التصحر وتثبيت الكثبان الرملية

الأستاذ الدكتور عطا الله أحمد أبو حسن
و الدكتور سمير فؤاد على توفيق
كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة
جامعة الملك عبدالعزيز

مركز النشر العلمي
جامعة الملك عبد العزيز
ص ب : ٨٠٢٠٠ - جدة : ٢١٥٨٩
المملكة العربية السعودية

© جامعة الملك عبد العزيز ١٤٢٧ هـ (٢٠٠٦م)

جميع حقوق الطبع محفوظة .

الطبعة الأولى : ١٤٢٧هـ (٢٠٠٦م)

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

أبوحسن ، عطا اللّه أحمد

التصحر وتثبيت الكثبان الرملية . / عطا اللّه أحمد أبوحسن ؛ سمير فؤاد علي توفيق. - جدة ، ١٤٢٧هـ

٢٢٦ ص ؛ ٢٤ سم

ردمك : ٩ - ٤٥٤ - ٠٦ - ٩٩٦٠

١ - التصحر ٢ - مقاومة التصحر أ - توفيق ، سمير فؤاد علي (مؤلف مشارك) ب - العنوان

ديوي ٥٥١,٤١٥ ١٤٢٧/٦٢٨

رقم الإيداع : ١٤٢٧/٦٢٨

ردمك : ٩ - ٤٥٤ - ٠٦ - ٩٩٦٠

مطابع جامعة الملك عبدالعزيز

تصـــــدير

يطيب لي أن أقدم للقارئ العربي كتابًا يتناول واحدة من قضايا العصر : التصحر . برزت هذه القضية على جدول اهتمام العالم في السبعينيات من القرن العشرين ، عقدت الأمم المتحدة في عام ١٩٧٧م مؤتمرين احتشد فيهما ممثلو دول العالم ليتشاوروا في مسألتين : المياه (عقد المؤتمر في مدينة ماردي بلاتا بالأرجنتين) والتصحر (عقد المؤتمر في نيروبي عاصمة كينيا) . الصلة بين المسألتين هي مشكلة المناطق الجافة في العالم : نقص موارد المياه . والإقليم العربي جميعًا في امتداده من المحيط إلى الخليج يقع في قلب النطاق الجاف . يعرض هذا الكتاب موضوع التصحر ، وهو تدهور الأراضي المنتجة في المناطق الجافة .

الأراضي الجافة تشغل حوالي ٤٠٪ من سطح اليابسة ، وهي نطاقات على درجات من حدة الجفاف تحددها موارد المياه . الأراضي المنتجة قد تكون مراع أو زراعة مطرية ، وقد تكون زراعة مروية ، حيث يتيسر مورد ماء إضافي من الآبار أو الأنهار . وتدهور هذه الأراضي المنتجة يرجع إلى هشاشة النظام البيئي ، وإلى الاستغلال الباهظ لموارد الأرض : الرعي الجائر ، والزراعة المطرية التي لا تترك فسحة البور التي تريح الأرض ، والزراعة المروية التي لا تحافظ على التوازن بين الري والصرف .

يعرض الكتاب في بابه الأول لقضية التصحر في العالم ، وفي بابه الثاني لقضية التصحر في المملكة العربية السعودية . في هذا العرض يحيط المؤلفان بعناصر ثلاثة ، هي : التحليل العلمي للمسألة ، والضرر الذي تحدثه ، ووسائل التوقي والعلاج . هذا النهج الذي يعرض لهذه العناصر الرئيسة الثلاثة هو النهج الصحيح في تناول مسائل البيئة والتنمية .

أحسن المؤلفان صنعًا بالإشارة إلى دور الجامعات ومؤسسات البحث العلمي في عون المجتمع على التصدي لمشكلات التصحر ، وهي مشكلات متشعبة العناصر ، وتحتاج إلى فرق علمية متكاملة ومتعددة التخصصات لدراستها والتوصل إلى وسائل العلاج .

