي على تراكم البروتين كان منخفضــاً نسـبياً مقارنة مع بقية المكونات الداخلة في تركيـب الحبوب وهو يمـاثـل مـا توصـــــل إليـه كـل من (Rotundo and Westgate, 2010)، و(Arumingtyas, 2014)، و، (Kirda, 2002). وكما بيّنت النتائج الســابقة فإن ظروف الإجهاد المائي المطبّق قد أثّرت في محتوى بذور محصول فول الصويا من الزيت والبروتين اللذان يعدان المكونان الرئيسان فيها، وقد أدّت إلى زيادة نســـبة البروتين وانخفاض نســـبة الزيت وهي نتيجة متوافقة مع كل من (Mertz-Henning et al., 2018)، و(Ghassemi-Golezani & Farshbaf-Jafar, 2012)، و(Rose, 1988).

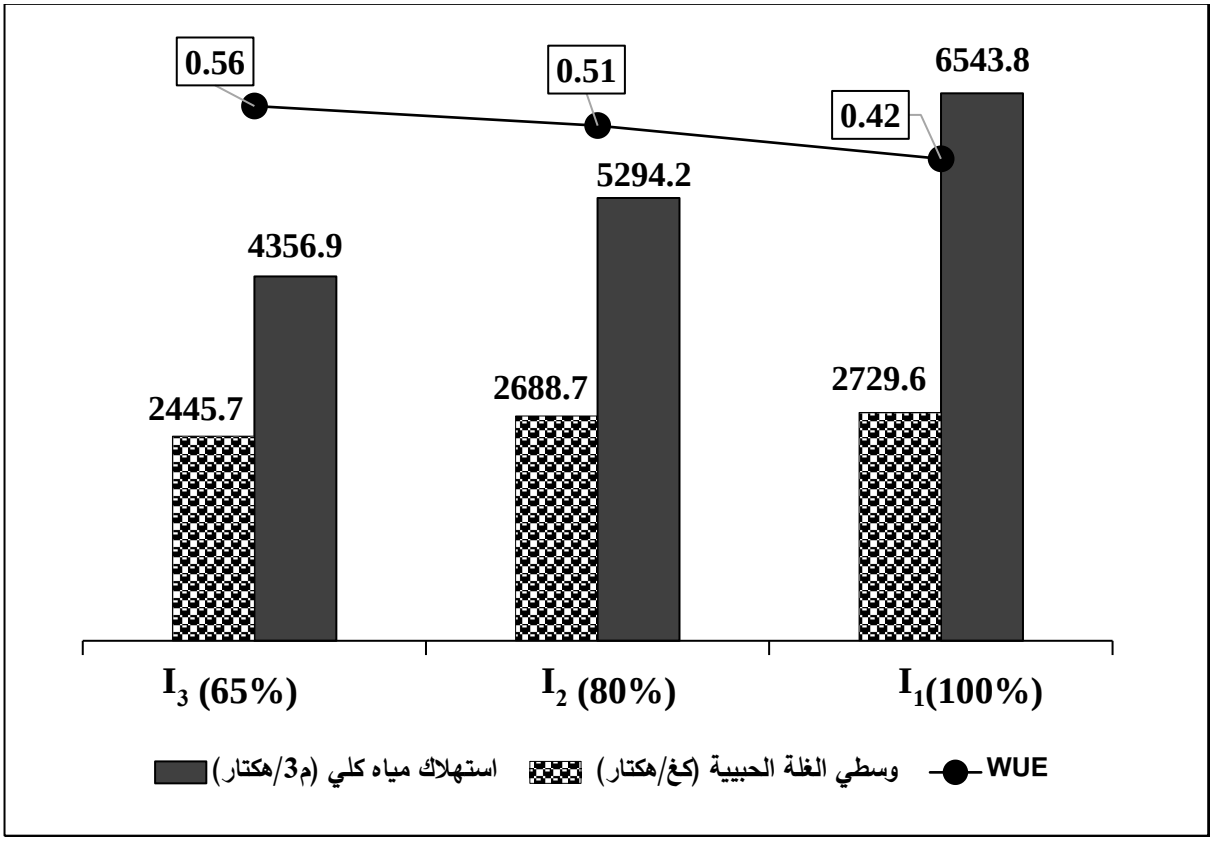
4-1-6. أثر الري الناقص في كفاءة استعمال المياه (WUE) (كغ/م^3):

تم تحديد كفاءة استعمال المياه لكل معاملة من المعاملات المدروسة من حساب النسبة بين الغلة البذريّة وإجمالي الاستهلاك المائي الكلي للمحصول خلال موسم النمو وهي مبيّنة في (الشكل 4-10)، فكانت قيم كفاءة استخدام كالتالي:

- المعاملة I_1 (100% ري كامل من غير إجهاد): بلغ الاســـتهلاك المائي الكلي بالنســـبة لهذه المعاملة خلال موسم النمو 6543.8 م^3/هـ ووسـطي الغلة البذريّة 2729.6 كغ/هكتار، فكانت كفاءة استعمال المياه 0.42 كغ/م^3.

- المعاملة I_2 (80% من الري الكامل): بلغ الاستهلاك المائي الكلي بالنسبة لهذه المعاملة خلال موسم النمو 5294.2 م^3/هكتار ووسطي الغلة البذريّة 2688.7 كغ/هكتار، فكانت كفاءة استعمال المياه 0.51 كغ/م^3.

- المعاملة I_3 (65% من الري الكامل): بلغ الاستهلاك المائي الكلي بالنسبة لهذه المعاملة خلال موسم النمو 4356.9 م^3/هـ ووسطي الغلة البذريّة 2445.7 كغ/هـ، فكانت كفاءة استعمال المياه 0.56 كغ/م^3.



الشكل(4-10): كفاءة استعمال المياه (كغ/م^3) والغلة البذريّة (كغ/هكتار) والاستهلاك المائي الكلي للمعاملات الثلاث المدروسة (م^3/هكتار)

- بالمقارنة مع معاملة الري الكامل I_1 بلغت نسب التوفير في المياه 20% و35% في معاملتي الري الناقص I_2 وI_3 على التوالي. مما يعني أنّ التوفير في مياه الري قد ازداد بزيادة الإجهاد المائي المطبّق. حقّقت معاملة الري الناقص I_3 أعلى قيمة من كفاءة استعمال المياه 0.56 كغ/م3 تلتها معاملة الري الناقص I_2 بـ0.51 كغ/م3، في حين أن أدنى قيمة البالغة 0.42 كغ/م3 حققتها معاملة الري الكامل I_1.

