بسم الله الرحمن الرحيم

أسس هندسة نظم المياه والري

تأليف

أ. د. حسين محمد الغباري **أ. د. طارق زين العابدين**

قسم الهندسة الزراعية- كلية علوم الأغذية والزراعة

جامعة الملك سعود

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

ص.ب ٦٨٩٥٣ - الرياض ١١٥٣٧ المملكة العربية السعودية

ح دار جامعة الملك سعود للنشر، ١٤٣٨هـ (٢٠١٧م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

الغباري، حسين محمد

أسس هندسة نظم المياه والري./ حسين محمد الغباري؛ طارق زين العابدين.- الرياض، ١٤٣٨هـ

٦١٦ص، ١٧×٢٤سم

ردمك: ٥-٥٤٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- هندسة الري ٢- علم المياه

أ. زين العابدين، طارق (مؤلف مشارك) ب. العنوان

ديوي ٤٨ , ٥٥١ ٨٤٣/ ١٤٣٨

رقم الإيداع: ٨٤٣/ ١٤٣٨

ردمك: ٥-٥٤٣-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

نشر هذا الكتاب بناء على موافقة المجلس العلمي في اجتماعه السادس عشر للعام الدراسي ١٤٣٦/ ١٤٣٧هـ المعقود بتاريخ ١١/ ٧/ ١٤٣٧هـ الموافق ١٨/ ٤/ ٢٠١٦م، بعد استيفائه شروط التحكيم العلمي بالجامعة.

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يسمح بإعادة نشر أي جزء من الكتاب بأي شكل وبأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو آلية بما في ذلك التصوير والتسجيل أو الإدخال في أي نظام حفظ معلومات أو استعادتها بدون الحصول على موافقة كتابية من دار جامعة الملك سعود للنشر.

دار جامعة الملك سعود للنشر
KING SAUD UNIVERSITY PRESS

إهداء

يسعدنا

إهداء هذا العمل إلى

طلاب مرحلة التعليم الجامعي والمهندسين والباحثين

في مجال هندسة نظم المياه والري وللقارئ بالوطن العربي.

كما لا يفوتنا إن نهدي هذا العمل إلى

كل من ساعدنا في إنجازه.

شكر وتقدير

يود المؤلفان التعبير عن خالص الشكر والتقدير للمهندس محمد سيد عبد الجيد المعيد بقسم الهندسة الزراعية على ما بذله من جهد ووقت ومساعدته الفعالة في تنسيق والإخراج النهائي للكتاب بالصورة المشرفة، فله منا جزيل الشكر والامتنان.

كما نتقدم بالشكر لجامعة الملك سعود، ممثلة في كل من قسم الهندسة الزراعية بكلية علوم الأغذية والزراعة، والمجلس العلمي، ودار جامعة الملك سعود للنشر.

المؤلفان

التعريف بالمؤلفين

الأستاذ الدكتور حسين بن محمد الغباري، أستاذ هندسة نظم المياه والري - قسم الهندسة الزراعية - كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود، الرياض

- ولد عام ١٣٧٨هـ (١٩٥٩م) في منطقة نجران بالمملكة العربية السعودية. أكمل تعليمه الابتدائي والمتوسط والثانوي في منطقة نجران.
- حصل على درجة البكالوريوس في الهندسة الزراعية من كلية الزراعة-جامعة الملك سعود في عام ١٤٠٠هـ (١٩٨٠م).
- حصل على الماجستير في هندسة نظم المياه والري من جامعة كرانفيلد- سلسو بالمملكة المتحدة عام ١٤٠٥ هـ (١٩٨٤م).
- حصل على الدكتوراه في هندسة نظم المياه والري من جامعة كرانفيلد- سلسو بالمملكة المتحدة عام ١٤٠٨ هـ (١٩٨٨م).
- رئيس قسم الهندسة الزراعية بكلية علوم الأغذية والزراعة من ١/ ٥/ ١٤٣٦ ولمدة سنتين.
- مستشار غير متفرغ لدى وزارة الزراعة من عام ١٤٢٦هـ إلى١٤٣٠هـ.
- حصل على جائزة الأمير سلطان العالمية للمياه عام ٢٠٠٤م.

- عضو في المبادرة الثانية "ترشيد مياه الري للمحاصيل (ماعدا القمح والأعلاف الخضراء)". صندوق التنمية الزراعية عام ١٤٣٢ - ١٤٣٥ هـ.
- قام المؤلف بتدريس المناهج المتعلقة بهندسة نظم المياه والري لطلاب البكالوريوس والماجستير لطلاب القسم مثل: أسس الري والصرف، تخطيط وتصميم شبكات الري، نظم الري بالرش والتنقيط، مصادر مياه الري الحقلي ونظم الري بالرش المتقدم. بالإضافة إلى الأشراف على رسائل الماجستير لبعض طلبة الدراسات العليا بالقسم.
- له العديد من الخبرات في تصميم وتقييم وإدارة نظم الري بالرش والتنقيط، ترشيد وإدارة مياه الري، الاحتياجات المائية للمحاصيل، تطوير برامج حاسوبية في جدولة وترشيد مياه الري، استخدام وتطبيقات الري الذكي.
- تم نشر العديد من الأبحاث في هذه المجالات في أكثر من ٦٥ ورقة علمية محكمة من خلال المجلات العلمية المتخصصة.
- شارك في العديد من المؤتمرات والندوات والحلقات الدراسية في داخل وخارج المملكة.
- عضو في العديد من الجمعيات العلمية.
- قام المؤلف بالإشراف كباحث رئيس أو باحث مشارك على مجموعة من الأبحاث العلمية الممولة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية وجامعة الملك سعود.
- ألف كتاب "نظم الري بالرش" الذي صدر عام ٢٠٠٥م، وكتاب "الدليل العملي لنظم الري بالرش" ٢٠٠٧م. كما ألف حديثاً كتاب "إدارة وتنمية مياه الري الحقلي" ٢٠١٣م.
- شارك المؤلف في ترجمة كتاب "تصميم نظم الري: المنظور الهندسي" ٢٠٠٤م. تأليف ريتشارد كونيكا.
- للمؤلف العديد من المذكرات والتقارير والنشرات الإرشادية في مجال نظم الري بالرش وترشيد وإدارة مياه الري وغيرها.

- حصل على شهادة البحث المتميز من الدرجة الأولى (الذهبية) من مدينـة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية عام ٢٠٠٥م وعام ٢٠٠٨م.
- حصل على شهادة المقيم المتميز من الدرجة الأولى (الذهبية) من مدينـة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية عام ٢٠٠٥م.

الأستاذ الدكتور/ طارق زين العابدين

أستاذ هندسة نظم المياه والري الحديث بقسم الهندسة الزراعية – كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية – ومعار لكلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود، الرياض

- مواليد الإسكندرية ٢٩/ ٣/ ١٩٦٠.
- حاصل على بكالوريوس هندسة زراعية – جامعة الإسكندرية – عام ١٩٨٢ بدرجة ممتاز مع مرتبة الشرف – والأول في ترتيبه على الكلية.
- معيد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٣ – ١٩٨٨.
- حاصل على ماجستير من كلية الزراعة – جامعة الإسكندرية. عام ١٩٨٨.
- مدرس مساعد بقسم الهندسة الزراعية ١٩٨٨ – ١٩٩٣.
- حاصل على الدكتوراه من كلية الهندسة جامعة نوفاسكوشيا – هاليفاكس – كندا عام ١٩٩٣.
- مدرس بقسم الهندسة الزراعية ١٩٩٤ – ٢٠٠١.
- أستاذ مساعد بقسم الهندسة الزراعية ٢٠٠١ – ٢٠٠٧.
- أستاذ بقسم الهندسة الزراعية ٢٠٠٧ وحتى الآن.
- معار لقسم الهندسة الزراعية – كلية علوم الأغذية والزراعة – جامعة الملك سعود، الرياض ٢٠١١ وحتى الآن.
- المدير التنفيذي لكل من مركز تنمية أعضاء هيئة التدريس ومركز المؤتمرات – جامعة الإسكندرية وعضو مجلس جامعة الإسكندرية . ٢٠٠٩ – ٢٠١١.

