

علم المناخ التطبيقي

تأليف

الأستاذ المساعد الدكتور

سلام هاتف احمد الجبوري

كلية التربية / ابن رشد للعلوم الانسانية

قسم الجغرافية

جامعة بغداد

الطبعة الأولى

شباط ٢٠١٤

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(وهو الذي مَدَّ الأرض وجعل فيها رواسي
وانهارا ومن كل الثمرات جعل فيها زوجين اثنين
يغشي الليل النهار إن في ذلك لآيات لقوم
يتفكرون [٣]).

سورة الرعد

الاهداء

الى عبد الله ورسوله ونبيه وامينه ونجييه وحببيه
وصفيه وصفوته وخاصته وخالصته وخيرته من
خلقه محمد (ص) اهدي هذا الجهد المتواضع.

فهرست المحتويات

الصفحة	الموضوع
٢٠	المقدمة.
٢٢	الفصل الأول: مفهوم وتطور علم المناخ التطبيقي وأجهزة القياس.
٢٣	مفهوم علم المناخ التطبيقي.
٢٣	تطور علم المناخ التطبيقي.
٢٦	المحطات المناخية.
٢٩	أجهزة قياس عناصر المناخ.
٣٠	١: الإشعاع الشمسي.
٣٣	٢: سطوع الشمس الفعلي.
٣٦	٣: درجة الحرارة.
٤٢	٤: الضغط الجوي.
٤٦	٥: الرياح.
٤٩	٦: الرطوبة الجوية.
٥٢	٧: المطر.
٥٤	٨: الثلج.
٥٤	٩: التبخر.
٥٩	١٠: الندى.
٦٠	١١: عمليات الرصد العلوي.
٦٣	الفصل الثاني: الطرق الرياضية والإحصائية لقياس عناصر المناخ.
٦٤	الطرق الرياضية والإحصائية لقياس عناصر المناخ.
٦٤	أولاً: الإشعاع الشمسي.
٦٦	ثانياً: درجة الحرارة.
٦٦	١: درجة الحرارة المتجمعة.
٦٦	أ: معادلة سيلينينوف.
٦٧	ب: معادلة أخرى للإغراض الزراعية.
٦٨	ج: في مجال الهيدرولوجيا.
٦٨	د: في مجال التدفئة والتكييف المركزي.
٦٨	٢: درجة الحرارة النسبية.
٦٩	٣: القارية.
٦٩	أ: معادلة جونسون.
٧٠	ب: معادلة جونسون المعدلة.
٧١	ج: معادلة خروموف.
٧١	د: معادلة بوريسوف.

٧٢	هـ: معادلة جرزنسكي.
٧٣	و: معادلة ديبرايش.
٧٣	٤: البحرية.
٧٤	٥: درجة الحرارة الفعالة.
٧٥	٦: تحويل درجات الحرارة.
٧٧	ثالثا: الرطوبة الجوية.
٨١	رابعا: الرياح.
٨٢	خامسا: الأمطار.
٨٢	١: تعويض بيانات الأمطار المفقودة.
٨٣	٢: تذبذب الأمطار.
٨٤	٣: مدة الرجوع.
٨٥	سادسا: التبخر:
٨٦	١: معادلة بليني – كريدل.
٨٨	٢: معادلة كوتاجن.
٨٩	٣: معادلة إيفانوف.
٨٩	٤: معادلة ثورنثويت.
٩٢	٥: معادلة خوسلا.
٩٣	٦: معادلة نجيب خروفة.
٩٤	سابعا: دلائل الجفاف.
٩٥	١: معامل لانج.
٩٦	٢: معامل دي مارتون.
٩٧	٣: معادلة شرف.
٩٧	٤: معامل جفاف كوبن.
٩٩	٥: دليل إيفانوف.
١٠١	٦: معامل جفاف كابوت ري.
١٠١	٧: معامل ستينز.
١٠٢	٨: معامل جفاف ماير.
١٠٥	٩: معامل سلخوزبروم.
١٠٥	١٠: معادلة ميز واندروز.
١٠٦	١١: معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري.
١٠٦	١٢: علاقة سكاتا.
١٠٧	١٣: معامل بنك.
١٠٧	١٤: معادلة ثورنثويت.
١٠٨	١٥: علاقة سيتزر.
١٠٩	١٦: معادلة أوستن ميلر.

١١٠	١٧: معادلة بيلي للمطر الفعال.
١١٢	ثامنا: الموازنة المائية المناخية.
١١٦	الفصل الثالث: التصنيف المناخية.
١١٧	التصنيف المناخية.
١١٧	التصنيف التجريبية.
١١٧	أولا: تصنيف كوبن.
١٢٤	ثانيا: تصنيف أوستن ميلر.
١٢٦	ثالثا: تصنيف دي مارتون.
١٢٧	رابعا: تصنيف ثورنثويت.
١٣٤	التصنيف الأصولية.
١٣٤	اولا: تصنيف بوديكو.
١٣٦	ثانيا: تصنيف اليسوف.
١٣٦	ثالثا: تصنيف فلوين.
١٣٨	رابعا: تصنيف اوليفر.
١٣٩	التصنيف البشرية.
١٤١	اولا: تصنيف موندري.
١٤٣	ثانيا: تصنيف تيرجنج.
١٥٢	الفصل الرابع: المناخ والمحاصيل الزراعية.
١٥٣	المناخ والمحاصيل الزراعية.
١٥٤	أولا: ضوء الشمس.
١٥٥	١: شدة الضوء.
١٥٦	٢: طول الفترة الضوئية.
١٥٧	٣: طول الموجة.
١٥٨	ثانيا: درجات الحرارة.
١٥٨	١: درجات الحرارة الدنيا.
١٦١	٢: درجات الحرارة المثلى.
١٦١	٣: درجات الحرارة العليا.
١٦٢	٤: درجات الحرارة المتجمعة.
١٦٣	٥: صفر النمو.
١٦٤	٦: فصل النمو.
١٦٥	٧: السكون.
١٦٥	٨: درجة حرارة التربة.
١٦٦	ثالثا: الضغط الجوي.
١٦٦	رابعا: الرياح.
١٦٨	خامسا: الرطوبة النسبية.

١٧٠	سادسا: التكاثف.
١٧٣	سابعا: التساقط.
١٧٦	ثامنا: رطوبة التربة.
١٧٧	تاسعا: التبخر.
١٧٨	الآفات النباتية.
١٧٨	١: الآفات الحشرية.
١٧٩	٢: الآفات المرضية.
١٨٠	٣: الأدغال.
١٨١	٤: القوارض.
١٨٢	الفصل الخامس: المناخ وتربية الحيوانات والطيور.
١٨٣	المناخ وتربية الحيوانات والطيور.
١٨٣	أولا: درجات الحرارة.
١٨٥	ثانيا: الإشعاع الشمسي.
١٨٧	ثالثا: الرطوبة الجوية.
١٨٨	رابعا: الأمطار.
١٨٩	خامسا: الرياح.
١٩٠	سادسا: الضغط الجوي.
١٩٠	سابعا: التبخر.
١٩١	تأثير الجفاف على الرعي.
١٩٥	الفصل السادس: المناخ والنقل.
١٩٦	المناخ والنقل.
١٩٦	١: درجات الحرارة.
١٩٦	أ: تأثير ارتفاع درجات الحرارة.
١٩٧	ب: تأثير انخفاض درجات الحرارة.
١٩٩	الجبال الجليدية.
٢٠١	٢: الرياح.
٢٠٢	٣: العواصف الترابية والرملية.
٢٠٣	٤: الضباب.
٢٠٥	٥: الأمطار.
٢٠٦	٦: الثلوج.
٢٠٧	٧: السحب.
٢٠٨	٨: الضغط الجوي.
٢٠٨	٩: الصقيع.
٢٠٩	الفصل السابع: المناخ وعدد من الأنشطة البشرية.
٢١٠	المناخ الصناعي .

٢١٣	المناخ والتجارة.
٢١٥	المناخ والسياحة.
٢١٥	المناخ العسكري.
٢٢٠	الفصل الثامن: المناخ الطبي.
٢٢١	المسببات المرضية.
٢٢٢	النواقل.
٢٢٣	عناصر المناخ المؤثرة على الأمراض.
٢٢٣	١: الإشعاع الشمسي.
٢٢٤	٢: درجة الحرارة.
٢٢٥	٣: الضغط الجوي.
٢٢٧	٤: الأمطار.
٢٢٨	٥: الرطوبة النسبية.
٢٢٩	٦: الرياح.
٢٢٩	بعض الأمراض ذات الصلة بعناصر المناخ.
٢٣٣	الفصل التاسع: المناخ وراحة الإنسان.
٢٣٤	المناخ وراحة الإنسان.
٢٣٤	التوازن المائي داخل جسم الإنسان.
٢٣٦	التوازن الحراري داخل جسم الإنسان.
٢٣٦	١: الإشعاع.
٢٣٧	٢: الحمل.
٢٣٧	٣: التوصيل.
٢٣٧	٤: الطاقة المولدة في الجسم.
٢٤٠	٥: التبخر.
٢٤٠	مؤشرات الراحة وقوانينها.
٢٤١	١: درجة الحرارة الفعالة.
٢٤٣	٢: دليل الحرارة الرطبة.
٢٤٤	٣: عامل التبريد الريحي.
٢٤٥	٤: درجة الحرارة المكافئة.
٢٤٦	٥: دليل الإجهاد.
٢٤٧	الفصل العاشر: المناخ والعمارة.
٢٤٨	المناخ والعمارة
٢٤٩	مواضع المناطق السكنية.
٢٤٩	أنواع المساكن وفقا للظروف المناخية السائدة.
٢٥١	المناخ ومواد البناء.
٢٥٣	تأثير عناصر المناخ على الأبنية.

٢٥٣	١: الإشعاع الشمسي.
٢٥٤	٢: درجات الحرارة.
٢٥٥	٣: الرياح.
٢٥٦	٤: الرطوبة.
٢٥٦	٥: التساقط.
٢٥٦	٦: البرق.
٢٥٧	المناخ والعمل البنائي.
٢٥٨	الفصل الحادي عشر: المناخ والسكان.
٢٥٩	المناخ والوطن الأصلي للسكان.
٢٦٠	المناخ وتكيف الجسم البشري.
٢٦١	عناصر المناخ وتوزيع السكان وكثافتهم.
٢٦٢	١: درجات الحرارة.
٢٦٢	أ: درجات الحرارة المعتدلة.
٢٦٣	ب: درجات الحرارة المرتفعة.
٢٦٤	ج: درجات الحرارة المنخفضة.
٢٦٦	٢: الإشعاع الشمسي.
٢٦٧	٣: الأمطار.
٢٦٨	٤: الضغط الجوي.
٢٧٠	الفصل الثاني عشر: المناخ والنبات الطبيعي.
٢٧١	أهمية المناخ للنبات الطبيعي.
٢٧٢	الأقاليم النباتية.
٢٧٣	أولاً: نباتات المناطق الحارة.
٢٧٣	١: إقليم الغابات الاستوائية.
٢٧٤	٢: إقليم الغابات الموسمية.
٢٧٤	٣: إقليم الحشائش الحارة (السفانا).
٢٧٥	٤: إقليم الصحاري الحارة.
٢٧٦	ثانياً: نباتات المنطقة المعتدلة الدفيئة.
٢٧٦	١: إقليم نباتات البحر المتوسط.
٢٧٦	٢: إقليم نباتات جنوب الصين.
٢٧٧	٣: إقليم المراعي المعتدلة الدفيئة.
٢٧٧	إ: البراري.
٢٧٨	ب: الاستبس.
٢٧٨	ثالثاً: نباتات المنطقة المعتدلة الباردة.
٢٧٨	١: إقليم الغابات النفضية.
٢٧٩	٢: إقليم الغابات الصنوبرية (المخروطية).

