بسم الله الرحمن الرحيم

خواص التربة الفيزيائية التطبيقية والصرف الزراعي وإستراتيجيات الري

تأليف

Lambert B. McCarty & Lewis Ray Hubbard, Jr
Virgil Quisenberry

ترجمة

أ.د. عبد رب الرسول موسى العمران

قسم علوم التربة – 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 ، ١٤٤١هـ (٢٠٢٠م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

مكارتي ، لا مبرت ب.

خواص التربة الفيزيائية التطبيقية والصرف الزراعي وإستراتيجيات الري./ لامبرت ب. مكارتي؛ لويس راي هوبارد ؛ فيرجيل كويس كويسنبيري؛ عبد رب الرسول موسى العمران - الرياض، ١٤٤١هـ

٤٣٤ ص، ١٧×٢٤سم

ردمك: ٠-٨٥٨-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

١- التربة ٢- فيزياء التربة أ. هوبارد، لويس راي (مؤلف مشارك) ب. كويسنبيري، فيرجيل كويس (مؤلف مشارك) ج. العمران ، عبد رب الرسول موسى (مترجم) د. العنوان

ديوي ٤ , ٦٣١ ١٤٤١/١٠٢٣٢

رقم الإيداع: ١٤٤١/١٠٢٣٢

ردمك: ٠-٨٥٨-٥٠٧-٦٠٣-٩٧٨

هذه ترجمة عربية محكمة صادرة عن مركز الترجمة بالجامعة لكتاب:

Applied Soil Physical Properties, Drainage, and Irrigation Strategies.
By: Lambert B.McCart & Lewis Ray Hubbard, Jr. Virgil Quisenberry
Springer Intemational Publishing Switzerland, 2016

وقد وافق المجلس العلمي على نشرها في اجتماعه الثالث عشر للعام الدراسي ١٤٤١هـ المعقود بتاريخ ٣٠/ ٦/ ١٤٤١هـ الموافق ٢٤/ ٢/ ٢٠٢٠م.

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

مقدِّمة المترجم

يتزايد الاهتمام بموضوع ترشيد المياه في السنوات الأخيرة في جميع مجالات استخدام المياه، وخاصة المياه المستخدَمة للري، ويزداد الاهتمام في المملكة العربية السعودية بحكم الظروف المناخية وندرة المياه بها، وتأتي ترجمة هذا الكتاب عن "خواص التربة الفيزيائية التطبيقية وإستراتيجيات الري والصرف" في الملاعب الرياضية ضمن هذا الاهتمام، وإني أُقدِّم هذا الكتاب ضمن سلسلة من الكتب التي ترجمتها في مجال المياه ونوعيتها للمهتمين بطبقة التربة "٣٠سم" بالملاعب الرياضية الحقلية، وصيانتها، والمحافظة عليها، ومما تتكوَّن هذه الطبقة.

يتكون هذا الكتاب من أربعة فصول تغطي الخصائص الفيزيائية للتربة، وصرف مياه التربة، وكفية اختيار منطقة الجذور، والمواد المضافة لها، وأخيرًا إدارة المياه والترشيد بالملاعب الرياضية، حيث يشمل هذا الفصل الممارسات المناسبة للري والترشيد، وكيفية إدارة المياه.

إن توفير كتاب في مجال إدارة وترشيد مياه الملاعب الرياضية، وكيفية الصيانة والمحافظة على أرضية الملاعب يعتبر مفيدًا جدًّا لطلاب الدراسات العليا، والمهندسين، والمشرفين على الملاعب، واللاعبين؛ لتقليل الإصابات الناتجة عن سوء بعض الملاعب.

في الختام أَوَدُّ أن أشكر الزميل والأخ الفاضل الأستاذ/ عبد الله علي التقق؛ على جهوده في تنسيق الكتاب، والتصحيح، وتحرير ووضع الصور والرسومات، كما أشكر منسوبي قسم علوم التربة، وخاصة رئيس القسم د، محمد الوابل؛ على تشجيعهم المستمر لإنهاء الترجمة.