يفسح المؤلفان الأبواب الأربعة التالية لتناول تفصيلي لموضوع تكوينات الرمال في المناطق الجافة . الرمال من مظاهر السطح البارزة في الصحاري وتخومها في النطاقات الجافة وشبه الجافة . تكوين الكثبان الرملية وديناميكية تحركاتها من العناصر الجغرافية التي شغلت علماء الصحاري ، وتمثل تحركات الرمال تهديدًا بالغ الخطر لمكونات البنيات الأساسية من الطرق والمنشئات والزراعات والقرى ، خاصة في الواحات . الباب الثالث يعرض وصفًا تحليليًا لتكاوين الرمال ، وخاصة الكثبان : النشأة والتكوين ، وتصنيف الكثبان ، وحركة الكثبان وعلاقتها بالرياح . ويرصد المؤلفان نباتات الرمال . الباب الرابع يشرح استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد في رصد تحركات الرمال ومراقبة زحفها ، وهذا عنصر هام في جهود الحد من مخاطر هذه الرمال .

الباب الخامس يعرض تجارب العالم في تثبيت الكثبان الرملية بالوسائل المتباينة : الطرق التي تعتمد على النمو النباتي ، والتي تعتمد على التثبيت الميكانيكي أو على التغطية بمواد بترولية أو مواد مصنعة . ويعرض تجارب المملكة العربية السعودية في هذا المجال . الباب السادس يتناول موضوعات مصدات الرياح والأحزمة الخضراء الواقية . في هذا الباب - كما في سائر أبواب الكتاب - يحرص المؤلفان على بيان الأسس العلمية التي يقوم عليها العمل التطبيقي ، وعلى تقييم جدوى الطرق المختلفة ومدى كفاءتها ، وكذلك أنواع النباتات التي يستعان بها .

في هذه الفصول الأربعة ، يجد فيها القارئ عرضًا متكاملاً لواحدة من القضايا الرئيسة التي تهدد سكان المناطق الجافة ، وتهدد مستقرات سكنهم ، وشبكة المواصلات التي تصلهم بالمناطق المجاورة ، ويجد شرحًا وافيًا للمشكلة ، وبيانًا عن مناهج توقي الأضرار وعلاجها ، ومعلومات يستهدي بها العاملون على مشروعات تثبيت الكثبان

الرملية والحد من مخاطرها .

الباب السابع والخاتم يتناول تجارب المملكة العربية السعودية ومشروعاتها ، التي تعتمد على صون الغابات والمراعي وتحسينها ، وإصحاح تضررها ، وإعادة تأهيلها كوسائل لمكافحة التصحر . وأضاف المؤلفان ثبتًا بالمراجع ، وكشافًا للموضوعات ، وسردًا للمصطلحات باللغتين العربية والإنجليزية ، وهي إضافات ثرية تزيد من فائدة الكتاب .

هذا كتاب يستحق الترحيب ، لأنه يتناول موضوعًا هامًا ، ويتناوله على خير نهج ، ويعرض مادته في لغة سليمة وواضحة ، ويستعين بالرسوم للمزيد من التوضيح . سيجد فيه القارئ الطالب في الجامعات العربية معينًا ثريًا للمعارف العلمية ، التي توطيء له دراسة الموضوع ، وسيجد فيه القارئ المسؤول عن تخطيط مشروعات مكافحة التصحر وتوقي أضرار الكثبان الرملية مرجعًا علميًا نافعًا ، يستهدي به في خطى عمله ، وسيجد فيه القارئ طالب الثقافة العلمية زادا زاخرا بالمعارف .

محمد عبدالفتاح القصاص
أستاذ النبات بكلية العلوم
جامعة القاهرة

تقـــــديم

تشير الدراسات الحديثة إلى ازدياد معدلات التصحر في العالم ، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة ، حيث تقع نصف بلدان العالم بأكملها أو أجزاء منها في تلك المناطق ، والتي تغطي في مجموعها نحو ٤٥ مليون كم^{٢} ، أي ثلث مجموع مساحة الأراضي في العالم . وكذلك تسير عملية تدهور البيئة في هذه المناطق بمعدلات تدعو للقلق ، لما تنطوي عليه من مخاطر تهدد حياة نحو ٨٥٠ مليون نسمة من السكان على سطح الأرض .