- تمّ الحصـول على نتائج متوافقة مع أبحاث الري العديدة المطبّقة على محصـول فول الصـويا، إذ بيّن كل من (Jovanovic and Stikic, 2012)، و(Kirda, 2002)، و(Sarai et al., 2012) أن الري الناقص قد رفع من قيمة كفاءة اسـتعمال المياه لفول الصـويا. وبالمثل بالنسـبة لكل من (Geerts & Raes, 2009) و(Ku et al., 2013) اللذين أفادوا بأن كفاءة استعمال المياه تكون أعلى لدى تطبيق الري الناقص.

4-1-7. تحديد معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص (K_y):

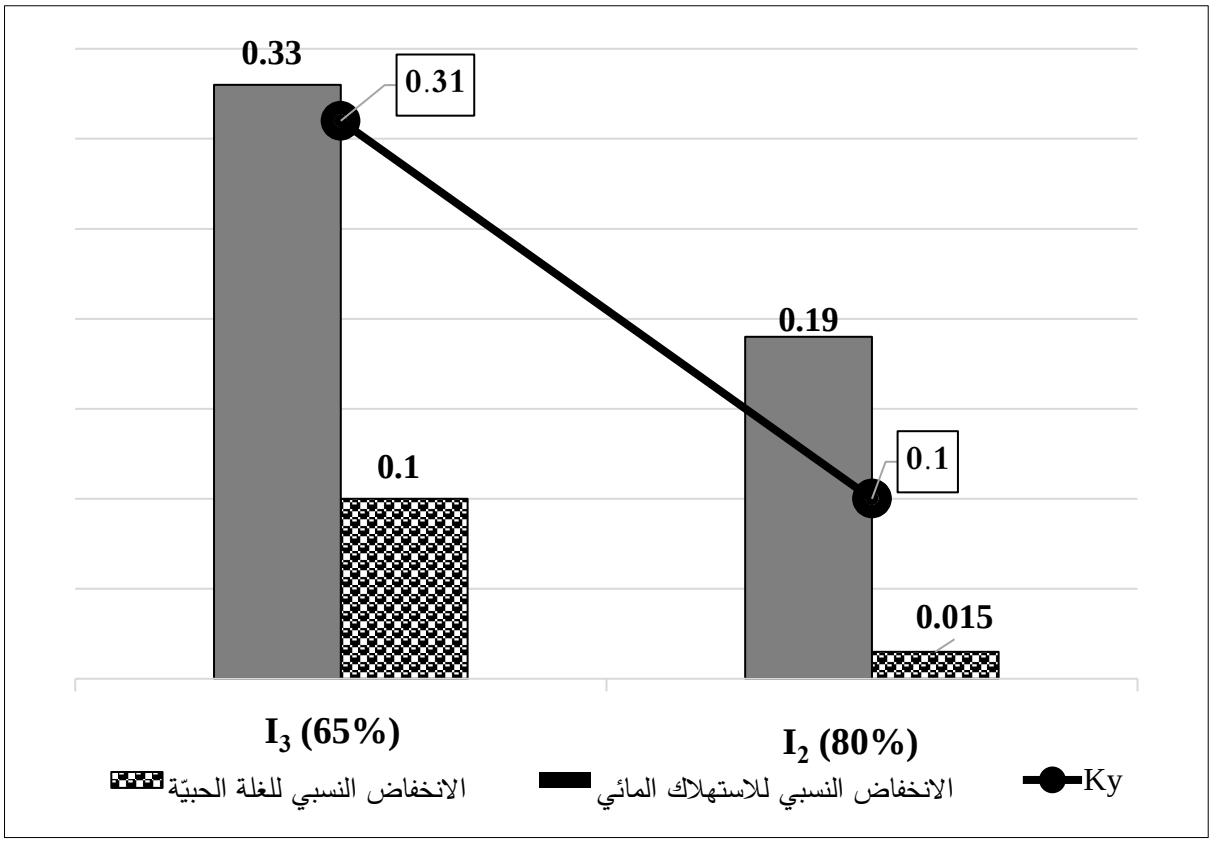
تمَّ تحديد اسـتجابة محصـول فول الصـويا صـنف Sb44 للري الناقص من خلال تقدير قيمة معامل اسـتجابة المحصول (K_y) للمعاملتي الري الناقص I_2 و I_3 كما يوضح كل من الجدول (4-6) والشكل(4-11).

- تشير النتائج أن معامل استجابة المحصول كان يساوي إلى 0.1 و0.31 في معاملات الري الناقص I_2 وI_3 على التوالي، مما يدل أنّ اسـتجابة كل من المعاملتين I_2 و I_3 للري الناقص كانت إيجابيّة لأن قيمة معامل اسـتجابة المحصـول الخاص بكل منهما كانت أصـغر من الواحد (1>Ky). مما يعني أن هذا الصـنف من محصول فول الصويا هو حسب كل من (Smith and Steduto, 2012) هو صنف متحمل للري الناقص ويبدي تكيّفاً كبيراً مع نقص المياه، حيث تنخفض إنتاجيته بشكل أقل نسبياً مقارنةً مع انخفاض كمية الري.

- كما تبيّن قيم معامل اسـتجابة المحصـول K_y في كل من الجدول (4-6) والشـكل(4-11) أنّ انخفاض معامل استجابة المحصول كان مرتبطاً بتعرض المحصول لإجهاد أقل، أي أن القيمة الأدنى لمعامل استجابة المحصـول المسـاوية إلى 0.1 حققتها معاملة الري الناقص I_2 (80% من الري الكامل) التي كانت غلتها البذريّة مقاربة للغلة البذريّة في معاملة الري الكامل وبفروق غير معنوية بينهما (الفقرة 4-2)

الجدول(4-6): قيم معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص(K_y) في المعاملتين I_2 وI_3 والانخفاض النسبي في الغلة البذريّة والاستهلاك المائي الكلي لهما

المعاملات	الغلة البذريّة (كغ/هـ)	الاستهلاك المائي الكلي ($م^3$/هـ)	الانخفاض النسبي للغلة البذريّة $1-\frac{Y_a}{Y_{max}}$	الانخفاض النسبي للاستهلاك المائي $1-\frac{ET_a}{ET_{max}}$	K_y $\frac{1-\frac{Y_a}{Y_{max}}}{1-\frac{ET_a}{ET_{max}}}$
I_1	2729.6	6543.8	0.00	0.00	-
I_2	2688.7	5294.2	0.015	0.19	0.1
I_3	2445.7	4356.9	0.10	0.33	0.31



الشكل(4-11): معامل استجابة محصول فول الصويا للري الناقص(K_y) في المعاملتين I_2 و I_3 والانخفاض النسبي في الغلة البذريّة والاستهلاك المائي الكلي لهما

- بيّن (Doorenbos and Kassam, 1979) والعديد غيرهما أن معامل استجابة المحصول يختلف باختلاف نوع المحصول، وصنفه، ومستوى الإجهاد المطبّق وباختلاف موقع الدراسة أي أن قيمته تتعلق أيضاً بتلاؤمه مع البيئة ومع الظروف المناخيّة المزروع فيها وغيرها. لذا فإن قيّم Ky تتميّز بالتبعثر وبالاختلاف وفقاً للعوامل السابقة الخاصة بكل تجربة. فعند تطبيق ري ناقص بنسبة 33% من الري الكامل ضمن ظروف المناطق الجافة وشبه الجافة وجد كل من (Comlekcioglu & Simsek, 2011) أن معامل استجابة محصول فول الصويا كانت تساوي إلى 0.59. أما (Moutonnet, 2002) فقد أورد أن قيمة معامل استجابة المحصول للري الناقص من أجل ري ناقص بنسبة 50% من الري الكامل كان مساوياً لـ 0.85 إلا أن هذا القيمة وسطية من أجل تجارب منفذة في تسعة بلدان.