- رئيس لجنة تتبع وقياس المردود من مشروعات تطوير التعليم العالي على مستوى جامعة الإسكندرية. ٢٠٠٨ -٢٠٠٩.
- عضو لجنة التقييم والمتابعة ومراقبة الجودة لمشروع تطوير نظم وتكنولوجيا المعلومات في التعليم العالي ICTP على مستوى جامعة الإسكندرية ٢٠٠٦– ٢٠١١.
- قام المؤلف بتدريس الناهج المتعلقة بنظم المياه والري لطلاب البكالوريوس والماجستير والدكتوراه بالإضافة إلى الإشراف على رسائل الماجستير والدكتوراه سواء في المملكة أو في ج.م.ع.
- عضو في عديد من الجمعيات العالمية مثل الجمعية الكندية CSAE والجمعية المصرية MSAE للمهندسين الزراعيين.
- له العديد من الخبرات في تصميم نظم الري الحديث والمتطور سواء المزرعي أو للمسطحات الخضراء وتقييمها وإدارتها والاحتياجات المائية وجدولة الري ودراسات الجدوى وعقد الدورات التدريبية في نظم الري داخل وخارج المملكة.
- له أكثر من ٥٦ ورقة علمية محكمة ومنشورة في مجلات محلية وإقليمية وعالمية في مجال نظم الري كما له العديد من التقارير في هذا المجال.
- شارك في العديد من المؤتمرات والندوات والحلقات الدراسية داخل وخارج المملكة.
- قام بمهمات استشارية عديدة لعديد من الشركات والمؤسسات الزراعية في مجال الري المزرعي وفي مجالات الري للمسطحات الخضراء.
- الإشراف كباحث رئيس أو باحث مساعد على مشاريع ممولة من الخطة الوطنية للعلوم والتقنية والابتكار في جامعة الملك سعود.
- قام بتصميم والإشراف على تنفيذ العديد من التصميمات لري المسطحات الخضراء للشركات والمنتجعات والقرى السياحية.
- حاصل على جائزة كلية الزراعة لحصوله على الترتيب الأول على الكلية.
- حاصل على جائزة الجامعة التشجيعية ٢٠٠١.

المقدمة

من المعروف أن عدد سكان العالم يزداد في وقتنا الحاضر بنسبة سريعة، لذا أصبح توفير الغذاء أهم مشكلة تواجه العالم. وتعتبر هذه المشكلة أخطر من كونها مشكلة زراعية. المياه وطريقة الري من أهم العوامل الفعالة في مواجهة الجوع وتوفير الغذاء؛ لأنه يحول كثيراً من الأراضي الجرداء والصحارى إلى أراضٍ خضراء تعطى خيراتها لخير البشرية ورفاهيتها. كذلك إضافة معدلات الري المدروسة بعناية بما يلائم واحتياجات النباتات، يمكن أن يساعد في جعل العناصر الغذائية الموجودة بالتربة أكثر إتاحة وصلاحية للنبات، بينما قد تؤدى إضافة مياه الري بإفراط إلى غسيل تلك العناصر بعيداً عن متناول الجذور، الأمر الذي يضيع على النباتات فرصة النمو الجيد. وعلى هذا فالإلمام بالأمور الأساسية المتعلقة بالممارسات الصحيحة للري، وكذلك معرفة الخصائص الأساسية للتربة التي ترتبط بشكل وثيق بالري والمياه، وعلاقة كل من التربة والمياه بالنبات، هي لاشك أساسيات مهمة للمشتغلين بالمجال الزراعي، لاسيما هؤلاء الذين يعملون في مجالات أكثر قرباً للري، والموارد المائية، وعلاقات الأرض والماء بالنبات.

ومع بداية القرن الواحد والعشرين أصبحت الثروة المائية وكيفية استخدامها في الري ذات أهمية إستراتيجية بالغة لمعظم دول العالم وخاصة في دول المناطق الجافة ومنها المملكة العربية السعودية والدول العربية الأخرى، والتي أوشكت أن تفوق في أهميتها جميع الثروات الطبيعية الأخرى، ولا عجب في ذلك فالماء سر الحياة وبدونه لا يبقى إلا الجدب والفناء. ونظراً لحاجة المكتبة العربية إلى المؤلفات العلمية في مجال هندسة نظم المياه والري، فقد أعطت التجربة المؤلفين في تدريس ذلك المجال في قسم الهندسة الزراعية بكلية علوم الأغذية والزراعة بجامعة الملك سعود انطباعًا بأن الأسس النظرية والهندسية لنظم المياه والري المختلفة تحتاج إلى توضيح وتقريب بأسلوب يختلف عما تناولته المصادر العربية والأجنبية المتوفرة مع إعطاء مدى واهتمام أوسع للجوانب التطبيقية بما يجعلها لصيقة بمشاكل الحقل مع تدعيم كل فصل من فصول هذا الكتاب بالأمثلة المحلولة؛ وذلك لتسهيل فهم عمليات التطبيق، لكي تصبح قريبة إلى أذهان الطلبة والمعنيين بالمياه والري.

يحتوي الكتاب على عشرة فصول تشمل الموارد المائية وأنواعها، علاقات مياه الري بالتربة، الاحتياجات المائية للمحاصيل، جدولة الري، نقل وقياس المياه، جودة مياه الري، نظم الري الحقلي، الصرف الزراعي، الري داخل البيوت المحمية، وري المسطحات الخضراء.

وإننا إذ نقدم هذا الكتاب نتمنى من العلي القدير أن يكون في المستوى المطلوب وأن يحقق الغرض الذي وضع من أجله وأن يعم بنفعه الجميع. والحمد لله رب العالمين، وصلى الله على نبينا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

المؤلفان

المحتويات

إهداء ..... هـ
شكر وتقدير ..... ز
التعريف بالمؤلفين ..... ط
المقدمة ..... م
قائمة الأشكال ..... ذ
قائمة الجداول ..... ط ط
الفصل الأول: مصادر مياه الري الحقلي ١
(١,١) مقدمة ١
(١,٢) مصادر المياه التقليدية ١
(١,٢,١) الأمطار ١
(١,٢,٢) المياه السطحية ٣
(١,٢,٣) المياه الجوفية ٣
(١,٣) مصادر المياه غير التقليدية ٥
(١,٣,١) المياه البحر المحلاة ٥
(١,٣,٢) مياه الصرف الصحي المعالجة ٦
(١,٣,٣) مياه الصرف الزراعي ١١
(١,٤) التكوينات المائية الجوفية ١٢

(١,٤,١) التكوين الجوفي غير المحصور ١٢
(١,٤,٢) التكوين الجوفي المحصور ١٤
(١,٤,٣) التكوين الجوفي شبه المحصور ١٥
(١,٥) خصائص الخزانات الجوفية ١٦
(١,٥,١) الوسط المسامي ١٦
(١,٥,٢) النفاذية ١٨
(١,٥,٣) التوصيل الهيدروليكي ١٨
(١,٥,٤) المسامية ٢٠
(١,٥,٥) معامل الخزن ٢٢
(١,٥,٦) الإنتاج النوعي ٢٤
(١,٥,٧) الاحتفاظ النوعي ٢٦
(١,٥,٨) الإنتاج الدائم ٢٦
(١,٦) حركة المياه الجوفية ٢٨
(١,٧) تغذية المياه الجوفية ٣٢
(١,٧,١) طرق التغذية الاصطناعية للمياه الجوفية ٣٤
(١,٧,٢) حركة مياه التغذية الاصطناعية في التربة ٣٨
(١,٧,٣) طرق قياس معدل التغذية ٤٠
(١,٨) مصادر مياه الري في المملكة ٤٢
(١,٩) التكوينات الرئيسية والثانوية للمياه الجوفية في المملكة ٤٦
(١,٩,١) التكوينات الرئيسية الحاملة للمياه الجوفية ٤٨
(١,٩,٢) التكوينات الثانوية الحاملة للمياه الجوفية ٥٤
(١,١٠) أمثلة محلولة ٥٥
(١,١١) مسائل منوعة ٦٤
الفصل الثاني: علاقات مياه الري بالتربة ٦٩
(٢,١) مقدمة ٦٩
(٢,٢) الخواص الطبيعية للتربة ٧٠

