



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة ديالى – كلية الزراعة

قسم علوم التربة والموارد المائية

التصنيف

إعداد

ا.د. محمد علي عبود

للعام الدراسي (2021 - 2022)

الفصل الدراسي الثاني

التصحّر Desertification : هو قابلية الصحراء او الظروف شبه الصحراوية للامتداد عبر حدودها واكتساح المناطق الخضراء او المناطق الزراعية والاراضي المنتجة وتحويلها الى اراضي قاحلة ، ويعتبر التصحّر حديث الاستعمال للمختصين في علوم التربة حيث عبر عنها بالتغير في الاراضي الزراعية المنتجة وتحويلها الى بيئة صحراوية نتيجة التخريب في النظام البيئي المتسبب عن طريق الانسان ، علماً انه لا يوجد تعريف واحد للتصحّر على الرغم من انعقاد عدة مؤتمرات عليه.

ان التصحّر الذي زادت حدته في القرون الاخيرة يعد من اخطر المشاكل البيئية التي صنعها الانسان نتيجة لتعامله الغير طبيعي مع البيئة التي يعيش فيها وخاصة البيئات الجافة التي تتصف بالنظم البيئية الهشة ، وللوقوف على حقيقة وحجم هذه المشكلات يوضح تقرير الأمم المنعقد في كينيا عام 1977 ان حوالي 628 مليون نسمة يحتلون 14% من سكان العالم يعيشون في المناطق الجافة والشبه الجافة وشبه الرطبة يهددهم خطر التصحّر، وان مجموع المساحات المتصحرة في العالم تبلغ 50 مليون كيلو متر مربع ، وان عملية التصحّر تزحف على الاراضي الزراعية بمعدل 90 كيلو متر مربع سنوياً ، وان مساحة الاراضي المعرضة لخطر التصحّر تكافئ تقريباً مجموع مساحات الولايات المتحدة الامريكية USA والاتحاد السوفيتي واستراليا.

وتبرز خطورة التصحّر في الوقت الحاضر على اشدها اذا ما اخذنا بنظر الاعتبار الأمن الغذائي لمواجهة التضخم السكاني المتزايد ففي الوطن العربي يقارب معدل النمو السكاني 3% اي سيناهاز عدد السكان 880 مليون نسمة في عام 2000 م ، وتمثل الاراضي العربية مساحة تقارب 15 مليون كيلو متر مربع تسيطر على معظمها الظروف الجافة وشبه الجافة ، وهذه الاراضي تضم ثلث الاراضي المتصحرة في العالم.

مفهوم التصحر: ((هو تدهور الاراضي المنتجة في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة ، وتحدث هذه الظاهرة نتيجة لعوامل طبيعية وعوامل بشرية)) .

اسباب التصحر: يرجع علماء البيئة اسباب التصحر الى تظافر ظاهرتين :-

الظاهرة الاولى : حدوث نوبات جفاف تدوم ما بين خمس وسبع سنوات .

الظاهرة الثانية : تدهور التوازن البيئي بواسطة الانسان وحيواناته عن طريق سوء استغلال الموارد الطبيعية المتجددة من مياه وتربة وغطاء نباتي .

وقد قام العديد من الاختصاصيين بتحليل اسباب التصحر والياتة خصوصا في المنطقة العربية واتفقوا على ان عودة الفترات الجافة امر مألوف في المناطق الجافة وشبه الجافة او القليلة الامطار وان السبب الرئيسي للتصحّر هو سوء ادارة واستغلال الانظمة البيئية وقد ساعد على التصحر في النصف الثاني من القرن العشرين (**الانفجار السكاني**) الذي ميز تلك الفترة والذي ادى الى ازدياد الحاجة الى الغذاء وبالتالي الى الاراضي المزروعة والحيوانات وقد حدث ذلك على حساب الغابات والمراعي الطبيعية والتربة الزراعية .

ويتجلى دور الانسان عمليا في ممارسات ساهمت في زيادة نسبة التصحر مثل :

- ازالة الغابات الطبيعية ولاسيما على المنحدرات

- حرائق الغابات

- الرعي الجائر وغير المنظم في الغابات والمراعي الطبيعية

- حراثة البادية من اجل استغلال الاراضي الزراعية .

- سوء حراثة الاراضي الزراعية ولاسيما على المنحدرات .

- الابتعاد عن الدورات الزراعية .

- عدم استخدام المواد العضوية في التسميد .

- سوء ادارة الري والصرف المائي مما يؤدي الى الانجراف وبالتالي التصحر .

وبينت دراسات عديدة ان المناخ العام في منطقة الشرق الاوسط لم يتبدل منذ (500) سنة قبل الميلاد وان كمية الامطار ودرجة الحرارة والتبخر حالياً تشبه الى حد كبير مستوياتها في منتصف الالف الاول قبل الميلاد ولذلك لايعقل ان يعزى التصحر المتسارع الملاحظ في هذه المنطقة الى تغيرات مناخية في اتجاه ازدياد الجفاف .

مفهوم التصحر ومظاهره

مفهوم التصحر : إن موضوع التصحر معروف منذ القدم ، وهذا ما أشارت اليه لوائح حمورابي منذ (4000) سنة قبل الميلاد ، وأن التصحر بوصفه مشكلة جغرافية معروفة منذ القدم عند العراقيين القدماء قد جاء ذكره في النصوص التاريخية القديمة في زمن السومريين منذ أكثر من (4000) سنة قبل الميلاد إذ وصفوا تلك الظاهرة بقولهم : (الحقول السوداء اصبحت بيضاء) أو (السهل الواسع أكتسى بالملح) و (في الأعلى توقفت الأمطار في السماء) .

وأشارت لوائح حمورابي إلى ما يأتي :

(إذا ترك أي شخص الماء ينساب من أرضه ويحمل تربة منجرفة إلى أرض غيره يُعْرَمُ).

(إذا ترك أي شخص الماء ينساب من أرضه ودمر حقل غيره يُعْرَمُ) .

وبهذه الحقائق التاريخية يظهر أن التصحر بمظاهره المعروفة من تعرية أو تملح وتغدق قديم قدم الأرض نفسها ، ولكن دراسته العلمية وطرق مكافحته والتنبيه إلى خطورته جاءت حديثاً ، فهي تعود إلى عام (1949) على يد العالم الإيكولوجي الفرنسي أوبر فيل **Aubreville** . إذ حدد

مفهوم التصحر بأنه ظاهرة تكون الصحاري بفعل عوامل اقتصادية واجتماعية ، فضلاً عن التغيرات المناخية عبر مدد زمنية طويلة .

وتعددت بعد ذلك آراء الباحثين حول تحديد مفهوم التصحر وإن كانت لا تختلف كثيراً في إطارها العام ، فمنهم من يرى بأن التصحر (ظاهرة تنشأ تحت تأثير اختلال التوازن البيئي الناجم عن سوء استغلال العنصر البشري للموارد الطبيعية) ، وبعضهم يرى أن التصحر هو (إفقار للنظام البيئي **ECO - system Poverishment** ، أو ايجاد نظام بيئي جديد يسير نحو الصحراء). وعرفه كل من الخفاجي والدبوني (بأنه نتيجة للخلل غير المقصود في التوازن البيئي الزراعي الذي أوجده نشاط الإنسان غير المدروس ، وفشل العلاقة الوثيقة بين الإنسان وبيئته وهو يحقق حاجاته ومتطلباته) .

أما نجيب خروفة فانه يرى أن التصحر كلمة تعني (إحداث تغيير في خصائص البيئة مما يؤدي إلى خلق ظروف أكثر صحراوية أو أكثر جفافاً) . وعرفه مؤتمر الأمم المتحدة للتصحر بأنه (ضعف أو إنهاك الإنتاج البيولوجي للأرض والذي يقود بالنهاية إلى ظروف مشابهة للصحراء) .

والتصحّر من وجهة نظر (حسن حبيب) هو (تدهور الأراضي في المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة والناجم عن النشاط الانساني غير الملائم) .

ويرى (جاردينو) أن التصحر هو (ضعف الأنظمة البيئية الجافة وشبه الجافة ودون الرطوبة عن طريق أثر نشاطات الإنسان الناجمة عن سوء استعمال الأرض) .

أما التصحر في نظر (كاتس وزملانه) فيعني (تفاقم وتكثيف ظواهر أو صفات الصحراء بصورة متعددة بفعل الانسان) ويؤكدون أن التصحر يختلف عن الجفاف الذي يحدث من جراء حدوث انخفاض في نسب الرطوبة المتاحة مدة زمنية قصيرة من سنة إلى خمس سنوات ، أما ظواهر

التصحّر فتمتد إلى مدة اطول وتكون منهكة للموارد الطبيعية كالكثبان الرملية ، وتعرية التربة ، وتدهور الغطاء النباتي ، وزحف الرمال وظهور الملوحة والتغدق .

ويعرف التصحر أيضاً بأنه (تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة ودون الرطبة الجافة وهو في الغالب ناتج عن التأثير البشري المعاكس).

كما عرف التصحر بأنه تحول الأراضي الزراعية والمراعي الطبيعية في المناطق شبه الجافة إلى صحراء غير منتجة بسبب الجفاف المستمر عدة سنوات أو بفعل استغلالها بصورة غير منتظمة ومفرطة أو تكون الكثبان الرملية وتراكم الأملاح .

ويرى الريحاني أن التصحر يمكن أن يحدث في مختلف الأقاليم المناخية لأن للعامل البشري دوراً مهماً في هذه الظاهرة وهذا لا يعني اغفال دور العوامل الطبيعية التي تسهم في ظهور مشكلة التصحر.

وقال آخرون : إن التصحر ظاهرة مصطنعة من لدن الإنسان والجفاف ، تتحول فيها الأراضي القاحلة وشبه القاحلة إلى صحراء لأنهييار التوازن البيئي الهش بسبب الاستعمال غير الصحيح والممارسات الخاطئة للموارد الطبيعية واستمرار دورات الجفاف .

ويقول الجبوري : ان التصحر نتيجة لحدوث خلل بأحد عناصر النظام البيئي بفعل النشاط البشري غير المسؤول مع ظروف طبيعية مساعدة في المناطق الجافة التي تعتمد على نظام الري الذي يؤدي إلى التغدق والملوحة.

وفي ضوء ما تقدم يمكن أن نعرف التصحر بأنه (تدهور موارد الثروة الطبيعية أو خصوبة التربة بفعل العوامل الطبيعية كارتفاع درجات الحرارة المفرطة وقلة كميات التساقط بأنواعه التي تؤدي إلى قلة المواد العضوية في التربة ، و العوامل البشرية الناجمة عن سوء استعمال الانسان لموارد الثروة الطبيعية كالزراعة الهامشية والرعي الجائر وزحف العمران والصناعات تجاه

الأراضي الزراعية ، والإفراط في استعمال مياه الري ، والتي تؤدي إلى خفض قدرة الأرض الإنتاجية وتدهورها وبالتالي تهيتها للتحويل إلى أراضٍ متصحرة).

درجات خطورة التصحر

يقصد بدرجات خطورة التصحر شدة بروزه في منطقة ما ومدى خطورته على موارد الثروة الطبيعية من تربة ومياه ونبات طبيعي ، وتتحدد تلك الخطورة بحسب نوع المسببات كأن تكون عوامل طبيعية أو بشرية أو كليهما معاً وفي هذه الحالة تشدّد خطورة التصحر ويكون من الصعب معالجته ، لذلك نجد أن مؤتمر التصحر العالمي الذي انعقد في نيروبي عام 1977 قد حدد أربع حالات للتصحّر هي :

- 1- **تصحّر خفيف Slight desertification** : ويؤشر له بحدوث تلف أو تدمير خفيف جداً في الغطاء النباتي والتربة مما لا يؤثر تأثيراً واضحاً في القدرة الإنتاجية للأرض .
- 2- **تصحّر معتدل Moderate desertification** : ويؤشر له بحدوث تلف بدرجة متوسطة للغطاء النباتي وتكوين كثبان رملية صغيرة أو أخاديد صغيرة ، وتكوين بعض النتوءات أو الروابي ، فضلاً عن تملح واضح في التربة بما يقلل عائدة الانتاج بنسبة تصل إلى (25%) ، وهذه المرحلة يكون من السهل معالجتها اذا طبقت تدابير سريعة واقتصادية .
- 3- **تصحّر شديد Sever desertification** : وتتمثل هذه المرحلة بتناقص واضح في نسبة النباتات المفيدة وتحل محلها نباتات أقل فائدة وأخرى ضارة تسيطر على الأرض مع زيادة في معدلات تعرية التربة وتناقص إنتاجيتها بنسبة تصل إلى (50%) وارتفاع نسبة الملوحة إلى درجة تصبح عندها التربة غير صالحة للإنتاج الزراعي ويعد استصلاح الاراضي في هذه المرحلة عملية ممكنة ولكنها بطيئة وتكاليفها عالية .

4 - تصحر شديد جداً **Very sever desertification** : وهي المرحلة القصوى للتدهور تصبح فيها الأرض جرداء وتنعدم قدرتها الإنتاجية ، تكون عندها الأرض قد تحولت إلى كثبان رملية او مناطق صخرية عارية بفعل تعرية التربة ، وخلوها تماماً من الغطاء النباتي فضلاً عن وجود الأخاديد والأودية العميقة ، وتملح التربة بنسبة عالية جداً ، وتصبح عملية استغلالها من دون نفع اقتصادي .

مظاهر التصحر

للتصحّر مظاهر كثيرة ومتنوعة يمكن من خلالها أن نعرف ما اذا كانت البيئة تعاني مشكلة التصحر أم لا ، وما درجة شدتها ؟ وتتمثل هذه المظاهر بالآتي :

أ - تعرية التربة :

تعد من أخطر مظاهر التصحر خاصة عندما تعرى الطبقة العلوية من التربة التي تحتوي على معظم العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات ، وتنشط هذه الظاهرة عندما يتدهور الغطاء النباتي خاصة في ترب مناطق سفوح الجبال والمناطق المنحدرة التي تساعد على تزايد حدة نشاط التعرية المائية والريحية على حد سواء ، وقد اشارت بعض الدراسات إلى أن العالم يفقد سنوياً ما مقداره (64) مليون دونم من الأراضي الزراعية بسبب تعرض تربتها للتعرية الريحية أو المائية ويقدر أن (20%) من الأراضي الزراعية في شمال العراق تتعرض للتعرية .

ب - عودة نشاط الكثبان الرملية : تقسم الكثبان الرملية على مجموعتين هما : **مجموعة الكثبان الرملية المتحركة ومجموعة الكثبان الرملية الثابتة** ، ويعني بثبات الكثبان الرملية ان المنطقة تتمتع بوفرة في الرطوبة ووجود إعداد من النباتات مما ساعد على تثبيتها ووقف زحفها من خلال ما ينمو فوقها من نباتات تعمل على تثبيتها ، ومن ثم فإن عودة الكثبان الرملية ثانية يعني أنه حدث تغير وتدهور في القدرة البيولوجية لهذه الكثبان مما أدى إلى اختفاء معظم الغطاء النباتي الوافي الذي كان

يعمل على تثبيتها وبالتالي بدأت تتحرك بفعل الرياح واشاعة التصحر في المناطق التي تغزوها ، تعد عودة نشاط الكثبان الرملية الثابتة أو تكوين كثبان رملية نشطة في مناطق لم تكن ظروفها البيولوجية مؤهلة لتكوين مثل هذه الكثبان ، من مظاهر التصحر الخطرة ، وتأتي هذه الخطورة من كونها تتسبب في غمر الكثير من الأراضي الزراعية والرعية بالرمال مما يحولها إلى مناطق متصحرة تماماً.

ج - تناقص الغطاء النباتي وتدهور نوعيته :

يعد تناقص الغطاء النباتي وتدهور نوعيته أحد مظاهر التصحر التي لاتقل خطورة عن المظاهر الأخرى ، لأنه سيكون سبباً في الوقت نفسه لبروز مظاهر أخرى ، وفيه تقل النباتات المفضلة وتسود الأنواع الأقل قيمة وغير المستساغة ، اذا استمر هذا التدهور سنصل في النتيجة إلى بيئة خالية تماماً من أي نوع من النباتات الطبيعية ، أما العوامل التي اسهمت في تفاقم هذه المشكلة فتتمثل في الرعي الجائر وقطع الأشجار وقلعها وحرق النباتات وانتشار وسائط النقل والمنشآت الخدمية الأخرى ، فضلاً عن زراعة المحاصيل الديمية في المناطق الحدية مما يسبب خسارة كبيرة في النباتات الطبيعية .

د - تملح التربة وزيادة قلويتها :

إن ارتفاع نسبة ملوحة التربة يعني فقدانها لقدرتها الإنتاجية بحيث تصبح تربة ليست بذى نفع اقتصادي في زراعتها على الرغم من أنها كانت تربة خصبة يزرع فيها مختلف المحاصيل الزراعية كما هو الحال في بعض مناطق سهل الرافدين وإقليم البنجاب في باكستان .

أما أسباب التملح فتعود إلى الاسراف في استعمال مياه الري في الزراعة ، فتتبخر المياه الفائضة عن حاجة النبات وتراكم الاملاح في التربة أو انتقالها إلى سطح التربة بواسطة الخاصية الشعرية ،

وعدم كفاية التصريف واستعمال المياه الجوفية عالية الملوحة أو استعمال مياه المبالز في ري المحاصيل .

أما حالة التغدق فانها تحدث في الترب التي توجد فيها طبقة صماء تمنع تصريف المياه داخل التربة وخاصة الترب الطينية ، فضلاً عن سوء إدارة الترب المروية ، وخاصة اذا كانت تربة جيسية ، وتبلغ المساحة المتغدقة في العراق (1504) الف دونم وفي مصر يتأثر 93% من الأراضي الزراعية القديمة والبالغة نحو (10) ملايين دونم بالتغدق وتؤثر المشكلة في مساحة تصل إلى (336) الف دونم في القطر السوري .