أ.د. عبد رب الرسول موسى العمران

نبذة عن المترجم

دكتور / عبد رب الرسول بن موسى العمران

- حصل على الماجستير في علوم المياه من جامعة ديفيز ـ كاليفورنيا عام ١٩٧٩م.
- حصل على الدكتوراه في علوم التربة من جامعة ولاية أوريجون ـ كرفاليس ـ الولايات المتحدة الأمريكية عام ١٩٨٤م.
- تدرَّج في الدرجات العلمية حتى حصل على درجة الأستاذية في فيزياء التربة والعلاقات المائية عام ١٩٩٣م.
- عمل سعادته مستشارًا غير متفرغ بوزارة المياه والكهرباء لمدة عامين خلال الفترة من ٣/ ١٤٢٤ هـ وحتى ٣/ ١٤٢٥ هـ.
- يشغل حاليًّا منصب رئيس هيئة تحرير المجلة العلمية للجمعية السعودية للعلوم الزراعية منذ عام ٢٠٠٣م.
- عضو هيئة تحرير المجلة العلمية لكلية علوم الأغذية والزراعة لمدة خمسة أعوام في الفترة من ١٤١٥ هـ إلى ١٤٢٠هـ.
- عضو في هيئة تحرير المجلة العلمية لبحوث الأراضي الجافة وإدارتها منذ ١/ ١/ ٢٠٠٣ وحتى الآن.
- عمل سعادته عضوًا ومقررًا للجنة الدراسات العليا، وممثل الكلية في عمادة الدراسات العليا منذ ١٤٢١هـ وحتى ١٤٢٣ هـ.
- شارك وحاضر بالعديد من اللقاءات العلمية الدولية والعربية والمحلية.

- لسعادته عدة كتب مؤلفة ومترجمة من اللغة الإنجليزية إلى اللغة العربية ولسعادته إسهامات في المشاركة في تأليف فصول بالكتب الأجنبية.
- لسعادته أكثر من ١١٥ بحثًا علميًّا منشورًا في المجلات العالمية والعربية والمحلية، وكذلك ساهم في مناقشة وتحكيم والإشراف على العديد من رسائل الماجستير.
- حاز على جائزة الملك حمد بمملكة البحرين على أحسن بحث في التنمية الزراعية عام ٢٠١٨م.
- حاز على جائزة الملك سعود للتميز العلمي لأفضل كتاب مترجم فرع التخصصات العلمية لعام ٢٠١٨م.
- حصل سعادته على العديد من الجوائز عن مساهماته كرئيس الفريق البحثي لبعض المشروعات الممولة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية والخطة الوطنية للعلوم والتقنية.

تقديم
Preface

تتوفَّر العديد من الكتب والنصوص العلمية الممتازة في العلوم النظرية والرياضيات المتعلقة بفيزياء التربة، وتغطي هذه الكتب بالتفصيل المبادئ والنظريات المتعلقة بفيزياء التربة، وكم من المعادلات التي تم اشتقاقها أيضًا، ومع ذلك فإن معظم هذه الكتب العلمية تعتمد بشكل كبير على الرياضيات، الأمر الذي يتطلب التدريب والمعرفة على حساب التفاضل والتكامل ومعادلات التمايز التفاضلي من أجل فَهْم كيفية اشتقاق واستخدام المعادلات الرياضية.

الهدف من فيزياء التربة التطبيقية هو إزالة الغموض عن الرياضيات المعقدة اللازمة للحصول على العديد من الصيغ المستخدَمة في فيزياء التربة، والتركيز على تطبيقات هذه المعادلات، عادة ما نتجنب المعادلات الرياضية المعقدة في نهجنا، مع التركيز على كيفية استخدامها في الحقول والمختبرات، مع العديد من الأمثلة عن كيفية استخدام الباحثين والمهندسين الزارعيين بنجاح للمعلومات التي يغطيها هذا الكتاب.

يغطي هذا الكتاب أربعة فصول: (١) الخصائص الفيزيائية للتربة، (٢) صرف التربة، (٣) اختيار منطقة الجذور وتعديلاتها، و(٤) إدارة المياه والترشيد، يغطي الفصل الأول أساسيات الخواص الفيزيائية للتربة، والتي سيتم تطبيقها في الفصول اللاحقة، ويغطي الفصل الثاني مبادئ وممارسات الحسابات الضرورية عند تحديد الصرف الزراعي المناسب والكافي لحالة وموقع معين، ويغطي الفصل الثالث علم تحديد منطقة الجذور المناسبة للصرف الزراعي المناسب، في حين يغطي الفصل الرابع ممارسات الري المناسبة للاستفادة القصوى من إدارة المياه والترشيد.