وقد عرف من الحفريات الأثرية في الصين أن الزحف الصحراوي ظل يهدد ويبتلع المستوطنات البشرية طيلة ثلاثة آلاف عام . وفي العصر الحديث تبدو الخطورة المتزايدة لمشكلات التصحر بجميع مناطق العالم القاحلة واضحة تمام الوضوح من خلال الصور التي تبثها الأقمار الصناعية والأجهزة المتطورة للاستشعار عن بعد . وطبقًا لتقديرات مؤتمر برنامج الأمم المتحدة للبيئة والتنمية لعام ١٩٩٢ ومؤتمر منظمة الأغذية والزراعة لعام ١٩٨٩م (FAO, 1989; UNCED, 1992) تقتطع الصحراء كل عام نحو ٢٧ مليون هكتار من أراضي الإنتاج الزراعي .

وحين عقد مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالتصحر في نيروبي عام ١٩٧٧م (UNEP, 1977) كان الكثير من تلك الحقائق المذهلة والبيانات المزعجة معروفًا بالفعل ، وكانت النتائج والتوصيات هي الأخذ بأنماط متميزة لاستخدام الأراضي كالرعي والزراعة البعلية والري وتخصيص مساحات للغابات والمحميات الطبيعية ، فضلاً عن تنظيم الاستعمال الحضري والصناعي للأراضي . وضمن ما شملته الخطة أيضًا تدابير

خاصة بالمناخ وغزارة موارد المياه وأنواع التربة ، وكذلك دراسة البناء الاجتماعي للطوائف السكانية المتضررة من التصحر .

وقد أشار تقرير الأمم المتحدة لبرنامج البيئة العالمي عن التصحر إلى أنه يؤثر على ما مساحته نحو ٣,٥ بليون هكتار من مختلف أنواع الأراضي ، مثل : الأراضي الرعوية نحو ٣,١ بليون هكتار ، أراضي المحاصيل المطرية نحو ٣٣٥ مليون هكتار ، والأراضي المروية نحو ٤٠ مليون هكتار . وكل سنة يدخل ما مساحته حوالي ٢١ مليون هكتار في الأراضي غير الصالحة للاستعمال الزراعي والرعوي . ويزعم دريجن ومجموعته (Dregne *et al.*, 1991; Kassas, 1995) أن إنتاج القمح ينخفض كل سنة بحوالي ٢٣ مليون طن متري بسبب عملية التصحر . وتقدر القيمة الحالية للفقد في الإنتاج الزراعي لكل المناطق الجافة في العالم بنحو ٢٦ بليون دولار سنويًا (Ahmed and Kassas, 1987; UNCED, 1992).

هذا بالإضافة إلى ما تلحقه الكوارث الطبيعية من خسائر فادحة في المواسم المختلفة ، وأبرز هذه الكوارث سنوات الجفاف المتلاحقة التي دمرت مناطق الساحل الأفريقي على سبيل المثال ، وتحولت معها الأراضي الخضراء إلى مناطق جرداء قاحلة لا أثر للحياة فيها . وقد تركزت التحذيرات من تفاقم المشكلة في معظم قارات العالم ، خاصة في آسيا وأفريقيا ، بسبب التغيرات المناخية والأنشطة البشرية التي تؤدي إلى دائرة مفرغة من الجوع والفقر والتصحر ، مما أثار قلق ومخاوف المشتركين في المنتدى الأسيوي الأفريقي لمكافحة التصحر الذي عقد في بكين بالصين في أغسطس عام ١٩٩٦ .