4-2- مناقشة النتائج:

يلخص الجدول (4-7) أهم النتائج التي تمّ الحصـــول عليها في هذه الدراســـة في مجال التوفير في المياه وكفاءة اســـتعمال المياه ومعامل اســـتجابة المحصـــول للري الناقص، أمّا الجدول(4-8) فإنه يبيّن أثر معاملات الري المطبّقة في الصفات المدروسة للغلّة. إن دراسة البيانات الواردة في الجدولين التاليين تقودنا للنتائج التاليّة:

الجدول(4-7): التوفير في المياه (%، م^3/هكتار)، وكفاءة استخدام المياه(كغ/م^3) ومعامل استجابة المحصول للمعاملات الثلاث المدروسة I_1، I_2، I_3

المعاملات	نسبة التوفير في المياه بالنسبة للمعاملة I_1 (%)	كميّة المياه الموفرة بالنسبة للمعاملة I_1 (م3/هكتار)	كفاءة استخدام المياه WUE (كغ/م3)	Ky
I_1	0	0	0.42	-
I_2	20	1249.6	0.51	0.1
I_3	35	2186.9	0.56	0.31

الجدول(4-8): أثر المعاملات المدروسة I_1، I_2، I_3 في مواصفات غلّة محصول فول الصويا صنف Sb44

المعاملات	الغلة البذريّة (كغ/هكتار)	وزن المئة بذرة (غ)	محتوى البذور من الزيت (%)	محتوى البذور من البروتين (%)
I_1	2729.6 a	20.58 a	18.49 a	36.43 b
I_2	2688.7 a	20.37 a	17.53 a	40.40 a
I_3	2445.7 b	18.16 b	15.60 b	38.93 a
LSD* (0.05)	55.45	0.362	1.184	2.293

* وفقاً لاختبار LSD عند مستوى معنوية 0.05 فإن المتوسطات المتبوعة بأحرف غير متماثلة تكون مختلفة معنوياً فيما بينها، أما المتوسطات المتبوعة بالحرف نفسه فلا يوجد اختلاف معنوي بينها.

1- بيّنت نتائج الدراســـة أن محصـــول فول الصـــويا صـــنف Sb44 متحمل للإجهاد المائي، إذ أن قيمة معامل اســـتجابة المحصـــول K_y للري الناقص كانت أصـــغر من الواحد في كلا معاملتي الري الناقص I_2 وI_3 (الجدول4-7). وفي ظل محدودية الموارد المائيّة وعدم إمكانيّة تزويد هذا المحصول بكامل احتياجاته المائية

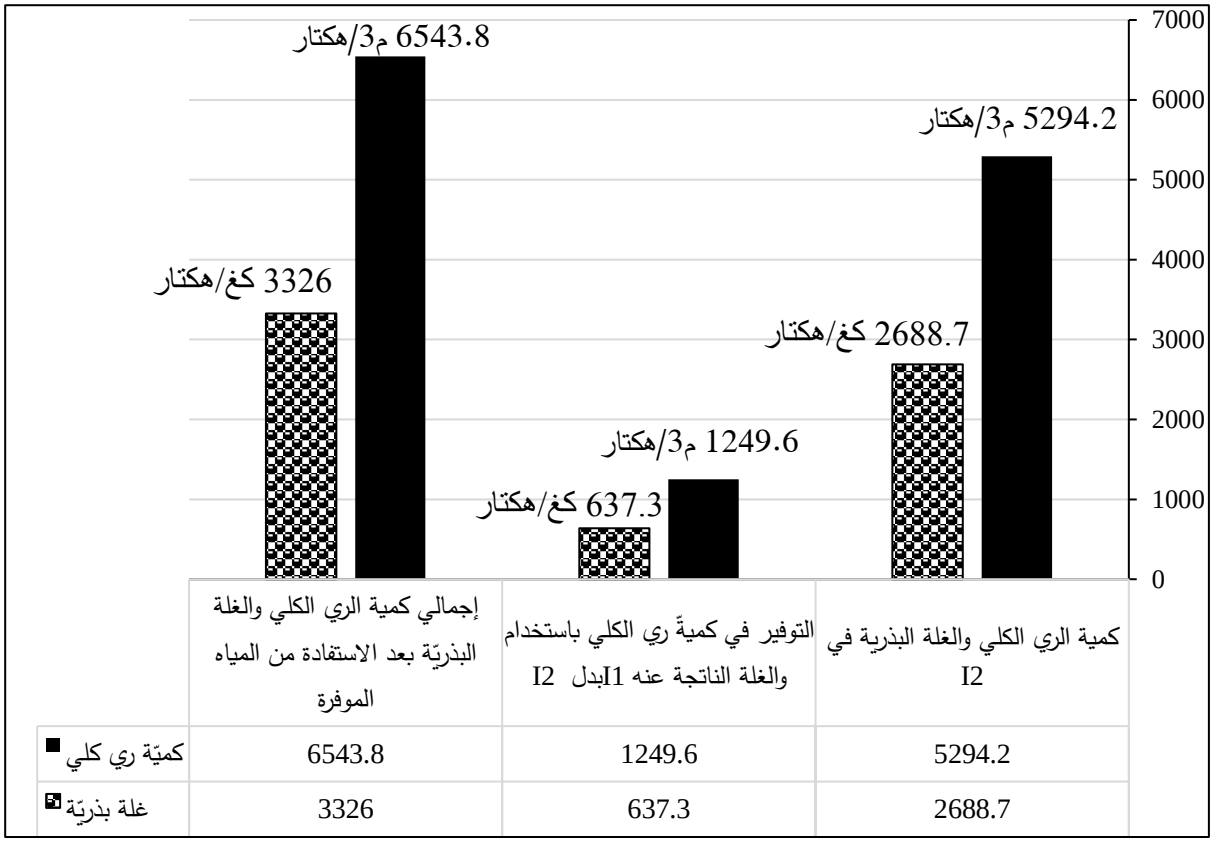
وفقاً للمعاملة I_1، فلا بد من دراسة كل من كفاءة استعمال المياه، ونسبة التوفير في المياه، ومعنوية انخفاض الغلة البذريّة لمعاملتي الري الناقص I_2 وI_3 من أجل اعتماد المعاملة التي ستحقق أعلى غلّة حبيّة ضمن المساحة المرويّة.