إن الرغبة في توفير كتاب مفيد لمساعدة الطلاب والمهندسين المعماريين ومصمِّمي الحقول الزراعية والمشرفين على إنشاء المزارع والمجالس الإدارية، وأعضاء ورؤساء اللجان، بالإضافة إلى الأطراف المعنية الأخرى حول كيفية تصميم واختبار وبناء منشأة ناجحة تلبِّي بطريقة علمية احتياجات المساهمين مع توفير إدارة مياه الري اللازمة للمشرفين الميدانيين، نرحب بتعليقاتكم واقتراحاتكم ونتمنَّى لكم الأفضل في تطبيق علم فيزياء التربة.

لمبارت بي مكارتي
جامعة كليمسون، كارولينا الجنوبية أمريكا
لويس راي هوبارد الابن
جامعة كليمسون، كارولينا الجنوبية أمريكا
فيرجيل كويسنبيري
جامعة كليمسون، كارولينا الجنوبية أمريكا

مقدِّمة
Introduction

تؤثِّر خواصُّ التربة الفيزيائية على كل شيء له علاقة بعلوم النبات والتربة، هذه العلاقات تشمل الصرف والتهوية، واختيار وسط نمو جذور النباتات وإستراتيجيات تصاميم الري المتوافقة بيئيًّا، بالإضافة إلى الفهم الجيد والمعلومات المهمة عن خواصِّ الترب الفيزيائية والأساسيات والتطبيقات لعلوم التربة.

إن اغلب كتب فيزياء التربة تعتمد اعتمادًا كبيرًا على المعادلات الرياضية لمحاولة فهم وتوضيح النظريات والقوانين المعقدة والمرتبطة بمختلف جوانب علوم فيزياء التربة، ومع ذلك فإن كثيرًا من الطلاب والممارسين غالبًا ما يفتقدون الخلفية الرياضية والمرجعية، والحقيقة هم بحاجة إلى تدريب وتطبيق ميداني لفَهْم ودراسة الخصائص الفيزيائية للتربة.

يهدف هذا الكتاب لتسليط الضوء على فهم خواصِّ التربة الفيزيائية التطبيقية للممارسين والطلاب والمهندسين، حيث تؤثِّر تلك الخواصُّ في إدارة مياه الري وترشيدها، ووضع إستراتيجيات الري المناسبة، وهذا موضَّح بالفصل الأول من الكتاب، أما الفصول الثاني والثالث والرابع فهي تغطي تطبيق الأساسيات المشمولة في الفصل الأول، خاصة فيما يتعلق بالصرف الزراعي (الفصل الثاني)، ومنطقة جذور النباتات (الفصل الثالث)، ووضع أساسيات الري وتطبيقاتها (الفصل الرابع).

قام بتأليف الكتاب ثلاثة من الأساتذة من ذوي الخبرة في التدريس والبحث العلمي والمحاضرات من جامعة كليمسون بولاية كارولينا الجنوبية بالولايات المتحدة الأمريكية، ولقد

حاول المؤلِّفون توضيح كل موضوع بالتفصيل دون الدخول بعمق في المعادلات الرياضية المعقدة بحيث يفقد القارئ المتعة في قراءة الكتاب، نود أن نشير إلى قبول جميع التعليقات والمقترحات على ما ورد في الكتاب، ونتمنى قراءة ممتعة ومفيدة.

الشكر والتقدير
Acknowledgements

نتقدم بخالص شكرنا وتقديرنا إلى السيد فيلب بروان الذي قام بمراجعة الكتاب، وقدَّم الكثير من المقترحات المفيدة.

الرموز
Abbreviations

Δ	التغير في
η	اللزوجة المطلقة للوسط
Θ	المحتوى الرطوبي للتربة
Θfc	المحتوى الرطوبي الحجمي عند السعة الحقلية
Θg	المحتوى الرطوبي الوزني
θ_v	المحتوى الرطوبي الحجمي
θ_{wp}	المحتوى الرطوبي الحجمي عند نقطة الذبول
M	ميكرو
π	ط
ρ_b	الكثافة الظاهرية
ρ_s	الكثافة الحقيقة
Ψ	الجهد المائي
Ψ_g	جهد الجاذبية
Ψ_o	الجهد الأسموزي
Ψ_p	الجهد الماتري
Ψ_t	الجهد الكلي
%	النسبة المئوية