هـ - عواصف الغبار :

إن ارتفاع درجات الحرارة وقلة سقوط الأمطار وارتفاع معدلات التبخر وزيادة سرعة الرياح تعد من العوامل الطبيعية والمهمة التي اذا ما تزامنت في وقت معين كانت وراء ارتفاع نسبة الغبار في الجو ، خاصة اذا زادت سرعة الرياح عن (25) كم في الساعة ، وفي حالة وجود المتغيرين الأخيرين تتشكل العواصف الترابية ويزداد هذا المظهر في حالة انبساط السطح وخلوه من الغطاء النباتي .

إن من مميزات هذا المظهر أنه لا يقتصر على نطاق محلي ضيق وإنما يمكن للعواصف الترابية ان تنتقل عبر مسافات شاسعة قد تصل أحياناً إلى عدة آلاف من الكيلومترات ، ومثال ذلك عواصف الغبار القادمة من الصحراء الافريقية الكبرى والتي حملت إلى إيطاليا ما مقداره (1.314) مليون طن متري من الغبار عام (1901) فضلاً عن عواصف شبه الجزيرة العربية والعراق وايران والقسم الداخلي من قارة آسيا .

و - تدني خصوبة التربة :

إن من أسباب إنهاك التربة وضعف قدرتها الإنتاجية هو أسلوب الزراعة الكثيفة والمستمرة ودون استعمال نظام دورة زراعية سليمة يمكن أن تعوض النقص الذي يحدث في عناصر التربة اللازمة لنمو النبات وخاصة إذا كانت المحاصيل المزروعة محاصيل أحادية تستنزف العناصر الغذائية نفسها ، يقابلها قلة استعمال الأسمدة الكيماوية التي من الممكن أن تعوض جزءاً من تلك العناصر المفقودة من التربة ، وحتى هذه العملية أصبحت لها أضرارها على الأراضي الزراعية لأنها تعد عاملاً ملوثاً للمياه الجوفية ، وأما مخلفاتها وخاصة سماد اليوريا فأنها تعمل ومع مرور الوقت إلى تكوين طبقة صلبة من التربة تمنع امتداد جذور النبات داخل التربة ، لذا فإن الزراعة في هذه التربة ليست ذات جدوى اقتصادية لكون تكاليف الانتاج أعلى من الناتج الأجمالي ، لذلك تترك الأرض ليصيبها التصحر ، وقد قدرت المساحات التي تعرضت إلى تدني خصوبتها بنحو (864) مليون دونم من الأراضي الزراعية المطرية أو ما يقارب (47%) من مساحتها الكلية في الأراضي الجافة ، وفي الأراضي الزراعية المروية تعرضت (172) مليون دونم من مساحتها إلى تدني كبير في قدرتها الإنتاجية أي ما يعادل (30%) من مساحتها الكلية في الأراضي الجافة على مستوى العالم ، علماً أن هذه الأراضي تتمتع عادة بإمكانيات زراعية وكثافة سكانية عالية بحكم موقعها ضمن مناطق جافة مما جعلها عامل جذب لتركز السكان وهذا سبب تعرض تربتها إلى الإنهاك في قدرتها الإنتاجية .

تطور التصحر

من هنا يتبين إن التصحر أحد المشاكل البيئية الخطيرة، التي تواجه العالم حالياً و هو يتطور في اغلب أرجاء المعمورة وعند معدلات متسارعة.

وتتسارع في العراق ظاهرة التصحر والملح وتقدر نسبة الأراضي الزراعية التي تعاني من التملح ب 50% بسبب الإهمال لسنوات قطاع الزراعة والري ، أضف إلى ذلك الكارثة البيئية بتجفيف اهور العراق إذ جفف أكثر من 20000 كم² أي ما يعادل 90% من مساحتها هذه التي كانت تمثل أوسع مساحة مائية في النظام البيئي في الشرق الأوسط إذ تزيد على ضعف مساحة لبنان . ومن المعروف إن الاهوار كانت غنية بمواردها النباتية والزراعية والحيوانية والسمكية إضافة إلى محافظتها على التوازن البيئي .

للتصحّر مؤشرات طبيعية و أخرى بشرية ورغم الاقتناع بأهمية الأخيرة وكونها وثيقة الصلة من قلب المشكلة إلا إن الدليل على وضعها كأساس للقياس لم يتوفر بعد بشكل نظامي وفي ضوء الكثير من الاعتبارات الأخرى ثبت أنه من الصعب مراقبتها. لذا سنورد هنا أهم المؤشرات الطبيعية التي تتمثل في : غزو الكثبان الرملية للأراضي الزراعية ، تدهور الأراضي الزراعية المعتمدة على الأمطار ، تملح التربة ، إزالة الغابات وتدمير النباتات الغابية ، انخفاض كمية ونوعية المياه الجوفية والسطحية ، تدهور المراعي ، انخفاض خصوبة الأراضي الزراعية، اشتداد نشاط التعرية المائية والهوائية ، زيادة ترسبات السدود والأنهار واشتداد الزوابع الترابية وزيادة كمية الغبار في الجو. و يمكن استخدام هذه المؤشرات و غيرها في تعيين حالة أو وضعية التصحر في المناطق المختلفة من أقطارنا العربية والتي يقصد بها درجة تقدم عملية التصحر في الأراضي والتي يقررها المناخ والأرض والتربة و الغطاء النباتي من ناحية ودرجة الضغط البشري من ناحية ثانية. إن مقياس استمرارية تهديد التصحر يعبر عنه بخطر التصحر وهو يقيم على أساس سرعة درجة حساسية الأرض للتصحّر من ناحية، ودرجة الضغط البشري و الحيواني من ناحية ثانية.

نتائج التصحر

للتصحّر العديد من النتائج أبرزها : النتائج البيئية والاقتصادية والاجتماعية. فبالنسبة للأولى تتمثل في تدهور الحياة النباتية والحيوانية (بعض فصائل النباتات و الحيوانات انقرضت فعلا) وفي تدهور التربة والمراعي وتقلص مساحة الأراضي الزراعية ونقص في الثروة المائية وتدهور نوعيتها وبالأخص ارتفاع نسبة الملوحة فيها. كل ذلك يعود إلى الاستخدام غير السليم والجائر لهذه الموارد. وفي النهاية يمكن أن يكون تدهور البيئة عاملا رئيسيا في تغيير المناخ .

أما النتائج الاقتصادية المباشرة فتتمثل بتدهور الأرض وتصحرها في قدرة البلدان على إنتاج الأغذية، وينطوي بالتالي على تخفيض الإمكانيات الإقليمية والعالمية لإنتاج الأغذية، كما إنها يسببان أيضا في إحداث العجز الغذائي في المناطق المهدهدة، مع ما لذلك من آثار على الاحتياجات الغذائية وتجارة الأغذية في العالم. ونظرا لان التصحر ينطوي على تدمير للحياة النباتية ونقصان مجموعات نباتية وحيوانية كثيرة، فهو أحد الأسباب الرئيسية لخسارة التنوع البيولوجي. أما النتائج الاجتماعية للتصحّر فتتمثل في تزايد هجرة سكان الريف والرعاة نحو المدن طلبا للعمل ولحياة أفضل. وينتج عن هذه الهجرة ضغوط متزايدة، على إمكانيات المدن المحدودة، وتساهم في زيادة معدل نمو سكانها أسرع من معدل نمو سكان الريف. معدلات النمو العالية في المدن تشكل عبئا على الحكومات لتوفير الخدمات الاجتماعية المكلفة على حساب الهياكل الارتكازية المنتجة. ويولد ضغط الهجرة الريفية-الحضرية الكثير من المشاكل الاجتماعية في المدن مثل: انخفاض المستوى المعاشي، البطالة، قلة الخدمات الصحية والتعليمية، قلة السكن، التوترات والنزاعات الاجتماعية، الإخلال بالأمن... الخ ، ثم ان إفراغ الريف من سكانه وترك الأرض يساهم هو الآخر في استمرار التصحر. ففي العراق تدهور الزراعة ترافق مع تسارع هذه الهجرة التي نتج عنها استنزاف ثابت للقوى العاملة الزراعية.

مكافحة التصحر

تتطلب مكافحة التصحر وضع خطط واضحة المعالم تتضمن أهداف مباشرة تتمثل في وقف تقدم التصحر واستصلاح الأراضي المتصحرة وأخرى تشمل إحياء خصوبة التربة وصيانتها في المناطق المعرضة للتصحّر. ويتطلب الأمر تقويم ومراجعة الخطط بصورة مستمرة لتلافي ما هو غير صالح ونظرة بعيدة المدى وإدارة رشيدة لموارد البيئة الطبيعية على جميع المستويات وتعاون عربي وإقليمي ودولي فعال، مع الأخذ في الاعتبار عدم وجود حلول سريعة لهذه المشكلة.

أسباب التصحر

هناك جملة من العوامل الطبيعية والبشرية تتداخل وتتشابك لتخلق ظاهرة التصحر فبالنسبة للعوامل الطبيعية يلعب المناخ دورا هاما إذ تقع معظم البلاد العربية في النطاقات الجافة و شبه الجافة وللنباتات والحيوانات دورها بتفاعلها مع بيئتها فهي تساهم بصورة رئيسية إما بالحفاظ على توازن البيئة أو بتدهورها. فالإفراط الرعوي يؤدي إلى سرعة إزالة الغطاء النباتي وما ينتج عنه من اشتداد التعرية. أما فيما يخص العوامل البشرية التي يؤكد الباحثون بأنها تلعب دورا رئيسيا في خلق التصحر فيتمثل دور الإنسان في مجالين: الأول الضغط السكاني، وإذا أخذنا في الاعتبار توقع عدد سكان العالم العربي الذي سيزداد في السنوات القادمة فهذا يعني استمرار الضغط السكاني الذي ينتج عنه مزيد من التوسع الزراعي وزيادة أعداد الماشية، ومن ثمة زيادة الرعي وقطع الغابات والهجرة واستيطان أماكن غير ملائمة لاستغلال مواردها بشكل مستمر إضافة إلى توسع المدن وتضمها الذي يكون في كثير من الحالات على حساب الأراضي الزراعية ، كل هذه العوامل تساهم بتسريع التصحر حيث أن نمو السكان والفقر والتدهور البيئي يعزز كل منهما الآخر.

المجال الثاني يتمثل في نمط استخدام الأرض الذي تختلف نوعيته وكثافته من مكان إلى آخر ومن أوجه استخدام الأرض قطع الأشجار، وفي العراق تراجعت مساحة الأراضي التي تغطيها الأشجار بسبب إهمال السلطات السابقة هذا القطاع ، فقد تعرضت غابات الشمال إلى التلف بسبب القطع العشوائي وما رافقها من إحراق آلاف القرى ، كذلك تراجعت أعداد النخيل من حوالي 30 مليون إلى حوالي 12 مليون بسبب الحروب وقلة المياه والأمراض الزراعية والإهمال، لذا بات تدهور الغابات والنباتات الأخرى عاملا مهما في تدهور البيئة وتوجهها نحو الجفاف . يساهم الضغط الرعوي بخلق التصحر الذي يقصد به تحميل أراضي المراعي عددا من الماشية أو أنواعا معينة منها لا تتفق وطاقة هذه المراعي على تغذيتها، والملاحظ أن تصحر الأراضي الرعوية لا يؤثر في الإنتاج الحيواني فقط لكنه يعجل بحدوث سلسلة من الوقائع تؤثر في كل النظام البيئي، مثل قلة أو إزالة الغطاء النباتي وما يصاحبه من تعرية التربة وزيادة خطر انجرافها وهذا غالبا ما يقود إلى انخفاض في الإنتاجية الأولية بشكل يتعذر معالجته ، ومن ثم يضعف من إمكانية البيئة على التعويض النباتي، كذلك فإن الإفراط الرعوي يعمل على إحداث تبدل نباتي بواسطة إحلال أنواع غير مستساغة ، محل الأنواع المستساغة نتيجة الرعي المختار، وهناك الكثير من الأمثلة على الرعي الجائر وتأثيره في صنع التصحر ، يعتبر الرعي الشكل الرئيسي لاستخدام الأرض، لذلك فاستخدام موارد الرعي بشكل مفرط نتج عنه تصحر الكثير من الأراضي وأتلفت معظم النباتات نتيجة للرعي الجائر، كذلك فإن قيام الأشخاص باصطحاب مواشيهم معهم وبقائها بصورة رئيسية بجوار المخيمات يمنع عملية التجديد الطبيعي للغابة، ومن ثم يساهم في صنع التصحر.

وهناك عامل آخر يتمثل بالضغط الزراعي الذي يقصد به تكثيف استخدام الأرض بالزراعة أو تحميل التربة أكثر من طاقتها الحيوية حيث يؤدي ذلك إلى حدوث تدهور في التوازن البيئي و إشاعة التصحر، كذلك استخدام الحراثة الآلية غير المتكيفة مع الظروف البيئية في المناطق الجافة يعمل على الإخلال بالتوازن البيئي ومن ثم يسرع عملية التعرية.

درجة خطورة التصحر

تحدد درجة خطورة التصحر على اساس درجة حساسية البيئة الهامشية الهشة للتصحّر من جهة وعلى مقدار الضغط الذي يمارسه الانسان والحيوان على مدى موارد البيئة من جهة اخرى وتكون التربة غير المستقرة اكثر عرضة لآخطار التصحر من التربة المستقرة ويمكن تقسيم درجة خطورة التصحر الى مايلي :

1- **تصحّر خطير جداً** : اذا كانت المنطقة هدفاً للتصحّر السريع جداً بحيث تندهور الاوضاع البيئية خلال فترة زمنية قصيرة جداً .

2- **تصحّر خطير** : اذا حدث اختلال كبير بالتوازن البيئي خلال فترة قصيرة بحيث تصبح البيئة مندهورة وذات اوضاع سيئة .

3- **تصحّر متوسط الخطورة** : اذا حدث التدهور بطيء نسبياً للنظام البيئي والجدير بالذكر ان مكافحة هذا النوع اسهل من النوعين السابقين.

وكأمثلة عن التصحر عالمياً فإن افريقيا تعد من افضل الأمثلة عن القارات التي تعاني من تدمير بيئي متزايد فالمعروف ان شمال افريقيا الذي كان قبل حوالي 2000 سنة يزود الامبراطورية الرومانية بكميات كبيرة من الحبوب يعاني الآن من تدهور خصوبة مئات الآلاف من الهكتارات من اراضيها.

ويوضح الجدول التالي اتجاهات التصحر في افريقيا للفترة من 1977 - 1985

البلد	زحف الكثبان الرملية	تدهور اراضي المراعي	استنزاف الغابات	تدهور في نظم الري
تشاد	2	2	1	2
اثيوبيا	1	2	2	1

1	2	2	1	موريتانيا
2	1	1	1	الصومال
1	1	1	2	السودان
0	0	2	0	اوغندا

حيث ان 0 ثابت ، 1 بعض الزيادة و 2 زيادة ذات معنى.

يلاحظ من هذا الجدول ان تشاد من اكثر البلدان الافريقية معاناة للتصحّر والذي يبدو على اشكال متفاوتة وتبرز مشكلة زحف الكثبان الرملية في كل من تشاد والسودان ويقدر بأن حوالي 100 الف هكتار من الاراضي المنتجة في اقطار شمال افريقيا تتحول الى صحاري سنوياً.

التصحّر عربياً : على نطاق الوطن العربي فالتصحّر له تأريخ طويل جداً اذ يذكر المؤرخون ان منطقة الصحراء الكبرى كانت أهلة بالسكان ما بين 6000 – 4000 سنة قبل الميلاد وان الزراعة المطرية كانت ممكنة حتى عام 2000 قبل الميلاد والمراعي كانت بحالة جيدة ومناسبة لتربية الماشية حتى عام 1000 قبل الميلاد وفي الفترة التي تلت 460 قبل الميلاد اصبحت الماشية وخاصة الابقار والخيول غير قادرة على تحمل الظروف البيئية لذا تضائل عددها واستبدلت بالجمال ومثال اخر على التصحّر هو ما اصبحت عليه اراضي بابل التي كانت تقوم عليها الجنائن المعلقة اذ كان للاستغلال الغير سليم للارض دور رئيسي في تحويلها الى اراضي ملحية غير صالحة للزراعة وفي دراسة مقارنة في السودان ما بين عامي 1957 – 1975 م ظهر بأن معدل تقدم الصحراء باتجاه الجنوب تبلغ حوالي 9 كم سنوياً .

وتضم السعودية اكبر جبهة لحقل الرمال المتحركة المتصلة وتبدأ من النفوذ في اقصى الشمال ويتجه جنوباً متوزعاً الى الشرق والغرب ، ويبلغ طول حقل الكثبان الرملية من الشمال الى الجنوب اكثر من 2300 الف كم² وتعد صحراء الربع الخالي المستقر النهائي لحقل الرمال المتحركة من الشمال الى الجنوب.

اما في ليبيا فقد حدث خلال العشرينيات من القرن الماضي ان هددت الكثبان الرملية مدينة طرابلس تهديداً مباشراً وخطيراً واصبحت طرق المواصلات الخارجية من المدينة في خطر محقق، وكذلك تغطي الكثبان الرملية في تونس مساحات واسعة تشكل نسبة 23 % من مجموع مساحات الأراضي التونسية .

التصحّر في العراق : في العراق بدأت تأخذ مشكلة التصحر ابعاد خطيرة في القرنين الاخيرين ويمكن القول بأن جميع اراضي العراق متأثرة بدرجة او بأخرى بالتعرية الريحية وتكون وزحف الكثبان الرملية وشبه الرملية والكثبان الرملية في العراق نوعين هما :

1- **كثبان رملية حقيقية Sand dune :** وتتصف بأحتوائها على نسبة عالية من الرمل .

2- **كثبان شبه رملية (كاذبة) Pseudo sand dune :** والتي تحتوي على نسبة اقل من الرمل واكبر من الغرين والطين والاختلاف بين هذين النوعين من حيث المظهر تكون قليلة جداً وتكون حركة الكثبان الرملية في العراق من الشمال الغربي باتجاه الجنوب الشرقي.