٢٨٠	٣: إقليم المراعي المعتدلة الباردة.
٢٨٠	رابعاً: إقليم نباتات التندرا.
٢٨١	خامساً: الغطاء النباتي على المرتفعات.
٢٨٤	الفصل الثالث عشر: المناخ والمياه.
٢٨٥	أهمية المياه.
٢٨٦	حالات الماء.
٢٨٧	الدورة الهيدرولوجية.
٢٨٩	مصادر المياه.
٢٩٣	المياه العذبة.
٢٩٥	مشكلة المياه العذبة.
٢٩٥	مشكلة المياه العربية العذبة.
٢٩٦	تلوث المياه.
٢٩٧	كيفية الحفاظ على الموارد المائية.
٢٩٨	الحصاد المائي.
٣٠١	الفصل الرابع عشر: المناخ والتربة.
٣٠٢	تعريف التربة.
٣٠٢	العوامل المؤثرة في تكوين التربة.
٣٠٥	عمليات تكوين التربة.
٣٠٧	مكونات التربة.
٣٠٨	قطاع التربة.
٣٠٩	المناخ وماء التربة.
٣١٣	المناخ وتصنيف التربة.
٣١٣	أولاً: الترب النطاقية.
٣٢٠	ثانياً: الترب غير النطاقية.
٣٢١	ثالثاً: : الترب بين النطاقية.
٣٢٢	المناخ عامل بناء وهدم.
٣٢٣	الفصل الخامس عشر: المناخ ومصادر الطاقة المتجددة.
٣٢٤	المناخ ومصادر الطاقة المتجددة.
٣٢٥	أولاً: الطاقة الشمسية.
٣٣١	ثانياً: طاقة الرياح.
٣٣٥	ثالثاً: الطاقة المائية.
٣٣٧	رابعاً: الطاقة الحيوية.
٣٣٨	خامساً: الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات.
٣٤٠	سادساً: طاقة المد والجزر.
٣٤٣	سابعاً: طاقة الأمواج البحرية.

٣٤٣	ثامنا: طاقة البرق.
٣٤٤	مزايا مصادر الطاقة المتجددة.
٣٤٥	صعوبات استغلال مصادر الطاقة المتجددة.
٣٤٦	الفصل السادس عشر: المناخ والتلوث الجوي.
٣٤٧	التلوث الجوي.
٣٤٩	مصادر التلوث الجوي.
٣٥١	كيفية معالجة التلوث الجوي.
٣٥١	المشاكل المناخية للتلوث الجوي.
٣٥٢	أولا: الاحترار العالمي.
٣٦١	ثانيا: المطر الحامضي.
٣٦٣	ثالثا: ضباب المدن.
٣٦٥	رابعا: تآكل الأوزون في طبقة الستراتوسفير.
٣٦٧	خامسا: التعتيم الشمسي.
٣٧٠	سادسا: التلوث الإلكتروني.
٣٧١	الفصل السابع عشر: المناخ والتصحر.
٣٧٢	الصحراء.
٣٧٥	مفهوم التصحر.
٣٧٦	التصحر مشكلة عالمية.
٣٧٧	أسباب التصحر.
٣٨١	مظاهر التصحر.
٣٨٤	درجات التصحر.
٣٨٥	الآثار المترتبة على التصحر.
٣٨٦	مكافحة التصحر.
٣٨٨	نماذج في مكافحة التصحر.
٣٩٤	الفصل الثامن عشر: كوارث مناخية.
٣٩٥	أولا: الجفاف.
٤٠١	ثانيا: موجات الحر.
٤٠٣	ثالثا: الفيضانات.
٤٠٣	رابعا: التورنادو.
٤٠٥	خامسا: الأعاصير المدارية البحرية.
٤١١	سادسا: العواصف الثلجية.
٤١١	سابعاً: العواصف الرعدية الشديدة.
٤١٣	ثامنا: النينو والنينيا والإنسو.
٤١٦	الفصل التاسع عشر: التغير المناخي.
٤١٧	مفهوم التغير المناخي.

٤١٩	طرق تاريخ المناخ القديم.
٤٢٢	أدلة المناخ القديم.
٤٢٣	١: أدلة المناخ الدافئ.
٤٢٥	٢: أدلة المناخ البارد.
٤٢٨	٣: أدلة المناخ الجاف.
٤٢٩	٤: أدلة المناخ الرطب.
٤٣٠	أسباب التغير المناخي.
٤٣٠	أولاً: نظريات الأسباب الطبيعية.
٤٣٠	١: نظرية البقع الشمسية.
٤٣٢	٢: نظرية ميلانكوفيتش.
٤٣٤	٣: نظرية حركية الألواح.
٤٣٥	٤: نظرية الغبار البركاني.
٤٣٦	٥: فرضيات الاختلافات في المغناطيسية الأرضية.
٤٣٧	ثانياً: نظريات الأسباب البشرية.
٤٣٧	١: نظرية ثاني أكسيد الكربون وغازات البيت الزجاجي.
٤٣٨	٢: نظرية الهباء الجوي.
٤٤٠	العصور المناخية للمدة الماضية.
٤٤٢	المصادر.

فهرست الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	التسلسل
٦٥	الإشعاع الشمسي الذي يصل سم ^٢ من سطح الأرض في أيام مختلفة من السنة، شرط ألا يكون الغلاف الجوي موجودا (سعة / سم ^٢ / يوم).	١
٦٦	عدد ساعات سطوع الشمس نظريا (طول النهار) على درجات عرض مختلفة.	٢
٦٩	درجة الحرارة النسبية في مدينة بغداد خلال المدة ١٩٧١ - ٢٠٠٧.	٣
٧٠	الموقع من دوائر العرض ومتوسط معدل حرارة شهري تموز وكانون الثاني الاعتيادية والمدى الحراري السنوي لمحطة بغداد خلال المدة ١٩٧١ - ٢٠٠٧.	٤
٧٥	درجة الحرارة الفعالة ومعيار الراحة.	٥
٧٨	حساب الرطوبة النسبية من الفرق بين درجة حرارة الميزان الجاف والمبلل (%).	٦
٧٨	الرطوبة المطلقة الإشعاعية (غم / م ^٣).	٧
٧٩	الرطوبة النوعية الاشباعية (غم / كغم).	٨
٧٩	معامل المزج الاشباعي (غم / كغم).	٩
٨٠	ضغط البخار المشبع (ea) بالمليبار اعتمادا على معدل درجة حرارة الهواء (م°).	١٠
٨١	نقطة الندى.	١١
٨٢	النسب المئوية السنوية لمعدلات تكرار الرياح في محطة كركوك.	١٢
٨٥	مدة رجوع الأمطار السنوية في محطة بغداد للمدة ١٩٧١ - ٢٠٠٧.	١٣
٨٧	معدل النسب اليومية لساعات النهار السنوية لمختلف دوائر العرض في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي.	١٤
٩١	قيمة (N) التي تمثل متوسط زمن شروق الشمس المحتملة حسب الأشهر ودوائر العرض في نصف الأرض الشمالي.	١٥
٩٢	معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (م°) لمحطة سامراء.	١٦
٩٢	نتائج معادلة ثورنثويت.	١٧
٩٤	أنواع المناخ وفقا لمجموع الأمطار الساقطة كما حددها العالم بليير.	١٨

١٩	أصناف معامل المطر وفقا لمعادلة لانج.	٩٥
٢٠	معامل جفاف دي مارتون، والغطاء النباتي الطبيعي المرافق له، ووصف المنطقة.	٩٦
٢١	معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (°م)، ومعدل مجموع الأمطار (ملم)، ومعدل الرطوبة النسبية %، الشهرية والسبوعية لمحطة سامراء .	٩٨
٢٢	معدلات التبخر (ملم)، وقيمة K لمحطة سامراء وفقا لمعادلة إيفانوف.	١٠٠
٢٣	معدلات التبخر / نتح الممكن (ملم)، وفقا لمعادلة نجيب خروفة في محطة سامراء.	١٠٢
٢٤	ضغط البخار المشبع Ea بالمليبار كدالة على معدل درجة حرارة الهواء (°م).	١٠٤
٢٥	معامل المطر الفعال (ملم)، وفق شركة سلخوزبروم الروسية لمحطة سامراء.	١٠٥
٢٦	معامل ميز وأندروز الشهري لمحطة سامراء.	١٠٥
٢٧	معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري لمحطة سامراء.	١٠٦
٢٨	المناطق المناخية لثورنثويت وفقا لكفاية المطر	١٠٨
٢٩	كفاية السواقط وفقا لمعادلة ثورنثويت.	١٠٨
٣٠	فاعلية الأمطار السنوية ونوع المناخ كما جاء بها سيتزر.	١٠٩
٣١	فاعلية الأمطار الشهرية والسنوية في محطة سامراء وفقا لعلاقة سيتزر.	١٠٩
٣٢	فاعلية المطر ونوع المناخ ورمزه وفقا لمعادلة بيلي.	١١١
٣٣	معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (°ف)، والأمطار (بوصة) لمحطة سامراء.	١١١
٣٤	نتائج معادلة فاعلية المطر لبيلي.	١١٢
٣٥	الموازنة المائية المناخية (ملم) لمحطة سامراء وفق المعادلة الاتية: $P - PE = \pm$	١١٣
٣٦	الموازنة المائية المناخية لمحطة سامراء = الامطار الفعالة (ملم) - التبخر النتح الممكن (ملم).	١١٤
٣٧	الموازنة المائية المناخية (ملم) لمحطة سامراء باستخدام التبخر / النتح الحقيقي.	١١٥
٣٨	معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في أنداجويا / كولمبيا.	١٢١
٣٩	معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في فارديو / النرويج.	١٢٢