ووفقاً للنتائج الواردة في الجدولين (4–7) و(4–8) فإن معاملة الري الناقص I_2 قد حققت كفاءة استعمال مياه عالية (0.51 كغ/م3)، ونسبة توفير في المياه بلغت 20% مع انخفاض غير معنوي في الغلة البذريّة مقارنة مع معاملة الري الكامل I_1. وهي تعد أفضل من معاملة الري الناقص I_3 التي وعلى الرغم من ارتفاع كل من كفاءة استعمال المياه فيها (0.56 كغ/م3) ونسبة توفير المياه (35%) إلا أنّ فرق الغلة بينها وبين معاملة الري الكامل I_1 كان معنويّاً (الجدول4–8)، أي أن تطبيق I_3 سيعطي غلة حبيّة منخفضة بشكل معنوي على الرغم من نسبة توفير المياه العالية.

2– إن تطبيق المعاملة I_2 بدلاً من معاملة الري الكامل I_1 سيحقق توفيراً نسبته 20% ومقداره 1249.6م^3/هكتار. إنّ هذه الكميّة الموّفرة من المياه ستكون كافيّة للتوسع في المساحة المروية بمقدار 0.2 هكتار وتحقيق غلة حبيّة إضافيّة مقدارها 637.3 كغ/هكتار وإجمالي غلّة حبيّة مقدارها 3326 كغ/هكتار بنفس الكميّة من المياه التي كانت من الممكن أن تنتج 2729.6 كغ/هكتار في معاملة الري الكامل I_1. يمكن تلخيص زيادة الغلة البذريّة التي حققتها المعاملة I_2 نتيجة تطبيقها بدل I_1 بالشكل (4–12).

3– إن نسبة التوفير في مياه الري التي بلغت 20% في معاملة الري الناقص I_2 (80% من الري الكامل) قد سببت إضافةً لما سبق انخفاضاً غير معنوي في نسبة الزيت في بذور هذه المعاملة (الجدول4–8)، وكذلك الأمر بالنسبة لكل من الغلة البذريّة ووزن المئة بذرة، حيث سبب الإجهاد المائي المطبّق في هذه المعاملة انخفاضاً غير معنوي في كل منهما مقارنةً بمعاملة الري الكامل I_1، إلا أنه قد أدى في الوقت نفسه إلى زيادة معنوية في نسبة البروتين في البذور مقارنة مع معاملة الري الكامل. مما يجعل المعاملة I_2 ذات كفاءة مرتفعة ومؤشرات جيّدة، فعلاوة على تفوقها المعنوي من حيث نسبة البروتين على معاملة الري الكامل I_1،

فإن انخفاض كل من الغلة البذريّة ووزن المئة بذرة ونســـبة الزيت فيها يعد مقبولاً مقارنةً بما حقّقته من توفير في المياه.



	إجمالي كمية الري الكلي والغلة البذريّة بعد الاستفادة من المياه الموفرة	التوفير في كميةّ ري الكلي باستخدام والغلة الناتجة عنه I1بدل I2	كمية الري الكلي والغلة البذرية في I2
كميّة ري كلي ■	6543.8	1249.6	5294.2
غلة بذريّة ■	3326	637.3	2688.7

الشكل(4-12): كميّة المياه التي يمكن توفيرها عبر تطبيق المعاملة I_2 بدلاً عن I_1 والزيادة في الغلة البذريّة الناتجة عن ذلك

4- على الرغم من ارتفاع كفاءة اســتعمال المياه في معاملة الري الناقص I_3، إلا أنّ كلٍ من الغلة البذريّة، ووزن المئة بذرة، ونسـبة الزيت فيها كان منخفضـاً بصـورة معنوية بالنسـبة لكل من المعاملتين I_1 وI_2. إلا أن نسـبة البروتين المحققة في بذور هذا المعاملة كانت متفوّقة معنوياً على معاملة الري الكامل I_1 في حين كانت أقل من معاملة الري الناقص I_2 لكن بفروق غير معنويّة (الجدول 4-8). نجد مما ســبق أنّه من المســتحســن اســتبعاد هذه المعاملة وعدم تطبيقها إلا في حال كانت الموارد المائيّة المتاحة محدودة بشــكل كبير فيكون الهدف من تطبيقها الحصــول على غلّة حبيّة ذات محتوى عالي من البروتين يمكن اســتخدامها كعليقة حيوانية.

الفصل الخامس

الاستنتاجات والتوصيات

5-1- الاستنتاجات

- يمكن تطبيق الري الناقص على محصول فول الصويا الصنف Sb44 لأن معامل استجابة المحصول للري الناقص كان Ky<1، حيث بلغ 0.1 في المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) و 0.31 في المعاملةI_3 (65% من الري الناقص)

- حققت المعاملة I_3 (65% من الري الكامل) أعلى كفاءة استعمال مياه 0.56 كغ/م^3، تلتها المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) 0.51 كغ/م^3.

- حققت معاملة الري الناقص I_2 (80% من الري الكامل) أعلى غلة بذريّة (3938.8 كغ/هكتار) مقارنة بالغلة البذريّة لمعاملة الري الكامل I_1 (2729.6 كغ/هكتار) وذلك عند تطبيقها عوضاً عن معاملة الري الكامل I_1 واستعمال المياه التي تم توفيرها في ري مساحة إضافيّة.

- في ظروف ندرة المياه يمكن تطبيق المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) لأنها أبدت تكيّفاً أكبر من المعاملة I_3 (65% من الري الكامل) مع ظروف الري الناقص، فقد حققت كفاءة استعمال مياه عالية وتفوقت معنوياً على معاملة الري الكامل I_1 من حيث نسبة البروتين، وحققت توفيراً في المياه يجعل من انخفاض غلتها البذريّة ووزن المئة بذرة ونسبة الزيت فيها مقبولاً.

- عندما يكون الغرض من زراعة هذا الصنف الحصول على نسبة عالية من البروتين يتم تطبيق الري الناقص باستخدام المعاملتين I_2 (80% من الري الكامل)، I_3 (65% من الري الكامل) اللاتي حققتا النسب التالية 40.10%، 38.93% على الترتيب من حيث محتوى البروتين في البذور.