(٢,٢,١) قوام التربة ٧١
(٢,٢,٢) بناء التربة ٧٣
(٢,٣) أشكال الماء في التربة ٧٧
(٢,٤) خصائص ماء التربة ٨٠
(٢,٥) حساب المحتوى الرطوبي ٨١
(٢,٥,١) الخصائص المؤثرة على المحتوى الرطوبي للتربة ٨٢
(٢,٥,٢) التسرب وتأثره بالمحتوى الرطوبي للتربة ٨٦
(٢,٦) خصائص المحتوى الرطوبي للتربة ٩٥
(٢,٧) العلاقة بين المحتوى المائي للتربة والشد الرطوبي ١٠٦
(٢,٨) طرق قياس المحتوى الرطوبي للتربة ١٠٧
(٢,٩) مجسات الشد الرطوبي ١١٢
(٢,١٠) العوامل المؤثرة على المحتوى الرطوبي بالتربة ١١٦
(٢,١١) أمثلة محلولة ١٢٠
(٢,١١) مسائل منوعة ١٣٢
الفصل الثالث: الاحتياجات المائية للمحصول ١٤١
(٣,١) تعريف الاستهلاك المائي للمحاصيل ١٤١
(٣,١,١) أقصى استهلاك مائي يومي ١٤٢
(٣,١,٢) الاستهلاك المائي الموسمي ١٤٢
(٣,١,٣) أهمية الاستهلاك المائي للمحصول ١٤٢
(٣,٢) الاستهلاك المائي للمحاصيل ومرحلة النمو ١٤٣
(٣,٢,١) تقدير الاستهلاك المائي أو البخر–نتح للنبات ١٤٦
(٣,٢,٢) البخر–نتح المرجعي ١٤٩
(٣,٣) معامل المحصول ومرحلة النمو ١٥٠
(٣,٤) العوامل المؤثرة على الاستهلاك المائي للمحصول ١٥١
(٣,٥) طرق تقدير الاحتياجات المائية للمحصول ١٥٥

(٣,٥,١) الطرق المباشرة ١٥٥
(٣,٥,٢) الطرق غير المباشرة ١٦١
(٣,٦) الاحتياجات المائية للري..... ١٦٧
(٣,٦,١) زمن الري ١٦٨
(٣,٦,٢) سعة نظام الري ١٦٨
(٣,٦,٣) الفترة بين الريات ١٦٩
(٣,٧) الاحتياجات الغسيلية للتحكم في الملوحة ١٧٠
(٣,٧,١) تحمل المحصول للأملاح ١٧١
(٣,٧,٢) درجة تأثر الإنتاج بالملوحة ١٧٥
(٣,٧,٣) خصائص التربة المؤثرة على قدرة تحمل المحاصيل للأملاح ١٧٦
(٣,٧,٤) خصائص المحصول المؤثرة على قدرة تحمل المحاصيل للأملاح ١٧٧
(٣,٧,٥) تأثير البيئة على تحمل المحاصيل للملوحة ١٧٨
(٣,٧,٦) تأثير طريقة الري على تحمل المحاصيل للملوحة..... ١٧٩
(٣,٧,٧) حساب الاحتياجات الغسيلية ١٨٣
(٣,٨) أمثلة محلولة ١٨٨
(٣,٩) مسائل منوعة..... ٢٠٣
الفصل الرابع: جدولة الري ٢٠٧
(٤,١) أسس جدولة الري ٢٠٧
(٤,٢) فوائد جدولة الري ٢١٢
(٤,٣) أنواع الري في جدولة الري ٢١٣
(٤,٣,١) الري الكامل..... ٢١٣
(٤,٣,٢) الري الجزئي ٢١٣
(٤,٤) طرق جدولة الري..... ٢١٤
(٤,٤,١) الطرق المبنية على قياسات التربة ٢١٤
(٤,٤,٢) الطرق المبنية على قياسات النبات ٢١٤

(٤,٤,٣) الطرق المبنية على حسابات البخر-نتح ٢١٥
(٤,٥) طرق القياسات الحقلية لجدولة الري ٢١٥
(٤,٥,١) الطرق المباشرة ٢١٦
(٤,٥,٢) الطرق غير المباشرة ٢١٦
(٤,٦) العوامل المؤثرة على جدولة الري ٢١٦
(٤,٧) الجدولة الآلية أو الري الذكي ٢١٨
(٤,٧,١) مميزات نظام الجدولة الآلية للري ٢٢٠
(٤,٧,٢) الري الذكي ووحدات التحكم الذكية ٢٢١
(٤,٧,٣) وحدات التحكم في الري الآلي (الذكي) ٢٢٣
(٤,٧,٤) أنواع نظم التحكم في الري الذكي ٢٢٩
(٤,٧,٥) وظائف نظم التحكم الآلي ٢٣١
الفصل الخامس: نقل وقياس المياه ٢٣٥
(٥,١) المنشآت الهيدروليكية ٢٣٥
(٥,١,١) منشآت التحكم ٢٣٥
(٥,١,٢) منشآت التقاطع ٢٤٧
(٥,٢) طرق قياس المياه باستخدام المنشآت ٢٤٩
(٥,٢,١) طرق قياس المياه في القنوات باستخدام المنشآت ٢٥١
(٥,٢,٢) طرق قياس التدفق في الأنابيب باستخدام المنشآت ٢٧٧
(٥,٣) نظم نقل وتوزيع المياه ٢٩٠
(٥,٣,١) نظم نقل وتوزيع المياه في القنوات ٢٩١
(٥,٣,٢) نظم نقل وتوزيع المياه في الأنابيب ٢٩٧
(٥,٤) مميزات وعيوب نظم نقل وتوزيع المياه ٣٠٤
(٥,٤,١) مميزات وعيوب نظم نقل وتوزيع المياه في القنوات ٣٠٤
(٥,٤,٢) مميزات وعيوب نظم نقل وتوزيع المياه في الأنابيب ٣٠٥
(٥,٥) أمثلة محلولة ٣٠٦
(٥,٦) مسائل منوعة ٣١٨

الفصل السادس: جودة مياه الري ٣٢٥
(٦,١) مفهوم جودة مياه الري ٣٢٥
(٦,٢) معايير جودة مياه الري ٣٢٦
(٦,٢,١) الأملاح الكية الذائبة ٣٢٦
(٦,٣) تأثير جودة المياه على إنتاج المحصول ٣٣٣
(٦,٣,١) أهم العوامل التي تحدد صلاحية المياه للري ٣٣٤
(٦,٤) تطور بيانات تحمل الملوحة ٣٣٦
(٦,٤,١) الاحتياجات المائية لغسيل الأملاح ٣٣٧
(٦,٤,٢) السيطرة على الملوحة بالغسيل ٣٤٢
(٦,٥) مياه الصرف الصحي المعالجة ٣٤٦
(٦,٥,١) مصادر مياه الصرف وملوثاتها ٣٤٦
(٦,٦) تأثير جودة المياه على كفاءة نظم وتوزيع مياه الري المستخدم في المملكة ٣٥٣
(٦,٦,١) نظام الري السطحي ٣٥٣
(٦,٦,٢) نظام الري بالرش ٣٥٣
(٦,٦,٣) نظام الري بالتنقيط ٣٥٦
(٦,٦,٤) نظام الري تحت السطحي ٣٥٦
(٦,٧) الانسداد والترشيح في نظم الري الحديثة ٣٥٧
(٦,٧,١) أسباب الانسداد في نظم الري الحديثة ٣٥٨
(٦,٧,٢) طرق المعالجة والتغلب على الانسداد ٣٥٩
(٦,٨) أمثلة محلولة ٣٦١
(٦,٩) مسائل منوعة ٣٧٠
الفصل السابع: نظم الري الحقلي ٣٧١
(٧,١) تعريف الري وأهميته ٣٧١
(٧,٢) طرق الري ٣٧٢
(٧,٢,١) الري السطحي ٣٧٣