٤٠	معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في نيواورلينز/ الولايات المتحدة.	١٢٢
٤١	معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في مطار عمان / الاردن	١٢٢
٤٢	معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في محطة مانيلا / الفلبين.	١٢٣
٤٣	معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في هيريبن.	١٢٤
٤٤	رطوبة الأقاليم Im حسب دليل رطوبة ثورنثويت.	١٢٨
٤٥	معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (°م)، والرطوبة النسبية %، والأمطار (ملم)، لمحطة البصرة للمدة ١٩٧١ – ٢٠٠٧.	١٢٩
٤٦	التبخّر / النتج الممكن (ملم) وفقا لمعادلة خوسلا، والموازنة المائية المناخية وفقا للمعادلة: $P - PE = \pm$ لمحطة البصرة للمدة ١٩٧١ – ٢٠٠٧.	١٢٩
٤٧	دليل رطوبة ثورنثويت وفق المعادلة الآتية: $Im = 100 \left[\left(\frac{P}{PE} \right) - 1 \right]$	١٢٩
٤٨	الاختلافات الفصلية للقيمة الفعلية للرطوبة.	١٣٠
٤٩	أقاليم الفاعلية الحرارية في تصنيف ثورنثويت.	١٣١
٥٠	القيمة الفعلية للحرارة وفقا لتصنيف ثورنثويت في محطة البصرة للمدة ١٩٧١ – ٢٠٠٧.	١٣٢
٥١	التركز الصيفي للفاعلية الحرارية.	١٣٣
٥٢	أقاليم العالم المناخية وفقا لتصنيف أوليفر.	١٣٩
٥٣	حدود المتغيرات المناخية لموندر.	١٤٢
٥٤	مناطق الراحة ودرجاتها وحدودها التي وضعها تيرجنج عام ١٩٦٦.	١٤٤
٥٥	قرائن الراحة المركبة (اليومية) حسب قرينتي النهار والليل لتيرجنج.	١٤٥
٥٦	طبيعة تأثير الرياح والرموز الدالة على ذلك لتيرجنج.	١٤٧
٥٧	رموز قرينة تأثير الرياح النهارية والليلية والمركبة لتيرجنج.	١٤٨
٥٨	رموز الأقاليم المناخية الفسيولوجية لشهري تموز وكانون الثاني لتيرجنج.	١٤٩
٥٩	بيانات مناخية عن محطة بغداد لشهر كانون الثاني.	١٤٩
٦٠	أطول نهار وفقا لدوائر العرض.	١٥٧

٦١	درجة الحرارة (°م) الصغرى والعظمى والمثلث لبعض الخضروات.	١٥٩
٦٢	درجات الحرارة الدنيا (°م) خلال مراحل النمو المختلفة.	١٦٠
٦٣	درجات الحرارة المتجمعة لبعض المحاصيل الزراعية.	١٦٣
٦٤	صفر النمو لبعض المحاصيل.	١٦٤
٦٥	كمية الأمطار التي تحتاجها بعض المحاصيل خلال فصل نموها.	١٧٣
٦٦	معدل الطاقة المولدة أثناء القيام ببعض النشاطات (كالوري / ساعة).	٢٣٩
٦٧	درجة الحرارة الفعالة وحالة الإنسان.	٢٤١
٦٨	معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (°م)، والرطوبة النسبية %، والأمطار (مم)، وضغط بخار الماء (كيلوباسكال)، وسرعة الرياح م/ثا، وسرعة الرياح كم/ساعة في محطة الناصرية.	٢٤٢
٦٩	درجة الحرارة الفعالة وحالة الإنسان.	٢٤٢
٧٠	دليل الحرارة الرطبة وفقا للمعادلة الثالثة.	٢٤٣
٧١	العلاقة بين معامل تبريد الرياح (K) والحالة الجوية التي يشعر بها الإنسان.	٢٤٤
٧٢	عامل التبريد الريحي والحالة الجوية لشعور الإنسان في محطة الناصرية.	٢٤٥
٧٣	درجة الحرارة المكافئة لمحطة الناصرية.	٢٤٥
٧٤	الخصائص الفيزيائية لبعض مواد البناء.	٢٥٢
٧٥	دورة الماء.	٢٨٩
٧٦	مصادر الماء.	٢٩٠
٧٧	آفاق التربة الرئيسة والثانوية لقطاع من التربة وخصائصها.	٣٠٩
٧٨	مكونات الغلاف الجوي الغازية .	٣٤٩
٧٩	تقدير الكربون المنبعث بسبب إزالة الغابات (مليون / طن) .	٣٥٤
٨٠	تركيز الميثان في الغلاف الغازي.	٣٥٦
٨١	قياسات وتقدير أكسيد النيتروز في الغلاف الغازي.	٣٥٧
٨٢	الصحاري الرئيسة في العالم وفقا للموقع والمساحة.	٣٧٣
٨٣	توزيع الصحاري الحارة والباردة حسب موقعها من القارات.	٣٧٣
٨٤	صحاري الوطن العربي.	٣٧٤

٣٨٣	معدل كمية الأملاح الذائبة ونسبة الصوديوم في أنهار العراق.	٨٥
٤٠٥	مقياس فوجيتو لشدة التورنادو.	٨٦

فهرست الأشكال

الصفحة	عنوان الشكل	التسلسل
٢٧	صندوق المحارير (صندوق ستيفنسن) .	١
٢٨	نموذج لمحطة مناخية.	٢
٣٠	بايريليوميتر إبلي لقياس الإشعاع الشمسي.	٣
٣١	الاكتينوميتر ذو المحرارين البصلة السوداء والبصلة البيضاء.	٤
٣٢	جهاز انجستروم.	٥
٣٣	جهاز غن وبلاني لقياس الإشعاع الشمسي الكلي.	٦
٣٤	جهاز قياس سطوع الشمس (كامبل – ستوكس) .	٧
٣٤	خرائط أو بطاقات التسجيل لجهاز كامبل – ستوكس.	٨
٣٥	جهاز مارفن لسطوع الشمس.	٩
٣٧	مقياس الحرارة الاعتيادي .	١٠
٣٧	ميزان الحرارة العظمى وفيه الاختناق.	١١
٣٨	مقياس درجة الحرارة العظمى والصغرى.	١٢
٣٩	الثرموكراف (المحرار المسجل) .	١٣
٤٠	ورقة بيانية تلف حول اسطوانة المحرار المسجل موضحا عليها خطأ بيانيا لدرجات الحرارة.	١٤
٤١	محارير قياس درجة حرارة أعماق التربة.	١٥
٤٢	البارومتر الزئبقي.	١٦
٤٣	بارومتر فورتن لقياس الضغط الجوي.	١٧
٤٤	بارومتر كيو لقياس الضغط الجوي.	١٨
٤٥	بارومتر انيرويد لقياس الضغط الجوي.	١٩
٤٥	جهاز انيرويد ووحدات القياس.	٢٠
٤٦	مسجل الضغط الجوي (الباروكراف) .	٢١
٤٧	اتجاهات الرياح الرئيسة والثانوية والفرعية.	٢٢
٤٨	جهاز قياس اتجاهات الرياح.	٢٣
٤٩	الانيمومتر لقياس سرعة الرياح.	٢٤
٥٠	المرطاب ذو البصلتين الجافة والرطبة.	٢٥
٥١	جهاز مقياس الرطوبة ذو الشعرة.	٢٦
٥٢	مسجل الرطوبة.	٢٧
٥٢	مقياس المطر الاعتيادي.	٢٨
٥٣	مخطط لمسجل المطر ذو الطوافة.	٢٩
٥٥	جهاز ببشي للتبخر.	٣٠

٣١	حوض التبخر صنف A.	٥٦
٣٢	بعض اجهزة قياس وتسجيل التبخر.	٥٧
٣٣	الرسم التوضيحي للايزوميتر الوزني (أ) .	٥٨
٣٤	الرسم التوضيحي للايزوميتر ذو الصرف (ب) .	٥٨
٣٥	جهاز الراديو سوند للرصد العلوي.	٦١
٣٦	مقاييس درجات الحرارة.	٧٦
٣٧	وردة رياح تمثل نسب تكرار معدلات اتجاه الرياح السنوية في محطة كركوك.	٨٢
٣٨	لوحة الراحة لتيرجنج.	١٤٤
٣٩	لوحة حساب قرينة تبريد الرياح لتيرجنج.	١٤٦
٤٠	تأثير الأمطار على مرض الملاريا في المنطقة الجنوبية من العراق للمدة ١٩٧٢ - ٢٠٠٢ .	٢٢٨
٤١	حالات الماء وعمليات التحول.	٢٨٧
٤٢	علاقة دوران القمر بظاهرة المد والجزر.	٣٤١
٤٣	زحف الكثبان الرملية.	٣٨١
٤٤	زراعة كنتورية.	٣٨٧
٤٥	التموجات في الرياح الشرقية.	٤٠٧
٤٦	مراحل تطور الاعاصير المدارية.	٤٠٨
٤٧	تجمد نهر التايمز في لندن في شتاء سنتي ١٦٨٣ - ١٦٨٤ .	٤٢٨

فهرست الخرائط

التسلسل	عنوان الخريطة	الصفحة
١	الصحاري في العالم.	٣٧٢
٢	صحاري الوطن العربي.	٣٧٥
٣	التيارات البحرية في العالم.	٣٩٨
٤	ألواح الكرة الأرضية.	٤٣٤

المقدمة

لعلم المناخ علاقة وثيقة بعلوم أخرى عن طريق اشتراكهما في دراسة مواضيع مشتركة عديدة. فهو يتفق مع علم الأنواء الجوية في دراسة أجهزة قياس عناصر المناخ، كما يستعين علم المناخ بعلمي الرياضيات والإحصاء عن طريق الاستفادة منهما في وضع معادلات ذات صيغ رياضية وإحصائية تستعمل لقياس عناصر المناخ. فضلا عن ذلك هناك بعض المختصين بالعلوم الأخرى وضعوا تصانيف مناخية لها شهرتها، كتصنيف كوبن الذي صممه عالم نباتي كان يدرس فسلجة النبات، فوجد أن النبات صورة واقعية لعناصر المناخ، لاسيما درجات الحرارة والأمطار.

لا يقتصر دور المناخ على ذلك، فالمناخ له تأثير على مختلف الأنشطة البشرية، سواء كان ذلك على المحاصيل الزراعية، أو تربية الحيوانات والطيور، وكذلك النقل والصناعة والتجارة والسياحة، والنشاط العسكري.

إن المناخ له اتصال وثيق بعلم الطب، إذ نتج عنهما ما يعرف بالمناخ الطبي، لأن كثيرا من الأمراض لها ظروف مناخية ينشط فيها المرض، وتصل نسبة الإصابة ذروتها في ظل ظروف مناخية خاصة، كما في الزكام والأنفلونزا اللذان ينشطان مع انخفاض درجات الحرارة، والتيفوئيد وضربة الشمس اللذان ينشطان مع ارتفاع درجات الحرارة.

كما يرتبط المناخ بعلم الهندسة ضمن موضوع المناخ والعمارة، إذ يحتاج المهندس إلى دراسة عناصر المناخ عند تصميمه لبناية أو مسكن معين، لأن مناخ البناية الداخلي يتأثر بمناخ البناية الخارجي.

إن المناخ يؤثر على الإنسان نفسه من خلال تأثيره المباشر على شعور الإنسان بالراحة أو الضيق والانزعاج، عن طريق تأثيره على التوازن المائي والحراري داخل جسم الإنسان.