معدلات التصحر في قارات العالم .

المجموع	شديد جداً	شديد	معتدل	طفيف	القارة
100	0.5	35.8	36.4	27.8 *	افريقيا
61.2	0.03	28.9	22.3	17.0 +	
100	-----	26.8	46.2	-----	اسيا
38.9	-----	10.8	25.8	-----	
100	-----	11.9	45.8	42.3 *	استراليا
71.4	-----	8.5	32.7	30.2 +	
100	0.3	36.8	61.1	1.8 *	امريكا الشمالية
20.7	0.1	7.6	12.6	0.4 +	
100	0.9	8.2	86.7	4.2 *	امريكا الجنوبية
17.4	0.2	1.4	15.1	0.7 +	

100	-----	20.2	79.8	-----	اوربا
53.2	-----	10.7	42.5	-----	اسبانيا
100	0.1	28.3	53.6	18 *	المجموع
+ النسبة المئوية من القارة			* النسبة المئوية من الاراضي الجافة		

منشأ التصحر: ينشأ التصحر من التفاعل بين بيئة قاسية وغير مأمونة وحساسة بالمناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة وبين استغلال الانسان للارض ضمن كفاحه من اجل معيشته ، ويعد هذا التفاعل عامل اساسي في الاخلال في النظام البيئي ويؤدي مع مرور الزمن الى تدهور البيئة وتصحرها.

العوامل المؤدية الى التصحر: يمكن تقسيم العوامل المؤدية الى التصحر الى مجموعتين هما:

أ: عوامل البيئة : وتشتمل عوامل البيئة على

المناخ: يؤثر المناخ تأثيراً مباشراً في عملية التصحر وذلك لأن توافر المياه يحد فيها بينما يؤدي تعاقب الجفاف الى حدوث التصحر والعمل على تقدمها.

ويتصف المناخ في المناطق الجافة بخصائص معينة منها:

انخفاض المعدل السنوي لتساقط الأمطار حيث لا تزيد عن 500 ملم كحد أقصى في حين تزيد معدلات التبخر بأضعاف مضاعفة تتراوح بين 2000 – 4000 ملم سنوياً ومما يزيد من تأثير هذه الأمطار في صنع طبيعتها المتذبذبة بين سنة واخرى.

تتعرض المناطق الجافة الى فترات شبه انحباس الأمطار قد تستمر لبضع سنوات متتالية وقد تتكرر بشكل غير نظامي وعشوائي حيث تسهم فترات الجفاف في تدمير الطاقة البيولوجية واشاعة الظروف الصحراوية خاصة في المناطق الكثيفة في السكان والأستعمال الكثيف وغير الأعتيادي في الأرض وهناك الكثير من الأمثلة عن فترات انحباس الأمطار والجفاف حيث ذكر الوليحي 1988

ان الفترات الفاصلة بين كل فترة جفاف واخرى في السعودية هي 6 - 7 سنوات وان بين كل فترتين جفاف توجد فترة ممطرة.

اضافة الى ما تقدم فإن عامل هبوب الرياح الجافة والسريعة تزيد من انكشاف سطح التربة ذات الغطاء النباتي المتدهور او المعدوم وذلك بتعريضها الى عملية التعرية الريحية وانتقال مكوناتها الى منطقة اخرى مكونة الكثبان الرملية.

وان تقلبات المناخ العالمي يمكن ان تسببها العوامل التالية :

- التغيرات في كمية الطاقة الشمسية التي تصل الأرض.
- التغيرات في شفافية الغلاف الغازي فيما يتعلق في نفاذ الطاقة الواردة من الشمس والمشعة من الأرض والتي تتأثر على سبيل المثال بما يلي:
 - الغبار البركاني في الجو.
 - التغيرات في مقدار الغيوم والرطوبة.
 - الملوثات الناتجة عن النشاط البشري واكثرها اهمية غاز CO₂ واكاسيد الكبريت والذرات الترابية الموجودة في المستويات السفلى من الغلاف الغازي.
- 3- التغيرات التي تحدث في سطح الأرض وبخاصة فيما يتعلق بالامتصاص او عكس الأشعاع الوارد Albedo ومقدار ما يتجمع على سطح الأرض من جليد ورطوبة للتربة وما تتأثر به الرياح من احتكاك والعقبات الطبوغرافية التي تواجه انسياب التيارات البحرية.

هناك العديد من النظريات التي تبحث في ميكانيكات التقلبات المناخية والتي اوجزها

1987 Mortimore ومنها:

1- نظرية الغبار **The dust theory** : وتستند هذه النظرية على اساس ان الغبار العالق في الرياح المحملة بالأبخرة تؤثر في درجة الحرارة مؤدية الى استقرار الجو ومنع هطول الأمطار.

2- نظرية الألبيدو (البياض) **The albedo theory** :تستند هذه النظرية على اساس ان زيادة عملية قطع اشجار الغابات والرعي الجائر يؤدي الى تعرية التربة من غطائها النباتي، وان اتساع المساحات المعراة يؤدي الى ازدياد وانعكاس الأشعة من سطح الأرض ، الأمر الذي يترتب عليه الحد والتقليل من صعود بخار الماء في الهواء وعدم اتاحة الفرصة لتكثيف هذه الأبخرة وهطول الأمطار. والجدير بالذكر ان الـ **Albedo** هو النسبة المئوية للأشعة الشمسية المعكوس الى نسبة الأشعة الشمسية المستقبل او الساقط.

ويبين الجدول التالي النسبة المئوية للألبيدو من سطوح ارضية مختلفة :

ت	غطاء السطح	نسبة الألبيدو
1	التربة	10 – 5
2	الصحراء	45 – 20
3	العشب	46 – 16
4	الغابة	20 – 5
5	الجليد	95 – 40
6	المياه (شمس منخفضة)	10 – 3
7	المياه (شمس مرتفعة)	80 – 10

3- نظرية الرطوبة **The moisture theory** : هذه النظرية تستند الى ان انكماش مساحات النباتات الطبيعية وانخفاض كميات الرطوبة بالتربة يسهمان في انخفاض كميات الأمطار بسبب قلة كميات التبخر والنتح المنطلقة منهما الى الجو.

4- نظرية ثاني اوكسيد الكربون **The dioxide theory** : تقوم على اساس ان ارتفاع CO_2 في الجو من شأنه ان يؤثر في كمية الأمطار من خلال التسخين الجوي ويمكن ارجاع سبب الزيادة في نسبة CO_2 الى عدد من الأسباب نورد بعضاً منها :

- التوسع في استخدام الوقود حيث يقدر ان خلال قرن واحد 1870 – 1970 اضيف الى الغلاف الجوي مايقارب 630 بليون طن وتشير التقديرات انه اذا ما استمر اعتبار الوقود المصدر الرئيس للطاقة في العالم خلال 100 سنة القادمة فأن حوالي 1200 بليون طن من الكربون المتمثلة بـ CO_2 ستنتقل الى الجو حتى عام 2090 .
- يؤدي تلوث مياه البحار والمحيطات بالمواد الكيماوية والنفايات الصناعية ايضاً الى زيادة CO_2 حيث ان من المعلوم ان حوالي 70% من O_2 الموجود في الغلاف الجوي تأتي من نباتات بحرية مجهرية خضراء فأذا ما تلوثت هذه النباتات فانها تصبح عاجزة عن القيام بامتصاص غاز CO_2 واطلاق O_2 مما يؤدي الى زيادة درجات حرارة الجو، فأن ارتفاع الحرارة الناتجة عن وجود CO_2 يعود الى ان هذا الغاز يقوم بحجز الاشعة المنعكسة من سطح الارض ويمنع تبديدها في الفضاء مما يعمل على رفع درجة الحرارة وتؤدي التقلبات المناخية الى حدوث فترات متعاقبة من الرطوبة والجفاف ، ويشير بعض العلماء ان ظاهرة التقلبات المناخية تعود الى:

1- تحلل طبقة الأوزون المحيطة بالكرة الأرضية بسبب ارتفاع الحرارة وان تحلل غاز الأوزون يؤدي الى نفاذ الأشعة فوق البنفسجية الى الارض.

2- التجارب النووية والمفاعلات النووية مما تسببه من تأثير على الغلاف الجوي نتيجة انطلاق كميات غير قليلة من غازات عديمة الكثافة لا تستطيع الجاذبية الأرضية ان تبقيها داخل الغلاف الجوي وتنتقل في الأجواء العليا و لا تستطيع قطرات المطر اعادتها للارض

فتبقى عالقة الى ان تتحلل مكونة ذرات جديدة تؤدي الى تأين الهواء وتحلل O_2 و O_3 في تفاعلات متلاحقة تعمل على افساد كميات كبيرة من الهواء وتؤدي الى تغيير مناخي حاد.

ان التوازن المائي يعد مؤشر مهم عن مدى تأثير المناخ في عملية التصحر وتحسب من قيمة التبخر والنتح Evapotranspiration على قيمة التساقط ويحدث التوازن في المناطق التي تتساوى فيها القيمتان ، اما اذا تفوق التساقط على ET في احدى المناطق فتكون هذه المنطقة رطبة وشبه رطبة وتتمتع بفائض مائي في العادة ، اما العكس من ذلك فتكون التربة جافة وشبه جافة وتعاني من عجز مائي.

ب: العوامل البشرية والتصحر : ان الإنسان هو صانع التصحر ، لذلك يطلق على المناطق المتصحرة عادة بصحراء الإنسان Man desert ، اذ يتمثل دور الإنسان كمسبب للتصحّر في مجالين هما زيادة معدلات النمو السكاني السريع واساليب استخدام الأرض. وذا كان الانسان هو الاداة الاساسية في احداث التصحر فانه لا يجب ان ينظر الى هذه العملية من ناحية الانسان فقط فالتصحّر ينتج عن التفاعل بين الانسان وبيئة قاسية متغيرة واذا استمر تدمير النظم البيئية الزراعية على يد الإنسان فإنه من المتوقع ان تعجز ثلث اراضي العالم عن انتاج المحاصيل الزراعية بصورة طبيعية مع نهاية هذا القرن.

النمو السكاني والتصحر: يتراوح معدل النمو السكاني بين سكان المناطق الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة بين 2 – 3.9 % اي بمتوسط 3% وهي معدلات سريعة جداً لا سيما اذا علمنا بأن مجموع سكان المناطق الجافة في العالم يقدر بحوالي 630 مليون نسمة حسب تقديرات مؤتمر الأمم المتحدة عام 1977 . ان هذا النمو السكاني السريع سيضع العالم امام مشكلة الضغط السكاني الكبير والمتزايد والذي يمثل نقطة خطرة على الطريق نحو التصحر اذ سيدفع بالزيادة السكانية نحو مناطق هامشية والى نظام بيئي هامشي هش. من المتوقع ان يتزايد هذا الضغط السكاني مع حلول القرن

الواحد والعشرين ، اذ من المتوقع ان ينخفض متوسط نصيب الفرد الواحد من الاراضي الصالحة للزراعة من 0.37 هكتار للفرد الواحد عام 1975 الى 0.25 هكتار عام 2000 وتكمن المشكلة في صعوبة زيادة الرقعة الزراعية عن طريق التوسع الافقي.

سوء استغلال الأرض والتصحّر: ان التصحر هو نتيجة حتمية وتسارع غير طبيعي لاستثمار الأرض بشكل غير سليم ، اذ ان الخطر ليس في الزيادة السريعة لمعدلات النمو السكاني فقط وانما ايضاً في اسلوب استغلال الأرض من قبل الأنسان. ان الاستغلال غير الطبيعي للأرض زللموارد الطبيعية يؤدي في النهاية الى تفكك وتخريب وتدهور النظم البيئية للأراضي وخاصة ذات الأنتاجية القليلة والمجاورة حدياً للصحاري ومن ثم حدوث الجفاف وتدهور الغطاء النباتي وتعرية التربة وفقدان المياه، ولتوضيح العلاقة بين شكل استغلال الأراضي وبين التصحر سيتم التطرق لبعض العوامل الاجتماعية والاقتصادية التي تقود الى معرفة طبيعة العوامل والأسباب التي تصنع التصحر.

1- الافراط في قطع الأشجار: ان للنباتات دوراً مهماً في حفظ التوازن البيئي فهي عامل مساعد في زيادة كمية الأمطار مثلاً، اذ اثبتت التجارب ان حوالي 60% من التساقط (الأمطار) يعود مرة اخرى الى الجو بوساطة النتح ، ولو اضيف لها دور النباتات في تناقص ظاهرة الالبيدو ومن جهة اخرى فأن جذور النباتات تعمل على تماسك وتجمع دقائق التربة. ان غابات البلدان النامية يجري تدميرها بالتدريج نتيجة تجميع حطب الوقود فبين عامي 1900 – 1965 ازيلت الأشجار من نصف مساحة الغابات في البلدان النامية و ان تجريد وازالة الغابات ذات نتائج بيئية وخيمة وخطيرة . ومن امثلة هذه الكوارث البيئية هي النيبال الأكثر مأساوية فمع المعدل الحالي لازالة الغابات ستصبح عارية تماماً في غضون خمسين عاماً وتذكر التقديرات بأن انهار هذا البلد تجرف كل عام 240 مليون م³ من التربة، وفي السودان تم تقدير عدد اشجار السنط التي يتم قطعها سنوياً لغرض استخدامها كوقود بحوالي

548 مليون شجرة وأشجار السنط التي كانت تحيط بمدينة الخرطوم عام 1955 نجدها الآن تنمو على بعد 90 كم من المدينة.

2- **الضغط الزراعي او الإفراط الرعوي:** ان تكثيف استغلال الأرض في المناطق الجافة وشبه الجافة وزيادة الضغط عليها بزراعتها كل عام يؤدي الى انهائها ويحط من طاقتها الانتاجية ، كما ان عدم وجود سياسة رعوية سليمة كالرعوي الجائر والمستمر بعدد كبير من الأغنام ، تزيد من طاقة المراعي يؤدي الى القضاء على الغطاء النباتي ، ومن الأمثلة التي توضح خطورة الإفراط الرعوي هي الصومال حيث يقدر الباحثون انه لو استمر الضغط ولافراط الرعوي بنفس المعدل الحالي فانه عند قدوم عام 2000 ستكون الصومال قد تحولت الى صحراء حقيقية. وفي مؤتمر الأمم المتحدة عن التصحر عام 1977 تم وضع ارقاماً حرجة للتعرف عن مدى الضغط الحيواني على الارض ، ويعبر عن هذه الأرقام بالوحدة الحيوانية (تعادل بقرة حلوب = جمل = حصان = 10 اغنام او ماعز) لكل خمسة هكتارات من الارض في المناطق الجافة و وحدة حيوانية لكل هكتار في المناطق شبه الجافة وهذه الارقام يجب عدم تجاوزها فيما لو اريد حماية وصيانة اراضي المراعي. ان الإفراط في الضغط الرعوي لا يعني فقط تدمير واستنزاف الغطاء النباتي ، بل يتحول ليسبب نوعاً من التبدل النباتي واحلال انواع غير مستساغة محل الانواع المميزة من قبل الحيوانات وذلك نتيجة الرعي المنتخب.ويمكن القول ان تدهور المراعي الطبيعية ينجم عن ثلاث اسباب رئيسية هي الرعي الجائر وقطع الشجيرات للتحطب ثم التوسع في زراعة الاشجار الهامشية على حساب المراعي الطبيعية.

3- **زراعة الاراضي الهامشية :** تشمل الاراضي الهامشية (الحدية) الاراضي الجافة وشبه الجافة التي تحيط بالصحاري وهي منظومات هشة وسريعة التأثر بالرعي الجائر وقطع الاشجار وتملح الارض وغيرها من المشكلات.

4- اساليب الري غير العلمية: يرجع بعض الباحثين اندثار الحضارات الزراعية القديمة في حوض البحر المتوسط الى تدهور الانتاج الزراعي الناجم عن تدهور التربة وسوء استغلال مياه الري حيث يعتمد في الري المصادر السطحية والجوفية و حيث تحوي المياه على كميات غير قليلة من الاملاح يختلف انواعها ومكوناتها الايونية وتراكيزها ومن الطبيعي ان يكون لمثل هذه الاملاح الذائبة في مياه الري تأثيرات معنوية على الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة وبالتالي على طاقتها الانتاجية والزراعية، ان الري الخاطئ له اثاره المدمرة للتربة حيث يؤدي الى التملح والتغدق.

التلوث والتصحّر : ان انواع التلوث هي ، تلوث التربة وتلوث المياه وتلوث الهواء.

1- **تلوث التربة Soil pollution :** ادى الطلب المتزايد والمتنامي على الغذاء الى زيادة كبيرة في استخدام الاسمدة الكيميائية والمبيدات ، فالاسمدة المستخدمة بنسب عالية لا تستهلك كلياً من قبل النباتات فتتجرّف الكميات الفائضة عن الحاجة مع مياه البزل حيث يؤدي الى تلوث مياه الجداول والانهار. ان تشبع التربة بهذه المواد الكيميائية قد يؤدي الى ابادة الكائنات العضوية في التربة، كما يؤدي استعمال مياه المجاري (المياه الثقيلة) كسماد عضوي يحتوي على مواد معدنية كالححاس والزنك والمترسبة من السوائل والغازات الصناعية الى تلوث التربة والاضرار بها.

2- **تلوث المياه Water pollution:** ان انظمة البزل غير الكفوء اضافة الى المياه الملوثة كيميائياً الواردة من الاراضي المروية ومخلفات الصناعة عبر المعالجة تعمل تعمل كلها على تلويث مياه الشرب. اضافة الى القاء المدن الواقعة على ضفاف الانهار بمياه مجاريها في هذه الانهار فتعرضها الى مخاطر التلوث.

3- تلوث الهواء **Air pollution** : يرتبط تلوث الهواء بالانواع الاخرى من التلوث

فهو يسهم في تلوث التربة كما يسهم في تلوث المياه ، اسباب تلوث الهواء كثيرة فهو
ينجم عن اضافة الاسمدة النتروجينية للتربة حيث يتصاعد منها غاز اوكسيد النترريك
وثاني اوكسيد النتروجين الى الجو فيؤثر في طبقة الاوزون التي تعد الدرع الواقي
لسطح الارض من الاشعة فوق البنفسجية كما ينجم عن ازدياد حركة الطائرات وعن
تصاعد ادخنة المصانع وعن غبار المناجم.