كما تشير تقديرات برنامج الأمم المتحدة للبيئة والتنمية كذلك (UNCED, 1992) إلى أن نحو ربع مساحة اليابسة من الكرة الأرضية أراض صحراوية تقرب مساحتها من ٣,٥ بليون هكتار ، يتركز معظمها في دول العالم النامي ، وبخاصة بلدان الوطن العربي . وأكدت التقديرات أيضًا على أن التصحر مشكلة بيئية واجتماعية وبشرية .

تقع المملكة العربية السعودية في الجنوب الغربي لقارة آسيا وتبلغ مساحتها نحو ٢,٢٥ مليون كم^{٢} ، تشكل الصحاري وشبه الصحاري الجزء الأكبر منها ، وبخاصة

مناطق الربع الخالي والدهناء والنفود والجافورة ، التي تشكل نحو ٩٧٪ من المساحة الإجمالية للمملكة ، التي تقع معظمها ضمن المنطقة شديدة الجفاف والجافة وشبه الجافة . ونظرًا لموقع المملكة ضمن الحزام الصحراوي الجاف لغرب القارات ، فإن تعرضها لمخاطر الجفاف والتصحر يعتبر ظاهرة متكررة . وتتعرض أجزاء من المملكة العربية السعودية بصفة عامة ، والمنطقة الشرقية (ومن ضمنها واحة الأحساء) بصفة خاصة إلى زحف الرمال المستمر ، الذي تحدثه الرياح الشديدة أثناء فصل الصيف ، حيث تهب على المنطقة الرياح الشمالية الغربية السائدة في هذا الفصل ، محملة بالغبار والرمال التي تسفيها على المدن والقرى والمناطق الزراعية والعمرانية وطرق المواصلات والمنشآت المدنية والاقتصادية . ويبلغ المعدل السنوي لزحف الرمال على واحة الأحساء حوالي عشرة أمتار وبكميات كبيرة تقضي على نحو عشرين فدانًا كل عام ، مما يشكل خطرًا على المناطق الزراعية بالواحة التي تبلغ مساحتها ثمانية آلاف هكتار ، وعلى قنوات الري والصرف ، مما أدى إلى تقلص الرقعة الزراعية ، وإلى عدم الاستقرار وهجرة أعداد كبيرة من السكان إلى المدن والمناطق المجاورة بحثًا عن سبل العيش . وقد طمرت هذه الرمال الزاحفة قرى بأكملها كالناظرة والكلابية القديمة ، ومدنًا كجواثا التي تعتبر عاصمة للواحة ، ويوجد بها ثاني مسجد صليت فيه صلاة الجمعة بعد المسجد النبوي في المدينة المنورة . وما تزال آثار هذا المسجد باقية حتى الآن . كما دفنت هذه الرمال الزاحفة العديد من العيون والقنوات الجارية ، مما أدى إلى انحسار الأراضي الزراعية التي ألحقت بالمنطقة خسائر اقتصادية .

وتبذل البلدان المعنية بالتصحر في قارات العالم جهودًا متنوعة لمكافحة التصحر ، نذكر منها على سبيل المثال التجارب الرائدة والتقنيات الحديثة الناجحة في كل من الصين الشعبية وإيطاليا وأثيوبيا والسودان والمملكة العربية السعودية وبعض دول الخليج ، ودول المغرب والمشرق العربي وفي مصر وليبيا . واستخدمت في هذه البلدان جميعها أشجار الغابات كأداة فعالة لوقف زحف الصحراء والرمال . وأيضًا فإن استمرار الحياة وبقاء الإنسان على الأرض واليابسة بمكوناتها من الحصى والأحجار وخلافه تشكل بحد ذاتها سدًا منيعًا في مواجهة زحف الرمال . وكذلك فإن أشجار