~	بالتقريب
A	مساحة مقطع العمود
ac	ايكر
Ac-ft	ايكر قدم
Ac-in	ايكر بوصة
adj SAR	نسبة الصوديوم المدمص المعدلة
AEP	نقطة دخول الهواء
ATSM	الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد
Atm	الضغط الجوي
ATRI	المعهد الأسترالي لأبحاث الأعشاب
C	الدرجة المئوية
Ca^{+2}	عنصر الكالسيوم
$CaCO_3$	كربونات الكالسيوم
$CaSO_4$	كبريتات الكالسيوم
cb	سنتي بار
cc	السنتيميتر المكعبة
CEC	السعة التبادلية الكتيونية
Cl	الكلور
cm	السنتيميتر
CO_3^{-2}	الكربونات
cos	جيب تمام الزاوية
D	عمق الماء
d	كثافة المادة
D	قطر الحبيبة أو المسام

d^l	كثافة الحبيبة
D_e	عمق الماء المكافئ أو نسبة المسام
dH	طول الارتفاع الهيدروليكي (الكلي)
dist	المسافة
dL	ارتفاع الحلقة
dS	دسي سمنز
DU	انتظامية التوزيع
D_x	مؤشر التدرج المعتمد على قطر الحبيبات
EC	التوصيل الكهربي
EC_{dw}	التوصيل الكهربي لمياه الصرف
ESP	نسبة الصوديوم المتبادل
ET	البخر نتح
etc.	إلى آخره
ET_p	البخر نتح المحتمل
F	فهرنهيت
f_a	المسامية الهوائية
FDR	مجال قياس مدى التردد
*f*t	قدم
f_t	المسامية الكلية
f_w	المسامية المملوءة بالماء
g	العجلة
g	جرام
gal	جالون
h	الارتفاع

H_2O	الماء
ha	هكتار
HCO_3	بيكربونات
HDPE	بولي إثيلين عالي الكثافة
Hg	الزئبق
hr	ساعة
i.e.	على سبيل المثال
in	بوصة
ISTRC	المركز العالمي لأبحاث الأعشاب الرياضية
J	جول
K	ثابت الحرارة
K^+	بوتاسيوم
K_c	ثابت المحصول
kg	كيلو جرام
kPa	كيلو باسكال
K_{sat}	التوصيل الهيدروليكي المشبع
L	لتر
Ib	رطل
m	متر
M_a	كتلة الهواء
mb	مليبار
mg	مليجرام
Mg^{+2}	ماجنسيوم
MH_z	ميجا هرتز

min	دقيقة
ml	مليمتر
mm	مليمتر
mmhos	مليموز
mN	ملينيوتن
MPa	ميجاباسكال
M_s	الكتلة الصلبة
M_t	الكتلة الكلية
M_w	كتلة الماء
N	نيتروجين
Na^+	صوديوم
NO_3	نترات
P	فسفور
ppm	جزء بالمليون
psi	*رطل لكل بوصة مربعة*
PVC	كلوريد البوليفينيل
Q	كمية الماء
r	نصف القطر
RH	الرطوبة النسبية
RSC	كربونات الصوديوم المتبقية
S	الميل
s	ثانية
s	درجة التشبع
SAR	نسبة الصوديوم المدمص

SMRC	منحى رطوبة التربة
SO_4^{-2}	كبريتات
TDR	مجال قياس الزمني
TDS	الأملاح الكلية الذائبة
TSS	المواد الكلية المعلقة
UC	جامعة كاليفورنيا
USDA	وزارة الزراعة الأمريكية
USGA	جمعية الجولف الأمريكية
V	سرعة سقوط الحبيبة
v	الحجم
V_a	حجم الهواء
V_b	الحجم الجاف النسبي
V_e	نسبة المسام
V_s	الحجم الصلب
V_t	الحجم الكلي
V_v	حجم المسام
V_w	حجم الماء
WDPT	زمن تسرب نزول الماء
Wt	الوزن