الزحف العمراني والتصحّر: يرتبط هذا العامل مع عامل النمو السكاني ، اذ تنجم عن ازدياد
السكان ازدياد المساحات التي تقام عليها التجمعات والوحدات السكنية ويكون هذا التوسع
على حساب الاراضي الزراعية. فمثلاً مصر تفقد كل عام 26000 هكتار من افضل
اراضيها على ضفاف النيل بسبب توسع المدن وتوسع مرافقها الاساسية وتفقد الولايات
المتحدة حالياً 3200 هكتار من اراضيها الزراعية وخاصة مزارع الذرة نتيجة الزحف
العمراني.

الكثبان الرملية في العراق

منشأ الكثبان الرملية : تعد الكثبان الرملية وشبه الرملية احدى اهم الظواهر الخطرة التي
ترافق عملية التصحر ومن اهم نتائجها الخطيرة وذلك للصعوبة المترتبة على معالجتها.
وتسهم في تكوين الكثبان مجموعة من العوامل المتداخلة التي تلعب ادواراً متباينة في
عملية تكوين الكثبان الرملية. تنشأ الكثبان الرملية فيما لو توافرت الظروف التالية :

1- تربة سهلة التفتت وجافة.

2- وجود مساحات كبيرة منبسطة لا تعترض الرياح وتسمح لها ببلوغ سرعة كبيرة.

3- انعدام وجود غطاء نباتي طبيعي او وجوده بشكل ضعيف ومستنزف.

4- ان تكون سرعة الرياح كبيرة ومستمرة لفترة من الزمن تكفي لتحريك دقائق التربة.

كما يؤدي ادخال المكننة واستخدامها في العمليات المتصلة بالزراعة والتربة الى تسريع

عملية تكوين الكثبان الرملية.

اسباب تكوين الكثبان الرملية في العراق: ان اسباب تكون الكثبان الرملية في العراق يمكن ارجائها الى الظروف البيئية من جهة والى طبيعة ادارة الموارد البيئية الطبيعية وبخاصة التربة والمياه من جهة اخرى.

اولاً: العوامل المناخية

1- الرياح : تعد الرياح من اخطر العوامل المؤثرة في تكوين وحركة الكثبان الرملية ففي

منطقة المصب العام التي تبدأ من مسافة 70 كم جنوب بغداد الى الناصرية 380 كم جنوب

بغداد يتراوح المعدل السنوي لسرعة الرياح ما بين 3.4 – 3.8 م / ثا وتحدث الرياح

السريعة في اشهر الصيف الجافة (حزيران – آب) اذ تبلغ سرعتها ما بين 4 – 4.9 م / ثا

وان الاتجاه السائد لها هو الشمال الغربي وقد تصل سرعة الرياح احياناً الى 30 م / ثا وان

عدد الايام التي تحدث فيها الزوابع الترايبية تتراوح بين 45 – 50 يوم في السنة. اما منطقة

بيجي 230 كم شمال بغداد فان اعلى معدل شهري لسرعة الرياح تكون في تموز اذ يبلغ

3.8 م / ثا وادنى معدل في شهر كانون الثاني يبلغ 2.6 م / ثا وان الاتجاه العام للرياح هو

شمالي غربي ومجموع الايام التي تحدث فيها زوابع ترايبية هو 13 يوم في السنة.

2- الأمطار : تقع الكثبان الرملية ضمن المناطق التي لا يزيد فيها التساقط السنوي عن 200

ملم تنحصر في فصل الشتاء.

3- درجة حرارة الهواء : تقع جميع مناطق الكثبان الرملية في العراق ضمن مناطق يبلغ فيها

معدل درجات الحرارة السنوية اكثر من 22.5 درجة مئوية واعلى معدل شهري يحدث

خلال شهر تموز وآب يبلغ 34 و36 درجة مئوية على التوالي واعلى درجة حرارة سجلت خلال شهر تموز بلغ 51.7 درجة مئوية.

4- الرطوبة النسبية : ان المعدل السنوي للرطوبة النسبية للهواء هو عموماً واطئ ، اذ يتراوح في منطقة المصب العام ما بين 44 – 47 % وان اعلى معدل شهري للرطوبة بلغ 73 % كان خلال شهر كانون الثاني وادنى معدل خلال شهر تموز بلغ 26% .

5- التبخر : ان معدلات التبخر تكون عالية وخاصة خلال اشهر الصيف الحارة وان اعلى معدل سنوي بلغ 4515 ملم وادنى قيمة كانت 2414 ملم.

ثانياً : التضاريس : ان تكون وحركة الكثبان الرملية غالباً ما يحدث في المناطق السهلة الخالية من العوارض الطبيعية او الصناعية التي تؤثر على سرعة الرياح وهذا ما يلاحظ في مناطق الكثبان الرملية في العراق.

ثالثاً : ادارة التربة

• الحراثة : ان اتباع اساليب ادارة خاطئة بنطاق واسع وخاصة في الاراضي الديمة كاستعمال المحاريث العميقة القلابة بدون الحاجة الى استعمالها الفعلي . والحراثة المبكرة بخطوط متوازية لاتجاه الرياح السائد في المنطقة ثم ترك الارض دون زراعتها لفترة طويلة خلال فصل الصيف الحار مما يعرض التربة الى الجفاف وتحطم مجاميعها في الطبقة السطحية وتفكيكها فتسهل تعرضها للرياح وتعريتها بوجه الرياح.

• الرعي الجائر: ان الرعي المبكر (استغلال المراعي قبل بلوغ النباتات مرحلة النضج) هو ممارسة خاطئة وضارة لا تؤدي فقط الى حصول الماشية على كمية قليلة من العلف وانما تؤدي ايضاً الى اختفاء النباتات الحولية وعدم اعطاءها الفرصة لتكوين بذورها وحركة

الحيوانات ذات الحوافر كالأغنام والماعز تعد أيضاً من العوامل الضارة التي تلعب دوراً في تحطيم مجاميع الطبقة السطحية للتربة ومن ثم تفكيكها وتعريضها للتعرية الريحية.

• **تبوير الأرض :** ان ترك الارض بدون زراعة لفترة طويلة يؤدي الى انخفاض محتواها من الرطوبة وانخفاض محتواها من المادة العضوية فتسهل تعريتها بالرياح.

• **استخدام المكنان والآلات**

• **مصدات الرياح :** ان عدم الاهتمام باقامة مصدات الرياح لمعظم الحقول والأراضي الزراعية والجهل بأهميتها ودورها في حماية التربة من التعرية الريحية لها دور في تعرض التربة للتعرية.

رابعاً : ادى انجاز مشاريع السدود والخزانات على نهري دجلة والفرات الى السيطرة على مياه الفيضانات التي كانت تحدث في السابق ، فنتج عن ذلك حرمان مساحات كبيرة من الاراضي القريبة من الانهار من مياه الفيضانات التي كانت تؤدي وبالرغم من مساوئها المعروفة الى تأثير ايجابي وهو غمر مساحات كبيرة من الاراضي غير المستغلة ولفترة طويلة قد تستمر الى نهاية فصل الصيف على زيادة محتواه الرطوبي ويبعد عنها خطر الجفاف فيقلل احتمال تعرضها لمخاطر التعرية الريحية.

خامساً : ادى هجرة الفلاحين والسكان الريفيين الى مراكز المدن والمحافظات الى ترك اراضي واسعة بدون زراعة او ترك مناطق كانت تعد سابقاً مراكز لحلول ومعالجات لاقامة معيشة من الحياة الراقية.

مواقع تواجد الكثبان الرملية في العراق

1- محافظة صلاح الدين : وتتركز في منطقتي بيجي بمسافة 9500 دونم والعيث بمساحة 560000 دونم.

2- منطقة السهل الرسوبي : بين حوضي نهري دجلة والفرات ويتواجد اكثر من 750 الف هكتار وتشمل اراضي محافظات بابل وواسط والقادسية.

3- منطقة الشريط الممتد من محافظة النجف وحتى الحدود العراقية الكويتية وتقدر بحوالي 1684000 دونم وتمتد عبر محافظات النجف والمثنى وذي قار والبصرة.

4- مناطق متفرقة اخرى في محافظات الانبار وديالى وميسان وكربلاء.

الغطاء النباتي والتصحّر: ان ضعف او استنزاف او القضاء على الغطاء النباتي يؤدي الى الاخلال في التوازن الطبيعي ما بين المناخ والتربة والماء فالنبات عامل بيئي مهم يعمل على حفظ رطوبة التربة وزيادة نفاذيتها ويؤدي كذلك الى تبديد طاقة قطرات المطر والى تجمعها بواسطة الجزء الخضري مانعة اياها من تحطيم مجاميع الطبقة السطحية للتربة اضافة الى ان النباتات تعمل على عكس اشعة الشمس وتقليل تبخر المياه حيث تراكم المخلفات النباتية يرفع من محتوى المادة العضوية في التربة مما يؤدي الى تحسين الصفات الكيميائية والفيزيائية للتربة ويزيد من احتفاظها بالماء وان المجموع الخضري للنبات يلعب دوراً مهماً في ترابط دقائق التربة ويساعد في تكوين المجاميع وكذلك فإن النباتات توفر الظل وتلطّف درجات حرارة الهواء والتربة وتحمي البادرات من تأثيرات الرياح.

اذن فإن تدهور الغطاء النباتي قد يؤدي الى مايلي :

1- تناقص امتصاص غاز CO₂ من الغلاف الجوي وما يترتب عن ذلك من ارتفاع في درجات الحرارة ويتم التبخر والنتح وقلة الامطار وسيادة الجفاف والتصحّر.

2- تعريض التربة للتعرية نتيجة لتدمير غطاءها النباتي وزيادة في درجة الغبار في الجو وازدياد الالبيدو حيث تصل قيمة الالبيدو في المناطق الصحراوية الى 3 اضعاف ماهي عليه في مناطق الاعشاب.

التربة والتصحّر: ان نجاح زراعة النباتات تتوقف بدرجة رئيسية على تركيب التربة وصفاتها فاذا ما تعرضت التربة الى الانجراف او التعرية المائية او الريحية فانها ستفقد الطبقة السطحية منها التي تحتوي على المواد العضوية والمعدنية المهمة للنبات ويمكن استعراض المشاكل التي تصيب التربة وتسبب تصحرها الى مايلي:

اولاً: التعرية Soil Erosion: هنالك نوعان من التعرية هما الجيولوجية Geological Erosion والتعرية المعجلة Accelerated Erosion وتشمل التعرية الجيولوجية عمليات تكوين التربة وتآكلها والتي تحافظ على التربة في توازن مناسب لنمو معظم النباتات اما التعرية المعجلة فتشمل تهديم وفقدان التربة نتيجة نشاط الانسان وبشكل عام تقسم التعرية المعجلة الى نوعين :

أ- التعرية المائية

ب- التعرية الريحية

اما بالنسبة لحركة الكثبان الرملية فهناك نوعان من الحركة :

1- الانسياب الرملي Sand drift : هي حركة وزحف الدقائق الرملية فوق اسطح الكثبان عندما تبلغ سرعة الرياح 5.5 م / ثا .

2- زحف الكثبان والحوائط الرملية Barchanoid mass movement : وتظهر بوضوح عندما تتجاوز حركة الرياح 9 م / ثا .

ثانياً : تدهور خصوبة التربة : عند تعرض التربة للتعرية سوف يؤدي الى زوال الطبقة السطحية المهمة باحتوائها على المواد المعدنية والعضوية لذا تنعكس مشكلات التربة على خصوبتها وتراجع خصوبة التربة يعني تعرض التربة الى مشكلة التصحر.

ت	المعدل السنوي لفقدان التربة بفعل التعرية طن / هكتار	الانخفاض المتوقع لانتاجية التربة في المدى البعيد
1	اقل من 12	لا يحدث تغيير في انتاجية الاراضي
2	12 - 15	يتحول نصف مساحة الارض من تربة عالية الانتاجية الى تربة منتجة والنصف الآخر يبقى دون تغيير
3	15 - 100	تنخفض انتاجية الارض في كل مساحة ارض بمقدار فئة انتاجية واحدة
4	101 - 200	تنخفض انتاجية التربة في النصف الآخر من مساحة الارض بحيث تتحول الى اراضي غير منتجة (غير صالحة للزراعة)
5	201 فأكثر	تتدهور انتاجية التربة من كل مساحات الأرض وتتحول الى اراضي غير منتجة (غير صالحة للزراعة)

ثالثاً : التصلب السطحي للتربة : التصلب السطحي للتربة بصورة عامة هي طبقة رقيقة سطحية من التربة سمكها اقل من 1 ملم الى بضع ملمترات وتكون هذه الطبقة مرصوفة ومضغوطة ذات كثافة ظاهرية اعلى ومسامية قليلة ، عند الجفاف تؤثر على تهوية وانتشار الغازات في التربة وتقلل من سرعة غيض الماء وزيادة فقدان الماء عن طريق الجريان السطحي وتقلل من نسبة بزوغ البادرات واختراق الجذور للتربة وترجع اسباب التصلب السطحي الى عدة عوامل منها مايتعلق بادارة التربة والمياه كالمكننة الزراعية واعداد الارض وطريقة الري ومايتعلق بالتربة نفسها كالنسجة وكمية ونوعية معادن الطين وضعف تركيب التربة وانخفاض محتواها من المادة العضوية.

ملوحة التربة : يعاني ربع المساحات الزراعية المرورية في العالم من مشكلة الملوحة وبدرجات متفاوتة ، ومن المعروف ان النسبة المئوية للتملح اذا وصلت 1% فانها تعني ان التربة خارج حدود الزراعة المنتجة ، والتملح في التربة عادة يكون على نوعين:

أ- **تملح اولي** : حينما تنشأ مشكلة الملوحة عندما تكون مادة الاصل هي مصدر الأملاح.

ب- **تملح ثانوي** : وفيه يحدث مشكلة الملوحة بعدة طرق منها ارتفاع مستوى المياه الجوفية المالحة او استعمال مياه الري المملحة .

مظاهر التصحر: لقد اورد Catterson 1987 المؤشرات التالية التي تدل على تصحر المكان ويكفي وجود علامة واحدة او اكثر من العلامات التالية ليكون المكان متصحراً.

- 1- **تعرية التربة بسبب تناقص المادة العضوية.**
- 2- **تلف المحاصيل المزروعة من جراء الرمال المتطايرة واقتلاع النباتات الصغيرة او تكشف جذورها.**
- 3- **فقدان الطبقة السطحية من التربة نتيجة التعرية الريحية.**
- 4- **انهيار نظم الزراعة التقليدية المقبولة اجتماعياً واقتصادياً.**
- 5- **تناقص المياه السطحية التي لا يمكن الحصول عليها وانخفاض مستوى المياه الجوفية.**
- 6- **تزايد جريان المياه بفعل الأمطار وما يرتبط به من انجراف التربة.**
- 7- **تناقص اراضي المراعي.**
- 8- **تناقص الغابات.**
- 9- **تحرك التربة ونشاط الكثبان الرملية.**

10- الحد من القدرة على اعادة النمو الطبيعي للنبات.

ويلاحظ من اعلاه تباين مظاهر التصحر من منطقة الى اخرى تبعاً لاسباب عديدة فمثلاً للتصحّر تعاريف عديدة كذلك فإن مظاهره واشكاله مختلفة ونحاول ان نوجزها بأربعة محاور رئيسية هي التربة والمياه والغطاء النباتي والتلوث .

• التربة : نتيجة العوامل والاسباب التي ذكرت سابقاً والمؤدية للتصحّر تتدهور صفات التربة الكيميائية وتعرض التربة الى المشاكل التالية :

أ : التعرية : وتصنف الى اصناف وتقديرها يعتمد على نسبة كمية مادة التربة المزالة من الأفق A وسمكه وهذه الأصناف مايلي:

1- تعرية بسيطة **Slight Erosion** : مقدار المادة المزالة من افق A 25% من سمك الأفق الاصيلي.

2- تعرية معتدلة **Moderate Erosion** : ويكون مقدار الأفق A المزال 50% .

3- تعرية شديدة **Sever Erosion** : ويكون مقدار الأفق A المزال اكثر من 50% وربما الأفق كله.

4- تعرية شديدة جدا **Very Sever Erosion** : ويكون افق A مزال جميعه مضافاً اليه ازالة جزء من الأفق B ، وفي حالة عدم وجود افق B تكون الازالة من الأفق C وينتهي مفهوم التربة عند ذلك.

ب: تدهور صفات التربة : نتيجة للتصحّر فإن تدهور تركيب التربة يأخذ اشكال متعددة منها تقشّر التربة وانخفاض مستوى المادة العضوية في التربة ، تملح التربة وتقدر بالعراق نسبة الاراضي المتأثرة بالأملاح حوالي 70% من مساحة اراضي السهل الرسوبي و تغدق التربة ،

كثبان رملية Sand dune. يتراوح ارتفاع الكثبان الرملية بين اقل من متر الى عشرة امتار ولو القينا نظرة على كتيب رملي لوجدنا انه متناظر الشكل له اسطح مواجهة للرياح يسمى wind word side ويكون ذو انحدار بطئ ووجه اخر معاكس لاتجاه الرياح يدعى Lee word side يطلق عليه اسم وجه الانحدار وانحداره اكبر من انحدار الوجه الأولي.