- يفضل عدم تطبيق المعاملة I_3 (65% من الري الكامل) إلا في ظروف الجفاف الشديد، وذلك تجنباً لتأثيرها السلبي في الغلة البذرية وفي وزن المئة بذرة وفي نسبة الزيت في البذور.

- عندما يكون الغرض من زراعة هذا الصنف إنتاج الزيت يفضل عدم استخدام الري الناقص. وفي حال استخدامه يتم تطبيق المعاملة I_2 (80% من الري الكامل) التي حقق نسبة زيت قدرها 17.53%.

5-2- التوصيات

- تعميم تقنيّة الري الناقص بين الفلاحين عبر الوحدات الإرشـاديّة كاسـتراتيجية من اسـتراتيجيات إدارة المياه، وذلك بصورة مترافقة مع مستوى الإجهاد المناسب لكل محصول من المحاصيل بما يحقق التوفير في المياه والإنتاجية المثلى سواء في منطقة الدراسة أو في كافة مناطق القطر.

- تنفيذ دراسات مماثلة وفق نسب أخرى مختلفة من الري الناقص لرصد استجابة محصول فول الصويا للري الناقص سواء في منطقة الدراسة أو في كافة مناطق القطر.

- تضافر جهود الجهات البحثية مع الجهات ذات الصلة من أجل تطوير وتسويق حساسات لقياس رطوبة التربة بشكل سهل وبأسعار مقبولة وصولاً إلى جدولة ري مثلى تضمن عدم وجود ضياعات في المياه، وتمكّن المستخدم لدى تطبيقه الري الناقص من تخفيض كميّة المياه إلى النسبة المقررة مع تحقيق الاستفادة المثلى.

- زيادة الاهتمام بمحصول فول الصويا كونه مكوّن أساسي من مكونات العلائق الحيوانية، وخصوصاً في أزمة الأعلاف الراهنة في القطر.

المراجع العربية

1- الباجوري، ألفت حســـن، المراكبي، عبد المقصـــود محروس، والحبال، محمد ســـامي. (2001). تكنولوجيا المحاصيل، القاهرة: جامعة عين شمس.

2- بلديه، رياض، الشاطر، محمد سعيد. (2010). أنظمة الري والتسميد، دمشق: منشورات جامعة دمشق، كليّة الزراعة

3- بلديه، رياض. (2014). فيزياء وميكانيك التربة، دمشق: منشورات جامعة دمشق، كليّة الزراعة

4- الحسانين، يوسف عبد العزيز، (2014). النبات الاقتصادي، القاهرة: المكتبة الأكاديميّة.

5- دليل معايير تصميم أنظمة الري الفعالة وإدارة مياه الري في الحقل. (2007). سورية: مشروع تطوير تقنيات الري الفعالة وطرق الإرشاد في سورية DEITEX، JICA.

6- الزعبي، محمد منهل، الحصـــني، أنس، و درغام، حسّـــان. (2013). طرق تحليل التربة والنبات والمياه والأسمدة، دمشق: منشورات إدارة بحوث الموارد الطبيعية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

7- الشـرع، عبد الحميد. (2016). تجربة التحول إلى الري الحديث للتكيف مع تغير المناخ. ورشـة عمل حول التكيف مع التغير المناخي في قطاع الزراعة باســتخدام أدوات الإدارة المتكاملة للموارد المائية، لبنان (15-17 شباط، 2016)

8- الشـــهابي، عمران. (2016). التكيف مع التغيرات المناخية في قطاع الزراعة - تطبيق أدوات الإدارة المتكاملة. ورشـة عمل حول التكيف مع التغير المناخي في قطاع الزراعة باسـتخدام أدوات الإدارة المتكاملة للموارد المائية، لبنان (15-17 شباط، 2016).

9- العسـود، غرود. (2013). رسـالة دكتوراة: التحليل الوراثي للصـويا للغلة ومكوّناتها في فول الصـويا. جامعة دمشق.

10- العسود، غرود. (2010). رسالة ماجستير: السلوكية الوراثية لبعض الصفات الكمية والنوعية في هجن لفول الصويا، جامعة دمشق.

11- عيسى، عبير. (2008). رسالة ماجستير: تقـييم أداء بعض أصناف فول الصويـا [Glycine max (L.) Merril] تحت تأثير الإجهاد المائي عند مختلف مراحل النمو، جامعة دمشق

12- غنيم، عفيف .(1988). فول الصـويا نشرة (394)، دمشـق: مديرية الشـؤون الزراعية، الإرشـاد الزراعي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية.

13- فلّوح، سـليمان. (1974). فول الصـويا نشـرة 52، دمشـق: مديرية الشـؤون الزراعية، الإرشـاد الزراعي، الإرشاد الزراعي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية.

14- كيّال، حامد، صبوح، محمود، نمر، يوسف. (1988). المحاصيل الصناعية. دمشق: منشورات جامعة دمشق، كليّة الزراعة

15- المط، محمد صـادق .(1977). فول الصـويا نشـرة 125، دمشـق: مديرية الشـؤون الزراعية، الإرشـاد الزراعي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية.

16- هجرس، سعد أحمد. (1996). الزراعة المصرية. القاهرة: المكتبة الأكاديمية

17- وزارة الزراعة والإصـــلاح الزراعي الســـوريّة. (2018). المجموعة الإحصـــائية الزراعيّة الســـنويّة، الباب الأول: الأمطار واستعمالات الأراضي، الجدول 4.

18- وزارة الزراعة والإصـــلاح الزراعي الســـوريّة. (2018). المجموعة الإحصـــائية الزراعيّة الســـنويّة، الباب الثالث: المحاصيل والخضار الصيفيّة، الجدول 54.

19- وزارة الزراعة والإصـــلاح الزراعي الســـوريّة. (2018 حتى 1991). المجموعات الإحصـــائية الزراعيّة السنويّة، جدول "إجمالي الأراضي حسب المحافظات وتطورها على مستوى القطر".

20- وهبي، صـالح .(2002). فول الصـويا كمحصـول جديد في سـورية. مجلة جامعة دمشـق للآداب والعلوم الإنسانيّة، 18 (3+4)، 13 - 38

المراجع الأجنبية

1- Al-Akhras, O. (2020, February 25th). Water Resources Monitoring: National Strategy/Plan. Project Launching Workshop and Technical Meeting on Strengthening Resilience of Water/Agriculture Sector Through Improved Water for Irrigation Database - Management and Studies, Syria.

2- Ali, M. H., Hoque, M. R., Hassan, A. A., & Khair, A. (2007). Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. Agricultural water management, 92(3), 151-161.

3- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and drainage paper, 56(97), e156. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

4- Arumingtyas, E. L., & Savitri, E. S. (2014). Identification and characterization of drought stress protein on soybean (Glycine max L. Merr). Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 5(1), 789-796.