(٧,٢,٢) نظم الري بالرش ٣٩٥
(٧,٢,٣) نظم الري بالتنقيط ٤١٧
(٧,٢,٤) الري تحت السطحي ٤٤٢
(٧,٢,٥) نظم التنقيط تحت السطحية ٤٤٤
(٧,٣) معايير اختيار نظام الري المناسب ٤٤٧
(٧,٤) كفاءة الري ٤٥٠
(٧,٤,١) رفع كفاءة نظام الري ٤٥٣
(٧,٤,٢) الصيانة الدورية ٤٥٨
(٧,٥) أمثلة محلولة ٤٦٢
(٧,٦) مسائل منوعة ٤٦٨
الفصل الثامن: الصرف الزراعي ٤٧١
(٨,١) طرق الصرف ٤٧١
(٨,١,١) الصرف بالتجفيف ٤٧١
(٨,١,٢) الصرف البيولوجي ٤٧٢
(٨,١,٣) الصرف بواسطة الجاذبية الأرضية ٤٧٢
(٨,٢) أهمية الصرف ٤٧٢
(٨,٣) أضرار تجمع الماء الزائد ٤٧٣
(٨,٣,١) خصوبة التربة ٤٧٣
(٨,٣,٢) حرارة التربة ٤٧٣
(٨,٣,٣) خدمة التربة ٤٧٣
(٨,٣,٤) تدهور التربة ٤٧٤
(٨,٤) العوامل المؤثرة في الصرف ٤٧٤
(٨,٥) أنواع المصارف ٤٧٦
(٨,٥,١) المصارف المكشوفة ٤٧٦
(٨,٥,٢) المصارف الرأسية ٤٧٨

(٨,٥,٣) المصارف المغطاة ٤٧٩
(٨,٦) المصبات ٤٨٢
(٨,٦,١) متطلبات المصبات الجيدة ٤٨٤
(٨,٧) الأنواع المختلفة لنظم الصرف المغطى ٤٨٤
(٨,٧,١) نظام عظام السمكة ٤٨٤
(٨,٧,٢) نظام الخطوط المتوازية (الشبكية) ٤٨٥
(٨,٧,٣) المصارف ذات النظام العشوائي ٤٨٥
(٨,٧,٤) المصارف القاطعة ٤٨٦
(٨,٨) أعماق ومسافات المصارف ٤٨٦
(٨,٨,١) معامل الصرف Dc ٤٩١
(٨,٩) أمثلة محلولة ٤٩٥
(٨,١٠) مسائل منوعة ٤٩٨
الفصل التاسع: الري داخل البيوت المحمية ٥٠١
(٩,١) مقدمة ٥٠١
(٩,٢) نظم الري في البيوت المحمية ٥٠٣
(٩,٢,١) الري اليدوي ٥٠٣
(٩,٢,٢) الري السطحي ٥٠٣
(٩,٢,٣) الري تحت السطحي ٥٠٥
(٩,٢,٤) الري بالرش ٥٠٦
(٩,٢,٥) الري بالتنقيط ٥٠٧
(٩,٣) الاحتياطات والتوصيات العامة لتركيب وتشغيل أجهزة الري بالتنقيط ٥٠٩
(٩,٤) تقدير المقننات المائية داخل البيوت المحمية ٥١٠
(٩,٥) الجدولة الآلية للري ٥٢١
(٩,٦) التحكم الآلي في ري البيوت المحمية ٥٢١
(٩,٦,١) نظم التحكم ٥٢٣

(٩,٦,٢) التحكم الآلي بواسطة الكمبيوتر ٥٢٣
(٩,٧) نظم الزراعة في البيوت المحمية ٥٢٥
(٩,٧,١) العمليات الزراعية في وجود تربة ٥٢٥
(٩,٧,٢) الخطوات الرئيسية للإنتاج في وجود تربة ٥٢٦
(٩,٧,٣) نظم الزراعة بدون تربة ٥٢٦
(٩,٧,٤) أساليب وأنماط الزراعة المائية بدون تربة ٥٢٩
(٩,٧,٥) نظم الزراعة الهوائية ٥٣٦
(٩,٧,٦) نظم الزراعة باستخدام بيئات صلبة خاملة ٥٣٨
(٩,٨) أساليب الزراعة في البيوت المحمية ٥٤٣
(٩,٨,١) تقنية الكيس المعلق (نظام مفتوح) ٥٤٣
(٩,٨,٢) تقنية كيس النمو ٥٤٥
(٩,٨,٣) تقنية الخندق أو المجرى ٥٤٧
(٩,٨,٤) تقنية الأصص ٥٤٧
الفصل العاشر: ري المسطحات الخضراء ٥٤٩
(١٠,١) مفهوم المسطحات الخضراء ٥٤٩
(١٠,٢) أصناف المساحات الخضراء ٥٤٩
(١٠,٢,١) المنتزهات ٥٥٠
(١٠,٢,٢) الحدائق العامة ٥٥٠
(١٠,٢,٣) الحدائق الخاصة ٥٥١
(١٠,٣) أهمية المسطحات الخضراء ٥٥١
(١٠,٣,١) الفوائد البيئية والصحية ٥٥٣
(١٠,٣,٢) الفوائد الاجتماعية والرياضية ٥٥٤
(١٠,٣,٣) الفوائد الجمالية في تنسيق الحدائق ٥٥٤
(١٠,٤) الأنواع النباتية المستخدمة في زراعة المسطحات الخضراء ٥٥٥
(١٠,٥) عوامل نجاح المسطحات الخضراء ٥٥٨

(١٠,٥,١) اختيار نوع النبات ٥٥٨
(١٠,٥,٢) التربة الملائمة لزراعة المسطحات ٥٥٩
(١٠,٦) إنشاء المسطح الأخضر ٥٦٠
(١٠,٧) طرق الزراعة ٥٦١
(١٠,٨) كميات ومصادر ونوعية مياه الري وأنظمة الري المستخدمة ٥٦٢
(١٠,٨,١) الاستهلاك المائي هو إجمالي البخر والنتح ٥٦٢
(١٠,٨,٢) الاحتياجات المائية (أو المقنن المائي) ٥٦٣
(١٠,٨,٣) طريقة الري المثلى ٥٦٤
(١٠,٩) العوامل التي تحدد مواعيد وكميات مياه الري للنباتات ٥٦٥
(١٠,٩,١) نوع النبات ومرحلة نموه ٥٦٥
(١٠,٩,٢) الظروف المناخية ٥٦٦
(١٠,٩,٣) طبيعة التربة ٥٦٦
(١٠,١٠) نظم الري والصرف للمسطحات الخضراء ٥٦٦
(١٠,١١) البرنامج الزمني للري ٥٧٤
(١٠,١٢) إرشادات عامة ٥٧٥
(١٠,١٣) رشاشات المسطحات الخضراء ٥٧٦
(١٠,١٤) خطوات تصميم شبكة ري مناسبة ٥٨١
(١٠,١٥) عمليات خدمة وصيانة المسطحات الخضراء ٥٨٤
(١٠,١٦) أمثلة محلول ٥٨٧
المراجع ٥٩١
كشاف الموضوعات ٦٠٥

