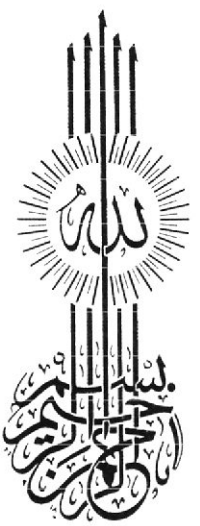
بسم الله الرحمن الرحيم

الاحتياجات المائية للري والترشيد

تأليف

أ.د. عبد رب الرسول بن موسى العمران

قسم علوم التربة — كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود

النشر العلمي والمطابع - جامعة الملك سعود

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ - المملكة العربية السعودية

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٩هـ (٢٠٠٨م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الاحتياجات المائية للري والترشيد./ عبد رب الرسول موسى العمران ،

- الرياض ١٤٢٩هـ

٤٢٢ ص ١٧ × ٢٤سم

ردمك : ٧ - ٢٤٧ - ٥٥ - ٩٩٦٠-٩٧٨

١- الري- اقتصاديات- السعودية ٢- هندسة الري أ- العنوان

ديوي ٥٨ , ٦٣١ ١٤٢٩/٧٤١

رقم الإيداع : ١٤٢٩/٧٤١

ردمك : ٧ - ٢٤٧ - ٥٥ - ٩٩٦٠-٩٧٨

حكمت هذا الكتاب لجنة متخصصة، شكلها المجلس العلمي بالجامعة، وبعد اطلاع المجلس على تقارير المحكمين، وافق على نشره في اجتماعه التاسع عشر للعام الدراسي ١٤٢٨/١٤٢٧هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٨/٦/٩هـ الموافق ٢٠٠٧/٦/٢٤م.

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٩هـ

شكر وتقدير

أود أن أشكر مجلس عمادة البحث العلمي بجامعة الملك سعود في جلسته الثانية بتاريخ ١٤٢٦/٣/١٦هـ ومركز البحوث بكلية علوم الأغذية والزراعة ومدير وأعضاء المركز للدعم الذي قدم لتأليف الكتاب وكذلك للدعم المستمر من المركز على إنهاء تأليف الكتاب.

مقدمة المؤلف

تزايد الاهتمام بموضوع المياه في السنوات الأخيرة خصوصاً في المملكة العربية السعودية بحكم ظروفها المناخية القاسية وندرة المياه وقلة مواردها المائية، وعليه فإن المحافظة على المياه وترشيدها أصبحت ضرورة وطنية، ومن ضمن المواضيع التي تهتم بذلك هو الاحتياجات المائية للمحاصيل وطرق ترشيد المياه المستخدمة للزراعة التي تمثل أكثر من ٨٥٪ من مجموع الاستهلاك المائي في المملكة العربية السعودية.

يتكون هذا الكتاب من ستة فصول عن المياه ثم الاحتياجات المائية والاحتياجات المائية في المملكة ونوعية المياه في المملكة وطرق الترشيد. ولقد راعيت في هذا الكتاب الاستفادة من الخبرة الطويلة في هذا المجال سواء أثناء دراستي أو الأبحاث التي قمت بها طوال أكثر من عشرين عاماً في هذا المجال، كما ضمت بعض الفصول التمارين المرتبطة بكل فصل.

كما أود أن أشكر كل من الأستاذ عبد الله التقق والأستاذ محمود نديم في إخراج هذا الكتاب كما يجب أن لا أنسى شكري لعائلتي القريبة جداً زوجتي ولأبنائي الأربعة لتشجيعهم المستمر في إنجاز هذا الكتاب.