كما يؤثر المناخ على توزيع السكان وكثافته على سطح الكرة الأرضية، فهو جعل مساحات شاسعة تكاد تخلو من السكان، كما في الأصقاع الجليدية الباردة والصحاري المقفرة، في حين جعل مناطق أخرى مكتظة جدا بالسكان، كما في دول شمال غرب أوربا، بسبب اعتدال مناخها، وكذلك في

مناطق جنوب وجنوب شرق آسيا، حيث الأمطار الوفيرة ودرجات الحرارة الملائمة للزراعة الكثيفة، لاسيما لمحصول الرز.

للمناخ تأثير لا يغفل عنه على الكثير من الموارد الطبيعية ذات الصلة بحياة الإنسان منها: النبات الطبيعي، المياه، التربة، مصادر الطاقة المتجددة، والهواء الذي له الكثير من العلاقة بالمناخ عن طريق مصطلح التلوث الجوي، الذي تندرج ضمنه مشاكل مناخية عديدة منها: الاحترار العالمي، المطر الحامضي، ضباب المدن، تآكل الأوزون الستراتوسفيري، التعتيم الشمسي، والتلوث الإلكتروني.

فضلا عن ذلك إن للمناخ دور مهم في حدوث ظاهرة التصحر، وحصول الكوارث المناخية كالجفاف، وموجات الحر، والفيضانات، والتورنادو والاعاصير المدارية البحرية، والعواصف الثلجية، والعواصف الرعدية الشديدة، وظواهر النينو والنينيا والانسو.

كما ينبغي عدم نسيان موضوع التغير المناخي الذي يهتم به أكثر من اختصاص إلى جانب علم المناخ، والذي يعد من المواضيع المهمة التي شغلت فكر العلماء في الوقت الحالي.

إن ما ذكر من مواضيع هي في حقيقتها مشتركة ما بين المختصين بعلم المناخ، واختصاصات أخرى، وفيها يبرز تأثير المناخ في تلك المجالات، لذا تستحق أن توضع تحت علم يجمع هذا الاشتراك ألا وهو علم المناخ التطبيقي، الذي احتواه هذا الكتاب المتضمن على تسعة عشر فصلا، ومن الله التوفيق.

المؤلف

كانون الثاني ٢٠١٤

الفصل الأول
مفهوم المناخ التطبيقي
تطوره
محطاته
أجهزة قياس عناصره.

الفصل الأول

المناخ التطبيقي: مفهومه، تطوره، محطاته، أجهزة قياس عناصره.

مفهوم علم المناخ التطبيقي : Applied Climatology

هو العلم الذي يبحث في تأثير عناصر المناخ وظواهره على مختلف المجالات التي لها علاقة بحياة الإنسان ، وصحته ، ونشاطه ، وموارده .
ويعد علم المناخ التطبيقي أحد فروع علم المناخ Climatology ، فهو يأخذ منه البيانات الخاصة بعناصر المناخ وظواهره ، ويبين أثرها على جوانب الحياة المختلفة التي لها علاقة بالإنسان ، الأمر الذي نتج عنه علوم عديدة مشتقة عن علم المناخ التطبيقي كعلم المناخ الزراعي Agro Climatology ، وعلم المناخ الطبي Medical Climatology ، وعلم المناخ البيئي أو الحيوي Bio climatology ، وعلم المناخ الصناعي Industrial Climatology... الخ.

تطور علم المناخ التطبيقي :

إن علاقة الإنسان بالمناخ علاقة قديمة قدم الإنسان نفسه . فمحاولاته الأولى لتفادي أضرار الظروف المناخية القاسية نحو الاحتماء من الرياح القوية، والإشعاع الشمسي الشديد، والحر القائن ، والبرد القارص ، وظاهرة البرق والرعد ، ودرأ أخطاء الفيضان، ودفع ضرر الجفاف... الخ . ولد عند الإنسان الفكرة الأولى عن علاقته بالمناخ، والتي تطورت مع تطور الإنسان، وانتقاله من مرحلة حضارية الى أخرى .

لقد وصل عن الحضارات القديمة بعض الشيء الذي يوحى الى اهتمام إنسان ذلك الوقت بالمناخ، لتأثيره المباشرة على حياته، فظهر (أول كتاب مناخي منهجي لابوقراط Hippocrates الذي اسماه الهواء والماء والأماكن عام ٤٠٠ ق.م ، وتلاه كتاب أرسطو الموسوم بـ الميترولوجيا Meteorological عام ٣٥٠ ق.م ، ويعد كيرهيستس Kyrrhestes أول من صمم برج الرياح الذي يعد أول مرصد أنوائي في العالم^(١)).

يعد الصينيون من الشعوب القديمة التي اهتمت بملاحظة الجو ومظاهره، إذ أن زراعتهم اللذين عاشوا في حوض النهر الأصفر قبل حوالي ٣٠٠٠ سنة

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٣٠-٣١ .

مضت كانوا يحاولون التنبؤ باقتراب الفصول على أساس مراقبة النجوم وتقدير مواقعها. كما كان للأشوريين والبابليين والمصريين القدماء طرق خاصة لتحديد الزمن والتنبؤ بتغيرات الجو^(١).

إن تلك الحضارات القديمة كان لها اهتمامها بالأمطار لعلاقتها الصميمة بالزراعة والرعي، والتي قامت عليها تلك الحضارات، لاسيما أن لها علاقة بالفيضان والجفاف. ويعد سد مأرب الشهير من السدود القديمة التي أقامها الإنسان في أرض اليمن للاحتفاظ بالمياه واستخدامها وقت الجفاف. وما قصة النبي يوسف (ع) التي ورد ذكرها في القرآن المجيد، والتي يتبين منها سنوات الوفرة بالأمطار والسنوات العجاف (الجافة) التي مرت على مصر وما جاورها من البلاد، وحسن تدبير النبي يوسف (ع) في معالجته لهذه المشكلة إلا خير دليل على تأثير النشاط البشري في تلك المرحلة المتمثل بالزراعة والرعي بعناصر المناخ السائدة ومنها الأمطار. وقد ورد في القرآن الكريم آيات عديدة تصف حالات مناخية معينة كدليل على تأثير عناصر المناخ على الزراعة منها (وَتَرَى الْأَرْضَ هَامِدَةً فَإِذَا أَنْزَلْنَا عَلَيْهَا الْمَاءَ اهْتَزَّتْ وَرَبَتْ وَأَنْبَتَتْ مِنْ كُلِّ زَوْجٍ بَهِيجٍ) الحج الآية (٥). كما قال سبحانه وتعالى في كتابه العزيز في سورة ياسين (وَآيَةٌ لَهُمُ الْأَرْضُ الْمَيِّتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ) الآية ٣٣ .

كما تطرق القرآن الكريم عن تأثير الرياح الشديدة وأثرها في حياة الإنسان (وَأَمَّا عَادٌ فَأُهْلِكُوا بِرِيحٍ صَرْصَرٍ عَاتِيَةٍ (٦) سَخَّرَهَا عَلَيْهِمْ سَبْعَ لَيَالٍ وَثَمَانِيَةَ أَيَّامٍ حُسُومًا فَتَرَى الْقَوْمَ فِيهَا صَرْعَى كَأَنَّهُمْ أُعِجَازٌ نَحْلٌ خَاوِيَةٌ (٧)) الحاقة . كما تطرق الى ظاهرة البرق فقال عز وجل (يَكَادُ الْبَرْقُ يَخْطَفُ أَبْصَارَهُمْ كُلَّمَا أَضَاءَ لَهُمْ مَشَوْا فِيهِ وَإِذَا أَظْلَمَ عَلَيْهِمْ قَامُوا (١٢٠)) البقرة .

اهتم سكان شبه الجزيرة العربية وما جاورها قبل الإسلام بالأمطار أيضاً لتأثيرها على زراعتهم ومراعيهم ومشربهم. حتى تجارتهم ما بين فصل الصيف الى الشام والشتاء الى اليمن ما هي الا نتيجة لتأثير عناصر المناخ، لاسيما تباينها من فصل الى آخر كالحرارة والأمطار.

حين مجيء الإسلام واهتمامه بمختلف العلوم حظي المناخ باهتمام كثير من العلماء. كما جاء في مقدمة ابن خلدون وكتب المسعودي والجاحظ اللذين

(١) صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياتي ، أسس علم المناخ ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ٢٠٠١ ، ص ١٤ .

وصفوا علاقة المناخ بحالة الناس الاجتماعية والنفسية ومزاج وطبائع البشر ولون البشرة^(١). لذا يمكن أن يعد هذا ضمن المناخ التطبيقي الا انه في حالاته الوصفية الأولى .

شهدت بداية النهضة الأوروبية ترجمة العديد من الكتب العربية الى اللغات الأوروبية المختلفة، فبدأت مرحلة التطور الأوربي للأفكار والنظريات المناخية وإضافة الجديد إليها، وساعد ذلك اختراع عدد من الأجهزة لقياس عناصر المناخ كما في وصف غاليلو للمحرار Thermometer سنة ١٥٩٢م، وصناعته من قبل سانتريو سنتاري سنة ١٦١٢م، وصنع البارومتر Barometer من قبل تورشيلي عام ١٦٤٣م، فضلاً عن اكتشاف عدد من القوانين الطبيعية المتعلقة بالغلاف الغازي كقانون بويل عام ١٦٦١م، الذي كشف العلاقة بين حجم الهواء وضغطه. ثم ظهرت محطات الرصد وكانت بداية الانتقال من المشاهدة الوصفية الى الوصف على أساس الحقائق والأرقام. فكانت أول محطة رصد في باريس عام ١٦٦٤م. وفي عام ١٧١٤م أعتمد المقياس الفهرنهايتي، وفي عام ١٧٣٦م أعتمد المقياس المئوي، واكتشف مقياس الرطوبة Hygrometer عام ١٧٨٣م، ومقياس المطر raingauge عام ١٧٨٧م. وشهد نهاية القرن التاسع عشر بداية بوادر المناخ التطبيقي بمفهومه الحديث بالظهور، إذ استطاع الاكسندر فيكوف الروسي بين عامي ١٨٤٢-١٩١٦م أن ينجز بحثاً يسمى حالياً بالمناخ الزراعي Agro climatology ، وظهرت في هذا القرن في الولايات المتحدة عدة دراسات تبين تأثير عناصر المناخ في الزراعة او التربة كبحث هيلكارد Hilgard سنة ١٨٩٢م عن علاقة المناخ بالتربة، وبحث وتني Whitney في العام نفسه عن بعض الصفات الطبيعية للتربة وعلاقتها بالرطوبة وتوزيع المحاصيل الزراعية، وظهر بحث لميل Mell عام ١٨٩٣م عن مناخ القطن ، اما أيب فكتب عام ١٩٠٥م عن العلاقة بين المناخ والمحاصيل الزراعية، كما سبقهم فوري Forry في كتابته عام ١٨٤٢م عن أمراض النباتات وتأثير المناخ فيها^(٢).

في بداية القرن العشرين تطور علم المناخ التطبيقي مع اختراع الطائرات. فظهر بنك penck في المانيا الذي قدم فرضيته عام ١٩١٠م عن

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، علم المناخ التطبيقي ، دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٢١ - ٢٣ .