5- Behtari, B., Golezani, K. G., Nasab, A. D. M., Salmasi, S. Z., & Toorchi, M. (2011). Oil and protein response of Soybean (Glycine max L.) seeds to water deficit. Поволжский экологический журнал, (3), 247-255.

6- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods, 5, 363-375.

7- Boerma, H. R., & Specht, J. E. (2004). Soybeans: improvement, production and uses (No. Ed. 3). American Society of Agronomy.

8- Brouwer, C., Prins, K., & Heibloem, M. (1989). Irrigation water management: Irrigation scheduling. Training manual, 4.

9- Brouwer, C., & Heibloem, M. (1986). Irrigation water management: Irrigation water needs. Training manual, 3.

10- Burris JS, Edje OT, Wahab AH. 1973. Effects of seed size on seedling performance in soybeans: II. Seedling growth and photosynthesis and field performance. Crop Science 13, 207–210.

11-Chung, J., Babka, H. L., Graef, G. L., Staswick, P. E., Lee, D. J., Cregan, P. B., ... & Specht, J. E. (2003). The seed protein, oil, and yield QTL on soybean linkage group I. Crop science, 43(3), 1053-1067.

12-Comlekcioglu, N., & Simsek, M. (2011). Effects of deficit irrigation on yield and yield components of vegetable soybean [Glycine max L.(Merr.)] in semi-arid conditions. African Journal of Biotechnology, 10(33), 6227-6234.

13-Desclaux, D., Huynh, T. T., & Roumet, P. (2000). Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. Crop science, 40(3), 716-722.

14-Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. FAO Irrigation and drainage paper, 33, Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

15-Doorenbos, J., & Pruitt, W. O. (1977). Crop water requirements. FAO Irrigation and drainage paper, 24. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

16-Dornbos Jr, D. L., & Mullen, R. E. (1991). Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination, and seedling growth rate. Canadian Journal of Plant Science, 71(2), 373-383.

17-Dornbos, D. L., Mullen, R. E., & Shibles, R. E. (1989). Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. Crop Science, 29(2), 476-480.

18-Eck, H. V., Mathers, A. C., & Musick, J. T. (1987). Plant water stress at various growth stages and growth and yield of soybeans. Field Crops Research, 17(1), 1-16.

19-English, M. (1990). Deficit irrigation. I: Analytical framework. Journal of irrigation and drainage engineering, 116(3), 399-412.

20-Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. Journal of experimental botany, 58(2), 147-159.

21-Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). FAOSTAT statistical database. Annual population. [Rome]: FAO, Retrieved April 2nd, 2020 form http://www.fao.org/faostat/en/#data/OA

22-Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). FAOSTAT statistical database. Crops. [Rome]: FAO, Retrieved June 5th, 2020 form: http: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC

23-Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2020). FAOSTAT statistical database. Crops processed. [Rome]: FAO, Retrieved April 29th, 2020 form: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QD

24-Frederick, J. R., Camp, C. R., & Bauer, P. J. (2001). Drought-stress effects on branch and mainstem seed yield and yield components of determinate soybean. Crop science, 41(3), 759-763.

25-Frenken, K. (2009). Irrigation in the Middle East region in figures AQUASTAT Survey-2008. Water Reports, (34).

26-Geerts, S., & Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. Agricultural water management, 96(9), 1275-1284.

27- Ghassemi-Golezani, K., & Farshbaf-Jafari, S. (2012). Influence of water deficit on oil and protein accumulation in soybean grains. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2(3), 46-52.

28-Gupta, P.K. (2000). Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios (India), Jodhpur, New Delhi, India, 438.

29-Hajirostamloo, B., & Mahastie, P. (2008). Comparison of soymilk and cow milk nutritional parameter. Research Journal of Biological Sciences, 3(11), 1324-1326.

30-Heuzé V., Tran G., Kaushik S., (2020). Soybean meal. Feedipedia, a programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. Retrieved May 31th, 2020 form: https://feedipedia.org/node/674

31-Hymowitz, T., & Harlan, J. R. (1983). Introduction of soybean to North America by Samuel Bowen in 1765. Economic Botany, 37(4), 371-379.

32- Jovanovic, Z., & Stikic, R. (2012). Strategies for improving water productivity and quality of agricultural crops in an era of climate change. Irrigation Systems and Practices in Challenging Environments, 77-102.

33-Kang, S., Zhang, L., Liang, Y., Hu, X., Cai, H., & Gu, B. (2002). Effects of limited irrigation on yield and water use efficiency of winter wheat in the Loess Plateau of China. Agricultural water management, 55(3), 203-216.

34-Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O., & Rouphael, Y. (2005). Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. Agricultural Water Management, 75(3), 226-244.

35-Khan, M.A. 1985. Soybean the gold from the soil. Progressive Farming, 5(4): 14-19 .

36-Kipkorir, E. C., Raes, D., & Labadie, J. (2001). Optimal allocation of short-term irrigation supply. Irrigation and drainage systems, 15(3), 247-267.

37-Kirda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance. Deficit irrigation practices, Water Reports, 22. Rome. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

38-Kirda, C., & Kanber, R. (1999). Water, no longer a plentiful resource, should be used sparingly in irrigated agriculture. Crop yield response to deficit irrigation, 1-20.

39-Kirnak, H., Dogan, E., & Türkoğlu, H. (2010). Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and quality in the semi arid Harran plain, Turkey. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(4), 1208-1217.

40-Kjeldahl, J. G. C. T. (1883). Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen körpern. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 22(1), 366-382.

41-Korte, L. L., Williams, J. H., Specht, J. E., & Sorensen, R. C. (1983). Irrigation of Soybean Genotypes During Reproductive Ontogeny. I. Agronomic Responses 1. Crop Science, 23(3), 521-527.

42-Kresović, B., Gajić, B., Tapanarova, A., Pejić, B., Dugalić, G., & Sredojević, Z. (2017). Impact of deficit irrigation on yield and chemical properties of soybean seeds in temperate climate. Contemporary Agriculture, 66(1-2), 14-20.

43-Ku, Y. S., Au-Yeung, W. K., Yung, Y. L., Li, M. W., Wen, C. Q., Liu, X., & Lam, H. M. (2013). Drought stress and tolerance in soybean. A Comprehensive Survey of Internaitonal Soybean Research—Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships, 209-237.

44-Masoumi, H., Masoumi, M., Darvish, F., Daneshian, J., Nourmohammadi, G., & Habibi, D. (2010). Change in several antioxidant enzymes activity and seed yield by water deficit stress in soybean (Glycine max L.) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 38(3), 86-94.

45-Mertz-Henning, L. M., Ferreira, L. C., Henning, F. A., Mandarino, J. M., Santos, E. D., Oliveira, M. C., ... & Neumaier, N. (2018). Effect of water deficit-induced at vegetative and reproductive stages on protein and oil content in soybean grains. Agronomy, 8(1), 3.