المؤلـــــــف

المحتويات

الموضوع الصفحة

شكر وتقدير ..... هـ

مقدمة المؤلف ..... ز

الفصل الأول: الماء

(١,١) المقدمة ١

(١,٢) خواص الماء ٥

(١,٢,١) تركيب الماء ٥

(١,٢,٢) الماء كمذيب ٧

(١,٢,٣) درجة غليان الماء ٨

(١,٢,٤) تبخر الماء ١٠

(١,٢,٥) درجة تجمد الماء والانصهار ١٠

(١,٢,٦) الوزن النوعي أو الكثافة ١١

(١,٢,٧) اللزوجة ١٤

(١,٢,٨) التوتر السطحي ١٤

(١,٢,٩) الجهد الأسموزي ١٧

(١,٢,١٠) الجهد الكيميائي للماء ١٩
(١,٣) الدورة المائية ٢٠
(١,٣,١) التساقط ٢٣
(١,٤) قياس الأمطار ٢٤
(١,٤,١) طرق تقدير متوسط الأمطار ٢٦
(١,٤,٢) طرق تقدير بيانات المحطات المفقودة ٣٢
(١,٤,٣) التحليل التكراري للمطر ٣٣
(١,٥) الجريان السطحي ٣٦
(١,٥,١) العوامل المؤثرة على الجريان السطحي ٣٧
(١,٥,٢) معدل التسرب المائي ٤٠
(١,٥,٣) البخر ٤١
(١,٦) الموارد المائية في المملكة ٤٤
(١,٦,١) المياه السطحية ٤٤
(١,٦,٢) المياه الجوفية ٤٥
(١,٦,٣) مياه التحلية ٤٧
(١,٦,٤) مياه الصرف الصحي المعالجة ٤٧
(١,٧) تمارين ٥١
(١,٨) المراجع ٥٥

الفصل الثاني: الاحتياجات المائية للمحاصيل

(٢,١) المقدمة ٥٧
(٢,٢) أهمية الاستهلاك المائي ٥٨

(٢,٢,١) البخر-نتح المرجعي ٦٠
(٢,٢,٢) البخر- نتح للمحصول ٦٠
(٢,٣) العوامل المؤثرة على الاستهلاك المائي ٦٠
(٢,٣,١) عوامل التربة ٦١
(٢,٣,٢) العوامل الجوية ٦٥
(٢,٣,٣) عوامل النبات ٦٧
(٢,٤) اتزان الطاقة والاحتياجات المائية ٦٨
(٢,٤,١) معادلة اتزان الطاقة ٦٩
(٢,٥) الاحتياجات المائية للمحاصيل ٧٦
(٢,٥,١) الطرق المباشرة ٧٦
(٢,٥,٢) الطرق الغير مباشرة باستخدام المعادلات التجريبية ٨٨
(٢,٦) حساب معامل المحصول Kc ١٠٧
(٢,٦,١) استخدام الليسيمترات ١٠٨
(٢,٦,٢) طريقة منظمة الأغذية و الزراعة ١٠٨
(٢,٦,٣) حساب قيم معامل المحصول باستخدام طريقة منظمة الأغذية والزراعة . ١١٠
(٢,٦,٤) طريقة رايت ١١٨
(٢,٧) الاحتياجات المائية الكلية المضافة للحقل ١١٩
(٢,٨)كفاءات مياه الري ١٢٠
(٢,٨,١) كفاءة نقل المياه ١٢١
(٢,٨,٢) كفاءة إضافة الماء ١٢١
(٢,٨,٣) كفاءة استخدام المياه ١٢٢

(٢,٩) دالة إنتاجية الماء ١٢٤
(٢,١٠) العلاقة بين الإنتاجية و الماء المضاف ١٢٧
(٢,١١) المراجع ١٣٣

الفصل الثالث: الاحتياجات المائية للمحاصيل في المملكة العربية السعودية

(٣,١) المقدمة ١٣٧
(٣,٢) دراسات الليسيمترات ١٣٩
(٣,٣) استخدام المعادلات التجريبية ١٤٧
(٣,٣,١) المنطقة الوسطى الشرقية ١٤٧
(٣,٣,٢) منطقة الجوف ١٥٩
(٣,٤) المراجع ١٦٧

الفصل الرابع: العلاقات المائية في النباتات والتربة

(٤,١) المقدمة ١٧١
(٤,٢) أهمية الماء للنبات ١٧٢
(٤,٣) حالات الماء في التربة والنباتات ١٧٣
(٤,٤) الجهد المائي وعناصره ١٧٥
(٤,٤,١) الجهد الكيميائي للماء ١٧٨
(٤,٤,٢) الجهد المائي ١٨٠
(٤,٤,٣) الجهد الأسموزي ١٨١
(٤,٤,٤) الجهد الماتري ١٨١
(٤,٤,٥) جهد الضغط ١٨١
(٤,٤,٦) جهد الجاذبية ١٨٢