(٢) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ٣٢ - ٣٥ .

تأثير المناخ في أشكال سطح الأرض ، وهو أول من استخدم مصطلح الأمطار المؤثرة (الفعالة) Affective Rainfall. لقد تميز النصف الأول من القرن العشرين بظهور معادلة دي مارتون De marton في تحديد المناطق الجافة ، كما ظهر تصنيف كوبن koppen الشهير ، وتصنيف ثورنثوايت Thornthwaite بشكله النهائي عام ١٩٤٨م. وفي مجال الانواء الجوية استطاع التنبؤ الجوي ان يقفز قفزات كبيرة، لاسيما أثناء الحربين العالميتين الأولى والثانية ، وجاء تطور الاتصالات السلكية واللاسلكية ليتمكن المحطات من إيصال معلوماتها إلى مراكز التنبؤ خلال فترة قصيرة جداً . وبذلك بدأت تظهر نشرات جوية منتظمة ، واستطاعت ان تحقق نجاحاً جيداً في التنبؤ لفترة ثلاثة أيام. وعندما أضيفت معلومات الأقمار الصناعية، واستخدام الحاسوب في عملية التنبؤ ، أصبح التنبؤ يستخدم لأسبوع . ولان المناخ التطبيقي يحتاج في الكثير من جوانبه الى معلومات تفصيلية دقيقة . الأمر الذي أدى الى ظهور بعض الدراسات في المناخ التفصيلي Microclimatology خدمت علم المناخ التطبيقي . لذا شهد العالم المتطور العديد من البحوث في هذا المجال^(١) .

المحطات المناخية :

هي مكان رصد عناصر المناخ وظواهره المختلفة بواسطة أجهزة معينة . منها ما يوضع داخل كشك المحارير ، الذي يسمى بصندوق ستيفنسون Stevenson Screen ، والذي هو عبارة عن صندوق أبيض اللون ، يعكس الإشعاع الشمسي المباشر ، ذو فتحات لغرض تهوية الأجهزة بداخله ، يكون على ارتفاع نحو ١,٥ متر فوق سطح الأرض للابتعاد عن تأثير الإشعاع الأرضي يلاحظ شكل (١).

(١) نفس المصدر ، ص ٣٥ - ٣٧ .

شكل (١) صندوق المحارير (صندوق ستيفنسن)

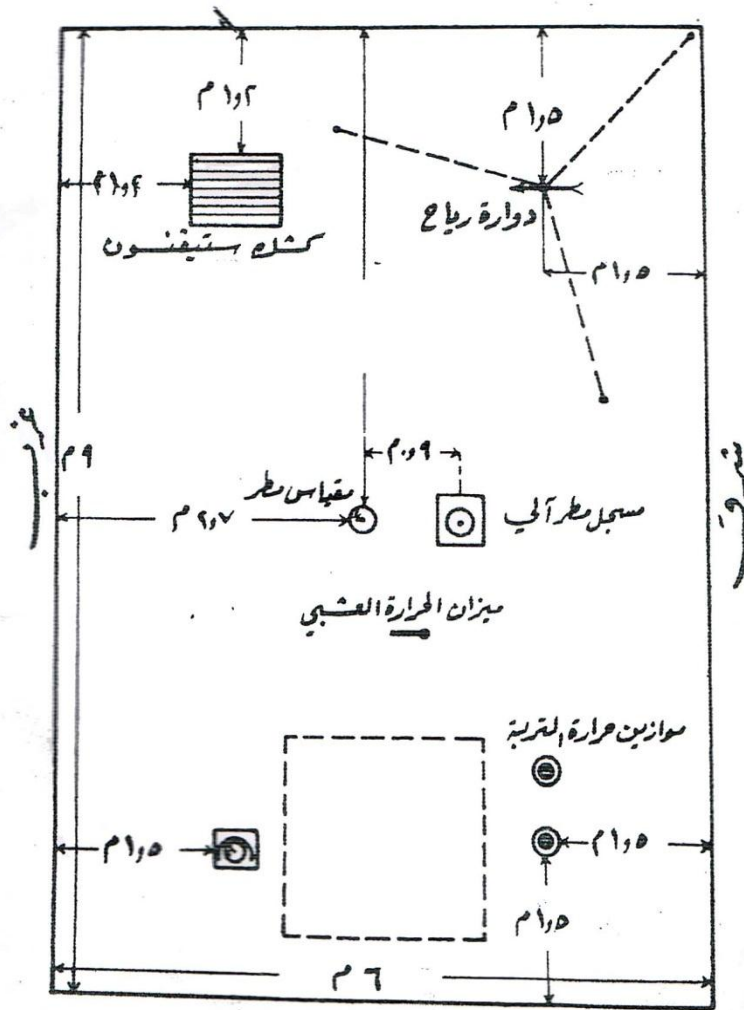


المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements , fifth edition , prentice hall , inc . Englewood cliff , n.j . USA , 1965 , p.19 .

إن الأجهزة التي توضع فيه هي : محرار درجة الحرارة الترمومتر لقياس درجة حرارة الهواء ، ومحارري درجة حرارة الهواء العظمى والصغرى ، ومحارري الحرارة الرطب والجاف (المرطاب) ، والترموكراف (مسجل الحرارة الآلي) ، والهيكروكراف (مسجل الرطوبة الآلي) ، والبارومتر الزئبقي ، والباروكراف (مسجل الضغط الجوي الآلي) ، وجهاز بيشي للتبخر .

أما بقية الأجهزة فتوضع في المحطة وفق أبعاد معينة تحول دون تأثير بعضها على البعض الآخر وهي : جهاز قياس الإشعاع الشمسي ، جهاز عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية (جهاز كامبل-ستوكس) ، مقياس المطر الاعتيادي ، مقياس المطر الآلي ، حوض التبخر صنف A ، مقياس اتجاه الرياح (دوارة الرياح) ، مقياس سرعة الرياح (الايتمومتر) ، مجموعة محارير قياس درجة حرارة أعماق مختلفة من التربة من حرارة السطح الى عمق ٣ متر ، ومحارر قياس درجة حرارة العشب . اما رصد الغيوم فتعتمد على خبرة الراصد . والشكل (٢) يوضح نموذج لمحطة مناخية ذات أبعاد معينة نحو ٦ متر عرضاً و٩ متر طولاً ، فضلاً عن ذلك هناك أبعاد موضحة في المحطة ما بين جهاز وآخر .

شكل (٢) نموذج لمحطة مناخية



المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الأردن ، ١٩٨٣ ، ص ١٦ .

أن المحطات المناخية التي تهتم برصد عناصر المناخ تقسم الى عدة محطات فمنها المحطات المناخية الشمولية السينو بتكية وهي تقيس معظم عناصر المناخ وظواهرها، وتسقط بياناتها على خرائط تسمى بالخرائط السينو بتكية. وهناك محطات مناخية تنشأ للغرض الذي أقيمت من اجله كالمحطات الزراعية، والمحطات الخاصة بالطيران، والمحطات البحثية، والمحطات الخاصة بالسدود والخزانات، ومحطات التلوث... الخ. وهذه تهتم

برصد عناصر المناخ وظواهره التي تتطلبها الحاجة التي أنشأت بسببها المحطة .

ان أجهزة الرصد متنوعة وعديدة بحكم تنوع وتعدد عناصر المناخ . إلا انه هناك صفات معينة يجب ان يتحلى بها كل جهاز من أجهزة الرصد المناخية منها: دقة القياس ، ومتانة الصنع ، ومقاومة تقلبات الطقس ، وسهولة الاستعمال ، وغير مكلفة مادياً .

هناك شروط لا بد من توافرها في كل محطة مناخية لغرض دقة القياس يمكن تلخيصها على النحو الآتي :

١. ان تكون أرضية المحطة سهلية منبسطة ممثلة أرضيتها لأرضية المنطقة التي فيها المحطة .
٢. تسييج المحطة بسياج يمنع وصول الحيوانات الى الأجهزة .
٣. ينبغي ان يكون موقع المحطة قرب طرق المواصلات وحيث تتوفر الخدمات الأساسية لاسيما من ماء وكهرباء .
٤. يجب ان يكون مكان المحطة مفتوحاً ، ليس هنالك نباتات أو بنايات أو أعمدة كهرباء تؤثر على دقة قياس عناصر المناخ من قبل الأجهزة .

أجهزة قياس عناصر المناخ :

تتمثل عناصر المناخ وظواهره المختلفة بالإشعاع الشمسي ، درجة الحرارة ، الضغط الجوي ، الرياح سرعة واتجاهاً ، الرطوبة بمظاهرها ، التساقط بأشكاله ، والتكاثف بأنواعه . وتقسم أجهزة القياس الى نوعين الأولى هي الأجهزة البصرية (العينية) ، والأخرى الأجهزة المسجلة (الآلية) . وتعد الأجهزة البصرية ذات دقة في القياس أكثر من الأجهزة المسجلة لان احتكاك القلم أو الريشة بالورقة البيانية الملفوفة حول الاسطوانة في الأجهزة المسجلة يؤثر على دقة القياس . بينما تعطي الأجهزة المسجلة قياس مستمر على طول الوقت توضح الذبذبات الحاصلة للعنصر المناخي لمدة يوم كامل أو أسبوع على شكل خط بياني ، وبدون الحاجة الى مراقبة الراصد . إذ أنه يأتي في نهاية اليوم أو الأسبوع لاستبدال الورقة البيانية بأخرى غيرها ، لكي يعيد الجهاز رصد عنصر المناخ المطلوب . في حين تتطلب الأجهزة البصرية مراقبة الراصد المستمرة على الأقل مرة في اليوم ، أو أكثر لعدة رصدات وفقاً لنوع الجهاز البصري والغاية منه وسيتم التطرق لهذه الأجهزة على النحو الآتي:

١ : الإشعاع الشمسي : Solar Radiation :

أ : البايريليوميتر :

تتعدد أجهزة قياس الإشعاع الشمسي ، الا أن أشهرها ما يسمى البايريليوميتر Pyrheliometer ، لاسيما بايريليوميتر إبلي Eppley pyrheliometer . الذي يتكون من عمود حراري يحتوي في أعلاه على قرصين من المعدن الحساس للأشعة ، احدهما قرص أبيض اللون ، والآخر قرص أسود اللون ، تحيط بهما كرة زجاجية مجوفة . ونتيجة لاختلاف العاكسية والامتصاص بين المعدنين ، حيث ان المعدن ذو اللون الأبيض يعكس معظم الإشعاع ، بينما يمتص المعدن ذو اللون الأسود معظمه . وهذا الفارق بين المعدنين يتحول الى تيار كهربائي يقيس الأشعة المباشرة والمنتشرة ، بوحدة قياس ملي وط/سم^٢ أو بالسعرة/سم^٢ /الدقيقة. أما في حال قياس الأشعة المعكوسة فيقلب الجهاز على رأسه . وان الفارق بين الأشعة القادمة الى الجهاز من الأعلى والأشعة القادمة الى الجهاز من الأسفل يسمى بصافي الإشعاع الشمسي . يلاحظ شكل (٣) .