اشكال الكثبان الرملية :

- 1- كثبان رملية هلالية **Crescentic sand dune** : ويكون الكتيب بشكل هلال ذو انحدار قليل باتجاه الرياح وانحدار شديد في الجهة المغايرة وله جناحان يقعان على حافتي الجهة المغايرة للرياح، ويتراوح ارتفاع هذا النوع بين 1 – 15 متر وقد تصل الى 30 متر اما عرضه فيتراوح بين 40 – 70 متر وقد تصل الى 150 متر وقد تدعى بالكثبان البرخانية Burchan dunes .
- 2- الكثبان العرضية الرملية **Transverse sand dune** : والتي تكون بشكل حواجز متعرجة وعرضية على اتجاه الرياح.
- 3- الكثبان الطولية (السيفية) **Longitudinal or seif sand dune** : وتتكون من تراكمات مستطيلة من الرمال تمتد في اتجاه موازي لاتجاه الرياح خصوصاً في المناطق ذات اتجاه الرياح الثابت وذات سرعة عالية.
- 4- الكثبان النجمية او الهرمية **Star sand dune** : وهي مجموعة من اجنحة تتفرع من نقطة وسطية باتجاهات مختلفة فتتكون هذه الكثبان نتيجة عدم ثباتية حركة الرياح.
- 5- كثبان بشكل حرف **U** : وتكون فتحتها بالاتجاه التي تهب فيه الرياح ويعتقد بأن الاعشاب لها دور في تكوين هذا النوع من الكثبان.

6- **كثبان معكوسة Reversing sand dune** : وهي اجنحة رملية ذات ارتفاعات مختلفة موسمية التكوين وتكون ناتجة عن تغير في اتجاه الرياح في المنطقة مما يؤدي الى تغير في اتجاه الكثبان الى عكس اتجاهها الاول.

7- **كثبان قبية Dome shaped sand dune** : وتكون باشكال دائرية وبارتفاعات منخفضة وتتكون عندما تهب رياح قوية وبدون وجود عائق في طريقها مما يسبب ازالة الرمال المتراكمة العالية وبالتالي انخفاض ارتفاع الكثيب الرملي واعطائه شكل القبة.

● **المياه** : يعد نقصان المياه والجفاف احد اخطر مظاهر التصحر والذي قد يتأتى اما عن انحباس الأمطار لسنين طويلة او لنضوب المياه الجوفية نتيجة افراط وسوء الاستعمال لها ومما يزيد من حدة المشكلة انه حتى لو توافرت المياه الجوفية في المنطقة فانه لايمكن الاستفادة منها وذلك بسبب درجة ملوحتها العالية مما يفقدها الاهمية المتوخاة منها.

● **الغطاء النباتي** : يلعب الغطاء النباتي الطبيعي دوراً مهماً في التصحر ويعزى التدهور الى اسباب عديدة منها الجفاف وانجراف التربة وتملحها والزراعة الحدية والرعي الجائر وحرق الاعشاب والزحف العمراني واستخدام الحراثة العميقة في الزراعة الحدية.

● **التلوث** : تعد زيادة كمية الاتربة في الهواء مؤشراً او مظهراً من مظاهر التصحر اذ يعني تدهوراً في النظام البيئي وتعرض التربة الى التعرية الريحية الشديدة.

المشكلات الناجمة عن التصحر: الاخلال في التوازن البيئي يؤدي الى حدوث التصحر وانتشاره والعلاقة موجبة بين التصحر والتدهور البيئي ، وعملية التصحر تؤثر في كل بيئة او منطقة من العالم ولكن اشدها تدميراً في الاراضي الجافة هي امريكا الجنوبية وآسيا وافريقيا اذ هناك 18% أي 870 مليون هكتار من الاراضي المنتجة التي تعاني تصحراً شديداً في هذه القارات الثلاثة مجتمعة ويستمر اتساع الاراضي التي تتدهور بصورة دائمية بحالة شبيهة

بظروف الصحراء بمعدل 6 ملايين هكتار ، وفي كل عام يتوقف 21 مليون هكتار اضافي من الاراضي عن تقديم أي مردود اقتصادي بسبب انتشار الصحراء وسوف نستعرض المشكلات الاساسية الناجمة عن التصحر وهي كالآتي:

1- الجفاف : الجفاف يعني التصحر ويؤدي الى تدهور البيئة وانخفاض الانتاج ونزوح السكان عن المناطق القاحلة الى المناطق الاكثر رطوبة. لقد كان الجفاف الذي اصاب منطقة الساحل (شمال غرب افريقيا) ويشمل اقطار النيجر ومالي وفوق العليا والسنغال وموريتانيا بين اعوام 1968 و 1973 وما جلبه من كوارث على شعوب تلك المناطق هو الذي دق جرس الانذار الى المشكلات التي تنجم عن التصحر اذ لم يبلغ معدل سقوط الامطار فيها سوى 122 ملم في عام 1968 و اخذ المعدل بالهبوط الى ان بلغت الاوضاع في عام 1973 حد الكارثة اذ انحسرت المياه في بحيرة تشاد الى ثلث حجمها الطبيعي ولم تعد بعد ذلك مورد للمياه مما حول الكثير من افضل الاراضي المنتجة الى اراضي مجذبة.والجدول ادناه يمثل عدد الناس النازحون بسبب الجفاف في عام 1986 في اقطار القارة الافريقية وكما يلي :

القطر	عدد السكان (مليون)	المتأثرون بالجفاف (مليون)	النازحون (مليون)
انغولا	8.6	0.6	0.5
اثيوبيا	43.6	6.8	0.3
الصومال	4.7	0.2	0.2
السودان	21.6	6.0	0.9

ان الجفاف لا يؤثر فقط على نزوح السكان وانما يؤثر على الثروة الحيوانية ايضاً وان السبب الرئيسي في تناقص اعداد القطعان يعود الى تفوق القطعان الصغيرة لعدم قدرتها على مقاومة الامراض الناجمة عن سوء التغذية وبالتالي تؤثر ظاهرة التصحر الى الحد من زيادة اعداد

الثروة الحيوانية ، وقد اشارت احدى الدراسات الى ان الجفاف الشديد التي تعرضت له الصومال ما بين 1970 - 1975 ادى الى القضاء على ما يتراوح ما بين 40 - 50 % من الثروة الحيوانية لهذا البلد ، وان الجفاف الذي ضرب السعودية عام 1958 التي دام اكثر من ثمانية سنوات سبب نفوق ما يتراوح 50 - 90% من اجمالي الماشية في هذا البلد.

2- القضاء على الغطاء النباتي : ان تعاقب سنوات الجفاف يزيد من الضغط الحيواني والبشري على النباتات الطبيعية متمثلة بالرعي الجائر وقطع الاخشاب ففي عام 1980 عانى 69 مليون انسان في البلدان النامية من نقص حاد في الحطب ، حيث يستخدم الخشب كوقود بمعدل 70 غم للشخص الواحد يومياً مما يسبب تدمير 11 مليون هكتار من الغابات الاستوائية سنوياً.

3- تدهور صفات التربة : يعد تدهور صفات التربة احدى المؤشرات الرئيسية للتصحّر حيث يرتبط بعنصرين المناخ والنبات الطبيعي بعملية التأثير المتبادل مع التصحر.

4- الفقر والجوع : ان التصحر عامل مهم من عوامل الفقر والجوع الذي تعاني منه سنوياً البلدان النامية ففي الهند مثلاً ولعدم انتظام سقوط الامطار شهدت عبر العصور تدهور بيئي نشأ عنه مجاعات خطيرة ففي عام 1770 حدثت مجاعة اودت بحياة 10 ملايين من سكانها اضافة الى ذلك فأن سكان ولاية اوريسيا الهندية ماتوا من المجاعة التي حلت في الولاية عام 1865 .

5- نزوح السكان : ان نزوح السكان الناجم من التصحر هو نوع من الهجرة الاجبارية وان تدفق اعداد كبيرة من النازحين الى المناطق الجديدة ينتج عنه ضغط سكاني على الموارد الطبيعية ، لذا فأن البطالة تتفشى بين صفوف النازحين مما يترتب عن ذلك انتشار الفقر والجرائم وعدم الاستقرار في هذه المناطق.

6- الامن الغذائي : ان تناقص الاراضي الزراعية نتيجة فقدانها بسبب التصحر يقود في النهائية الى تناقص الانتاج الزراعي وعجزه عن تلبية حاجات السكان من الغذاء ويمكن القول ان التصحر احد العوامل الرئيسية في مشكلة الامن الغذائي العربي وتشير الدراسات الى ان معدل نمو انتاج الغذاء في الوطن العربي يقدر بحوالي 2% سنوياً في حين يقدر معدل النمو السكاني بحوالي 3%، ومعدل زيادة استهلاك الغذاء بحوالي 5% سنوياً ، مما يترتب على ذلك حدوث عجز غذائي كبير يتم سده عن طريق الاستيراد.

مكافحة التصحر والكتبان الرملية : من المناسب في هذا المجال معرفة الاسباب الحقيقية الكامنة وراء عملية التصحر ويتطلب ذلك تحديد العوامل المسببة للتصحّر وتقويم اخطاره من خلال مسح شامل للبيئة المتصحرة اوالمهددة بالتصحّر ويمكن اجمال الخطوط الرئيسية لبرنامج مكافحة التصحر بما يلي :

1- **تقويم التصحر :** يمكن تحديده من خلال الاستفادة من الاقمار الصناعية التي يمكن من خلالها تحديد انماط الوظائف البيئية كالتركيب الجيولوجي وطبيعة التربة والتصريف السطحي ويمكن ان تسهم الصور الجوية في وضع خرائط توضح انواع وحالات التصحر القائمة ودرجات الاستعداد النسبي لوحدات الارض المهددة بالتصحّر.

2- **دراسة الظروف المناخية :** من الممكن الاستفادة من معلومات الارصاد الجوية للتنبأ بالحالة الجوية ومعرفة فترات الجفاف المتوقعة لاخذ الاحتياطات اللازمة.

3- **تخطيط استخدام الارض.**

4- **الاستغلال السليم للموارد.**

5- **المحافظة على الموارد الطبيعية وتشمل مايلي:**

أ- المحافظة على الثروة المائية وترشيد استهلاك المياه وادارة الموارد المائية بصورة صحيحة والاهتمام بشبكات الري والبزل.

ب- المحافظة على التربة ومنع تدهورها سواء كانت تعرية مائية او ريحية من خلال استخدام مصدات الرياح او الاساليب العلمية الصحيحة من الزراعة.

ت- المحافظة على الغطاء النباتي والغابات.

6- الوقاية من التلوث.

7- وقف الزحف العمراني.

8- التعاون الدولي في مجال مكافحة التصحر.

مكافحة التصحر في العراق : من الامور المهمة التي تؤخذ بنظر الاعتبار في مكافحة التصحر في العراق مايلي:

1- الامتناع عن حراثة الارض في المناطق الحديثة التي تقع تحت 300 ملم تساقط والعمل على تنمية الغطاء النباتي في هذه المناطق وكسر طبقات الحراثة تحت السطحية .

2- عملية تسييج الاراضي المتأثرة بالتعرية الريحية الشديدة والكثبان الرملية ويتم بأتباع الوسائل التالية :

أ- نشر وتوسيع زراعة اشجار الغابات .

ب- منع رعي الحيوانات.

ت- اقامة مصدات الرياح.

ث- الحد من عمليات التملح والتغدق.

ج- الاستمرار في عمليات تثبيت الكثبان الرملية لحين تنمية الغطاء النباتي.

تثبيت الكثبان الرملية: ان الطرق المتبعة في تثبيت الكثبان الرملية تتشابه الى حد ما وان الاختلاف في اساليب التنفيذ يرجع لتوفر او عدم توفر الامكانيات الفنية والمادية في عملية التثبيت ، وان الطرق المعتمدة في تثبيت الكثبان الرملية تقوم على اساس :

1- التثبيت الميكانيكي المؤقت ويهدف الى مايلي: تخفيض سرعة الرياح وافقادها القدرة على تحريك الرمال ، اعاقه وصول الرياح الى سطح الكثبان الرملية وضمان استقرار الكثبان وتحسين حالة تجميع التربة. وان الوسائل والاساليب المتبعة مايلي :

اولاً : الحواجز والدفاعات الامامية : وتقام في المناطق المواجهة للرياح الشديدة واهمها مايلي:

1- الاسيجة النباتية : وفي هذه الطريقة تنسج الاغصان النباتية بشكل حزم توضع على الارض بهيئة خط متصل ولمسافة تتناسب مع المنطقة المراد حمايتها وتثبيتها بواسطة الاسلاك الحديدية وفي العراق استخدمت انواع مختلفة من الاسيجة النباتية ففي محطة تثبيت الكثبان الرملية في النعمانية في محافظة واسط استخدمت:

أ- اسيجة نبات الجبجباب : وهذا النبات ينمو في المناطق بين الكثبان وعلى سطح الكثبان وذو جذور عميقة ومقاوم للجفاف ولكنه نبات حولي ينمو في فصل الربيع فقط ، وقد استخدمت النباتات الميته معه بشكل مربعات الشطرنج بأبعاد 3 × 3 م وارتفاع يتراوح من 30 – 35 سم عن سطح الارض.

ب- اسيجة سعف النخيل : وارتفاعها بين 40 – 50 سم عن سطح الكثبان وعلى شكل مربعات 3 × 3 م.

ت- اسيجة نبات القصب : واقيمت على شكل خطوط متوازية عمودية على اتجاه الرياح السائدة في المنطقة والمسافة بين خط واخر 7 متر ويتراوح ارتفاعها 70 – 80 سم.

اما في بيجي في محافظة صلاح الدين فإن الكثبان الرملية تمتاز بانها حقيقة وقد استخدمت العديد من الاسيجة النباتية بالاضافة الى الانواع السابقة وهي :

أ- اسيجة نبات السلماس : وتمتاز بانها تنمو في فصل الصيف ويتكاثر بسرعة وله تفرعات كثيرة واوراق صغيرة تشكل حاجزاً جيداً لاييقاف دقائق الرمال الزاحفة ، وفي الشتاء تنشر بذورها وتحمل الى مناطق اخرى ، حيث تنمو في الموسم الآخر وتنشأ الاسيجة من هذا النوع من النباتات بشكل المربعات 3 × 3 م او 4 × 4 م ، وقد لوحظ بأن البذور المتساقطة من هذه الاسيجة تثبت في الموسم التالي واصبحت عامل اضافي في زيادة عملية التثبيت.

ب- الاوتاد الخشبية : وفي هذه الطريقة تستخدم الاوتاد الخشبية والاعصان ويتم تثبيتها على ابعاد مناسبة ويتم نسج الاعصان فيما بينها بعد تدعيمها بالاسلاك او الحبال.

ت- الاعمدة الخشبية وسعف النخيل : وتعتمد على اعمدة بطول 2.5 – 3 م يدفن في الرمال جزء منها ، يصل طولها 0.5 – 1 م بأبعاد 3 – 5 م وتربط بالاسلاك المعدنية او الحبال وتعتبر هذه الطريقة من الطرق المكلفة.

ث- الحواجز النباتية والمواد المصنعة : هذه الطريقة تعتمد على المواد المصنعة كالاوتاد الخشبية والتوصيلات السلوكية لتلافي النقص في المواد النباتية ويمكن استعمالها لعدة مرات ، وقد استعملت في تونس حيث تضمنت اوتاد حديدية بقطر 10 – 12 ملم حيث تقوس في طرفها العلوي وتثبت جيداً في الرمال ثم توضع على ابعاد 30 سم وينسج فيما بينها سعف النخيل.

2- الحواجز غير النباتية :

أ- الواح وصفائح الاسمنت : وتصنع بطول 85 سم وعرض 45 سم ويتم اقامتها على الكثبان الواحدة بعد الاخرى مع ترك فراغ حوالي 1 سم فيما بينها بعد تثبيتها جيداً في الرمال.

ب- الواح اللين (الاسيجة الطينية): وتقام من مادة التربة الموجودة بالمناطق المجاورة للكثبان الرملية حيث تعمل على هيئة مكعبات من اللين (التراب الناعمة الممزوجة بالماء بنسب معينة) وبابعاد 5 × 20 × 40 سم وبعد جفاف هذه المكعبات تدفن بالرمل بابعاد 15 سم بشكل متجاور وقد تتحلل بفعل الامطار فتغطي المساحات المتجاورة.

ت- البراميل الفارغة: وقد استخدمت هذه الطريقة في بعض الاقطار العربية عند تواجدها بشكل فائض عند طرف الكثبان الرملية من الجهة المواجهة للرياح بعد ملئ البراميل بالرمل لزيادة وزنها.

ث- السداد الترابي : ويتم في هذه الطريقة استخدام عوائق بارتفاع 3 × 4 م مواجهة للرياح وتمتاز بضخامة حجم العمل المطلوب ومتطلباته الكبيرة من المكائن والمعدات ، وقد استخدمت بنطاق واسع في مشروع تثبيت الكثبان الرملية في منطقة المصب العام.

ثانياً: زيادة قابلية دقائق الرمل لمقاومة التعرية الريحية: ان التعرية سواء كانت للرمل او للتربة بواسطة الرياح لها علاقة مباشرة بحجم الدقائق ، حيث تعتبر احد العوامل المحددة لها. ان ما يحدث في هذه العملية هي عملية امدصاص Adsorption بين سطوح هذه الدقائق والمواد المضافة لها من خلال الاواصر التي تنشأ بينها ، من هنا نشأت فكرة ايجاد مادة لاصقة لها

مرونة كافية لتصل بين عدد كبير من الدقائق في التربة ، وذات تماسك قوي بحيث تكون لها القابلية على مقاومة القطع او الانحلال.

وقد استخدمت البوليمرات Polymers او اللدائن وتقسم الى مجموعتين هما

1- المحبة للماء Hydrophilic

2- الكارهة للماء Hydrophobic

ولابد من توفر الصفات التالية للمواد المستعملة بهدف تثبيت الكثبان الرملية وهي كالاتي :

أ- ان تكون ذات قوة لصق عالية لدقائق الكثبان.

ب- تتوزع هذه المواد وتنتشر بين الدقائق بصورة جديدة ومتجانسة.

ت- ان تكون ثابتة في الماء أي لا تتحلل او لا تتفتت او تذوب بتساقط الامطار.

ث- ان لا تكون سامة للنبات.

ج- ان تكون مدة بقائها تتناسب مع الفترة الزمنية المطلوبة لنمو النبات.