(٤,٥) الماء في النبات ١٨٣
(٤,٦) البخر- نتح والطاقة ١٨٣
(٤,٧) امتصاص الماء في النبات ١٨٤
(٤,٧,١) الميزان المائي في النبات ١٨٦
(٤,٧,٢) امتصاص الماء وانتقاله في النبات ١٨٩
(٤,٧,٣) مصدر القوى المؤثرة على امتصاص الماء ١٨٩
(٤,٧,٤) امتصاص و انتقال الماء عبر الجذور ١٩١
(٤,٧,٥) انتقال الماء إلى الخشب ١٩١
(٤,٨) نظام التربة والنبات ١٩٢
(٤,٩) العلاقات المائية اليومية للنبات والنقل ١٩٣
(٤,١٠) نقص الماء في النبات ١٩٦
(٤,١١) طرق قياس المحتوى الرطوبي ٢٠١
(٤,١١,١) طرق قياس الجهد المائي في النبات ٢٠١
(٤,١١,٢) الجهد الكلي للنبات ٢٠١
(٤,١١,٣) قياس الجهد الأسموزي ٢٠٦
(٤,١٢) ضغط الأنسجة أو الامتلاء ٢٠٧
(٤,١٢,١) طرق تقدير ضغط الامتلاء ٢٠٧
(٤,١٢,٢) المحتوى الرطوبي النسبي ٢١٠
(٤,١٢,٣) تكيف النباتات لنقص الماء ٢١١
(٤,١٢,٤) التأقلم الأسموزي ٢١٢
(٤,١٢,٥) التحكم في الثغور ٢١٥

(٤,١٣) زيادة المجموع الجذري عن الخضري ٢١٧
(٤,١٣,١) التغيرات على الأوراق ٢١٨
(٤,١٤) العمليات التي تتأثر بقلة الماء في النبات ٢١٩
(٤,١٥) القوانين المستخدمة في حركة الماء في النبات ٢٢٢
(٤,١٥,١) حركة الماء في النبات ٢٢٢
(٤,١٥,٢) حركة الماء من التربة إلى الجذور ٢٢٣
(٤,١٥,٣) حركة الماء في الحزم الوعائية ٢٢٤
(٤,١٥,٤) حركة الماء في الأوراق ٢٢٨
(٤,١٦) أمثلة في العلاقات المائية للنباتات ٢٢٩
(٤,١٧) الماء في التربة ٢٣٢
(٤,١٨) التربة ٢٣٤
(٤,١٨,١) المكونات الأساسية للتربة (أطوار التربة) ٢٣٤
(٤,١٨,٢) عوامل تكوين التربة ٢٣٥
(٤,١٩) العلاقة بين مكونات التربة ٢٣٨
(٤,١٩,١) ماء التربة ٢٣٩
(٤,١٩,٢) مصطلحات الماء في التربة ٢٤٢
(٤,٢٠) قياس المحتوى الرطوبي ٢٤٣
(٤,٢٠,١) طريقة اللمس ٢٤٣
(٤,٢٠,٢) الطريقة الوزنية ٢٤٣
(٤,٢٠,٣) طريقة التشتت النيتروني ٢٤٥
(٤,٢٠,٤) التنشيومترات ٢٤٨

(٤,٢٠,٥) المقاومة الكهربائية ٢٥٠
(٤,٢٠,٦) جهاز الحيز الزمني الانعكاسي ٢٥١
(٤,٢١) علاقات الهواء والماء في التربة ٢٥٤
(٤,٢١,١) المسامية الهوائية ٢٥٤
(٤,٢١,٢) المسامية ٢٥٥
(٤,٢١,٣) الكثافة الحقيقية للتربة ٢٥٦
(٤,٢١,٤) الكثافة الظاهرية للتربة ٢٥٦
(٤,٢١,٥) المحتوى الرطوبي في التربة ٢٥٧
(٤,٢١,٦) الحجم الجاف للتربة ٢٦٠
(٤,٢١,٧) أمثلة عن العلاقات المائية في التربة ٢٦٠
(٤,٢٢) المراجع ٢٦٦

الفصل الخامس: نوعية مياه الري

(٥,١) المقدمة ٢٦٩
(٥,٢) الخصائص الكيميائية لماء الري ٢٧٠
(٥,٣) قوام التربة ٢٧٢
(٥,٤) نوع المحصول المزروع ٢٧٢
(٥,٥) العوامل الجوية (المناخ) ٢٧٣
(٥,٦) طريقة الري المستخدمة ٢٧٣
(٥,٧) تقييم مياه الري في المملكة العربية السعودية ٢٧٥
(٥,٨) تأثير نوعية مياه الري على خواص التربة ٢٨٨
(٥,٨,١) مخاطر الصوديوم ٢٨٨
(٥,٩) تأثير نوعية مياه الري على ترسيب كربونات الكالسيوم في التربة ٢٩٣

(٥,٩,١) كربونات الصوديوم المتبقية ٢٩٣
(٥,١٠) تصنيف مياه الآبار المدروسة ٢٩٤
(٥,١١) احتياجات الغسيل و التوازن الملحي ٢٩٥
(٥,١١,١) ملوحة التربة ٢٩٥
(٥,١١,٢) تأثير الملوحة على التربة ٢٩٦
(٥,١١,٣) الترب الملحية والصودية ٢٩٨
(٥,١٢) طرق قياس الملوحة في التربة ٢٩٩
(٥,١٢,١) التوصيل الكهربائي ٣٠٠
(٥,١٢,٢) التحمل الملحي ٣٠٥
(٥,١٢,٣) الغسيل والتوازن الملحي ٣٠٨
(٥,١٢,٤) احتياجات الغسيل ٣١٢
(٥,١٢,٥) الصرف و التحكم بالملوحة ٣١٧
(٥,١٣) بعض المصطلحات المستخدمة في نوعية المياه والري ٣١٩
(٥,١٤) المراجع ٣٢٣