قائمة الأشكال

الشكل رقم (١,١). أنواع مصادر مياه الري ٢
الشكل رقم (١,٢). طرق تحلية مياه البحر..... ٦
الشكل رقم (١,٣). مصادر مياه الصرف الصحي غير المعالج ٧
الشكل رقم (١,٤). رسم تخطيطي لأنواع تكوينات المياه الجوفية.....١٣
الشكل رقم (١,٥). مقطع لتكوين جوفي حر (غير محصور).....١٣
الشكل رقم (١,٦). مقطع لتكوين جوفي محصور ١٤
الشكل رقم (١,٧). مقطع لتكوين جوفي شبه محصور ١٦
الشكل رقم (١,٨). تقسيمات الوسط المسامي ١٨
الشكل رقم (١,٩). التدفق خلال وسط يتكون من عدة طبقات ٢٠
الشكل رقم (١,١٠). اختلاف المسامية تبعاً لنظام توزيع حبيبات التربة ٢١
الشكل رقم (١,١١). تغير الانتاج النوعي والاحتفاظ النوعي والمسامية مع حجم حبيبات التربة ٢٧
الشكل رقم (١,١٢). طريقة نشر المياه خارج المجرى المائي ٣٥
الشكل رقم (١,١٣). طريقة نشر المياه داخل المجرى المائي ٣٦
الشكل رقم (١,١٤). التغذية من خلال الحفر.....٣٧

الشكل رقم (١,١٥). تغذية المياه الجوفية باستخدام أنابيب التغذية الصناعية ٣٨
الشكل رقم (١,١٦). طرق قياس معدل التغذية أو معدل التسرب ٤١
الشكل رقم (١,١٧). قياس معدل تغذية المياه الجوفية باستخدام طريقة الأسطوانة ٤٢
الشكل رقم (١,١٨). مصادر المياه في المملكة وتوزيعها على القطاعات المختلفة ٤٦
الشكل رقم (١,١٩). أهم التكوينات الرئيسية والثانوية للمياه الجوفية في المملكة ٤٧
الشكل رقم (١,٢٠). التكوينات الرئيسية للمياه الجوفية في المملكة ٤٧
الشكل رقم (١,٢١). التكوينات الثانوية للمياه الجوفية في المملكة ٤٨
الشكل رقم (٢,١). التربة المتكونة طبيعياً من التغير التدريجي بين المستويات والتربة الطباقية بالتغير المفاجئ ٧٠
الشكل رقم (٢,٢). التوزيع النموذجي لحجم الحبيبات للحصباء المدرجة بدقة (GW) والحصباء غير المدرجة (GP) والرمل المدرج بدقة (SW) والرمل غير المدرج (SP) ٧١
الشكل رقم (٢,٣). مثلث القوام لتحديد قوام التربة ٧٤
الشكل رقم (٢,٤). أشكال وصفات أنواع بناء التربة.....٧٧
الشكل رقم (٢,٥). مستويات ماء التربة المتاح للنبات وخصائص الصرف.....٧٨
الشكل رقم (٢,٦). أشكال ماء التربة بين عينة التربة ٧٩
الشكل رقم (٢,٧). شكل توضيحي للمكونات الثلاث لعينة التربة ٨٠
الشكل رقم (٢,٨). اختلاف منحنى معدل التسرب نتيجة اختلاف المحتوى الرطوبي الابتدائي للبلل ٨٧
الشكل رقم (٢,٩). منحنيات نمطية للتسرب التراكمي ومعدل التسرب المتوسط واللحظي ٨٨
الشكل رقم (٢,١٠). منحنيات التسرب التراكمي ومعدل التسرب المتوسط واللحظي على ورق لوغريتمي ٨٨
الشكل رقم (٢,١١). التسرب التراكمي ومعدل التسرب اللحظي لثلاثة أنواع من التربة.....٨٩

الشكل رقم (٢,١٢). عوائل معدل التسرب عند تقدير التسرب التجميعي في طريقة هيئة المحافظة على التربة ٩٢
الشكل رقم (٢,١٣). مقياس الأسطوانة المستخدمة في قياس تسرب الماء في التربة..... ٩٤
الشكل رقم (٢,١٤). مقطع لأسطوانة التسرب المزدوجة..... ٩٥
الشكل رقم (٢,١٥). التناقص في المحتوى المائي للتربة مع الزمن بعد عملية الري ٩٦
الشكل رقم (٢,١٦). المنحنيات المثالية لخصائص المحتوى الرطوبي لأنواع مختلفة من التربة ومجالات من السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ٩٩
الشكل رقم (٢,١٧). السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائمة والماء المتاح الكلي لترب مختلفة ١٠١
الشكل رقم (٢,١٨). منحنيات خصائص ماء التربة لأنواع مختلفة من التربة ١٠٦
الشكل رقم (٢,١٩). تقدير المحتوى الرطوبي في التربة عن طريق اللمس ١٠٧
الشكل رقم (٢,٢٠). بعض أجهزة قياس المحتوى الرطوبي بالتشتت النيتروني ١١٠
الشكل رقم (٢,٢١). بعض أجهزة نطاق الانعكاس الزمني ١١١
الشكل رقم (٢,٢٢). جهاز الانفيروسكان يميناً ووسطاً، وموضح عمل مجسات القياس يساراً من أعلى ووحدة نقل البيانات يساراً من أسفل ١١٢
الشكل رقم (٢,٢٣). التنشوميترات المستخدمة لقياس الشد الرطوبي..... ١١٤
الشكل رقم (٢,٢٤). بعض أنواع أجهزة قياس الرطوبة بقياس المقاومة الكهربائية..... ١١٦
الشكل رقم (٢,٢٥). توزيع الجذور للمحاصيل في قطاع تربة متجانسة..... ١١٨
الشكل رقم (٣,١). تغير الاستهلاك المائي للنبات مع مراحل النمو..... ١٥١
الشكل رقم (٣,٢). تغير معامل المحصول مع مراحل النمو ١٥٢
الشكل رقم (٣,٣). تخطيط يوضح مكونات معادلة التوازن المائي ١٥٦
الشكل رقم (٣,٤) الليسومتر الوزني..... ١٦٠
الشكل رقم (٣,٥). الليسومترات غير الوزنية..... ١٦١

الشكل رقم (٣,٦). انتشار الأملاح على سطح التربة عند حدود البلل في نظام الري بالتنقيط ١٧٠
الشكل رقم (٣,٧). التصنيف النسبي لمدى تحمل المحاصيل للأملاح بناءً على القيمة الحرجة..... ١٧٤
الشكل رقم (٤,١). محددات جدولة الري ٢٠٨
الشكل رقم (٤,٢). تخطيط لتطور جدولة الري ٢١٠
الشكل رقم (٤,٣). مقارنة بين وحدة التحكم الذكية وغير الذكية مع نظام الري بالتنقيط ٢٢٢
الشكل رقم (٤,٤). جهاز التحكم في نظام الري الذكي الذي يعتمد على قياس رطوبة التربة..... ٢٢٤
الشكل رقم (٤,٥). محطة أرصاد آلية مبين بها أجهزة القياس..... ٢٢٥
الشكل رقم (٤,٦). خطوات جدولة الري باستخدام محطة الأرصاد الآلية ٢٢٧
الشكل رقم (٤,٧). مكونات وحدة التحكم في نظام الري الذكي..... ٢٢٨
الشكل رقم (٤,٨). نظم الدائرة المغلقة للجدولة المعتمدة على مجسات الرطوبة..... ٢٢٩
الشكل رقم (٤,٩). مخطط لمكونات وحدة تحكم الري الذكي الآلي ذو الدائرة المغلقة .. ٢٣٠
الشكل رقم (٤,١٠). نظم الدائرة المفتوحة للجدولة نصف الآلية ٢٣٢
الشكل رقم (٤,١١). مخطط لمكونات الري الذكي الآلي ذو الدائرة المفتوحة ٢٣٢
الشكل رقم (٤,١٢). وظائف نظم التحكم الآلي..... ٢٣٣
الشكل رقم (٥,١). أنواع المنشآت الهيدروليكية ٢٣٨
الشكل رقم (٥,٢). السد الإملائي الترابي والصخري..... ٢٣٨
الشكل رقم (٥,٣). السدود الخرسانية الثقيلة ٢٣٩
الشكل رقم (٥,٤). قنطرة تحكم ٢٣٩
الشكل رقم (٥,٥). هويس لمرور السفن في قنوات الري الملاحية ٢٤٠