46-Moutonnet, P. (2002). Yield response factors of field crops to deficit irrigation. Deficit irrigation practices. Water Reports, 22. Rome. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

47-Nollet, L. M., & Van Hengel, A. J. (Eds.). (2016). Food allergens: analysis instrumentation and methods. CRC press.

48-Oweis, T. Y., & Hachum, A. Y. (2003). 11 Improving Water Productivity in the Dry Areas of West Asia and North Africa. Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement, 1, 179.

49- Pagano, M. C., & Miransari, M. (2016). The importance of soybean production worldwide. In Abiotic and Biotic Stresses in Soybean Production (pp. 1-26). Academic Press.

50-Rose, I. A. (1988). Effects of moisture stress on the oil and protein components of soybean seeds. Australian Journal of Agricultural Research, 39(2), 163-170.

51-Rotundo, J. L., & Westgate, M. E. (2010). Rate and duration of seed component accumulation in water-stressed soybean. Crop science, 50(2), 676-684.

52- Sarai Tabrizi, M., Parsinejad, M., & Babazadeh, H. (2012). Efficacy of partial root drying technique for optimizing soybean crop production in semi-arid regions. Irrigation and drainage, 61(1), 80-88

53- Singh, R. J., & Hymowitz, T. (1999). Soybean genetic resources and crop improvement. Genome, 42(4), 605-616.

54- Smith, M., & Steduto, P. (2012). Yield response to water: the original FAO water production function. FAO Irrigation and drainage paper, 66, 6-13. Rome. Food and Agricultural Organization of the United Nations.

55- Smith, M., Kivumbi, D., & Heng, L. K. (2002). Use of the FAO CROPWAT model in deficit irrigation studies. In Deficit irrigation practices.

56- Smith, A.K. and Circle, S.J. (1972). Soybeans: chemistry and technology. Proteins. USA: The Ari Publishing Company.

57- Soxhlet, F. (1879). Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. Polytechnisches J, 232, 461-465.

58- Specht, J. E., Chase, K., Macrander, M., Graef, G. L., Chung, J., Markwell, J. P., ... & Lark, K. G. (2001). Soybean response to water. Crop Science, 41(2), 493-509.

59- Specht, J. E., Elmore, R. W., Eisenhauer, D. E., & Klocke, N. W. (1989). Growth stage scheduling criteria for sprinkler-irrigated soybeans. Irrigation Science, 10(2), 99-111.

60- Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Yield Response to water of herbaceous crops: the aquacrop simulation model. Herbaceous crops: Soybean. Crop Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper, 66, 124-131.

61- Stegman, E. C., Schatz, B. G., & Gardner, J. C. (1990). Yield sensitivities of short season soybeans to irrigation management. Irrigation Science, 11(2), 111-119.

62- Stewart, J. I., Cuenca, R. H., Pruitt, W. O., Hagan, R. M., & Tosso, J. (1977). Determination and utilization of water production functions for principal California crops. University of California, Davis, CA, USA.

63- Thoenes, P. (2004, 1-5 March). The role of soybeans in fighting world hunger. In Paper presented by the FAO at the VIIth World Soybean Research Conference held in Foz do Iguassu, Brazil

64- Vermeiren, L., & Jobling, G. A. (1983). L'irrigation localisée: calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement. Bulletin FAO d'irrigation et de drainage, 36. Rome. Organisation des Nation Pour L'alimentation et L'agriculture.

65- Walker, W. R. (1989). Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems. FAO Irrigation and drainage paper, 45. Rome. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

66- Walker, W. R., & Skogerboe, G. V. (1987). Surface irrigation. Theory and practice. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

67- Wei, Y., Jin, J., Jiang, S., Ning, S., & Liu, L. (2018). Quantitative response of soybean development and yield to drought stress during different growth stages in the Huaibei Plain, China. Agronomy, 8(7), 97

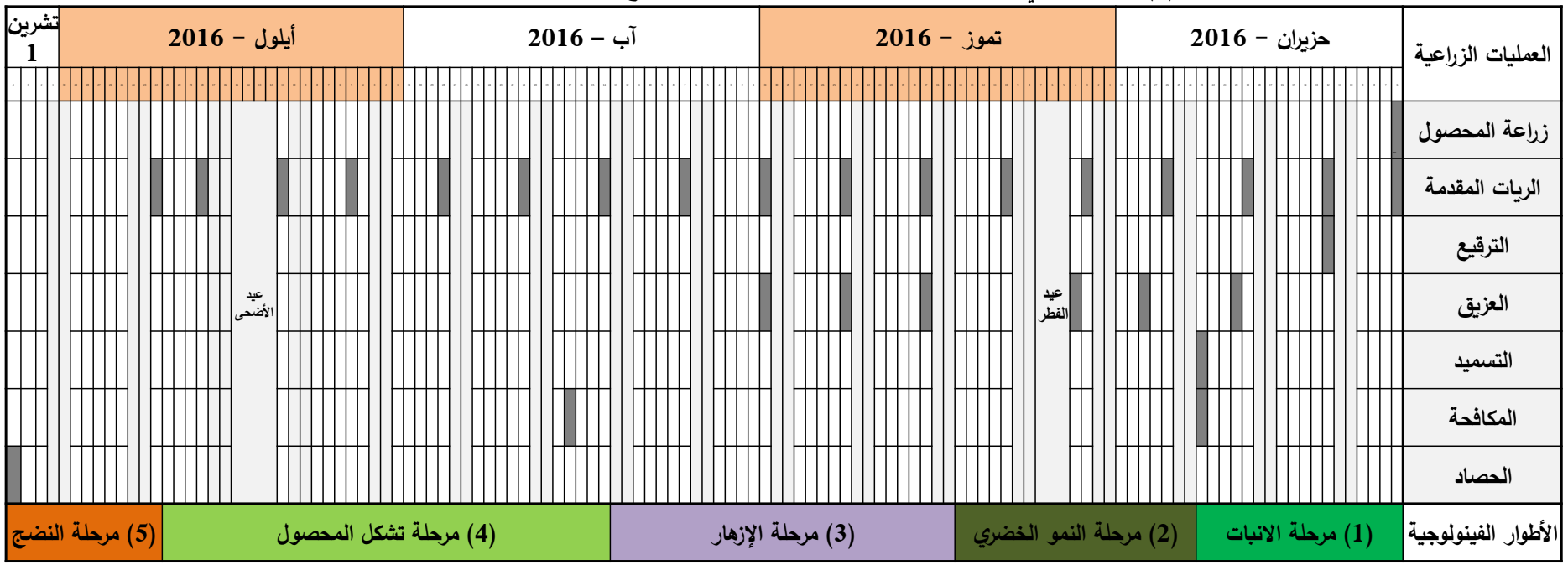
68- Wijewardana, C., Reddy, K. R., Alsajri, F. A., Irby, J. T., Krutz, J., & Golden, B. (2018). Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. Irrigation science, 36(4-5), 241-255.