الفصل السادس: ترشيد استخدام مياه الري في المملكة العربية السعودية

(٦,١) المقدمة ٣٢٧
(٦,٢) تحسين وتطوير أنظمة الري ٣٢٨
(٦,٣) تحسين الخواص الطبيعية للتربة ٣٣٥
(٦,٣,١) المحسنات الطبيعية ٣٣٦
(٦,٣,٢) المحسنات الصناعية ٣٤٩
(٦,٤) قدرة الترب على الاحتفاظ بالماء والتسرب ٣٥٤
(٦,٤,١) منحنيات التميز الرطوبي للتربة ٣٥٦
(٦,٤,٢) معامل التوصيل الهيدروليكي المشبع ٣٥٧

(٦,٤,٣) التوصيل الهيدروليكي في الترب الغير مشبعة ٣٥٨
(٦,٤,٤) الانتشارية ٣٥٩
(٦,٤,٥) التبخر التراكمي والمحافظة على الماء ٣٦٢
(٦,٥) تأثير المحسنات على الخواص الكيميائية للتربة ٣٦٥
(٦,٥,١) تفاعل التربة (رقم حموضة التربة) ٣٦٥
(٦,٥,٢) التوصيل الكهربائي للتربة ٣٦٦
(٦,٦) الترشيد بالري الناقص ٣٦٧
(٦,٧) المراجع ٣٧٣
مسرد الرموز ٣٧٧
ثبت المصطلحات ٣٩٣
أولاً: عربي – إنجليزي ٣٩٣
ثانياً: إنجليزي – عربي ٤٠٤
كشاف الموضوعات ٤١٥

قائمة الأشكال

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (١,١)	نسب المياه المختلفة في الكرة الأرضية	٤
الشكل رقم (١,٢)	رسم توضيحي لجزيء الماء	٥
الشكل رقم (١,٣)	تأثير درجة الحرارة على كثافة الماء	١٢
الشكل رقم (١,٤)	تأثير درجة الحرارة على حجم الماء	١٢
الشكل رقم (١,٥)	تأثير قطر الأنبوب الشعري على ارتفاع الماء	١٥
الشكل رقم (١,٦)	يوضح الضغط الأسموزي للسائل	١٨
الشكل رقم (١,٧)	الدورة المائية بالكرة الأرضية	٢١
الشكل رقم (١,٨ أ)	رسم تخطيطي لجهاز قياس كمية المطر في المناطق قليلة الأمطار	٢٥
الشكل رقم (١,٨ ب)	رسم تخطيطي لجهاز قياس كمية المطر في المناطق غزيرة الأمطار	٢٦
الشكل رقم (١,٩)	محطات قياس المطر في منطقة س	٢٧
الشكل رقم (١,١٠)	حساب متوسط الأمطار بطريقة ليسين	٢٩
الشكل رقم (١,١١)	خطوط تساوي المطر للمناطق المتساوية في كمية المطر	٣١

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (١,١٢)	العلاقة بين التساقط ومعدل التسرب و الجريان السطحي	٣٧
الشكل رقم (١,١٣)	العلاقة بين درجة الحرارة وضغط بخار الماء	٤٣
الشكل رقم (٢,١)	العلاقة بين نوع التربة والماء المتاح بها	٦١
الشكل رقم (٢,٢)	العلاقة بين التوصيل الهيدروليكي والشد الرطوبي بالتربة	٦٣
الشكل رقم (٢,٣)	مكونات اتزان الماء والطاقة	٧٠
الشكل رقم (٢,٤)	اتزان الطاقة لحقل القمح الشتوي المروي ببوشلاند، تكساس	٧٢
الشكل رقم (٢,٥)	اتزان الطاقة لحقل برسيم مروي ببوشلاند، تكساس	٧٣
الشكل رقم (٢,٦)	اتزان الطاقة لتربة طمية طينية بعد عاصفة مطرية وري بعمق ٣٥ملم ببوشلاند، تكساس	٧٥
الشكل رقم (٢,٧)	مصطلحات اتزان الطاقة الموسمية الكلية لحقل مراح (تربة طمية طينية عارية) ببوشلاند	٧٦
الشكل رقم (٢,٨)	كيفية إيجاد قيمة البخر – نتح ET بيانياً باستخدام طريقة بلاني — كريدل	٩٢
الشكل رقم (٢,٩)	العلاقة بين البخر – نتح ET ومعامل المحصول في بداية موسم النمو	١١١
الشكل رقم (٢,١٠)	قيم معامل المحصول خلال مرحلة نمو النبات.....	١١١
الشكل رقم (٢,١١)	العلاقة بين الماء المضاف والإنتاجية	١٢٤