ح- ان تستعمل بكميات قليلة لتقليل الكلفة الاقتصادية لها.

اهم المواد المستخدمة في تثبيت الكثبان الرملية:

1- المواد والمشتقات النفطية وتشمل مايلي :

أ- المستحلبات الراتنجية الذاتية.

ب- المستحلبات الاسفلتية.

ت- مستحلبات القار.

ث- زيوت شمعية ثقيلة.

ج- النفط الخام.

ح- مستحلب البتيومين.

1- التثبيت الحيوي الدائم ويهدف الى مايلي (استقرار وتثبيت الكثبان الرملية ، تحسين الظروف البيئية المحلية ، تحويل مناطق الكثبان الرملية الى مناطق منتجة للاستفادة منها ، ويتم عن طريق التشجير ، وهو من اهم وانجح الوسائل المتبعة ، حيث يعمل على استقرار الكثبان الرملية وعدم حكتها الى اماكن اخرى ومن ثم تحويلها الى مناطق منتجة ويمكن تعريف التشجير : هو اختيار وزراعة الانواع الشجرية المناسبة في المناطق والاراضي التي اصبحت في طريقها الى ان تصبح جرداء بسبب تدهور غطائها النباتي ومن ثم استغلالها ومن اهم المميزات الواجب توفرها مايلي :

1- تثبيت الرمال.

2- صفة الاستدامة والاستمرار.

3- تحسين الظروف البيئية المحلية.

4- تحسين الصفات الفيزيائية والكيميائية للتربة.

5- توفر الاخشاب والمحاصيل الزراعية نتيجة لزراعة اشجار الغابات والفواكه.

6- ايجاد مناطق جيدة للتنزه والترفيه.

مواصفات النباتات المخصصة لتشجير الكثبان الرملية ، من الضروري اختيار الانواع الملائمة لنمو الكثبان الرملية ولها القابلية على تحمل البيئة القاسية أي ان تكون مقاومة للجفاف ودرجات

حرارة عالية والظروف البيئية الصعبة ، وتحمل الرعي والاستغلال السيئ للأرض وقادرة على تثبيت التربة وتحسين صفاتها من خلال المواصفات التالية :

1- ان يكون نمو الجذور عمودياً وتفرعاته الافقية كثيفة.

2- ان يكون نمو الشتلة في السنوات الاولى لزرعتها سريعاً.

3- ان يكون المجموع الخضري سريع النمو وكثير الاوراق وذلك ليوفر مخلفات نباتية كثيرة.

4- ان تكون قابلة للتكاثر الخضري.

حصاد المياه: تعرف عملية حصاد مياه الأمطار والسيول بأنها تلك التقنية التي تستخدم في حجز وتخزين مياه الأمطار والسيول في فترات سقوطها بطرق تختلف باختلاف الغاية من تجميعها ومعدلات هطولها وإعادة استخدامها عند الحاجة إليها سواء للشرب أو للري التكميلي أو لتغذية المياه الجوفية. تستند فكرة حصاد المياه على استخدام مياه السيلح السطحي ، اذ ان ذلك يتطلب مناطق انتاج السيلح ومناطق استلامه ويتم ذلك بحرمان جزء من الارض من نصيبها من الامطار الساقطة واعطائها الى جزء اخر اقل مساحة لكي تزيد من كمية المياه بحيث تكفي لسد احتياجات المحصول المائية. ويجب ان لا يقل المعدل السنوي عن 100 ملم في المناطق ذات الامطار الشتوية و 250 ملم في المناطق ذات الامطار الصيفية لكي تتمكن من تطبيق تقانات حصاد المياه. ان الصفة المتقطعة للامطار وسرعة زوال السيلح السطحي يحتمان تأمين بعض انواع الخزن للمياه ، لذا يجب ان تكون هناك قدرة على الخزن المؤقت في خزانات معدنية او في صهاريج او في خزانات ارضية او في التربة نفسها لمدة من الزمن.

ليس هناك تعريف واحد مقبول متفق عليه لحصاد المياه وانما هناك تعاريف عدة فقد ذكر Siegert ، 1994 ان حصاد المياه هي عملية جمع الماء وتحويله وخزونه من مساحات معاملة او غير معاملة لغرض زيادة السيلح السطحي للامطار الساقطة او الثلوج الذائبة . اما Bores ،

1994 فواضح ان حصاد المياه يصف مدى التقانات لجمع وتركيز السيج السطحي للماء من الامطار الساقطة وهذه الانظمة اما ان تحصد الماء مباشرة من المطر او بصورة غير مباشرة من السيج السطحي للماء لغرض استخدامها في الزراعة او من قبل الحيوانات او للاستخدام البشري . وقد اوضح Owies ، 1998 ان حصاد المياه هو عملية تركيز المطر الساقط كسيح من مستجمع Catchment ذي مساحة كبيرة لكي يستخدم في منطقة صغيرة. وان هذه العملية يمكن ان تحصل طبيعياً او صناعياً وان الماء الجاري المجمع يمكن ان يضاف الى الحقول الزراعية المجاورة مباشرة او خزنه باحدى طرق الخزن الحقلي للاستخدام البشري او الري التكميلي للمحاصيل الزراعية. وقد اشار Prinz ، 1996 الى انه يمكن تطبيق تقانات حصاد المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة ، حيث تكون الامطار اما غير كافية لكي تؤدي الى انتاج محصول جيد او لنمو المراعي، او بسبب التوزيع الطبيعي غير المنتظم للامطار وبذلك تكون مخاطر فشل المحصول عالية جداً. ويمكن العمل على زيادة انتاج النباتات في المناطق القاحلة عن طريق تركيز الامطار بشكل سطحي وخزنها في اجزاء معينة من المنطقة الكلية.

تأريخ حصاد المياه : انشأ اول نظام لحصاد المياه في منطقة الشرق الاوسط ، حيث اشار الباحثون الى اول بناء لحصاد المياه قد انشأ قبل 9000 سنة في جبال Edom جنوب الاردن، وان اول نظام لحصاد المياه كامل وموثق يقع في صحراء النقب ويعود بناؤه الى 4000 سنة مضت ، كما ذكر Bazza ، 1994، انه اكتشف بقايا اثرية لحصاد المياه في العراق وشبه الجزيرة العربية على مسالك القوافل وتتكون بصورة رئيسية من وسائل لجمع ماء المطر وتحويله في برك او خزانات طبيعية او اصطناعية . و اشار Alkhafaji ، 2001 الى وجود عدد من التقانات التاريخية لحصاد المياه في العراق كالصهاريج في دير مار متي وبرك المياه في طريق الحج القديم. وبين Nast ، 1999، ان حصاد المياه كان قد استخدم في عملية جمع الماء وخزنه معروفة في ذلك الوقت ، كذلك وجدت منشآت لحصاد المياه في مصر تتمثل في

خزانات ارضية يعود بنائها الى العهد الروماني. تعتبر تقنيات حصاد مياه الأمطار والسيول أحد الوسائل القديمة جداً قام بها الإنسان في مناطق شتى لتعظيم الاستفادة منها . ويعتبر المؤرخون أن العرب الأنباط (500 ق .م) هم أول من برع في تعميم وتطوير تقنيات حصاد مياه الأمطار . كما بلغت تلك التقنيات أوج ازدهارها في الأردن خلال الحكم الروماني في الفترة الممتدة من 63 ق.م حتى 636 م. وهناك مؤشرات على أن هذه التقنيات استخدمت في عديد من المناطق مثل شمال أفريقيا وبعض الدول الآسيوية وفلسطين ومصر والصين . ولهذا فهي تقنيات ليست جديدة بل تضرب جذورها في عمق التاريخ . وقد أعدت المنظمة العربية للتنمية الزراعية منذ بداية القرن الحالي خطة لتعزيز استخدام تقنيات حصاد مياه الأمطار في الدول العربية التي تمثل الوضع العربي بالمحدودية.

وتتلخص مكونات نظام حصاد المياه في أجزاء ثلاثة هي:

أ- المستجمع Catchment : وهو جزء من الارض التي يجري فوقها ماء المطر بشكل سيح سطحي باتجاه منطقة الهدف (Target area) ويمكن ان تكون مساحة المستجمع صغيرة (عدة امتار مربعة) او كبيرة (عدة كيلومترات مربعة) ويمكن ان تكون مجاورة لمنطقة الهدف او بعيدة عنها .

ب- منطقة الهدف Target area : وهي المنطقة المهيأة لاستلام ماء السيح السطحي من منطقة المستجمع.

ت- وسيلة التخزين Collection facility : وهو المكان الذي تحتجز به المياه من وقت جمعها وحتى استخدامها . وتختلف أحجام هذه الأماكن تبعاً لكمية الهطول المطري السنوي وقد تكون هذه الخزانات عبارة عن حفر تحت أرضية أو خزانات أسمنتية أو بلاستيكية.

ث- نظام النقل Conveyance System : حيث تتطلب أنظمة حصاد المياه في بعض الأحيان نقلها من منطقة الحجز إلى منطقة التجميع عن طريق قنوات أو أخاديد.

ج- السيلح السطحي Run off : وهو عملية نقل المياه من المستجمع الى منطقة الهدف لكي توصف العملية بانها حصاد المياه . ان عملية منع السيلح السطحي في الاراضي شديدة الانحدار بواسطة اجراءات صيانة المحتوى الرطوبي للتربة لا يمكن ان يطلق عليها حصاد المياه.

اهداف حصاد المياه :

- 1- تجهيز ماء الشرب للانسان والحيوان.
- 2- استفادة انتاجية الاراضي التي تتعرض الى تساقط مطري غير كاف وغير منتظم وذلك بزيادة التغذية المائية للحقل وزراعة الاشجار والشجيرات وتطوير المراعي وبالتالي مكافحة التصحر.

متطلبات مشاريع حصاد المياه الناجحة : ان نجاح حصاد مياه المطر او فشله يعتمد الى مدى كبير على كمية الماء التي يمكن ان تحصد من مساحة تحت ظروف مناخية معينة ، ان عمق ماء السيلح المجمع لعاصفة مطرية يعتمد على العديد من المتغيرات ، ومن اهم هذه المتغيرات مايلي:

- 1- صفات العاصفة المطرية (كميتها وتوزيع شدتها مع الزمن) .
- 2- نوع التربة (صفات الغيض ووجود التشققات).
- 3- انحدار منطقة المستجمع وحجمها (طولها باتجاه اسفل الانحدار).
- 4- المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة في منطقة المستجمع .

وقد اشار Oweis، 1998 الى ان نجاح اي مشروع لحصاد المياه يتطلب مايلي:

- 1- يجب ان تكون المنطقة ملائمة لحصاد المياه.
 - 2- اختيار التقانات الملائمة للمنطقة وازافة النباتات المراد زراعتها بدقة.
 - 3- يجب ان يكون المستفيدون مهتمين بالمشروع ويساهمون في جميع الاعمال.
 - 4- يجب ان يكون المشروع ذو مردود اقتصادي واضح.
- تقسيم تقانات حصاد المياه : تم تقسيم تقانات حصاد المياه الى ثلاث فئات رئيسية من قبل
Siegert و Critchley ، 1991 وهي كما يلي :

1- حصاد ماء المطر ذي المستجمع الصغير Micro-catchment rain water
harvesting حيث يشير اليه البعض بنظام المستجمع ضمن الحقل Within field
catchment system ويتف بما يلي :

أ- يحصد الماء الجاري فوق الارض من مستجمعات قصيرة يتراوح طولها في الغالب بين 1
– 30 متر.

ب- يخزن ماء السيح في مقد التربة.

ت- نسبة مساحة المستجمع الى المساحة المزروعة غالباً ما تكون بين 1:1 الى 1:3 ومن
الامثلة على هذه الفئة Negarium microcatchment للاشجار والسدود الكنتورية
Counter bunds للاشجار والكتوف الكنتورية Counter ridges للمحاصيل الحقلية
والسدود شبه الدائرية للمحاصيل العلفية والمراعي.

2- انظمة حصاد المياه ذات المستجمع الخارجي External catchments system او حصاد ماء المطر Rain water harvesting او تقنية حصاد المياه ذات الانحدار الطويل (Long slope catchments technique) وتتميز بالصفات التالية :

أ- يحصد ماء السيخ فوق الارض او السيخ الجدولي.

ب- يخزن ماء السيخ في مقد التربة.

ت- يتراوح طول المستجمع في الغالب بين 30 – 200 متر.

ث- نسبة مساحة المستجمع الى المساحة المزروعة غالباً ما تكون بين 1 : 2 الى 1 : 10 .

ومن الامثلة على هذه الفئة السدود ذات الشكل شبه المنحرف Trapezoidal bands للمحاصيل الحقلية.

3- الزراعة بمياه الفيضان (Flood water farming) او حصاد ماء الفيضان Flood water harvesting ويشار اليه ايضاً بنشر المياه Water spreading وتتميز بالصفات التالية :

أ- يحصد الماء من السيخ الاضطرابي في القنوات اما بالتحويل او بالنشر.

ب- يخزن ماء السيخ السطحي في مقد التربة.

ت- يمكن ان يكون طول المستجمع كيلو مترات عدة.

ث- نسبة مساحة المستجمع الى المساحة المزروعة اكبر من 1 : 10 .

ومن الامثلة على هذه الفئة سدود الصخور النفاذة Permeable rock dams للمحاصيل الحقلية وسدود نشر المياه water spreading bunds للمحاصيل الزراعية.

وقد اشار Prinz، 1996 الى ان حصاد المياه يمارس بشكل واسع في العالم واطرافه صيغ اخرى لحصاد المياه من بين عدد كبير من الصيغ الموجودة بأسماء مختلفة وهي كما يلي :

1- حصاد المياه من السقوف Roof water harvest ويتضمن حصاد سقوف البنايات وبضمنها البيوت البلاستيكية.

2- حصاد المياه للاستهلاك الحيواني water harvesting for animal consumption وهذا يستخدم في الحقب الماضية حيث يتم حصاد مياه المطر من سفوح التلال وجمعها مباشرة في صهاريج ولا تزال هذه العملية تمارس في الوقت الحاضر في مناطق عديدة من العالم مع بعض التطورات.

3- حصاد المياه بين المروز Inter row water harvesting ويستخدم في الترب المستوية او القليلة الانحدار 5% وذات عمق تربة متر واحد في الاقل ولا تقل الامطار الساقطة عن 200 ملم / سنة وتسمى ايضاً الكتوف الكنتورية ويبلغ ارتفاع الكتف 40 سم والمسافة بين كتف واخر من 2 – 20 متر اعتماداً على الانحدار ومعاملة التربة.

العوامل المؤثرة على كميات الحصاد المائي: من العوامل المؤثرة بشكل رئيسي على كميات تخزين المياه ما يلي: خصائص سطح التربة ، نوع التربة و خصائص الهطولات المطرية.

أ - خصائص سطح التربة: تؤثر خصائص سطح التجميع بشكل مباشر على كمية ومعدل المياه المخزنة من خلال العوامل التالية :

1- الميل: عند اختيار منطقة الحجز يجب أن لا يتجاوز ميل سطح الحجز بمقدار 5% وفي حالة زيادة الميل عن ذلك سوف يؤدي إلى عمليات انجراف للتربة.

2- طول السطح : يؤثر طول السطح (التربة) بشكل مباشر على مساحة سطح التخزين وعلى الفترة الزمنية اللازمة للتخزين.

3- الغطاء النباتي: يؤثر الغطاء النباتي من خلال :

- يزيد من الناقلية الهيدروليكية.

- يزيد من ظهور ظاهرة البقع المائية وبالتالي تزيد عملية التبخر.

- تشكل حواجز أمام المياه وبالتالي زيادة كمية الماء المتبخر.

ويمكن أن تساهم عمليات رص التربة compaction of the soil surface على تحسين عملية حصاد المياه بشكل ملحوظ وبتكلفة قليلة.

ب- نوع التربة : يؤثر نوع التربة التي تتساقط عليها الأمطار على كمية المياه المحجوزة ويلعب قوام التربة دوراً رئيسياً في ذلك، فقوام التربة يؤثر على معدل الارتشاح والناقلية الهيدروليكية للتربة حيث التربة الرملية والحصوية يزيد فيها معدل الارتشاح مقارنة بالتربة الغرينية والطينية . كما أن وجود فراغات (مسام) وبقايا جذوع الأشجار يؤثر على عملية الارتشاح.

ج - خصائص الهطولات المطرية: تؤثر خصائص الهطولات المطرية بشكل رئيسي أو أساسي على معدلات الارتشاح وبالتالي على كمية المياه المحجوزة. ومن أهم خصائص الهطولات المطرية ما يلي:

1- كمية الهطولات Rainstorm amount : ويقصد بها كمية الهطولات المطرية

لمرة واحدة خلال فترة زمنية معينة والتي تحدد بشكل متتابع في منطقة حيز معينة

وتقاس بالمليمتر ماء . ومع زيادة كمية الهطول المطري تزداد رطوبة التربة ويمكن أن تتحول فيما بعد إلى مياه مخزنة.

2- شدة هطول المطر **Rainstorm Intensity** : ويقصد بها كمية الهطل المطري في

مدة معينة وتقاس بالمليمتر ماء لكل ساعة وذلك خلال فترة زمنية معينة . وعادة ما تكون شدة الهطل قليلة في البداية ثم تزداد مع الزمن . فإذا ما تجاوزت شدة الهطل معدل الترشيح فإن ذلك يزيد من إمكانية حصاد المياه.

3- توزيع الهطولات المطرية **Rainstorm Distribution** : يتأثر توزيع الهطولات

المطرية بوجود رطوبة مسبقة في تربة مكان حجز الماء . وغالباً ما يحدث ذلك عند الفترات المطرية المتباعدة على أرض جافة مما يسبب تسرب هذه المياه خلال الشقوق وبالتالي نقص كمية المياه المحجوزة بها.