شكل (٣) بايريليوميتر إبلي بقياس الإشعاع الشمسي



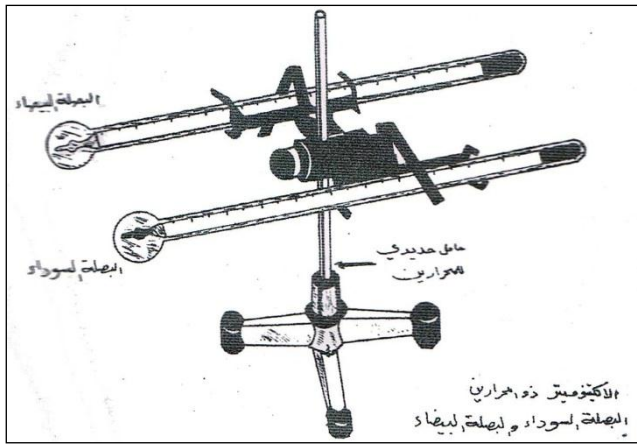
المصدر : Thomas A.Blair and Robert C.Fite , weather elements, fifth edition, prentice – hall, inc . Englewood cliff, n.j: USA, 1965, P.65 .

ب: الاكتينوميتر ذو المحرارين :

يتكون جهاز الاكتينوميتر من محرارين زئبقيين بصلة أحدهما بيضاء اللون، وبصلة المحرار الآخر اسود اللون . وتوضع كل من البصلتين داخل أنبوبة زجاجية تنتهي بكرة زجاجية مفرغة من الهواء ، ويوضع المحرارين

بوضع أفقي على حامل معدني . ونتيجة تعرض المحرارين الى أشعة الشمس فأنهما يعطيان قراءتين تعتمد على أساس الاختلاف بين خاصية المحرارين لامتصاص وانعكاس الأشعة الشمسية ، حيث ان المحرار ذو البصلة البيضاء يعكس معظم الأشعة ، بينما يمتص المحرار ذو البصلة السوداء معظمها . وتؤخذ القراءات العليا خلال النهار ، ثم يعدل المحرارين بالطريقة التي يعدل بها محرار النهاية العظمى من إرجاع الزئبق الى نهاية البصلة ، حتى يؤهل لقياس الإشعاع الشمسي لليوم التالي. يلاحظ شكل (٤) .

شكل (٤) الاكتينوميتر ذو المحرارين ١ و البصلة السوداء والبصلة البيضاء



المصدر : فاضل الحسيني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٣٤ .

ج: الاكتينوكراف : Actinography :

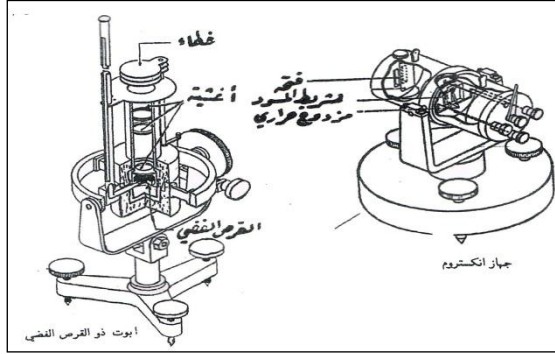
هو جهاز آلي مسجل يتكون من شريطين معدنيين رقيقين ، احدهما ابيض اللون ، والآخر اسود اللون . يختلفان في معامل تمددهما عند تعرضهما للإشعاع الشمسي ، وتنتقل حركتهما إلى نظام من العتلات تتصل بذراع ، والذراع ينتهي بقلم يلامس ورقة بيانية ملفوفة حول اسطوانة ، تدور دوره كاملة خلال أربع وعشرين ساعة . وان القلم يرسم خطاً بيانياً على الورقة التي تكون مقسمة الى الساعات ومقادير الإشعاع الشمسي الواصل الى سطح الأرض . وتبدل هذه الورقة حال انتهاء ساعات يوم الرصد بورقة ثانية لليوم التالي . ويوضع جهاز الاكتينوكراف في داخل صندوق معدني شفاف من

أعلاه ، يسمح بدخول الإشعاع الشمسي والوصول الى الجهاز^(١) ، بينما لا يسمح لتأثير العوامل الطبيعية الأخرى على الجهاز كالمطر والثلوج والرياح والندى .

د: جهاز انجستروم : Angstrom

يسمى جهاز انجستروم بجهاز بايريليوميتر انجستروم Angstrom Pyrhelioneter ، الذي يتكون من شريطين مضللين من مادة المنغنيز Manganine (نحاس مع قليل من المنغنيز والنيكل) يسخن احدهما كهربائياً الى درجة حرارة الشريط الأخر الذي يعرض لأشعة الشمس ، وتعتبر هذه الطاقة الكهربائية مساوية للطاقة الشمسية المستلمة من قبل الشريط المعرض للشمس . يلاحظ شكل (٥) .

شكل (٥) جهاز انجستروم



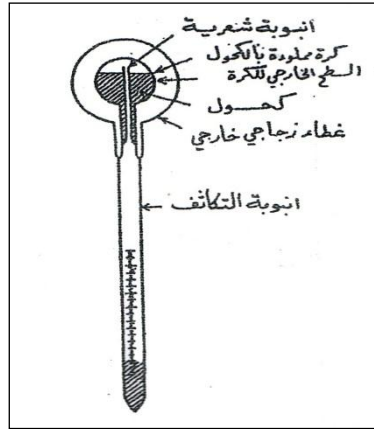
المصدر: صادق جعفر الصراف، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، ١٩٨٠، ص ٦٥ .

هـ: جهاز غن وبيلاني : Gunn - Bellani

يتكون جهاز غن وبيلاني من كرة زجاجية مملوءة بالسائل سواء كان كحول أو ماء مقطر . تتصل هذه الكرة الزجاجية بأنبوبة شعرية يتم دخول بخار الماء ، أو بخار السائل إليها ، وفقاً لمقدار شدة الإشعاع الشمسي ، وتتصل هذه الأنبوبة الشعرية بأنبوبة زجاجية مدرجة بوحدة قياس مقادير الإشعاع الشمسي وفقاً لكمية بخار الماء المتكاثف عندها . ويغطي الجهاز في أعلاه غطاء زجاجي خارجي كما في الشكل (٦) .

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٣٣ .

شكل (٦) جهاز غن وبيلائي لقياس الإشعاع الشمسي الكلي (بيرانومتر
بيلائي)



المصدر: علي موسى ، المناخ والأرصاد الجوية ، منشورات جامعة دمشق ، سوريا ،
٢٠٠٣ ، ص ١٠٦ .

٢: سطوع الشمس الفعلي :

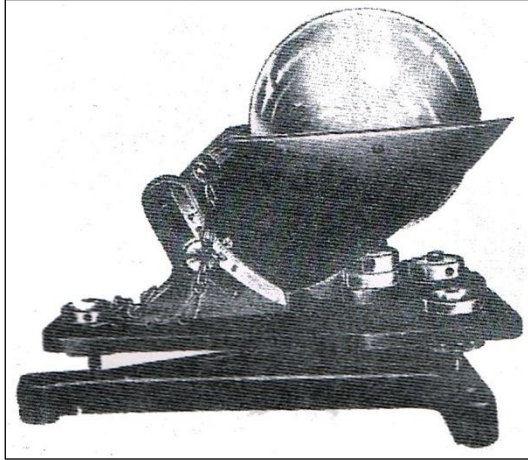
ينبغي التمييز هنا بين عدد ساعات السطوع النظرية ، التي يقصد بها طول النهار بدءاً من شروق الشمس الى غروبها ، وتتأثر بالموقع من دوائر العرض المختلفة وفقاً لدوران الأرض حول نفسها ، وحول الشمس . وما بين عدد ساعات السطوع الفعلية التي تتأثر بالعواصف الترابية والغبارية ووجود الغيوم والضباب وضعف الأشعة الشمسية وقت الشروق والغروب حيث تكون أشعة الشمس في ذروة ميلانها . لذا ان عدد الساعات الفعلية تكون دائماً أقل من عدد الساعات النظرية . ويمكن لعدد ساعات السطوع الفعلية ان تقاس بعدد من الأجهزة يمكن إيجازها على النحو الآتي :

أ : جهاز كامبل – ستوكس : Campbell - Stokes

يتكون الجهاز من كرة زجاجية بلورية الشكل يبلغ نصف قطرها نحو ٩,٢ سم ، تتركز في المنتصف مع إطار معدني كروي الشكل ، فيه ثلاثة أخاديد توضع فيها خرائط من الورق الأزرق المقوى ، تكون على ثلاثة أشكال ، الشكل المقعر لفصل الشتاء والشكل المستقيم للفصلين الانتقاليين الربيع والخريف ، والشكل المحدب لفصل الصيف. ويستند الإطار المعدني على قاعدة معدنية صلبة. ويرفع الجهاز مع قاعدته بمقدار ١,٥ متر عن

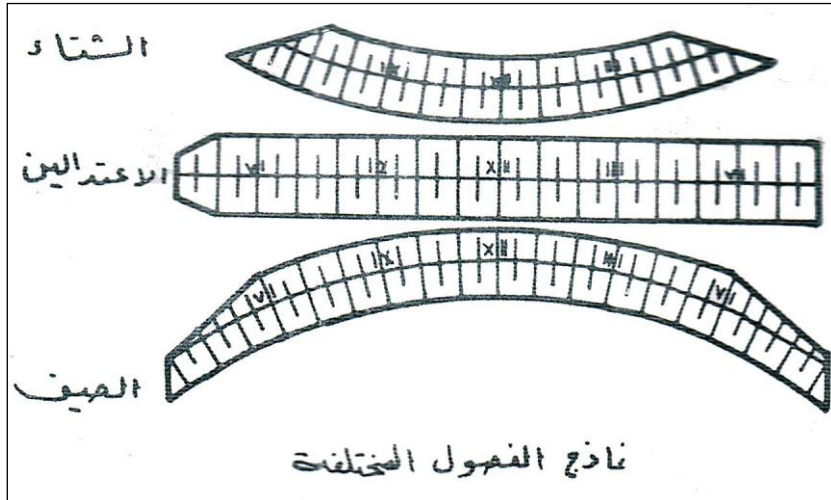
سطح الأرض لتلافي تأثير الأجهزة الأخرى على دقة القياس . ويتم القياس بحرق مسار في الورقة نتيجة قيام الكرة الزجاجية بتركيز الأشعة على الورقة أو الخريطة التي في الأخدود . وفي حال عدم وجود عائق يحول دون أتمام عملية الحرق فان مسار الحرق يستمر ، اما في حال وجود عائق معين فان مسار الحرق سوف يتقطع . يلاحظ شكل (٧) و(٨).

شكل (٧) جهاز قياس سطوع الشمس (كامبل - ستوكس)



المصدر : فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٢٥ .