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (٢,١٢)	العلاقة بين البخر – نتح والإنتاجية	١٢٦
الشكل رقم (٢,١٣)	نسبة الانخفاض في الإنتاج لبعض المحاصيل	١٢٨
الشكل رقم (٢,١٤)	دالة الإنتاجية المثالية مع الماء المضاف والبخر – نتح ..	١٣١
الشكل رقم (٣,١)	البخر – نتح لمحصولي الطماطم والكوسة من الليسيمترات بمنطقة الرياض	١٤١
الشكل رقم (٣,٢)	قيم معامل المحصول (K_C) لمحصولي الطماطم والكوسة باستخدام الليسيمترات	١٤٢
الشكل رقم (٣,٣)	قيم البخر – نتح (ET) باستخدام المعادلات التجريبية المختلفة لمحصولي الطماطم والكوسة بمنطقة الرياض	١٤٣
الشكل رقم (٣,٤)	معامل المحصول (K_C) و مراحل النمو لنباتي البطيخ والخس	١٥٦
الشكل رقم (٣,٥)	معامل المحصول (K_C) و مراحل النمو لنباتي الطماطم والبطاطس	١٥٧
الشكل رقم (٣,٦)	معامل المحصول (K_C) ومراحل النمو لنباتات القمح و الشعير و الذرة.	١٥٨
الشكل رقم (٣,٧)	تقدير البخر – نتح لمنطقة الجوف بالطرق المختلفة	١٦٥
الشكل رقم (٣,٨)	قيم البخر – نتح لعدة سنوات (١٩٩١م – ٢٠٠١م) باستخدام طريقة (بنمان- مونتيث) لمنطقة الجوف ...	١٦٦
الشكل رقم (٣,٩)	قيم البخر – نتح لعدة سنوات (١٩٩١م – ٢٠٠١م) باستخدام طريقة (هارجريفز)	١٦٦

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (٤,١)	شكل توضيحي ل (SPAC) يوضح الماء في الحالة السائلة والغازية	١٧٤
الشكل رقم (٤,٢)	رسم توضيحي لطاقة الماء المستخدمة	١٧٦
الشكل رقم (٤,٣)	قيمة الجهد المائي في أجزاء النبات المختلفة.....	١٨٥
الشكل رقم (٤,٤)	العلاقة بين معدل النتح أو الامتصاص والجهد المائي في أوراق النباتات	١٨٧
الشكل رقم (٤,٥)	رسم توضيحي لكيفية العلاقة بين توازن الماء في النبات حيث يضاف الماء من الجذور ويخرج عن طريق الثغور بالأوراق.....	١٨٨
الشكل رقم (٤,٦)	العلاقة بين الجهد المائي في الورقة والزمن اليومي	١٩٥
الشكل رقم (٤,٧)	العلاقة بين الجهد الكلي للورقة (Ψ_t) والأسموزي (Ψ_{Solute}) وضغط الامتلاء (Ψ_p) والمحتوى المائي النسبي للورقة.....	١٩٧
الشكل رقم (٤,٨)	معدل النتح خلال اليوم	١٩٨
الشكل رقم (٤,٩)	تأثير الزمن على جهد الماء في النبات.....	٢٠٠
الشكل رقم (٤,١٠)	رسم توضيحي لطريقة التوازن مع السوائل	٢٠٢
الشكل رقم (٤,١١)	حساب الجهد المائي بطريقة معكوس المحتوى الرطوبي	٢٠٨
الشكل رقم (٤,١٢)	العلاقة بين الجهد المائي والمحتوى الرطوبي في حالة التأقلم وغير التأقلم	٢١٣