الأساليب المختلفة لحصد وتخزين مياه الأمطار والسيول في المناطق الجافة

يحدد مناخ المنطقة بدرجة كبيرة نوعية الأساليب المستخدمة في تخزين مياه الأمطار والسيول وعلى سبيل المثال :

1- في الأقاليم المطيرة تستخدم البرك المعدة من الأسمنت أو البلاستيك المقوى أو الفيبر جلاس أو الإسفلت وهي أساليب مكلفة ولكنها ذات جدوى اقتصادية حيث كمية مياه الأمطار وطول فترة هطولها يبرر استخدامها على الرغم من ارتفاع تكاليفها.

2- في الأقاليم الجافة قليلة الأمطار والتي في الغالب مواعيد الهطول وكمية الأمطار وطول وقت هطولها غير ثابتة، بل في بعض الأحيان تمر سنة أو أكثر دون هطول مطر يذكر. في مثل هذه الأقاليم فإن استخدام برك من الأسمنت أو البلاستيك أو الفيبر جلاس تكون غير ملائمة بل وغير اقتصادية وذات جدوى ضئيلة أو بدون فائدة تذكر . وبالتالي لا بد من

التركيز على الأساليب قليلة التكلفة وكبيرة الحجم . فعلى الرغم من استخدامها في مناطق جافة مثل الأقاليم السائدة في المملكة العربية السعودية باستثناء (الجنوب الغربي منها) إلا أن الأمطار تأتي بإذن الله على شكل زوايع رعدية ينهمر خلالها المطر بغزارة وفي فترة قصيرة في الغالب تتعرض الشعاب والأودية خلالها لفيضانات جارفة تمتلئ منها أحواض السدود والخزانات وغيرها . وما تلبث إلا وقت قصير حتى تتبخر دون الاستفادة منها إلا في حالات نادرة وبكميات قليلة جداً.

الاحتباس الحراري ومصادره

مفهوم الاحتباس الحراري (Green House Effect)

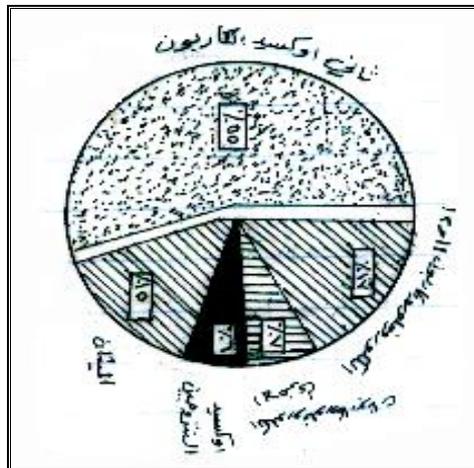
الاحتباس الحراري أو الانحباس الحراري، هو عملية التبادل الإشعاعي بين الغلاف الجوي وما يحتويه من غازات ومواد عالقة وبين سطح الأرض. إذ يسمح الغلاف الجوي بمرور الإشعاع الشمسي باتجاه الأرض لكنه في الوقت نفسه يحبس الإشعاع الأرضي الحراري عاملاً على رفع حرارة الجو. ويكون عبارة عن طبقة غازية ضبابية تنشأ في الحالات التي يكون فيها الهواء مستقرًا وراكداً، حيث يظهر ما نسميه بالحرارة المعكوسة ومثل هذه الظاهرة تحدث عندما تزداد درجات الحرارة كلما ارتفعنا عن سطح الأرض ضمن مئات من الأقدام في التروبوسفير.

كما وعُرف بأنه ارتفاع درجة الحرارة في الغلاف الجوي المحيط بالأرض بسبب تراكم غاز ثاني أكسيد الكربون وغازات دفيئة أخرى وتقوم بدور أشبه بلوح الزجاج في بيت زجاجي، فهي تتيح مرور ضوء الشمس من خلالها وتدفع الأرض لكنها تمنع فقد الحرارة الموازن عن طريق الإشعاع المرتد. إذن الاحتباس الحراري ظاهرة تحدث بسبب الانعكاسات الحرارية (Heat Inversions) وحالات الاستقرار والاستقرارية والسكون التي يتعرض لها الغلاف الغازي، وينجم عنها تراكم الغازات الدفيئة والمواد الهيدروكربونية وذرات الغبار والمواد الصلبة المتطايرة في الغلاف الجوي، مما يعمل

على حيز الأشعة الشمسية المنعكسة من سطح الأرض لترفع درجات الحرارة كلما ارتفعنا للأعلى عكس الوضع الطبيعي لها.

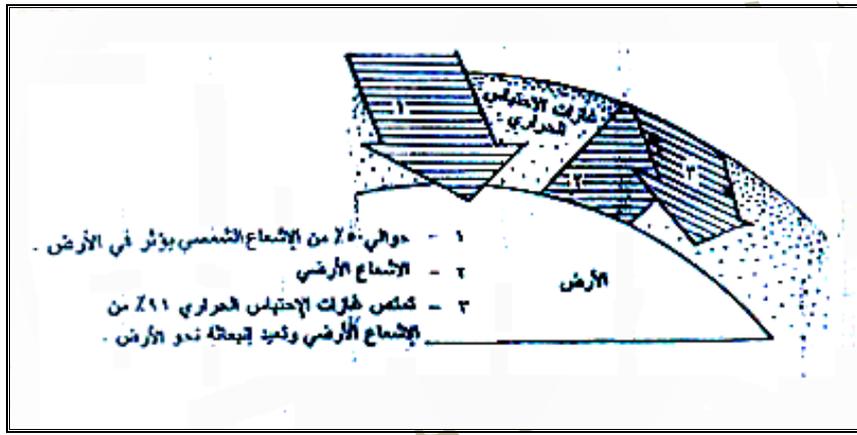
يوجد شكلين للظاهرة (طبيعي) تسببه الغازات المنبعثة من البراكين وحرائق الغابات والأنشطة التكتونية، وهذا النوع لا يشكل خطورة، حيث يدخل ضمن المعادلة الحياتية، فتتعادل الكمية الطبيعية المطروحة من ثاني اوكسيد الكربون مع ما تمتصه النباتات والبحار والمحيطات. وهو الذي أدى إلى بقاء درجة حرارة الأرض ثابتة منذ عشرات آلاف السنين. والنوع الثاني (بشري) يتمثل بما يطرحة الإنسان من غازات ملوثة من الصناعة والنقل والاستخدامات المنزلية والأنشطة الأخرى بصورة مباشرة للغلاف الغازي وبكميات كبيرة ومتزايدة تفوق قدرة مكونات البيئة الطبيعية من معادلتها وتقليل خطورتها، وهنا تكمن المشكلة. إذن فالاحتباس الحراري ظهر وعُرف بمفهومه الحديث كمشكلة بشرية أكثر مما هي طبيعية، على الرغم من إن لها جذورها الطبيعية المتمثلة بالصفات والخصائص المكانية.

لقد كان الاعتقاد السائد إن ثاني اوكسيد الكربون وحده المسؤول عن هذه الظاهرة، غير إن الدراسات التي أجريت خلال العقدين الماضيين أوضحت إن ثاني اوكسيد الكربون مسؤول عن نصف المشكلة، والنصف الآخر سببه غازات أخرى لديها خصائص الاحتباس الحراري مثل الميثان، اوكسيد النيتروجين N_2O ، مركبات الكلوروفلوكاربون. وكما في الشكل 1.



شكل 1 : (النسبة المئوية لغازات الاحتباس الحراري)

وتتسم هذه الغازات بخاصية طبيعية تجعلها تسمح بمرور الأشعة ذات الموجات القصيرة والمتوسطة الآتية من الشمس إلى سطح الأرض ولا تسمح بمرور الأشعة الحراري ذات الموجات الطويلة الواردة من سطح الأرض نحو الفضاء. ويمتص من هذه الغازات ما يعادل 91% ثم تبثها مرة أخرى نحو سطح الأرض مما يؤدي إلى تراكمها واحتباسها بالقرب من سطح الأرض فتتسبب في تسخين الهواء المحيط بها.



شكل 2 : ظاهرة الاحتباس الحراري

تقدر كمية الطاقة التي ترتد من كل متر مربع من سطح الأرض بعد اكتسابه للإشعاع الشمسي نحو 390 واط، يتسرب منها 237 واط إلى الفضاء، وتقوم غازات الاحتباس الحراري بإعادة بث 153 واط مرة أخرى إلى سطح الأرض، وهذه الكمية من الطاقة الحرارية مسؤولة عن حفظ حرارة سطح الأرض عند متوسط 15م°، ولولاها لأصبحت درجة حرارة الأرض 23م° تحت الصفر.

مصادر انبعاث غازات الاحتباس الحراري

ظهرت مشكلة الاحتباس الحراري في الوقت الحاضر نتيجة للتوسع في استخدام الوقود الأحفوري (الفحم-البترول-الغاز الطبيعي) إضافة إلى حرق الخشب والمخلفات الزراعية، ونمو الصناعات الاستخراجية والتحويلية، وما صاحب ذلك من نمو كمية المخلفات الصناعية والأدخنة الصاعدة عن المصانع، وتوسع وزيادة أحجام المدن الذي نتج عنه طرح المخلفات الضارة للبيئة.

لقد أوضحت الدراسات البيئية إن الدول الصناعية (أمريكا الشمالية، غرب أوروبا، اليابان، مجموعة دول منظمة التعاون الاقتصادي والإنمائي) تنتج أكبر كمية من ملوثات الهواء وغازات الاحتباس الحراري، ثم تليها دول شرق أوروبا وروسيا. جدول 1.

جدول 1: توزيع ملوثات الهواء في العالم عام 1992/ مليون طن

الدول الصناعية	شرق أوروبا وروسيا	الدول النامية	الملوثات
39.9	1.29	20	ثاني اوكسيد الكبريت
36.4	15	16.4	اكاسيد النيتروجين
13	15	29	الجسيمات العالقة
125	20	32	أول اوكسيد الكربون

وتختلف شدة وخطورة الظاهرة طبقاً لنوع وكمية الوقود المستخدم وظروف حرقه. كما وتختلف كمية الملوثات وخطورتها حسب نوع القطاع والصناعة المسببة للتلوث والإقليم الواقعة فيه. وعلى ذلك فالصناعة تعد من القطاعات الأساسية في إحداث تلوث الهواء، ثم يليها قطاع النقل بمساهمته قدرها 3500 و1050 مليون طن من غاز ثاني اوكسيد الكربون وعلى التوالي.

يكون قطاع النقل مساهماً رئيسياً في إنتاج غازات الاحتباس الحراري، فيولد ما مقداره 18.2% من غاز ثاني اوكسيد الكربون و60% من غاز أول اوكسيد الكربون، وتعود هذه الكميات الكبيرة من الملوثات الى العدد الهائل من السيارات في العالم، حيث بلغ عام 1990 نحو 590 مليون سيارة (10). وقد قدر العلماء في الولايات المتحدة الأمريكية إن السيارات تقذف بحوالي 66 مليون طن من أول اوكسيد الكربون، ومليون طن من اوكسيد الكبريت و 6 مليون طن من اكاسيد النيتروجين و12 مليون طن من الهباب ، وفقاً لعدد السيارات الذي قدر بحوالي 90 مليون سيارة في

الولايات المتحدة الأمريكية. كما وتطرح الأنشطة البشرية والاستخدامات المنزلية كميات ليست بالقليلة من غازات الاحتباس الحراري.

غازات الاحتباس الحراري وآثارها

1. غاز ثاني اوكسيد الكربون (CO_2)

ينتج غاز ثاني اوكسيد الكربون من الأنشطة الطبيعية (حرائق الغابات، البراكين، وجميع الأنشطة البشرية كالنقل والصناعة وحرق النفايات الصلبة في المدن، ويكون له الدور الكبير في حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري.

لقد كان تركيزه في الهواء في مرحلة ما قبل الصناعة حوالي 280 جزءاً لكل مليون جزء في الهواء مقاساً بالحجم، فيما ازداد هذا التركيز ليبلغ 349 جزءاً بالمليون في عام 1980، ومن المتوقع إن يتضاعف الى 560 جزءاً بالمليون في الفترة الواقعة بين منتصف القرن القادم ونهايته. وتكمن خطورته بكونه يمتص ثلاثة مجالات مختلفة من الأشعة الحرارية المرتدة من سطح الأرض، وكما يلي:

الأول: يتراوح فيه طول الموجة بين (1.6-2.9) مايكرون.

الثاني: يتراوح فيه طول الموجة بين (4.1-4.5) مايكرون.

الثالث: يتراوح فيه طول الموجة بين (13.8-15.4) مايكرون.

2. غاز الميثان (CH_4)

يعد من أكثر الهيدروكربونات توفراً في الغلاف الغازي. وينتج بشكل طبيعي عن فعل النشاط البيولوجي لبعض أنواع البكتريا التي تتحلل من المخلفات النباتية تحللاً لا هوائياً في البرك والمستنقعات والبحيرات والمناطق الرطبة. وتشكل النفايات البشرية المصدر اليومي للميثان الناتج من عمليات تحلل مياه الصرف الصحي ونفايات المدن بالإضافة الى نفايات حيوانات الرعي وحرق النباتات ومناجم الفحم وخطوط الغاز وآبار النفط. يظهر إن نسب تركيز غاز الميثان في الهواء في

ارتفاع مستمر وسريع، زادت كميته بمقدار 390 جزء بالمليون خلال الفترة بين عامي 1850-1993م، وعلى الرغم من كونه أقل من نسبة ثاني اوكسيد الكربون بنحو 205 مرة إلا إن معدلات الزيادة السنوية لنسب تركيزه تفوق مثيلتها لنسب غاز ثاني اوكسيد الكربون بنحو 13 مرة. ويمتص غاز الميثان الأشعة الحرارية التي ترتد من سطح الأرض ذات الموجة 7.66 مايكرون، وتفوق فعالية الجزيء الواحد من غاز الميثان في امتصاص الحرارة وحدوث الاحتباس الحراري فعالية الجزيء الواحد من غاز ثاني اوكسيد الكربون بما يتراوح بين 11-20 مرة. لذلك تبرز أهميته كمسبب قوي للاحتباس الحراري وزيادة فعاليته في ارتفاع حرارة الأرض.

3. اكاسيد النتروز NO

يعد احد اكاسيد النتروجين الناتجة عن سلسلة التفاعلات الطبيعية التي تحدث في الغلاف الجوي وخلال الدورة الطبيعية للنتروجين بفعل البكتريا في التربة وأكسدة المواد العضوية والنتروجينية. ويتولد هذا الغاز من مصادر بشرية متعددة مثل احتراق الوقود الاحفوري بكل صورته ومحركات السيارات. حيث يشكل ما يتراوح بين 30%-35% من إجمالي عوادم السيارات، وكذلك يتولد من احتراق الغاز الطبيعي وخامات النفط والفحم والفضلات العضوية وغيرها من الصناعات.

لقد ازدادت نسبة اوكسيد النتروز في الهواء بين 298 جزء في البليون عام 1976 لتبلغ 305 جزء في البليون عام 1995. ويفوق ثاني اوكسيد الكربون وغاز الميثان في معدل الزيادة السنوية لاوكسيد النتروز بحوالي 3 مرات للأول و35 مرة للثاني. مما يدل على بطئ معدلات زيادته السنوية بالمقارنة مع الغازات الأخرى. ويمتص هذا الغاز الأشعة الحرارية التي ترتد من سطح الأرض والتي يتراوح طول موجاتها بين 7-13 مايكرون، وتفوق فعالية كل جزيء منه فعالية كل جزيء من ثاني اوكسيد الكربون بحوالي 270 مرة وغاز الميثان بحوالي 17 مرة، مما يؤكد دوره وفعاليته في حدوث الاحتباس الحراري.

4. مركبات الكلوروفلوروكربون CFC5

تعد من المركبات الصناعية التي تستخدم في أجهزة التكييف، وكمادة دافعة في علب الرش ورغوة إطفاء الحرائق. وتتبخر هذه المركبات عند درجة حرارة تتراوح بين صفر و40°م تحت الصفر. وتمتص هذه المركبات الأشعة الحرارية المرتدة من سطح الأرض التي يبلغ طول موجاتها 8 و10 مايكرون، وتقوم فاعلية الجزيء الواحد من هذه المركبات في حدوث الاحتباس الحراري فعالية الجزيء الواحد من ثاني اوكسيد الكربون بحوالي عشرة الآلاف مرة، ولها فعالية مرتفعة جداً تفوق فعالية الغازات الأخرى.

الخصائص المناخية المؤثرة في ظاهرة الاحتباس الحراري

1. التيارات الهوائية الهابطة

من البديهي إن الهواء يصعد بصفة عامة في منطقتين أساسيتين هما منطقة الضغط المنخفض الاستوائي ومنطقة الضغط المنخفض الدائم في العروض دون القطبية حيث تكون مثل هذه المناطق طاردة للملوثات الهوائية. فيما يهبط في منطقتين هما منطقة الضغط المرتفع في العروض الوسطى والمنطقة القطبية. وتحدث حالات الاحتباس الحراري في مناطق العروض الوسطى (المناطق المحصورة بين خطي عرض 30-60 شمالاً وجنوباً) بسبب التيارات الهوائية الهابطة التي تحجز الغازات والملوثات تحتها. وتتميز هذه التيارات بارتفاع درجة حرارتها بسبب الكبس المسلط عليها من الطبقات العليا، وحال نزوله فإذا ارتفعت درجة حرارته فوق درجة حرارة الهواء الموجود تحته فإن ذلك يولد ما يعرف بـ (الأنقلاب الخمودي) (Sub sidence Inversion). وترافق هذه الظروف أجواء صافية وقليلة المطر، فإذا تزامن وجود الملوثات الهوائية مع هذه الظروف الجوية وقعت الكوارث البشرية وحصل الاختناق لكثير من سكان المدن الصناعية في المناطق المحصورة بين هذين الدائرتين مثل كاليفورنيا ولندن ولوس انجلوس وكندا واليابان وغيرها من الأقاليم الصناعية التي تقع ضمن هذا الموقع الفلكي. ويساعد طول النهار وتوفر الأشعة الشمسية وصفاء الجو على تكوين تفاعلات ضوء كيميائية

(Photochemical) ينتج عنها ما يسمى بالضباب الضوئ كيميائي الذي يرتبط بصورة عامة بمدينة لوس انجلوس الأمريكية . ويرافق ذلك توفر الغازات الدفيئة والمواد الهيدروكاربونية و او كسيد النيتروجين التي تعد عامل أساس في وقوع المشكلة البيئية. وتُعتبر حالات الاستقرارية وانخفاض سرعة الرياح وقلة الغيوم وشفاء الجو من الظروف المرافقة للتيارات الهابطة حيث يعيقان تبعثر الملوثات في طبقات الجو.