69- World DataBank. Climate Change Knowledge Portal, Retrieved 2nd April 2020 from https://climateknowledgeportal.worldbank.org/download-data

70- Yoshiki, M., Sachie, H., Toshihide, M., & Motoki, K. (2013). Soybean as a nitrogen supplier (pp. 51-60). Intechopen.

الملاحق

الملحق (1): مخطط زمني يمثّل كافة مواعيد العمليات الزراعية بالتزامن مع الأطوار الفينولوجية لنمو المحصول



االملحق (2): واجهة مخرجات برنامج GenStat لاختبار أقل معنوي معنوي المطبق على الغلة الحبيّة (كغ/هكتار)

Least significant differences of means (5% level)

Table	lrr
rep.	3
d.f.	4
l.s.d.	55.45

```
 36  IF _ibalance.eq.0 .OR. _ibalance.eq.1
 37    DELETE [REDEFINE=yes] _mean, _rep, _var, _rdf
 38    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] lrr; MEAN=_mean; REP=_rep; VARIANCE=_var; RTERM=_resid
 39    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] #_resid; DF=_rdf
 40    AMCOMPARISON [METHOD=fulsd; DIRECTION=descending; PROB=0.05] lrr
```

Fisher's unprotected least significant difference test

lrr

	Mean	
l1	2730	a
l2	2689	a
l3	2446	b

االملحق (3): واجهة مخرجات برنامج GenStat لاختبار أقل معنوي معنوي المطبق على وزن المئة حبة (غ)

Least significant differences of means (5% level)

Table	lrr
rep.	3
d.f.	4
l.s.d.	0.362

```
 100  IF _ibalance.eq.0 .OR. _ibalance.eq.1
 101    DELETE [REDEFINE=yes] _mean, _rep, _var, _rdf
 102    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] lrr; MEAN=_mean; REP=_rep; VARIANCE=_var; RTERM=_resid
 103    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] #_resid; DF=_rdf
 104    AMCOMPARISON [METHOD=fulsd; DIRECTION=descending; PROB=0.05] lrr
```

Fisher's unprotected least significant difference test

lrr

	Mean	
l1	20.58	a
l2	20.37	a
l3	18.16	b

االملحق (4): واجهة مخرجات برنامج GenStat لاختبار أقل معنوي معنوي المطبق على نسبة الزيت (%)

Least significant differences of means (5% level)

Table	lrr
rep.	3
d.f.	4
l.s.d.	1.184

```
28  IF _ibalance.eq.0 .OR. _ibalance.eq.1
29    DELETE [REDEFINE=yes] _mean, _rep, _var, _rdf
30    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] lrr; MEAN=_mean; REP=_rep; VARIANCE=_var; RTERM=_resid
31    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] #_resid; DF=_rdf
32    AMCOMPARISON [METHOD=fulsd; DIRECTION=descending; PROB=0.05] lrr
```

Fisher's unprotected least significant difference test

lrr

	Mean	
l1	18.49	a
l2	17.53	a
l3	15.60	b

الملحق (5): واجهة مخرجات برنامج GenStat لاختبار أقل معنوي معنوي المطبق على نسبة البروتين (%)

Least significant differences of means (5% level)

Table	lrr
rep.	3
d.f.	4
l.s.d.	2.293

```
28  IF _ibalance.eq.0 .OR. _ibalance.eq.1
29    DELETE [REDEFINE=yes] _mean, _rep, _var, _rdf
30    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] lrr; MEAN=_mean; REP=_rep; VARIANCE=_var; RTERM=_resid
31    AKEEP [SAVE=_a2save[2]] #_resid; DF=_rdf
32    AMCOMPARISON [METHOD=fulsd; DIRECTION=descending; PROB=0.05] lrr
```

Fisher's unprotected least significant difference test

lrr

	Mean	
l2	40.40	a
l3	38.93	a
l1	36.43	b

Abstract

This work aims to determine water requirement for soy bean [Glycine max L (Merr.)] (Variety Sb44), to investigate the effect of deficit irrigation on some productive traits, and to estimate the response factor to deficit irrigation (K_y). This research was conducted in Abe Jarash farm in faculty of agriculture – Damascus university during 2016.

Three main irrigation treatments were applied: I_1 (100% of required water irrigation amount), and I_2 (80% of of required water irrigation amount), and I_3 (65% of required water irrigation amount).

The gross water consumption of the crop was 6543.8, 5294.2 and 4356.9 m^3/ha for the treatments I_1, I_2, and I_3 respectively.

The statistical analysis at the significance level of 5% showed that I_1 and I_2 is significantly superior to I_3 according to seed yield. It was 9% less for I_3 compared to I_2, and 10.4% less compared to I_1.

According to 100 seed-weight, the statistical analysis showed significat superiority of both treatments I_1 and I_2 to I_3, in which the 100 seed-weight of I_3 was less thant that in I_2 by 11% and less than that in I_1 by 11.7%. In other words, the 100 seed-weight of I_3 has been decreased significantly due to water stress.

For seed oil content, the treatment I_1 has insignificant superiority to I_2, and it has significant superiority to I_3. The water stress in the treatment causes insignificant decrease in oil content of the seeds by 5.2% compared to I_1, where I_3 causes a significant decrease by 11%, 16% compared with I_2, I_1 respectivily.

According to protein seed content, the treatment I_2 has a significant superiority compared with I_1 by 11% and it has insignificant superiority compared with I_3 by 4%

Yield response factor to deficit irrigation K_y for deficit irrigation of I_2 and I_3 showed that soybean response to deficit irrigation was positive. K_y was 0.1 and

0.31 for I_2 and I_3 respectively, that reflects the possibility of applying deficit irrigation on soybean because Ky<1.

Keywords: Irrigation, Deficit irrigation, Drip irrigation, Soybean, Crop water requirement, Seed yield, 100 seed-weight, Protein seed content, Oil seed content, Yield response factor to deficit irrigation

Syrian Arab Republic
Damasus University
Faculty of Agriculture
Departement of Rural Engineering

Effect of Deficit Irrigation on Soybeans Yield in Abe Jarash Farm

Thesis Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Rural Engineering – Specialized in Rural Engineering

By
Eng. Rahaf Mohi Aldeen Shakko

Supervisors

Dr. Ahmad Zalita
Researcher in Administration of Natural Resources Research
General Commission for Scientific Agricultural Research
Associate Supervisor

Dr. Abdallah Yakoub
Assistant Professor – Departement of Rural Engineering
Damascus University – Faculty of Agricultural
Scientific Supervisor

2020