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (٤,١٣)	الثغور في النبات والخلايا الحارسة	٢١٧
الشكل رقم (٤,١٤)	الاستطالة في ورقة الذرة مع الزيادة في الجهد المائي ...	٢٢٠
الشكل رقم (٤,١٥)	معدل الاستطالة والتمثيل الضوئي عند اختلاف الجهد المائي	٢٢١
الشكل رقم (٤,١٦)	يوضح كيفية فقد الماء من مسام التربة حيث يفقد من المسام الكبيرة أولاً	٢٣٣
الشكل رقم (٤,١٧)	رسم توضيحي للعلاقة بين الحجم والكتلة في أطوار التربة الثلاثة	٢٣٨
الشكل رقم (٤,١٨)	صور المسار الموجودة بالتربة وقوة الشد الممسوك بها الماء حول حبيبات التربة	٢٤٠
الشكل رقم (٤,١٩)	العلاقة بين العد النسبي للجهاز والمحتوى الرطوبي الحجمي لجهاز التشتت النيتروني	٢٤٧
الشكل رقم (٥,١)	تقسيم مياه الري الذي وضع من قبل معمل الملوحة التابع لوزارة الزراعة الأمريكية رقم ٦٠ لسنة ١٩٥٤م	٢٧٦
الشكل رقم (٥,٢)	العلاقة بين تركيز الأملاح الكلية الذائبة المقدرة بالطريقة الوزنية (TDSa) وتركيز الأملاح الكلية الذائبة محسوبة من المعادلات (TDSb) في مياه الآبار	٢٨٣
الشكل رقم (٥,٣)	العلاقة بين تركيز الأملاح الكلية الذائبة وتركيز الصوديوم والكلوريد والكبريتات في مياه الآبار ...	٢٨٦

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (٥,٤)	العلاقة بين نسبة الصوديوم المدمص SAR ونسبة الصوديوم المدمص المعدلة	٢٨٩
الشكل رقم (٥,٥)	العلاقة بين نسبة الصوديوم المدمص SAR والنسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP محسوبة من SAR و adjSAR و $adjR_{Na}$ في مياه الآبار	٢٩٠
الشكل رقم (٥,٦)	العلاقة بين درجة التوصيل الكهربي والضغط الأسموزي ودرجة تحمل النباتات للملوحة	٢٩٧
الشكل رقم (٥,٧)	العلاقة بين المحتوى الرطوبي و الشد الرطوبي	٣٠٣
الشكل رقم (٥,٨)	تصنيف المحاصيل حسب مقاومتها للملوحة	٣٠٨
الشكل رقم (٦,١)	تأثير معدلات إضافة المادة العضوية على البخر التراكمي لعدة دورات	٣٤١
الشكل رقم (٦,٢)	أثر الرواسب الطبيعية على التمدد النسبي للترب الرملية الجيرية	٣٤٣
الشكل رقم (٦,٣)	تأثير الرواسب الطبيعية على التسرب التراكمي في الترب الرملية عند معدل إضافة ٥٪	٣٤٦
الشكل رقم (٦,٤)	أثر الرواسب الطبيعية (٣٧) بمعدلات مختلفة على تقدم جبهة الابتلال في أعمدة التربة	٣٤٨
الشكل رقم (٦,٥)	أثر إضافة المحسن على التمدد النسبي تحت التسرب في الترب الرملية.....	٣٥٤
الشكل رقم (٦,٦)	أثر معدل إضافة المحسن على التسرب التراكمي للترب الرملية.....	٣٥٦

الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
الشكل رقم (٦,٧)	علاقة المحتوى الرطوبي والجهد الماتري عند عدة إضافات من المحسن الصناعي	٣٥٧
الشكل رقم (٦,٨)	أثر المحسن الصناعي على التوصيل الهيدروليكي في الترب المشبعة	٣٥٨
الشكل رقم (٦,٩)	العلاقة بين الجهد الماتري ونسبة الرطوبة نتيجة إضافة المحسن	٣٦٠
الشكل رقم (٦,١٠)	العلاقة بين المحتوى الرطوبي والانتشارية.....	٣٦١
الشكل رقم (٦,١١)	تأثير محسنات مختلفة على البخر التراكمي في الترب الرملية.....	٣٦٣
الشكل رقم (٦,١٢)	تأثير معدلات إضافة المحسن على البخر التراكمي...	٣٦٣
الشكل رقم (٦,١٣)	تأثير موقع المحسن على البخر التراكمي لأعمدة التربة....	٣٦٤
الشكل رقم (٦,١٤)	تأثير إضافة المحسن عند أعماق مختلفة على البخر التراكمي.....	٣٦٤
الشكل رقم (٦,١٥)	تأثير معدلات إضافة المحسن على تفاعل التربة pH	٣٦٦
الشكل رقم (٦,١٦)	تأثير معدلات إضافة المحسن على ملوحة التربة EC	٣٦٧
الشكل رقم (٦,١٧)	العلاقة بين الانخفاض النسبي في المحصول والاحتياجات المائية	٣٦٩
الشكل رقم (٦,١٨)	رسم توضيحي لتأثير الري الناقص على ترشيد الماء.....	٣٧٠