السيرة الذاتية للمؤلفين
Author Biographies

لامبرت بي، مكارتي أستاذ في العلوم الزراعية والبيئية متخصص في علوم وإدارة الأعشاب في جامعة كليمسون في كليمسون، ساوث كارولينا، موطنه الأصلي مدينة بيتسبيرغ، جنوب كارولينا، حصل على درجة البكالوريوس من جامعة كليمسون في المحاصيل والتربة، ودرجة الماجستير من جامعة ولاية شمال كارولينا في المحاصيل وعلوم التربة، ودرجة الدكتوراه من جامعة كليمسون في فيسيولوجيا وأمراض النبات، لقد أمضى د. مكارتي تسع سنوات في جامعة فلوريدا في مدينة جينسفيل كخبير في الأعشاب، وأثناء تواجده في جامعة فلوريدا، أشرف على تصميم وبناء أحدث منشأة في أبحاث وتربية الأعشاب يطلق عليه "الأنفيرتون"، قام د.مكارتي بالتأليف أو المشاركة في التأليف بعض الكتب، منها: أفضل الأساليب الإدارية للملعب الجولف في فلوريدا وحشائش الأعشاب بالمناطق الجنوبية والمرجع للمسطحات الخضراء بفلوريدا.

ومنذ عام ١٩٩٦م عمل في جامعة كليمسون في مجال الأبحاث والتدريس والإرشاد، وقد نشر العديد من المقالات التي تتناول جميع مراحل إدارة المروج الخضراء، ويزداد الطلب على عروضه ومعرفته وخبراته من أنحاء العالم، وحاليًا هو مؤلِّف مشارك للعديد من الكتب، منها: الأطلس الملوَّن للحشائش الأعشاب وأفضل الأساليب الإدارية لملاعب الجولف والمسطحات بالجنوب

وإدارة مسطحات البيوت في جنوب كارولينا، وإدارة أعشاب برمودا، وإنتاج المسطحات الخضراء في جنوب الولايات المتحدة وأساسيات الأعشاب والكيمياء الزراعية، وتصميم وصيانة الملاعب الرياضية المزروعة بعشب برمودا في الولايات المتحدة، والتحكم في الحشائش بالمسطحات الخضراء، وكمؤلف مشارك للمحاضرات التي تقدمها جمعية'GCSAA' والتحكم بالحشائش وإدارة الحشائش المتقدمة وإدارة النباتات الزاحفة في البيئات الحارة، وإدارة أعشاب برمودا المتقزِّمة في ملاعب الجولف، ويعتبر د، مكارتي من الأعضاء النشِطين في العديد من الجمعيات العلمية، وهو أيضًا يقوم بتدريس مقرَّر متقدِّم عن إدارة المسطحات الخضراء، وهو خبير معتمد في المحاصيل لأكثر من ٢٥ سنة، وهو زميل جمعية علوم المحاصيل الأمريكية وحائز على جائزة "Fred V، Grau" للمسطحات الخضراء، bmccrty@clemson.edu .

يعمل **لويس راي هوبارد، الابن،** مهندسًا بمحطة التجارب في جامعة كليمسون منذ عام ١٩٩٣م، حصل على درجة الدكتوراه في علوم النبات والبيئة من جامعة كليمسون في تخصص فيزياء التربة والمسطحات الخضراء، وتخصُّص فرعي بالإحصاء، وحصل على درجة البكالوريوس في الهندسة المدنية والهندسة الزراعية من جامعة كليمسون، د، هوبارد مهندس معتمد منذ ١٩٨٩م، لقد قام د.هوبارد بإلقاء عدة محاضرات علمية وخدمات عامة، واستعرض العديد من الأبحاث، بالإضافة إلى محاضرات للطلبة، لقد تربى وعاش في مدينة أندرسن بولاية كارولينا الجنوبية مع زوجته بات وطفلين تيري وآنا، lhbbrd@clemson.edu .

فيرجيل كويسنبيري أستاذ فخري متخصص في فيزياء التربة في جامعة كليمسون، موطنه الأصلي ولاية كنتاكي، حصل على درجات البكالوريوس والماجستير والدكتوراه من جامعة كنتاكي في علوم التربة والزراعة، لقد أمضى ٣٧ سنة كأستاذ في جامعة كليمسون في التدريس والأبحاث في مجال علوم التربة، وخاصة في فيزياء التربة، ويواصل تقديم التدريب في علوم التربة إلى المهندسين الزراعيين المعتمدين (CPAg) ومستشاري المحاصيل المعتمد (CCA)، وينشط في العديد من لجان الدراسات العليا للطلاب. vqsnbrr@clemson.edu.