شكل (٨) خرائط أو بطاقات التسجيل لجهاز كامبل - ستوكس



المصدر : فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٢٦ .

ب : جهاز مارنك – مارفن Maring - Marvin :

يتكون جهاز مارفن من أنبوبتين زجاجيتين مع وجود فراغ بينهما ، يحمل الجهاز على حامل معدني . تمتلك الأنبوبة الداخلية بصلة سوداء فيها زئبق تتدلى الى الأسفل قليلاً . وينتقل الزئبق داخل الأنبوبة مع شروق الشمس لان الأنبوبة السوداء تمتص طاقة الإشعاع ، فيتحرك الزئبق مشيراً الى عدد ساعات السطوع الشمسي المدرجة على الأنبوبة . يلاحظ شكل (٩) .

شكل (٩) جهاز مارفن لسطوع الشمس



المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements, fifth edition , prentice – hall , inc . Englewood cliff , n.j. USA , 1965, P. 66 .

يستعمل جهاز مارنك – مارفن في الولايات المتحدة الأمريكية ، بينما يستعمل جهاز كامبل – ستوكس في معظم أقطار العالم علماً ان جهاز مارنك – مارفن لا يبدأ في قياس عدد ساعات سطوع الشمس الا بعد ان تصل شدة الإشعاع الى ٠,٣٧ سعره/سم^٢/دقيقة ، بينما يبدأ جهاز كامبل – ستوكس في القياس بعد ان تصل شدة الإشعاع الى ٠,٣٣ سعره/سم^٢/دقيقة . وبالتالي فان الجهازين يقللان من عدد الساعات الفعلية لسطوع الشمس ، الا ان جهاز كامبل – ستوكس أكثر حساسية لشدة الإشعاع الشمسي من جهاز مارنك – مارفن^(١) .

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٣ ، ص ١٠ .

ج : جهاز جوردان Jordan :

يتكون جهاز جوردان من اسطوانة معدنية تثبت بصورة مائلة على حامل .
توضع داخل الاسطوانة ورقة خاصة ذات حساسية للأشعة مقسمة الى ساعات النهار ، وتنفذ الأشعة من خلال فتحتين ضيقتين في الاسطوانة ، أحدهما للمدة من الشروق الى الظهر ، والثانية من الظهر الى الغروب ، حيث تؤثر الأشعة النافذة على الورقة الحساسة فتتسبب مساراً يمثل مدة السطوع . ومن الجدير بالملاحظة ان الورقة ترفع بعد الغروب ، وتبدل باخرى جديدة لليوم التالي^(١) .

٣ : درجة الحرارة Temperature degree :

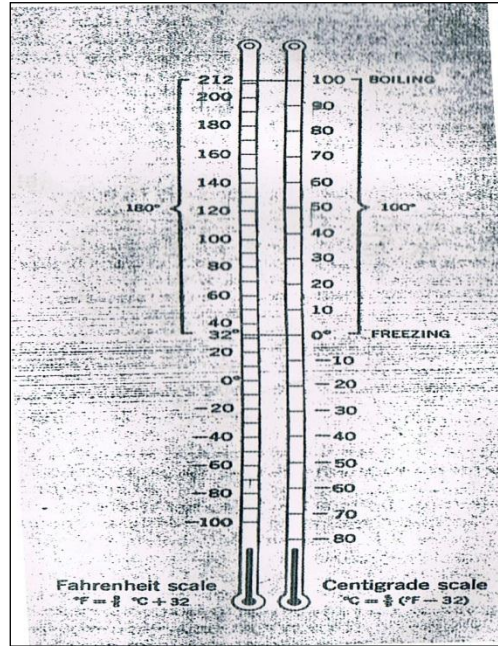
يوجد العديد من الأجهزة المستخدمة لقياس درجة الحرارة يمكن إيجازها على النحو الآتي:

أ : محرار الحرارة الاعتيادي Thermometer :

يتكون محرار الحرارة الاعتيادي من بصله تنتهي بمستودع فيه زئبق .
تغلف البصلة والمستودع بأنبوبة زجاجية مؤشر عليها درجات الحرارة بالمئوي أو الفهرنهايتي يلاحظ شكل (١٠) . يتأثر الزئبق بارتفاع درجات الحرارة فيتمدد ، أما في حال انخفاضها فينكمش أو يتقلص . ومن ميزات هذا الجهاز انه يمكن في أي وقت النظر اليه ومعرفة درجة حرارة ذلك الوقت .
الا ان من عيوبه عدم معرفة درجات الحرارة العظمى أو الدنيا لذلك اليوم ، لان الزئبق يتحرك دائماً بتغير درجات الحرارة ، ولا يبقى ثابتاً عند درجة الحرارة العظمى أو الصغرى ، لذا يتم اللجوء الى محارير اخرى لقياسها .

(١) فاضل الحسني ، ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٣٦ .

شكل (١٠) مقياس الحرارة العادي

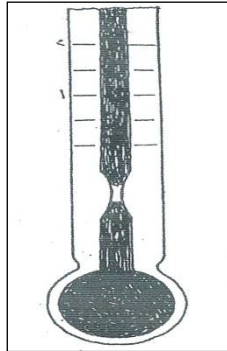


المصدر : صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياتي ، أسس علم المناخ ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ٢٠٠١ ، ص ٨٤ .

ب : محرار درجة الحرارة العظمى : Maximum Thermometer :

يشبه محرار درجة الحرارة العظمى المحرار الاعتيادي في ان الزئبق هو السائل المستعمل في القياس ، كما انه يشبهه في الشكل ، إلا ان محرار الحرارة العظمى يحتوي على تخرصر فوق مستودع الزئبق ، يلاحظ شكل (١١) .

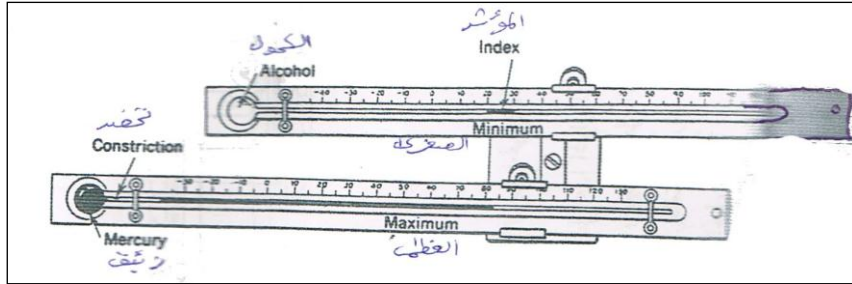
شكل (١١) ميزان درجة الحرارة العظمى ويظهر فيه الاختناق



المصدر : علي موسى ، المناخ والأرصاد الجوية ، منشورات جامعة دمشق ، سوريا ، ٢٠٠٣ ، ص ١٣٥ .

الغاية من هذا التخصر هو انه يسمح للزئبق بالتمدد حال ارتفاع درجات الحرارة ، إلا انه لا يسمح له بالرجوع أثناء انخفاض درجات الحرارة . فيبقى الزئبق واقفاً عند درجة الحرارة العظمى التي سجلت لذلك اليوم ، لاسيما ان هذه الدرجة تكون بعد الساعة الثانية او الثالثة ظهراً . ويوضع هذا الجهاز بحاله أفقية في صندوق المحارير ، يلاحظ شكل (١٢) .

شكل (١٢) مقياس درجة الحرارة العظمى والصغرى



المصدر : صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياتي ، اسس علم المناخ ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ٢٠٠١ ، ص ٨٥ .

كما انه بعد تسجيل درجة الحرارة العظمى يتم رج الجهاز لإرجاع الزئبق الى المستودع مرة ثانية ، لكي يكون المحرار صالحاً لقياس درجة الحرارة العظمى لليوم التالي .

غالباً ما يستعاض عن التخصر في هذا المحرار بمؤشر جديدي يوضع داخل عمود الزئبق ، يدفعه الزئبق امامه عند تمدده ، ويبقى في مكانه عند تقلصه، ويعاد المؤشر بمغناطيس صغير أو من خلال تحريك المحرار الى وضعه السابق قرب المستودع^(١) .

ج: محرار درجة الحرارة ذو النهاية الصغرى: Minimum Thermometer

ان تصميم المحرار ذو النهاية الصغرى لا يختلف عن تصميم المحارير السابقة من حيث الشكل يراجع شكل (١٢) . إلا انه يختلف عن محرار النهاية العظمى بعدم وجود التخصر قبل المستودع . كما يختلف عن المحرارين السابقين بان السائل المستخدم في القياس هو الكحول بدلاً من الزئبق ، لان

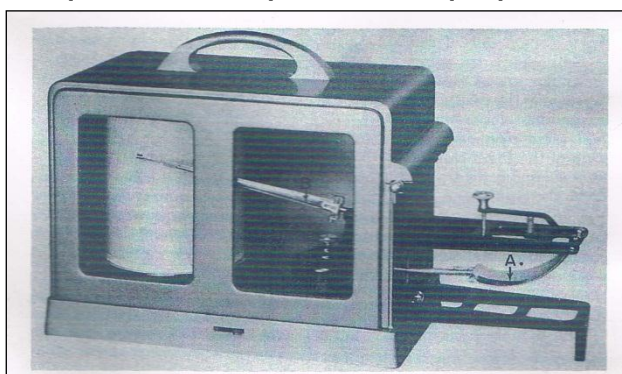
(١) صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياتي ، مصدر سابق ، ص ٨٥ .

درجة تجمد الكحول تكون أعلى من الزئبق إذ تصل الى نحو - ١١٢م° للكحول ، بينما للزئبق تصل نحو - ٥٢م° . وفي حال انخفاض درجات الحرارة فان الكحول يتقلص باتجاه المستودع ، ساحباً معه مؤشر زجاجي ، وفي حال ارتفاع درجة الحرارة فان الكحول يتمدد من بين المؤشر ، تاركاً إياه عند درجة الحرارة الصغرى المسجلة لذلك اليوم . ولكي يهيأ المحرار لقياس درجة الحرارة الدنيا لليوم التالي ، يتم إرجاع المؤشر الى حالته الأولى قبل الانخفاض بواسطة المغناطيس او الميلاق .