قائمة الجداول

الجداول	عنوان الجدول	الصفحة
الجدول رقم (١,١)	توزيع الماء في الكرة الأرضية	٣
الجدول رقم (١,٢)	نسبة الرابطة الهيدروجينية حسب درجة الحرارة وحالة الماء	٦
الجدول رقم (١,٣)	بعض الصفات الفيزيائية للماء بمقارنتها مع بعض المركبات الأخرى.....	٧
الجدول رقم (١,٤)	العلاقة بين الضغط البخاري ودرجة الحرارة	٩
الجدول رقم (١,٥)	تأثير تركيز الأملاح على كثافة الماء	١٤
الجدول رقم (١,٦)	تأثير درجة الحرارة على اللزوجة	١٤
الجدول رقم (١,٧)	حركة الماء في الكرة الأرضية ضمن الدورة المائية..	٢٣
الجدول رقم (١,٨)	التكوينات (الطبقات) الجيولوجية الحاملة للمياه الجوفية في المملكة العربية السعودية	٤٦
الجدول رقم (١,٩)	مواقع محطات التحلية في المملكة والسنوات المتبقية من عمرها الافتراضي	٤٨
الجدول رقم (٢,١)	النسبة المئوية لساعات النهار في الشهر P بالنسبة للسنة للمواقع المختلفة حسب خطوط العرض ...	٩٣

الجداول	عنوان الجدول	الصفحة
الجدول رقم (٢,٢)	معامل التصحيح (c) المستخدم في طريقة بنمان المعدلة بواسطة منظمة الغذاء والزراعة	١٠٢
الجدول رقم (٢,٣)	معامل المحصول (K_c) المطور من قبل منظمة الغذاء والزراعة للمحاصيل الحقلية والخضرية لمراحل نمو المحصول المختلفة.....	١١٢
الجدول رقم (٣,١)	المتوسط الأسبوعي للاتزان المائي للبخر ـــ نتح (ET_c) ومعامل المحصول K_c لنبات البرسيم خلال موسم نمو عام ٢٠٠١م بمنطقة الرياض.....	١٤٤
الجدول رقم (٣,٢)	مقارنة إحصائية لقيم البخرـــ نتح (ET_c) المحسوبة والمقدرة لمحصولي الطماطم والكوسة بمنطقة الرياض	١٤٦
الجدول رقم (٣,٣)	متوسط بعض البيانات الجوية ومعدل البخر – نتح المحتمل حسب معادلة جنسن هيز مم/يوم	١٤٨
الجدول رقم (٣,٤)	ثابت المحصول k_c المحسوب من الرسوم البيانية ...	١٥٠
الجدول رقم (٣,٥)	قيم البخر – نتح الفعلي ET_c للمحاصيل المختلفة بالملليمتر	١٥١
الجدول رقم (٣,٦)	قيم ملوحة مستخلص التربة للمحاصيل المختلفة عند نسب مختلفة بالإنتاج EC_e	١٥٢
الجدول رقم (٣,٧)	احتياجات الغسيل المحسوبة للنباتات المختلفة	١٥٢
الجدول رقم (٣,٨)	الاحتياجات المائية الكلية بالملليمتر في الموسم للنباتات المختلفة باستخدام مياه ذات ملوحة مختلفة	١٥٤

الجداول	عنوان الجدول	الصفحة
الجدول رقم (٣,٩)	المتوسط الشهري لقيم العناصر المناخية لمنطقة الجوف خلال الفترة من ١٩٩١ - ٢٠٠١م	١٦١
الجدول رقم (٣,١٠)	مقارنة بين الطرق المختلفة لحساب البخر — نتح المرجعي	١٦٣
الجدول رقم (٣,١١)	المعادلات متعددة الحدود لحساب البخر — نتح المرجعي	١٦٥
الجدول رقم (٤,١)	تصنيف ماء التربة ومرادفات الشد الرطوبي والنسبة المئوية للمسامات المملؤة بالماء عند قيم مختلفة من الشد، بافتراض تربة سطحية متوسطة القوام وجيدة البناء	٢٤١
الجدول رقم (٤,٢)	تقدير المحتوى الرطوبي في التربة المتوسطة القوام إلى الثقيلة القوام عن طريق اللمس	٢٤٤
الجدول رقم (٥,١)	معايير جودة مياه الري حسب (Ayers 1985)	٢٧٧
الجدول رقم (٥,٢)	الخواص المقدرة وطرق القياس	٢٨١
الجدول رقم (٥,٣)	الخواص الكيميائية لعينات المياه الجوفية في منطقة الرياض	٢٨٤
الجدول رقم (٥,٤)	الخواص المحسوبة للمياه وتصنيفها	٢٩١
الجدول رقم (٥,٥)	المحاصيل والنباتات المختلفة ومدى تحملها للملوحة... .	٢٩٧
الجدول رقم (٦,١)	التوزيع الجغرافي لمساحة الحيازات بالألف هكتار وفقاً لنظم الري المختلفة في المملكة	٣٣٠