الغابات في صورة أحزمة خضراء تخفض من سرعة هبوب الرياح في اتجاه الأراضي الزراعية والمناطق الآهلة بالسكان - مما أدى إلى نشوء مفاهيم شتى عن مشكلة التصحر نتيجة لتنوع أشكاله والتي تشتمل على زحف الكثبان الرملية ، وتدهور المراعي الطبيعية ، واستنفاد موارد الغابات ، وتدهور نظم الري ، وانحطاط مستوى الزراعة البعلية بالإضافة إلى تباين طبيعة الزحف الصحراوي ذاته ، وأيضًا مدى مسئولية الإنسان نفسه عن توسيع رقعة الصحراء على حساب الأراضي الزراعية . وقد أصبحت عمليات تراكم الرمال مشكلة تتفاقم يومًا بعد يوم بسبب حاجة الإنسان الملحة إلى الأراضي الزراعية وإلى المراعي وحطب الوقود مما أدى إلى تقلص الغطاء النباتي (الرعوي والحراجي) ، أو تدهوره في جزء كبير من المناطق الجافة وبالأخص في قارتي أفريقيا وآسيا مما أدى إلى سهولة تحرك الرمال وتراكمها على الأراضي الزراعية وطرق المواصلات والمباني والمناطق الآهلة بالسكان .

ولقد أولت حكومة المملكة العربية السعودية عناية خاصة بمشكلة التصحر حيث بدأت المملكة مبكرًا خلال الستينيات من القرن الماضي باتخاذ الإجراءات الكفيلة بصيانة مواردها الطبيعية واتخاذ الاحتياطات اللازمة لتخفيف آثار الجفاف والحد من مخاطر التصحر وبخاصة حركة الرمال . وقد تم وضع الاستراتيجية الوطنية لمكافحة التصحر من قبل الحكومة المتمثلة في وزارة الزراعة بالتنسيق مع الجامعات والجهات ذات العلاقة ، ويجرى حاليًا وضعها في الصيغة النهائية لتكون متمشية مع الاتفاقية الدولية الخاصة بمكافحة التصحر بهدف الاستفادة من التقنيات الحديثة في هذا المجال وذلك بالاهتمام الشديد بزيادة الرقعة الخضراء والتوعية بأهمية الأشجار وتحسين مناطق الغابات والمراعي وتطويرها لمكافحة التصحر . وإيمانًا بالدور الذي تقوم به الجامعات بتدعيم البحث العلمي فقد قامت جامعة الملك عبد العزيز بإنشاء محطة الأبحاث الزراعية بمنطقة هدى الشام والتابعة لكلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة في عام ١٤٠١هـ على مساحة قدرها نحو مائة هكتار والتي تهدف إلى استزراع نباتات تتلاءم مع ظروف البيئة ومنطقة مكة المكرمة وما حولها ، بالإضافة إلى مواكبة الأبحاث العالمية الهادفة إلى تطوير التنمية الغذائية بالمملكة .

ويستعرض الكتاب الحالي أهم التقنيات والدراسات العالمية الحديثة عن الطرق والوسائل المختلفة المستخدمة لإيقاف زحف الرمال وتثبيت الكثبان الرملية في العالم والوطن العربي عامة وفي المملكة العربية السعودية خاصة . كما يعتبر هذا الكتاب مرجعًا يتناول تطبيقات وجهود رائدة مبتكرة في تنمية الغطاء النباتي لمحاولة إعادة الظروف البيئية إلى ما كانت عليه في بلدان العالم .

واللّه نسأل أن نكون قد وفقنا إلى تحقيق هذه الغاية السامية تدعيمًا للمكتبة العربية التي هي في مسيس الحاجة إلى مثل هذا المرجع الحديث عن « التصحر وتثبيت الكثبان الرملية » . ولا يفوتنا أن نقدم الشكر والعرفان إلى جامعة الملك عبد العزيز وإلى كل من عاون بالفكر أو المساعدة خلال إعداد هذا المرجع . وندعو الله عز وجل أن يضيف هذا الكتاب للمعرفة إسهامًا علميًا متواضعًا .

وفقنا اللّه إلى رفعة الوطن والمسلمين ، وعلى الله قصد السبيل وهو ولينا ونعم المولى ونعم النصير .