المحتويات
Contents

مقدمة المترجم ..... هـ

نبذة عن المترجم ..... ز

تقديم ..... ط

مقدمة ..... ك

شكر وتقدير ..... م

الرموز ..... س

سيرة ذاتية عن المؤلفين ..... ش

الفصل الأول: خصائص الترب الفيزيائية والرطوبية (Soil Physical and Moisture Properties) ... ١

١ , ١ خواصُّ التربة الفيزيائية (Soil Physical Properties) ٢

تحليل حبيبات التربة (Soil Particle Analysis) ٣

تقدير حجم الحبيبة (Determining Particle Size) ٤

الكثافة الحقيقة والظاهرية للتربة (Soil Particle and Bulk Density) ١٢

مسامية التربة (Soil Porosity) ٢٢

٢ , ١، خصائص رطوبة التربة (Soil Moisture Properties) ٢٦

وصف رطوبة التربة ((Describing Soil Moisture ٣٧

الماء المتاح للنبات (Plant-Available Water) ٤٠

١,٣، علاقات التربة والمياه (Soil-Water Relationships) ٤١
جهد الماء (Ψ) (water Potential) ٤١
معدلات التسرب والتسرب العميق (Infiltration and Percolation Rates) ٤٥
حركة الماء في التربة (Water Movement in Soil) ٤٧
الخاصية الشعرية (Capillarity) ٤٨
مستوى الماء الأرضي – منطقة التشبع ((Perched water Table ٥١
التوصيل الهيدروليكي المشبع وغير المشبع (Saturated and Unsaturated Hydraulic Conductivity) ... ٥٣
١,٤ منحنيات الاحتفاظ برطوبة التربة (Soil Moisture and Retention Curves) ٥٨
بناء منحنيات الاحتفاظ برطوبة التربة (Construction soil Moisture Curves) ٥٩
تفسير منحنيات الاحتفاظ برطوبة التربة (Interpreting Soil Moisture Retention Curve) ٦٢
معلومات من منحنيات الاحتفاظ برطوبة التربة (Information from Soil Moisture Retention curves) ٦٩
١,٥ الأسئلة (Questions) ٧٨

الفصل الثاني:الصرف الزراعي للتربة (Soil Drainage) ٩٧
٢,١ طرق الصرف الزراعي (Drainage Methods) ٩٧
الصرف السطحي (Surface Drainage) ١٠٠
الصرف تحت السطحي (Subsurface Drainage) ١٠٥
حركة مياه التربة الجانبية (Lateral Soil Water Movement) ١١٤
خطوط التصريف (Drain Lines) ١١٦
٢,٢ العشب الأخضر لملعب الجولف (Putting Green) ١٣٦
التربة تحت السطحية (Subgrade) ١٣٩
شكل وحجم الحصى (Gravel Size and Shape) ١٣٩
أنظمة الصرف (Drainage Systems) ١٤٤

٢,٣ الممرات بالملاعب (Fairways) ١٤٤
تصميم الصرف تحت السطحي (Subsurface Drainage Design) ١٤٤
المصارف الاعتراضية (Interceptor Drains) ١٤٦
الينابيع (Springs) ١٤٩
مخارج المصارف (Outlets) ١٤٩
الغطاء الرملي (Sand Capping) ١٥١
٢,٤ الملاعب الرياضية (Sports Fields) ١٥٢
قطاعات التربة (Soil profiles) ١٥٢
ملاعب كرة القدم الأمريكية (Football Fields) ١٥٨
ملاعب كرة القدم العالمية (Soccer Fields) ١٦٦
ملاعب كرة القاعدة الأمريكية (البيسبول) والكرة الخفيفة (السوفتبول) (baseball and Softball Fields) ١٦٦
٢,٥ أسئلة (Questions) ١٧٠

الفصل الثالث: اختيار المنطقة الجذرية (Rootzone Selection) ١٧٩
٣,١ منطقة الحفر (العشب الأخضر) بملعب الجولف (Golf Putting Greens) ١٧٩
القطاعات (Profiles) ١٨٠
اختيار مخلوط المنطقة الجذرية (Rootzone Mix Selection) ١٨٤
محسنات التربة (Soil Amendments) ١٩٨
طبقات الحصى والرمل الخشن (Gravel and Coarse Sand Layers) ٢٠٢
التغييرات في خصائص التربة على مر الزمن (Changes in Soil Characteristics Over Time) ... ٢١٦
٣,٢ الحواجز الرملية (Bunker Sands) ٢١٧
التوزيع الحجمي للحبيبات ((Particle Size Distribution ٢١٨
شكل الحبيبات (Particle Shape) ٢١٨