2. الاختلاط الرأسي (الاضطراب الدوامي) وسرعة الرياح

تتخذ دورة الهواء داخل الغلاف الجوي نظامين هما الأفقي (السطحي) والنظام الرأسي (حركة الهواء الصاعد والهابط، وبطبيعة الحال أن تنتقل الملوثات مع هذه الحركة الأفقية والرأسية). إن ظواهر الاضطراب والتيارات الدوامية مسؤولة عن حدوث عملية الاختلاط والانتشار من الاتجاه العمودي والأفقي (الجانبية)، وهذا التأثير خاضع لعدد من التيارات الدوامية المختلفة، فالتيارات الكبيرة تتبع عموماً تيارات دوامية اصغر تكفي لحركة وانتقال الجزيئات الملوثة وتبعثرها. وتؤدي هذه العملية الى تخفيف تركيز الملوثات الهوائية في جو المدن عن طريق رفعها الى الأعلى. وتبعثرها في الفضاء حتى يقل تركيزها وإبعاد خطرها عن طبقة التروبوسفير التي يعيش فيها الإنسان والكائنات الحية. كما إن سرعة الرياح واتجاهها يؤثران بشكل كبير في تركيز نسبة الملوثات، حيث يتناسب تركيز الملوثات في الغلاف الغازي تناسباً عكسياً مع سرعة الرياح، فكلما ازدادت سرعة الرياح كلما قلت نسبة تركيز الملوثات، وتساعد حركة الرياح الأفقية على نقل الغازات الملوثة الى أقاليم أخرى بعيدة عن منطقة المصدر ومن ثم اختلاطها مع رياح جديدة وبالتالي تقليل التراكم السمية لها. أما انخفاض سرعتها أو ما يسمى (الأحوال الجوية المستقرة) فتؤدي الى حدوث ضعف في عملية الاختلاط الهوائي فتتسأ عنها بعض الظواهر الجوية كالضباب والندى وخاصة إذا توافرت الرطوبة الجوية. وتحدث الكوارث البيئية التي تسببها ظاهرة الاحتباس الحراري في الأيام التي يكون فيها ارتفاع الحركة الرأسية للهواء (الاختلاط الرأسي) اقل من

1500 م وسرعة الرياح اقل من 4 م/ثا أي حوالي اقل من 15 كم/ساعة، وتكون غير مصاحبة بأمطار وهي ما تسمى بـ(الأيام الحديثة).

3. الانقلابات الإشعاعية

يحدث هذا النوع في مناطق العروض العليا والمناطق الأخرى الباردة بفضل عوامل جوية تساعد على تكوين الانقلاب أو الانعكاس الحراري، ويسمى هذا النوع (بالانقلاب الحراري المناخي) أو الانقلاب الإشعاعي (Radiation Inversion). ففي ليالي الشتاء الساكنة والصافية يبرد سطح الأرض عن طريق الإشعاع الحراري، وبهذه العملية تبرد طبقة الهواء الملاصق لسطح الأرض. ففي الحالة الاعتيادية تتناقص درجة الحرارة كلما ارتفعنا للأعلى اعتباراً من سطح الأرض، لكن هنا تصبح العملية معاكسة للعملية السابقة (الهبوط الحراري)، إذ تنخفض درجة الحرارة حتى ارتفاع محدد اعتباراً من سطح الأرض ولن تسمح كتلة الهواء المستقرة فوق طبقة الهواء البارد والقريبة من سطح الأرض بالتبادل الشاقولي للهواء محدثة بذلك انقلاباً جويّاً. ويكون ارتفاع الطبقة الحاجزة (Blocked layer) ضئيلاً فهي تقع عادة على ارتفاع 200 م أو اقل من ذلك. وعندما تقوم الشمس بتدفئة الأرض خلال النهار تدفئ الغلاف الجوي السفلي، فتكوّن طبقة يحدث عندها اختلاط في الجو وفجأة تتحرر الملوثات التي كانت محجوزة في الغلاف الجوي خلال الطبقة الحاجزة.

والانقلاب الإشعاعي ذا أهمية كبيرة في الشمال الأقصى أثناء الليل القطبي الطويل، فقد يبقى أسابيع عدة ويساهم في أماكن كثيرة مثل فيريا نكس وألاسكا وكندا بقدر كبير في أحداث تلوث الهواء. وتزداد هذه الظاهرة خطورة في العروض القطبية المغطاة بالثلوج حيث يرتد الإشعاع الشمسي بشدة وينجم عن ذلك انخفاض درجة حرارة الهواء الملاصق للأسطح الثلجية في حين ترتفع درجة حرارة الهواء كلما ارتفعنا للأعلى ويسمى هذا بالانقلاب الحراري الثابت (Stable Inversion) ، وإذا

ما تزامن مع هذا الظرف وجود مصادر لانبعاث الملوثات تتراكم الغازات الدفيئة تحت هذه الطبقة وتسبب حجز أو احتباس لها مما ترفع درجة الحرارة في هذه المناطق.

4. الرطوبة (الأمطار والضباب)

لرطوبة الهواء تأثير واضح في توزيع كمية الدخان بالجو، وان نسبة تركيز الدخان تزداد عند ارتفاع كمية الضباب. ومن الملاحظ إن هناك قاعدة عامة ترتفع فيها نسبة تركيز الملوثات بارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء، غير إن ذلك لا ينطبق على كل الغازات، فمثلاً إن تركيز الكلور ينخفض بارتفاع نسبة الرطوبة في الهواء، في حين ترتفع نسبة السخام وثاني اوكسيد الكبريت. وفي الأجواء الرطبة مثل مدينة البصرة وفي فصل الصيف على وجه الخصوص فان الجو يكون مرهقاً، وتتجمع تحت الطبقة الهوائية الرطبة الغبار والدخان مما يضعفان الرؤية. وقد تتكاثف الرطوبة سحياً ركامية صغيرة ومبعثرة ثم تكبر وتتصل وتنتشر تحت القاعدة ويكون نموها من أعلى إلى أسفل، وإذا أسقطت مطراً فيكون ملوثاً بجسيمات الغبار والدخان. وغالباً ما تكون الأجواء الضبابية مصحوبة بدرجة عالية من التلوث الهوائي. تؤدي هذين الظاهرتين الى إسقاط جزيئات العناصر الملوثة العالقة في الجو وإشراكها معها في تفاعلات كيميائية يكون الماء العنصر الفعال في هذا التفاعل ومن ثم إسقاطها على الأرض بشكل ملوثات سائلة اقل خطورة من الملوثات التي يستنشقها الإنسان ويكون تأثيرها مباشراً.

5. الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة

يعد الإشعاع الشمسي المصدر الرئيس لتسخين سطح الأرض، وهو عبارة عن أشعة كهرومغناطيسية تتحول الى طاقة كيميائية، تعتبر الأساس في حدوث التفاعلات الضوء كيميائية للغازات الملوثة المنتشرة في الجو. وتوجد علاقة طردية بين كمية وقوة الإشعاع الشمسي وكمية وخطورة التفاعلات الضوء كيميائية للملوثات، حيث يزداد نشاط التفاعلات الكيميائية مع شدة

الإشعاع الشمسي. وبذلك يكون لشدة ومعدل ساعات السطوع اليومي اثر كبير في حدوث عملية الاحتباس الحراري.

إن الإشعاع الأرضي (Terrestrial Radiation) يشكل جانب آخر مؤثر في حدوث هذه الظاهرة، وهو يتمثل بكونه أشعة مظلمة تحمل الحرارة فقط، ويبلغ أقصى معدل له بعد الظهر تقريباً فيما يبقى مستمراً طوال اليوم. فكلما كانت ساعات السطوع طويلة كلما كان الإشعاع الأرضي أطول. وتعمل الغيوم والسحب الدخانية والغبار والغازات الملوثة وبخار الماء، على التقليل من فقدان الإشعاع الأرضي بصفة خاصة أثناء الليل وفي الطبقة السفلية من الجو، وبالتالي فان درجة الحرارة ترتفع كثيراً بتأثير الإشعاع الأرضي المحجوز تحتها.

إن لدرجة الحرارة تأثير واضح في عملية الاحتباس الحراري، فهناك علاقة عكسية بين درجة الحرارة ونسبة تركيز الملوثات، حيث إن أكثر ما تصل إليه نسبة التلوث عندما تكون درجة حرارة الهواء منخفضة جداً، وخاصة أوقات الشتاء لما لذلك من علاقة برطوبة الهواء.

6. الرياح المحلية

تسبب الرياح المحلية مثل (نسيم البر والبحر، نسيم الجبل والوادي) حالات من الاحتباس الحراري. ففي الأوقات التي ينساب فيها الهواء البارد من فوق السفوح الجبلية العالية الى بطون الأودية يكون أكثر كثافة ووزناً، في حين يرتفع الهواء الساخن الى الأعلى (30) مما يعيق حركة كتلة الهواء البارد ويجبرها على الاستقرار في مكانها لفترة زمنية، كما ويرافقها انعدام حركة الرياح الأفقية والعمودية.

لقد أثرت هذه الحالة في مواقع متعددة من الدول الصناعية، فالحادثة التي أصابت وادي الميز في بلجيكا كانت من هذا القبيل، حيث استقر الهواء المنزلق من السلاسل الجبلية الى قعر الوادي ولم يستطع الهواء الدافئ من إخراجها لذا استقر فوق الهواء البارد مما جعل السكان يلجأون إلى تدفئة

منزلهم بمصادر التدفئة التقليدية مما رفع نسبة الملوثات وحجزها داخل الوادي حيث سبب الاختناق والوفاة لسكان المنطقة وإصابة المتبقين بالأمراض المزمنة.

7. الثبات الجوي (الاستقرارية) (Stability)

من المعروف إن درجات الحرارة تنخفض بمعدل درجة مئوية واحدة لكل 100م ارتفاع للأعلى، لكن تحدث في معظم الأحيان إن تنخفض درجة الحرارة بمعدل أسرع من هذا المعدل، أي إن الهبوط يكون أكثر من درجة مئوية واحدة لكل 100م، عندها يكون الجو غير مستقر وتكون الحركة الرأسية والأفقية للهواء على أشدها، مما يدفع الملوثات على الانتقال وتخفيف تراكيزها في الهواء. وعندما تنعكس الحالة، أي ترتفع درجة الحرارة مع الارتفاع بمعدل أسرع من معدل الهبوط الاديبياتيكي حينئذ يكون الهواء ثابتاً، أي إن الحركة الرأسية معدومة أو متوقفة وهنا يظهر ما يسمى ب(الطبقة الانقلابية) التي يكون من خصائصها إن ترتفع فيها درجة حرارة الجو مع الارتفاع بدلاً من انخفاضها، لذا فتعمل كغطاء فوق الغلاف الجوي تحجز الملوثات تحتها، وتجمعها بالقرب من سطح الأرض مسببة بذلك حالة من الاحتباس الحراري.

8. الجبهات الهوائية

تحدث حالات الاحتباس الحراري في المناطق التي تتعرض لغزو الجبهات الهوائية، أي عندما تلتقي كتلتان هوائيتان مختلفتان من حيث خصائصهما الحرارية ينساب الهواء البارد الثقيل الى الأسفل، في حين يرتفع الهواء الساخن الخفيف الى الأعلى لأنه اقل وزناً وكثافة، فتحدث حالة تسمى ب(الانقلاب الحراري المتحرك) ، مما يحجز الملوثات الهوائية لمدة من الزمن. وبما إن الجبهات الهوائية كتل كبيرة ومتحركة بصورة مستمرة ، لذلك لا توجد خطورة في مثل هذا النوع من الاحتباس، فهو لا يتجاوز يوم واحد أو بعض اليوم. وبسبب الحركة المستمرة للجبهات الهوائية تتبدد الملوثات مع حركة الجبهة وتقل خطورتها تدريجياً.

الظواهر الجوية المصاحبة للاحتباس الحراري

1. الضبخان (الضباب - الدخان) Smog

هو الضباب الملوث بالدخان، وينتج عندما تختلط أنواع متعددة من الملوثات بالدخان والأتربة والغازات بقطرات الماء المكونة للضباب، واشتقت التسمية من كلمتي (Smoke) دخان و(Fog) ضباب. وتعد حالات سكون الرياح والرطوبة الجوية وراء تكوين هذا النوع من الظواهر، فهي تؤدي إلى تراكم ملوثات الغلاف الجوي إلى مستوى غير عادي من التركيز وبخاصة في المناطق الصناعية والمزدحمة بالسكان كما هو الحال في مدينة لوس انجلوس في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث ساعد ضوء الشمس وشفاء وسكون الجو على إحداث تفاعلات ضوء كيميائية (Photochemical) تولد غازات كريمة منها الأوزون، ثاني أكسيد النيتروجين. ويزداد خطر هذه الغازات السامة عندما يكون تركيزها كبير جداً. ويسبب الضباب الدخاني الضوء كيميائي (Photochemical smog) رفع نسبة تواجد غاز الأوزون بسبب تولده كيميائياً في ظل ارتفاع معدلات التلوث وخاصة في المدن، حيث يعرض سكان المدن للاختناق لأنه غاز سام يسبب سعال حاد، وإذا ما زادت نسبته عن 2 جزء في المليون من الهواء سيتحول الاختناق إلى فقدان كامل للوعي.

وهناك نوع آخر من الضبخان يحدث في مدينة لندن وهو يتكون من الضباب الممزوج بالدخان، وهذا يكون أقل سمية وخطر من ذلك النوع الذي يصيب لوس انجلوس. حيث تعرضت مدينة لندن عام 1952 لكارثة، فقد أدى الانعكاس الحراري إلى احتجاز الضبخان (الضباب الممزوج بالدخان) دون تبديد وامتصت الطبقة العليا للضباب حرارة الشمس ونشأ عن ذلك هواء أكثر دفناً فوق هواء شديد البرودة، فلجأ الناس إلى تدفئة بيوتهم بالفحم وبدرجة كبيرة مما رفع محتوى الهواء من ثاني أكسيد الكربون إلى ضعف مستواه العادي، وقد سبب الضبخان في ضعف الرؤية التي أصبحت لا تزيد درجتها عن متر واحد.

2. الأمطار الحامضية

تتفاعل أكاسيد الكبريت والنيتروجين المنبعثة من مصادر مختلفة مع بخار الماء في الجو لتتحول إلى أحماض ومركبات حامضية ذائبة معلقة في الهواء حتى تتساقط مع مياه الأمطار مكونة ما يعرف بـ(الأمطار الحامضية). إما في بعض المناطق الجافة التي لا تسقط فيها الأمطار تلتصق هذه المركبات الحامضية على سطح الأتربة العالقة في الهواء وتتساقط معها مكونة فيما يعرف بـ(الترسيب الحامضي الجاف) وأحيانا يطلق على كلا النوعين مصطلح (الترسيب الحامضي).

وبالرغم من أن الأمطار الحامضية ليست مشكلة في معظم الدول العربية (لندرة الأمطار) إلا إن الترسيب الحامضي الجاف يشكل مشكلة أخذة في الازدياد بزيادة تركيزات أكاسيد الكبريت والنيتروجين في الهواء كما إن الضباب الحامضي الذي يتكون في الصباح الباكر في بعض دول الخليج العربي أصبح يشكل ظاهرة ملموسة. وتسبب الأمطار الحامضية أضرار كبيرة للمياه التي تنساب إلى داخل التربة تقتل الكائنات الحية فيها وكذلك تسبب تشوهات في الأوراق النباتية وتقضي على الكائنات الحيوانية والنباتية والمائية، كما وتسبب تلوث لمياه الشرب.

كما وهناك اعتقاد سائد بين العلماء بأن كميات كبيرة من الكبريت التي تحملها الرياح من الجزر البريطانية وبلجيكا وفرنسا وألمانيا وجيكوسلوفاكيا وبولندا إلى شمال أوروبا وخاصة الدول الإسكندنافية يستغرق عبورها بضعة أيام تكون بدايتها ثاني أكسيد الكبريت ونهايتها على شكل كبريتات أو حامض الكبريتيك وحامض النتريك، لذا فإن الأس الهيدروجيني pH للمطر الذي يتساقط على كل من النرويج والسويد يبلغ أربعة أضعاف ما يكون عليه في بريطانيا نفسها. فيكون ما بين (3 و 5 و 4) وقد يصل أحيانا إلى 3، وهو ما يعادل نحو 100 مليجرام من حامض الكبريتيك في كل لتر من الماء.

3. ظاهرة القبة الهوائية

وهي عبارة عن غطاء من الغبار الممزوج بالدخان يتكون فوق المدينة، وتحدث هذه الظاهرة عندما تفقد الأبنية والشوارع في المدينة حرارتها بالإشعاع فيسخن الهواء الذي يعلوها، فيحدث نتيجة لذلك

انقلاب حراري يؤدي الى إبطاء عملية التبريد، أي بعبارة أخرى حدوث زيادة في الطاقة الحرارية المتجمعة فوق المدينة مما يعيق عملية التبادل الهوائي وبالتالي احتباس الملوثات وذرات الغبار والدخان والشوائب الأخرى. وعند استمرار هذه الظاهرة تبقى حركة الرياح معدومة مما يجعل السكان ينتشقون الهواء الفاسد الموجود لليوم السابق مما يجلب أضراراً للسكان مثل أمراض الحساسية في الجهاز التنفسي وأمراض الربو والتهاب الرئة والشعب الهوائية.

مدرس المادة

إ.م.د. محمد علي عبود

2020/5/ 2

الأستاذ الدكتور محمد علي عبود