جامعة الملك عبد العزيز

جدة / ١٤٢٦هـ (٢٠٠٥ م) **المؤلفـان**

شكر وتقدير

يتوجه المؤلفان بالشكر والتقدير إلى كل من ساهم في إخراج هذا الكتاب كمرجع علمي وايصاله إلى القارئ الكريم بالصورة المرجوة ، ونخص بالذكر الآتي :

الإدارة العليا بجامعة الملك عبدالعزيز ، وسعادة أعضاء هيئة المجلس العلمي ، وسعادة كل من إدارة كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة ، وقسم زراعة المناطق الجافة بالكلية . وكل من ساهم بصورة أو بأخرى من الزملاء والعاملين في إخراج الكتاب بالصورة الموجوة .

ولقد أثلج صدورنا وشرح فؤادنا وزادنا حماسًا وشرفًا عظيمًا ما لمسناه من تقدير في كلمة «تصدير»، سعادة الأستاذ الدكتور محمد عبدالفتاح القصاص (محكم الكتاب) أستاذ النبات بكلية العلوم بجامعة القاهرة بجمهورية مصر العربية ، والعالم الجليل في قضايا التصحر ومشكلاته عالميًا - ومدير الاتحاد الدولي لصون الطبيعة التابع للأمم المتحدة سابقًا .

وشكرًا واعزازًا إلى جميع العاملين بمركز النشر العلمي ومطابع جامعة الملك عبدالعزيز على الجهد المشكور في إخراج الكتاب بالصورة الحالية .

المؤلفان

١٤ محرم ١٤٢٧هـ

١٣ فبراير ٢٠٠٦م

المحتـــويات

تصدير ..... هـ

تقديم ..... ط

شكر وتقـــدير ..... س

الباب الأول : التصحر ١

١-١ المقدمة ٣

١-٢ تعاريف وحالات ومظاهر التصحر ١٤

١-٣ مؤشرات ظاهرة التصحر ودلائل الجفاف ١٨

١-٤ أسباب التصحر ٢٢

١-٥ التصحر وأخطاره في العالم ٢٥

١-٦ التصحر وأخطاره في الوطن العربي ٢٨

الباب الثاني : التصحر وأخطاره في المملكة العربية السعودية ٣١

٢-١ المقدمة ٣٣

٢-٢ جهود المملكة العربية السعودية وبرامجها لمقاومة زحف الصحراء ومواجهة التصحر ٣٨

- دور وزارة الزراعة والرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة ٣٨

- دور الجامعات ومؤسسات البحث العلمي بالمملكة في مواجهة التصحر ٤٩

الإجراءات الوقائية التي تم اتخاذها لحماية الغطاء النباتي (الرعوي والحراجي) ٥٣

الإجراءات الوقائية التي تم اتخاذها لمكافحة التصحر ٥٤
الباب الثالث : الكثبان الرملية ٦١
٣-١ المقدمة ٦٣
٣-٢ العوامل المؤثرة في حركة الكثبان الرملية ٦٥
٣-٣ كيفية تكوين الكثبان الرملية ٦٦
٣-٤ طرق نقل حبيبات الرمال واتجاهات الرياح ٦٧
٣-٥ أشكال التراكمات الرملية وأنواع الكثبان الرملية ومنشأها في شبه الجزيرة العربية ٦٩
٣-٥-١ أشكال التراكمات الرملية ٦٩
٣-٥-٢ أنواع وأشكال الكثبان الرملية ٧٠
٣-٥-٣ منشأ الكثبان الرملية في شبه الجزيرة العربية ٧٥
٣-٦ تصنيف الكثبان الرملية ٧٧
أولاً : طبقاً لتقسيم واطسون Watson (1990) ٧٧
ثانياً : طبقاً لتقسيم منجويت Mainguet (1984) ٧٨
٣-٧ مناطق الكثبان الرملية في المملكة العربية السعودية ٨١
٣-٧-١ مناطق الكثبان الرملية ٨١
٣-٧-٢ أهم النباتات السائدة بالكثبان الرملية في المملكة ٨٢
٣-٧-٣ حركة الرمال والكثبان الرملية واتجاهات الرياح في المملكة العربية السعودية ٨٢
٣-٧-٤ مخاطر زحف الرمال وطرق تجنبها ٨٧
الباب الرابع : استخدام وتقييم تقنية الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الرمال والكثبان الرملية ٩١
٤-١ المقدمة ٩٣
٤-٢ تقييم استخدام تقنية الاستشعار عن بعد في مراقبة زحف الرمال والكثبان الرملية ١٠٢