الجداول	عنوان الجدول	الصفحة
الجدول رقم (٦,٢)	المفاضلة بين نظامي الري بالتنقيط والفوارات حسب التجارب الميدانية بمزارع الهيئة التجريبية بالإحساء – المنطقة الشرقية.....	٣٣١
الجدول رقم (٦,٣)	متوسطات إنتاجية أشجار النخيل لأربع سنوات (١٩٩١ - ١٩٩٤م) بالكيلوجرام لكل شجرة لثلاث أنظمة ري وثلاث معاملات مائية.....	٣٣٢
الجدول رقم (٦,٤)	متوسط مقاومة الاختراق لعينات التربة المعاملة بالرواسب الطبيعية.....	٣٣٩
الجدول رقم (٦,٥)	دليل التمدد النسبي لعينات الرواسب الطبيعية في التربة الرملية الجيرية المعاملة ببعض أنواع الرواسب الطبيعية	٣٤٢
الجدول رقم (٦,٦)	الزمن اللازم لترطيب ٤٠ سم من عمود التربة بعد معاملة ١٠ سم منها بالرواسب الطبيعية المختلفة	٣٤٧
الجدول رقم (٦,٧)	تأثير المحسن جلما على تحبب التربة	٣٥١
الجدول رقم (٦,٨)	تأثير المحسن جلما على التمدد النسبي	٣٥٢
الجدول رقم (٦,٩)	المحصول المتوقع وكفاءة استخدام المياه عند تطبيق الري الناقص بنسبة ٢٥٪ من البخر – نتح	٣٧٢

قائمة الصور

الصورة	عنوان الصورة	الصفحة
الصورة رقم (١,١)	تبين تأثير الجريان السطحي على المنشآت.....	٣٦
الصورة رقم (٢,١)	الليسيمترات الغير وزنية وبها النباتات المختلفة بالمزرعة التعليمية بجامعة الملك سعود	٨١
الصورة رقم (٢,٢)	نبات الكوسة في الليسيمتر بالمزرعة التعليمية بجامعة الملك سعود.....	٨٢
الصورة رقم (٢,٣)	قياس ارتفاع محصول القمح في الليسيمترات قبل الحصاد بالمزرعة التعليمية بجامعة الملك سعود	٨٢
الصورة رقم (٢,٤)	طريقة قياس الماء الخارج من الليسيمترات.....	٨٣
الصورة رقم (٢,٥)	ليسيمترات وزنية	٨٤
الصورة رقم (٢,٦)	وعاء البخر	١٠٤
الصورة رقم (٤,١)	وعاء الضغط لتقدير الجهد الكلي للورقة	٢٠٥
الصورة رقم (٤,٢)	جهاز الأوزمومتر لقياس الجهد الأسموزي	٢٠٦
الصورة رقم (٤,٣)	جهاز التشتت النيتروني في حقل الطماطم.....	٢٤٦
الصورة رقم (٤,٤)	التنشيومتر	٢٤٨
الصورة رقم (٤,٥)	التنشيومتر في الحقل	٢٤٩

الصورة	عنوان الصورة	الصفحة
الصورة رقم (٤,٦)	أحد أجهزة قياس المحتوى الرطوبي	٢٥٠
الصورة رقم (٤,٧)	جهاز الحيز الزمني الانعكاسي (TDR)	٢٥١
الصورة رقم (٦,١ أ)	الري المحوري	٣٢٩
الصورة رقم (٦,١ب)	الري بالينابيع	٣٢٩
الصورة رقم (٦,٢)	الحقل بعد زراعة شتلات الطماطم بعد إضافة معاملات الرواسب بمزرعة الكلية بديراب	٣٣٣
الصورة رقم (٦,٣)	نباتات الطماطم أثناء موسم النمو عند بدء فترة الإزهار وعقد الثمار.	٣٣٣
الصورة رقم (٦,٤)	شبكة الري بالتنقيط السطحي وتحت السطحي في حقل تجربة الطماطم	٣٣٤
الصورة رقم (٦,٥)	منظر عام لمعاملات تجربة الطماطم ويظهر بها نظام الري بالتنقيط تحت السطحي	٣٣٤
الصورة رقم (٦,٦)	تجربة تقدير معدل التسرب في المعمل	٣٤٤