الشكل رقم (٥,٦). أشكال بوابات الهويس في قنوات الري الملاحية ٢٤٠
الشكل رقم (٥,٧). أنواع الهدارات ٢٤١
الشكل رقم (٥,٨). تقسيم الهدارات تبعاً لشكل الفتحة ٢٤٢
الشكل رقم (٥,٩). تقسيم الهدارات تبعاً لشكل الحافة ٢٤٢
الشكل رقم (٥,١٠). تقسيم الهدارات تبعاً لعمق المياه خلف الهدار ٢٤٣
الشكل رقم (٥,١١). المصبات المائية ٢٤٤
الشكل رقم (٥,١٢). شلالات نياجرا التي تستخدم لتوليد الطاقة الكهربية ٢٤٥
الشكل رقم (٥,١٣). محطات توليد الكهرباء من الماء ٢٤٦
الشكل رقم (٥,١٤). إنشاء الكباري والجسور كمنشأة تقاطع مع مجرى مائي ٢٤٧
الشكل رقم (٥,١٥). أحدى جسور التقاطع المتحركة في لندن ٢٤٨
الشكل رقم (٥,١٦). بعض أشكال عبارات التقاطع ٢٤٨
الشكل رقم (٥,١٧). تصميم أنابيب المياه لتعمل كسحارة أسفل مجرى مائي ملاحي ٢٤٩
الشكل رقم (٥,١٨). جسر مائي يعمل كمنشأة تقاطع "بدال" مع مجرى مائي ٢٥٠
الشكل رقم (٥,١٩). منشآت قياس التدفق ٢٥٠
الشكل رقم (٥,٢٠). تصنيف الفوهات تبعاً لحجم الفوهة ٢٥١
الشكل رقم (٥,٢١). تصنيف الفوهات تبعاً لشكل الفوهة ٢٥٢
الشكل رقم (٥,٢٢). تصنيف الفوهات تبعاً لحافة الفتحة ٢٥٢
الشكل رقم (٥,٢٣). تصنيف الفوهات تبعاً لمستوى الماء خلف الفوهة ٢٥٢
الشكل رقم (٥,٢٤). فيض مسار المياه عبر الفوهة ٢٥٣
الشكل رقم (٥,٢٥). فوهة كبيرة مستطيلة الشكل ٢٥٥
الشكل رقم (٥,٢٦). بعض أنواع الفوهة الممتدة ٢٥٦
الشكل رقم (٥,٢٧). التدفق فوق الهدار حاد العتبة حر التصرف ٢٥٧
الشكل رقم (٥,٢٨). الهدار المكتوم حاد الحافة ذو التصرف الحر ٢٥٨

الشكل رقم (٥,٢٩). هدار مستطيل به عدة انضغاطات بسبب دعائم كوبري مشاة ... ٢٦٠
الشكل رقم (٥,٣٠). التدفق فوق الهدار عريض العتبة ٢٦١
الشكل رقم (٥,٣١). معامل التصرف C_d للهدارات عريضة العتبة ٢٦٣
الشكل رقم (٥,٣٢). قيم معامل سرعة الاقتراب C_{av} للهدارات عريضة العتبة..... ٢٦٤
الشكل رقم (٥,٣٣). مسيل بارشل موضوع في قناة مائية..... ٢٦٧
الشكل رقم (٥,٣٤). مسقط أفقي ومسقط جانبي لمسيل بارشل ٢٦٧
الشكل رقم (٥,٣٥). مخطط لقطاع من مسيل بارشال ٢٦٩
الشكل رقم (٥,٣٦). علاقة التصرف بارتفاع الماء H_a لعرض عنق مختلف لمسيل بارشل ... ٢٧١
الشكل رقم (٥,٣٧). بعض أشكال العدادات المستخدمة في القنوات المائية المكشوفة..... ٢٧٢
الشكل رقم (٥,٣٨). استخدام أنبوب بيتوت في القنوات المائية المكشوفة ٢٧٣
الشكل رقم (٥,٣٩). استخدام جسم طافي لتحديد سرعة السريان في القنوات المكشوفة .. ٢٧٥
الشكل رقم (٥,٤٠). مقياس فنشوري النموذجي لقياس التصرف في الأنابيب ٢٧٨
الشكل رقم (٥,٤١). مقياس الفوهة النموذجي لقياس التصرف في الأنابيب ٢٨١
الشكل رقم (٥,٤٢). معامل تصرف الفوهة ٢٨٣
الشكل رقم (٥,٤٣). مقياس الفتحة النموذجي لقياس التصرف في الأنابيب ٢٨٤
الشكل رقم (٥,٤٤). معامل تصرف الفتحة ٢٨٥
الشكل رقم (٥,٤٥). أنبوب بيتوت لقياس التصرف في الأنابيب ٢٨٥
الشكل رقم (٥,٤٦). مقطع في عداد يستخدم في قياس التصرف في الأنابيب ٢٨٦
الشكل رقم (٥,٤٧). بعض أشكال عدادات المياه المستخدم في قياس التصرف في
الأنابيب ٢٨٧
الشكل رقم (٥,٤٨). بعض أنواع الروتميترات وكيفية تركيبها في خط الأنابيب ٢٨٨
الشكل رقم (٥,٤٩). أشكال مختلفة لجهاز الموجات فوق الصوتية ٢٨٩
الشكل رقم (٥,٥٠). القطاعات الهندسية للقنوات المائية المكشوفة ٢٩٢

الشكل رقم (٥,٥١). الارتفاع الحر في قناة مكشوفة لنقل المياه مقطعها على شكل شبه منحرف ٢٩٣
الشكل رقم (٧,١). رسم تخطيطي يوضح جميع طرق الري السطحي ٣٧٤
الشكل رقم (٧,٢). الرسم التخطيطي لمكونات نظم نقل المياه في الري السطحي ٣٧٦
الشكل رقم (٧,٣). مراحل توزيع المياه في الري السطحي ٣٧٧
الشكل رقم (٧,٤). شكل الأحواض وطرق توزيع المياه بها ٣٨١
الشكل رقم (٧,٥). الري بالشرائح وطرق التصميم المختلفة لها ٣٨٨
الشكل رقم (٧,٦). طرق الري بالخطوط ٣٩١
الشكل رقم (٧,٧). الأجزاء الرئيسية لشبكة الري بالرش ٣٩٦
الشكل رقم (٧,٨). أجزاء الرشاش الدوار ٣٩٦
الشكل رقم (٧,٩). توزيع المياه الخارجة من الرشاش عند ضغوط مختلفة ٣٩٨
الشكل رقم (٧,١٠). طريقة تقريبية لتقييم ضغط التشغيل لرشاش ٣٩٩
الشكل رقم (٧,١١). شكل البلل وتوزيع المياه الناتجين من عدة رشاشات متقاربة تعمل معاً ٤٠٠
الشكل رقم (٧,١٢). نظم الري بالرش المتنقل يدوياً ٤٠٤
الشكل رقم (٧,١٣). نظام خط الرش المحمول على محور العجل ٤٠٥
الشكل رقم (٧,١٤). النظام الثابت وفيه الشبكة موضوعة فوق سطح الأرض ٤٠٦
الشكل رقم (٧,١٥). رسم تفصيلي لمسدس الرش العملاق ذو الذراع المتأرجح ونظرية عمله ٤٠٨
الشكل رقم (٧,١٦). تخطيط لحقل يروى برشاش عملاق ويتم نقله يدوياً أو بواسطة جرار ٤٠٩
الشكل رقم (٧,١٧). نظام الري المحوري ٤١١
الشكل رقم (٧,١٨). أجزاء الرشاش المتجول ٤١٣