احتمالية وجود القشرة (Crusting Potential) ٢٢٠
الرقم الهيدروجيني (pH) ٢٢١
الصلابة (Hardness) ٢٢١
معدل التسرب (Infiltration Rate) ٢٢١
اللون (Color) ٢٢٢
جودة اللعب بشكل عام (Overall Playing Quality) ٢٢٢
٣,٣ الملاعب الرياضية والغطاء الرملي (Sports Fields and Sand Capping) ٢٢٢
قطاعات التربة (Soil Profiles) ٢٢٢
اختيار المخلوط المناسب لمنطقة الجذور (Selecting the Right Rootzone Mix) ٢٢٤
أعماق المنطقة الجذرية (Rootzone Depths) ٢٢٨
٣,٤ الأسئلة (Questions) ٢٤٣

الفصل الرابع: إدارة المياه والترشيد (Water Management and Conservation) ٢٥٩
٤,١ استخدام المياه (Water Use) ٢٦٠
تحديد موعد الري (Determining When to Irrigate) ٢٦٠
أجهزة قياس رطوبة التربة (Soil Moisture Measuring Devices) ٢٦٣
نماذج التنبؤ أو نتائج البخر-نتح (Predictive Models or Evapotranspiration Feedback) ٢٧١
٤,٢ معدلات البخر-نتح (Evapotranspiration Rates) ٢٧٤
التأثير البيئي على البخر-نتح ((Environmental Influence on Evapotranspiration ٢٧٦
معدلات استخدام المياه للأعشاب ((Turfgrass Water-Use Rates ٢٧٧
معدلات البخر-نتح المحتمل (Potential Evapotranspiration Rates) (ETp) ٢٨٧
جدولة الري على أساس معدلات ET (Scheduling Irrigation Based on ET Rates) ٢٨٧
٤,٣ إستراتيجيات الري (Irrigation Strategies) ٢٨٠
معايرة نظام الري (Irrigation System Calibration) ٢٨١

تحديد معدلات الري وتكراره (Determining Irrigation Rates and Frequency) ٢٨٥
تحديد الفترات التقريبية (بالأيام) بين دورات الري Determining Approximate Intervals Between
Irrigation Cycles(in Days) ٢٨٨
٤ , ٤ إدارة مشكلات جودة مياه الري (Managing irrigation Water Quality problems) ٢٩٢
الأملاح (Salts) ٢٩٣
خطورة الصوديوم بالماء (Water Sodium Hazard) ٢٩٨
خطورة نفاذية التربة الناتجة من الصوديوم (Soil Sodium Permeability Hazard) ٣٠٢
إدارة مواقع استخدام المياه ذات الجودة الرديئة (Managing Poor Quality Water Use Sites)... ٣٠٧
٥ , ٤ ترشيد المياه (Water Conservation) ٣١٦
تقييم الموقع والتخطيط الأولي (Site Assessment and Initial Planning) ٣١٧
تقييم وتنفيذ إستراتيجيات ترشيد المياه (Evaluating and Implementing Water Conservation
Strategies)..... ٣٢١
تقييم تكاليف ومكاسب ترشيد المياه (Assessment of Water Conservation Costs and Benefits) .. ٣٢٢
٦ , ٤ الترب الكارهة للماء وإدارتها (Hydrophobic Soils and Their Management) ٣٢٦
الترب الكارهة للماء(Hydrophobic Soils) ٣٢٦
المواد المساعدة (Adjuvants) ٣٢٩
المواد الخافضة للتوتر السطحي (Surfactants) ٣٢٩
مواد الترطيب (Wetting Agents) ٣٣٢
٧ , ٤ الأسئلة (Questions)..... ٣٣٦
ملحق (أ): وحدة التحليل (Appendix A: Unit Analysis) ٣٥١
ملحق (ب): وحدة التحويل (Appendix A: Unit Conversion)) ٣٥٧
الجمعية الأمريكية للاختبارات والمواد..... ٣٧٢
المراجع (References) ٣٧٥
المعجم (Glossary) ٣٧٩

ثبت المصطلحات ٤٠٣
أولاً: عربي-إنجليزي ٤٠٣
ثانياً: إنجليزي-عربي ٤١٥
كشاف الموضوعات (Index) ٤٢٧