٤-٣ دراسة إمكانية استخدام الاستشعار عن بعد في مراقبة المناطق الصحراوية وفي تصنيف الكثبان الرملية وحركتها ١٠٣
الباب الخامس : طرق تثبيت الكثبان الرملية ١١١
٥-١ المقدمة ١١٣
٥-٢ الطرق والوسائل المستخدمة في تثبيت الكثبان الرملية ١١٦
أولاً : الطرق والوسائل الزراعية ١١٦
ثانياً : الطرق والوسائل الفيزيائية (الغطائية) ١٢١
ثالثاً : الطرق والوسائل الميكانيكية ١٢٩
رابعاً: استخدام وسائل التغطية الفيزيائية مع الوسائل الزراعية ١٣٠
٥-٣ أهم تقنيات التثبيت الحديثة وتجارب نظم التثبيت لإيقاف زحف الرمال في بعض بلدان العالم ١٣١
الباب السادس : مصدات الرياح وأحزمة الوقاية ١٥٣
٦-١ المقدمة ١٥٥
٦-٢ تعاريف ١٥٦
٦-٣ الأسس العلمية لتصميم مصدات الرياح وأحزمة الوقاية ١٥٧
أ - مقدمة ١٥٧
ب - الأسس العلمية لتصميم مصدات الرياح وأحزمة الوقاية ١٥٨
٦-٤ تقسيم مصدات الرياح ١٦٢
٦-٥ أهم الفوائد والشروط الواجب توافرها في الأنواع الشجرية المستخدمة كمصدات للرياح ١٦٥
أ - فوائد الأنواع الشجرية المستخدمة كمصدات للرياح ١٦٥
ب - الشروط الواجب توافرها في الأنواع الشجرية المستخدمة كمصدات للرياح ١٦٥
٦-٦ أهم أنواع أشجار وشجيرات مصدات الرياح التي تحافظ على البيئة وتنقيها من التلوث ١٦٧

أ - أهم أجناس وأنواع الأشجار والشجيرات التي تصلح كمصدات للرياح ١٦٧
ب - أهم أجناس الأشجار والشجيرات من مصدات الرياح التي تحافظ على البيئة وتنقيتها من التلوث والأبخرة والغازات السامة ١٦٨
الباب السابع : أهمية الحفاظ على تطوير وتحسين مناطق الغابات والمراعي بالمملكة في مكافحة التصحر ١٧١
٧-١ المقدمة ١٧٣
٧-٢ أهمية الحفاظ على الغطاء النباتي (الحراجي والرعوي) ١٧٤
أولاً : أهمية الحفاظ على الغطاء الحراجي (الغابات) وخاصة أنواع الأشجار المتأقلمة في المملكة ١٨١
بعض أنواع أشجار وشجيرات الغابات النامية محلياً تحت الظروف البيئية للمملكة ١٨٤
ثانياً : أهمية الحفاظ على الغطاء الرعوي (المراعي) في المملكة ١٩٧
المراجـــــــع ٢٠٣
أولاً : المراجع العربية ٢٠٥
ثانياً : المراجع الأجنبية ٢٠٩
الملاحق ٢١٥
ثبت المصطلحات ٢١٧
عربي - إنجليزي ٢١٧
إنجليزي - عربي ٢٢٣
كشاف الموضوعات ٢٢٩