الشكل رقم (٧,١٩). نظام الحركة المستقيمة لري حقل مستطيل أو مربع وهو يسحب المياه من قناة طولية ٤١٥
الشكل رقم (٧,٢٠). تراكم الأملاح على حدود منطقة البلل ٤٢٠
الشكل رقم (٧,٢١). مكونات شبكة الري بالتنقيط ٤٢٢
الشكل رقم (٧,٢٢). رسم تخطيطي لمحبس الهواء ويوضح طريقة عمله ٤٢٣
الشكل رقم (٧,٢٣). رسم تخطيطي لمحبس تخفيض الضغط ويوضح طريقة عمله ٤٢٤
الشكل رقم (٧,٢٤). رسم تخطيطي لمحبس عدم الرجوع ٤٢٥
الشكل رقم (٧,٢٥). غسيل نهاية الخطوط ٤٢٥
الشكل رقم (٧,٢٦). صور لتوصيل الأنابيب المصنوعة من PVC..... ٤٢٧
الشكل رقم (٧,٢٧). خطوات توصيل الأنابيب المصنوعة من PVC ٤٢٧
الشكل رقم (٧,٢٨). طرق تدعيم خطوط الأنابيب عند الانحناءات والصمامات..... ٤٢٨
الشكل رقم (٧,٢٩). الطرق الشائعة لتوزيع المنقطات ٤٣٠
الشكل رقم (٧,٣٠). الأجزاء الداخلية لأحدى المنقطات ٤٣٢
الشكل رقم (٧,٣١). أنواع مختلفة من المنقطات وخطوط التنقيط المستخدمة في الري بالتنقيط ٤٣٢
الشكل رقم (٧,٣٢). أنواع المرشح الدوامي الفاصل للرمال ٤٣٥
الشكل رقم (٧,٣٣). أنواع مختلفة من المرشحات الشبكية..... ٤٣٦
الشكل رقم (٧,٣٤). مرشح الوسط الرملي ٤٣٦
الشكل رقم (٧,٣٥). حوض الترسيب ٤٣٧
الشكل رقم (٧,٣٦). أنواع أجهزة حقن الكيماويات في شبكة الري..... ٤٤٠
الشكل رقم (٧,٣٧). الري تحت السطحي..... ٤٤٤
الشكل رقم (٧,٣٨). الري بالتنقيط تحت السطحي ٤٤٥
الشكل رقم (٨,١). رسم تخطيطي يوضح شكل وأبعاد المصرف المكشوف..... ٤٧٦

الشكل رقم (٨,٢). أشكال أنابيب البلاستيك المتعرج والأنابيب الفخارية..... ٤٨٠
الشكل رقم (٨,٣). آلة وضع أنابيب الصرف البلاستيكية في الأراضي الزراعية ٤٨١
الشكل رقم (٨,٤). تخطيط وتقسيم شبكة المصارف ٤٨٢
الشكل رقم (٨,٥). مصب يعمل بالجاذبية ٤٨٣
الشكل رقم (٨,٦). محطة رفع أو مصب يعمل بالضخ..... ٤٨٣
الشكل رقم (٨,٧). نظام عظام السمكة..... ٤٨٥
الشكل رقم (٨,٨). نظام الخطوط المتوازية ٤٨٦
الشكل رقم (٨,٩). نظام صرف مغطى عشوائي ٤٨٦
الشكل رقم (٨,١٠).المصارف القاطعة ٤٨٧
الشكل رقم (٨,١١). تأثير عمق المصارف والمسافة بينها على المنطقة التي تنمو فيها جذور النباتات ٤٨٨
الشكل رقم (٨,١٢). التحليل الرياضي لإيجاد المسافة بين المصارف تحت الحالة المستقرة... ٤٨٩
الشكل رقم (٩,١). ري المناضد بالخاصية الشعرية ٥٠٥
الشكل رقم (٩,٢). ري الأصص بالتنقيط في البيوت المحمية..... ٥٠٩
الشكل رقم (٩,٣). وحدة تحكم آلي بالكمبيوتر – مركزية ٥٢٤
الشكل رقم (٩,٤). وحدة تحكم آلي بالكمبيوتر – الوحدات المستقلة – القمر الصناعي ... ٥٢٤
الشكل رقم (٩,٥). تقنية الغشاء المغذي في الزراعة بدون تربة ٥٣١
الشكل رقم (٩,٦). تقنية الغشاء المغذي على مستوى تجاري ٥٣٢
الشكل رقم (٩,٧). تقنية التدفق العميق مكونة من أنابيب PVC وأكواب شبكية مثبت فيها النبات ٥٣٤
الشكل رقم (٩,٨). تقنية الجذور الغاطسة (المحلول العميق)..... ٥٣٤
الشكل رقم (٩,٩). زراعة الخضر الورقية بتقنية الطفو ٥٣٥
الشكل رقم (٩,١٠). استغلال المسطحات المائية وزراعتها بتقنية الطفو..... ٥٣٦

الشكل رقم (٩,١١). الرش الضبابي في منطقة الجذور في صندوق أفقي محكم الغلق .. ٥٣٧
الشكل رقم (٩,١٢). الرش الضبابي في منطقة الجذور في أسطح مائلة تشكل مثلث محكم الغلق ٥٣٧
الشكل رقم (٩,١٣). مزارع الحصى وتنمو فيها النباتات..... ٥٣٩
الشكل رقم (٩,١٤). مزارع الصوف الصخري على هيئة مكعبات..... ٥٤٠
الشكل رقم (٩,١٥). الفيرميكيوليت أحد أنواع البيرليت في الحالة الجافة وبعد الترطيب والإعداد للزراعة ٥٤١
الشكل رقم (٩,١٦). نشارة الخشب المستخدمة للزراعة..... ٥٤٢
الشكل رقم (٩,١٧). لحاء الأخشاب والألياف النباتية كبيئات عضوية للزراعة ٥٤٣
الشكل رقم (٩,١٨). الزراعة في أكياس من البولي ايثلين السميك المعالج ضد الأشعة فوق البنفسجية..... ٥٤٤
الشكل رقم (٩,١٩). تقنية الزراعة في كيس النمو الأفقي..... ٥٤٦
الشكل رقم (٩,٢٠). نظام الخندق تحت الأرض والمجرى فوق سطح الأرض ٥٤٨
الشكل رقم (٩,٢١). تقنية الزراعة في أصص ٥٤٨
الشكل رقم (١٠,١). منتزه الملك عبد الله بن عبد العزيز بمدينة الرياض بحي الملز ٥٥٠
الشكل رقم (١٠,٢). حديقة الوطن بجوار مركز الملك عبد العزيز التاريخي وسط مدينة الرياض ٥٥١
الشكل رقم (١٠,٣). نماذج للحدائق العامة والميادين بمدينة الرياض..... ٥٥١
الشكل رقم (١٠,٤). نماذج للحدائق المنزلية الخاصة ٥٥٢
الشكل رقم (١٠,٥). نماذج لحدائق الأسطح ذات الملكية الخاصة..... ٥٥٢
الشكل رقم (١٠,٦). نماذج لحدائق النوافذ والشرفات ذات الملكية الخاصة ٥٥٣
الشكل رقم (١٠,٧). نباتات الموسم الدافئ..... ٥٥٦
الشكل رقم (١٠,٨). نباتات الموسم البارد..... ٥٥٨

الشكل رقم (١٠,٩). نظم الري في المسطحات الخضراء ٥٦٧
الشكل رقم (١٠,١٠). الري اليدوي بواسطة الليات (الخراطيم) وخزانات المياه (الوايتات) ٥٦٨
الشكل رقم (١٠,١١). تجهيز الري تحت سطحي لري المسطحات الخضراء في الحدائق.... ٥٦٩
الشكل رقم (١٠,١٢). الري بالبلر بأشكال مختلفة وفتحات متعددة الزوايا ٥٧٠
الشكل رقم (١٠,١٣). شبكة الري بالتنقيط في الحدائق المنزلية ٥٧٠
الشكل رقم (١٠,١٤). توزيع المنقطات حول الأشجار مع إظهار نمط توزيع البلل ... ٥٧١
الشكل رقم (١٠,١٥). أجزاء شبكة الري بالرش مع اختلاف أنواع وحوامل الرشاشات ...٥٧٣
الشكل رقم (١٠,١٦). الرشاش الرذاذي المستخدم في ري المسطحات الخضراء..... ٥٧٧
الشكل رقم (١٠,١٧). الرشاش الدوار المستخدم في ري المسطحات الخضراء ٥٧٨
الشكل رقم (١٠,١٨). مقارنة بين دائرة البلل للرشاش الرذاذي والرشاش الدوار ٥٧٨
الشكل رقم (١٠,١٩). تغطية مساحة الخدمة من رأس الرشاش إلى رأس الرشاش الأخر ٥٨٠
الشكل رقم (١٠,٢٠). صمام تحكم يغذي مجموعة رشاشات للمثال رقم (١)..... ٥٨٧
الشكل رقم (١٠,٢١). التصرف المار في مقاطع الأنابيب بداية من صمام تحكم للمثال رقم (١) ٥٨٨
الشكل رقم (١٠,٢٢). أقطار مقاطع شبكة الأنابيب للمثال رقم (١)..... ٥٩٠

قائمة الجداول

الجدول رقم (١,١). القيم النموذجية للنفاذية ومعامل التوصيل الهيدروليكي.....١٩
الجدول رقم (١,٢). القيم النموذجية للإنتاج النوعي ٢٥
الجدول رقم (١,٣). المسامية والإنتاج النوعي والاحتفاظ النوعي لأنواع مختلفة من التكوينات ٢٧
الجدول رقم (٢,١). طرق تصنيف حبيبات التربة ٧٢
الجدول رقم (٢,٢). ثوابت حساب التسرب التراكمي باستخدام عوائل التسرب ٩٣
الجدول رقم (٢,٣). بعض الخصائص الفيزيائية لأنواع مختلفة من التربة ٩٨
الجدول رقم (٢,٤). نسبة الاستنفاذ الاسترشادية لبعض المحاصيل..... ١٠٢
الجدول رقم (٢,٥). تقدير المحتوى الرطوبي في التربة عن طريق ملمس ومظهر ووصف التربة.....١٠٨
الجدول رقم (٢,٦). تأثير السماد العضوي على المحتوى الرطوبي للترب ١٢٠
الجدول رقم (٣,١). متوسط الاحتياج المائي اليومي والموسمي لبعض المحاصيل تحت ظروف مناخية مختلفة ١٤٤
الجدول رقم (٣,٢). عمق الجذور الفعال لبعض المحاصيل..... ١٤٥
الجدول رقم (٣,٣). أطوال مراحل نمو المحصول لمواعيد زراعة مختلفة لبعض المحاصيل . ١٤٧
الجدول رقم (٣,٤). معامل المحصول لبعض المحاصيل خلال مراحل النمو المختلفة ...١٥٣

الجدول رقم (٣,٥). المعلومات المناخية المطلوبة للمعادلات التجريبية لحساب البخر-نتح ١٦٥
الجدول رقم (٣,٦). درجات تحمل الملوحة للنباتات المختلفة ١٧٣
الجدول رقم (٥,١). تصنيف المنشآت الهيدروليكية تبعاً للغرض من المنشآة ٢٣٧
الجدول رقم (٥,٢). الأبعاد القياسية لمسيل بارشال والتصرف حسب عرض العنق للسريان الحر ٢٦٩
الجدول رقم (٦,١). تقسيم مياه الري تبعاً للتركيز الكلي للأملاح ونسبة الصوديوم الذائب بها ٣٢٩
الجدول رقم (٦,٢). تقسيم صلاحية مياه الري تبعاً لقيمة نسبة إدمصاص الصوديوم.. ٣٣١
الجدول رقم (٦,٣). تقسيم صلاحية مياه الري حسب كربونات الصوديوم المتبقية (RSC) ٣٣٢
الجدول رقم (٦,٤). تقييم صلاحية مياه الري حسب محتواها من البورون ٣٣٢
الجدول رقم (٦,٥). تقييم مياه الري حسب جودتها ٣٣٣
الجدول رقم (٦,٦). حدود صلاحية مياه الري مع مجموعات المحاصيل المختلفة الحساسية لتركيز البورون (ملليجرام/ لتر) ٣٣٣
الجدول رقم (٦,٧). تقسيم النباتات من ناحية تحملها للملوحة ٣٣٧
الجدول رقم (٦,٨). تحمل النباتات للملوحة والإنتاجية المحتملة للمحاصيل الناتجة من تأثير مياه الري EC_i أو ملوحة التربة ECe (ملليموز/ سم = ديسمنز/ م) ٣٣٨
الجدول رقم (٦,٩). الخطوط الإرشادية للمعايير الكيميائية لمياه الصرف الصحي المعالجة والتي يعاد استخدامها في الري وطبقا للكود المصري (ECP – 501 – 2005) ٣٤٧
الجدول رقم (٦,١٠). الخطوط التوجيهية التي أوصت بها منظمة الصحة العالمية بالنسبة لنوعية مياه الصرف الصحي المستعملة في الزراعة ٣٤٩
الجدول رقم (٦,١١). الحد الأقصى لمعايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ٣٥٠

الجدول رقم (٦,١٢). المعايير والخطوط الإرشادية المعتمدة لتوصيف الحالة العامة لمياه الصرف الصحي والصناعي ولصرفها على المسطحات المائية الغير عذبة ٣٥١
الجدول رقم (٦,١٣). معايير ومواصفات المخلفات السائلة المعالجة ٣٥٢
الجدول رقم (٦,١٤). نوعية التلوث في مياه الصرف الصحي ووحدات المعالجة المناسبة .. ٣٥٤
الجدول رقم (٦,١٥). طرق معالجة رواسب الصرف الصحي والوحدات المعالجة المناسبة ... ٣٥٥
الجدول رقم (٧,١). طرق الري السطحي ومدى ملاءمتها للظروف المختلفة ٣٧٥
الجدول رقم (٧,٢). تحديد مساحة الحوض على أساس التصرف ونوع التربة..... ٣٨٠
الجدول رقم (٧,٣). المقاييس الاسترشادية لتصميم الشرائح للمحاصيل ضحلة الجذور ٣٨٩
الجدول رقم (٧,٤). التصرف خلال أنابيب السيفون الصغيرة المستخدمة في ري الشرائح ... ٣٩٠
الجدول رقم (٧,٥). التصرف خلال أنابيب السيفون الكبيرة المستخدمة في ري الشرائح ٣٩٠
الجدول رقم (٧,٦). القيم الاسترشادية لأقصي طول خط مزروع لأراضي وميول وأعماق ماء ري مضافة مختلفة ٣٩٤
الجدول رقم (٧,٧). العلاقة بين نوع الحبيبات والحجم بالميكرون ورقم المش (عدد الثقوب في البوصة) للشبكة المناسب لها ٤٣٤
الجدول رقم (٨,١). أبعاد المصارف المكشوفة ٤٧٨
الجدول رقم (٨,٢). بعض القيم للمسافات بين المصارف وأعماقها لأنواع مختلفة للتربة ٤٩١
الجدول رقم (٩,١). اختلاف حد الاستنزاف المسموح به تبعاً لنوع التربة ٥١٣
الجدول رقم (١٠,١). الفترة بين الريات المقترحة حسب نوع التربة ٥٦٤
الجدول رقم (١٠,٢). مساحة الخدمة للرشاش مع اختلاف أشكال دائرة الرش وتوزيع الرشاشات ٥٨٠
الجدول رقم (١٠,٣). معامل الفاقد بالاحتكاك J (م/ ١٠٠م) لأنابيب البي في سي PVC .. ٥٨٢
الجدول رقم (١٠,٤). معامل الفاقد بالاحتكاك J (م/ ١٠٠م) لأنابيب البولي اثيلين PE ... ٥٨٣