د: المحرار المسجل : Thermograph

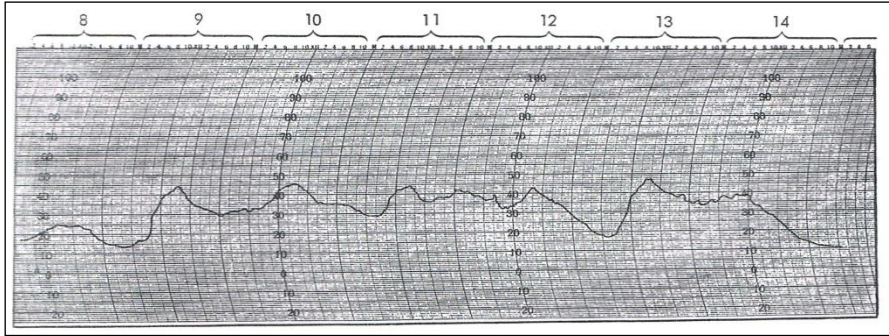
يعد المحرار المسجل من الأجهزة الآلية التي توفر تسجيل مستمر ومنتظم لدرجات الحرارة لفترة زمنية طويلة تصل الى أسبوع ، وهذه تعد ميزة يتصف بها هذا النوع من الأجهزة ، لذا بالامكان ترك الجهاز يعمل لوحده الى أسبوع حيث يقوم الراصد باستبدال الورقة البيانية بأخرى ثانية بعد نهايته . ويتكون جهاز المحرار المسجل من معدنين ملتفين حول بعضهما بشكل حلزوني يختلفان في معامل تمددهما وفقاً لتأثرهما بدرجات الحرارة ارتفاعاً وانخفاضاً ، وتنتقل حركتهما الى عتلات تتصل بذراع ، والذراع يتصل بقلم يرسم خطاً بيانياً على ورقة بيانية ملفوفة حول اسطوانة خاصة تدور دورة كاملة خلال أسبوع بواسطة ساعة ميكانيكية مثبتة بداخلها . ويكون موضعاً على هذه الورقة الزمن بالأيام والساعات بالموضع الأفقي ، والدرجات بالموضع العمودي . يلاحظ شكل (١٣) وشكل (١٤) .

شكل (١٣) الثرموكراف (المحرار المسجل)



المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements , fifth edition , prentice – hall , inc . , Englewood cliff , n.j . USA , 1965 , p.16 .

شكل (١٤) ورقة بيانية تلف حول اسطوانة المحرار موضحاً عليها خط
بياني لدرجات الحرارة



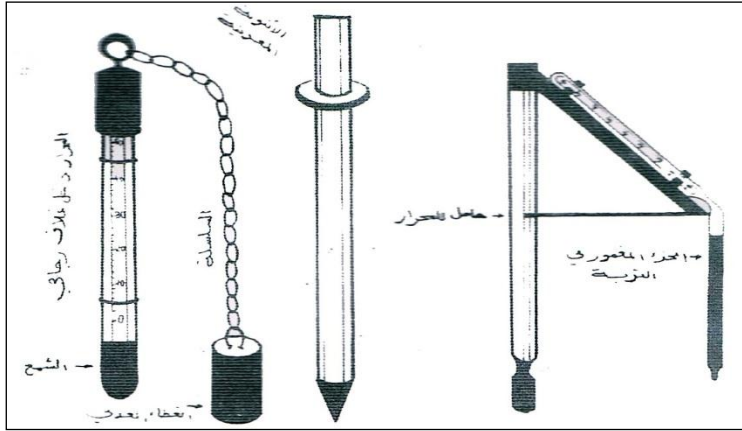
المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather ,
elements , fifth edition , prentice – hall , inc ., Englewood
cliff , n.j . USA , 1965 , p. 19 .

هـ: موازين حرارة التربة soil Temperature :

أوصت منظمة الأرصاد الجوية العالمية أن تقاس درجة حرارة التربة على أعماق متفاوتة هي ١٠ و ٢٠ و ٥٠ و ١٠٠ و ١٥٠ و ٣٠٠ سم . ويستخدم في قياس درجة حرارة التربة على الأعماق القليلة ميزان حرارة زئبقي يشبه ميزان الحرارة الاعتيادي ، إلا ان ساقه طويلة ومثنية بزاوية قائمة حتى يمكن إدخال مستودع الزئبق الموجود في الجهاز الى العمق المطلوب . إلا ان ابرز عيوب هذا الجهاز هو انه سهل الكسر لان الجزء الأكبر منه يبقى ظاهراً على سطح الأرض . ويستعمل في قياس درجة حرارة التربة على الاعماق التي تزيد عن ٢٠سم أجهزة خاصة كبيرة الحجم ، وطويلة السيقان حتى تتمكن من الوصول الى العمق المطلوب^(١) . ويوضع الجهاز بداخل غلاف زجاجي ويكون محمولاً على حمالة تتصل بحامل يغرس في التربة بصورة عمودية . يلاحظ شكل (١٥).

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٢٢ .

شكل (١٥) محارير قياس درجة حرارة أعماق التربة



المصدر : فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٣٩ .

و: ميزان حرارة العشب :

تقاس درجة حرارة الهواء والعشب على ارتفاع خمسة سنتيمترات من سطح الأرض بميزان حرارة كحولي ، يوضع بشكل أفقي على سطح الأرض ، ويكون محمولاً على رافعتين صغيرتين . وقراءة هذا الميزان مفيدة في الزراعة ، لاسيما في مجال التنبؤ بالصقيع ، حيث لا تكون لدرجة الحرارة التي يقيسها محرار الحرارة الاعتيادي الموجود في كشك الأرصاد دلالة على ذلك^(١) .

ي: المزدوج الحراري Thermocouple :

تستخدم في قياس درجة حرارة أوراق النبات أجهزة قياس كهربائية خاصة تمتاز بدقتها المتناهية ، وأهم تلك الأجهزة هو المزدوج الحراري (الثرموكوبل) الذي يتكون من سلكين معدنيين متصلين مع بعضهما على شكل دائرة . ويشترط في هذين السلكين أن يكون معامل التوصيل لكل منهما مختلف عن الآخر ، مما يجعل درجة الحرارة التي يسجلها كل منهما مختلفة ، حتى لو تعرضا الى درجة حرارة واحدة . ويتولد عن الاختلاف في درجة حرارة السلكين تيار كهربائي يمكن قياسه بأجهزة خاصة^(٢) .

(١) نفس المصدر، ص ٢٣ .

(٢) نفس المكان .

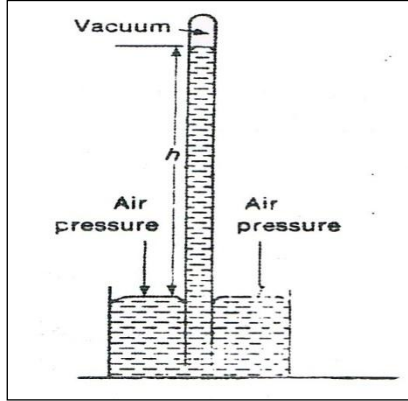
٤ : الضغط الجوي Atmospheric pressure :

لقياس الضغط الجوي أجهزة متعددة أهمها :

أ : البارومتر الزئبقي : Mercury Barometer :

بني قياس الضغط الجوي على أساس الفكرة التي جاء بها تورشيلي عندما وضع أنبوبة زجاجية طولها نحو ١٠٠سم مقسمة الى وحدات قياس الضغط الجوي، أحد طرفيها مغلق ، والثاني مفتوح ، وتملئ بالزئبق ، ويغمر طرفها المفتوح في أناء فيه زئبق ، وعند ارتفاع الضغط الجوي فان الهواء يمارس ضغطه على الزئبق الذي في الأناء فيصعد الزئبق في الأنبوبة ، أما في حال انخفاض الضغط الجوي فان ضغط الهواء يقل على الزئبق الذي في الاناء فينخفض الزئبق الذي في الأنبوبة كما في الشكل (١٦) .

شكل (١٦) البارومتر الزئبقي



المصدر : عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٦٨ .

ينبغي ملاحظة أن القراءات لا تكون دقيقة في مثل هذا النوع من المقاييس ما لم تجر عملية تعديل القراءات بحسب العوامل الأساسية الثلاثة وهي الارتفاع ، ودرجة الصفر المئوي ، ودائرة العرض ٤٥°^(١). ومن سلبيات البارومتر الزئبقي البسيط التي تجعل استخدامه قليل هو عدم امكانية نقله بسهولة من مكان الى آخر ، بسبب انسكاب الزئبق^(٢) .

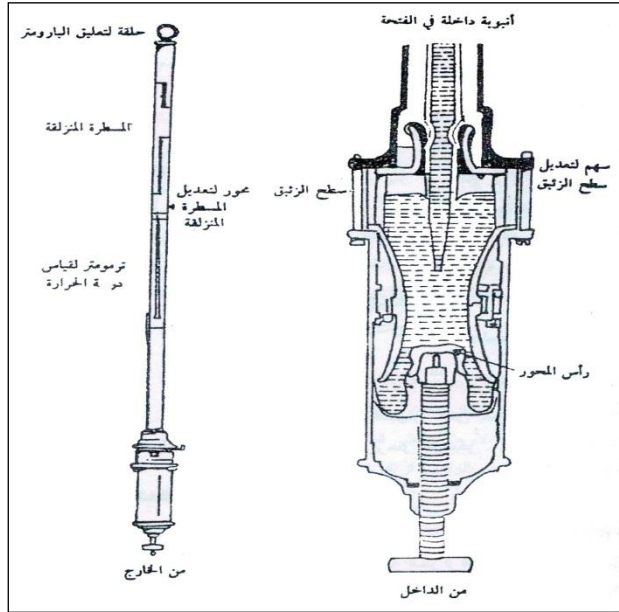
يوجد نوعان من مقاييس الضغط الزئبقية هما بارومتر فورتن Fortin Barometer ويتكون من حوض من الجلد او المعدن يملئ بالزئبق ،

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ٦٧ .

(٢) صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياتي ، مصدر سابق ، ص ١٠٨ .

ويكون متصلاً بأنبوب ، ومن خلال المؤشر يمكن قراءة ارتفاع الزئبق ، ويستعان بالمحرار لمعرفة درجة حرارة الهواء لغرض التعديل . يلاحظ شكل (١٧) .

شكل (١٧) بارومتر فورتن لقياس الضغط الجوي



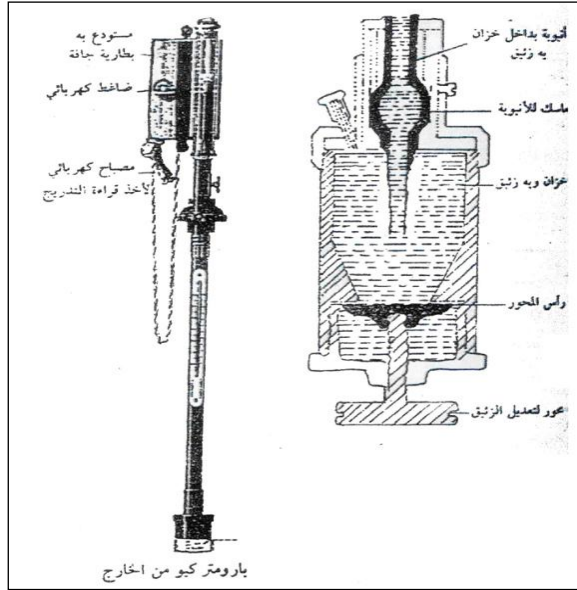
المصدر : احمد احمد الشيخ ، الأرصاد الجوية ، جامعة المنصورة ، مصر ، ٢٠٠٤ ، ص ٨١.

وهناك بارومتر كيو Kew Barometer ، ويتكون أيضاً من حوض مملؤ بالزئبق ومحسوب في سعته وفي حال ارتفاع الضغط الجوي يقل الزئبق الموجود في الحوض ويرتفع في الأنبوب ، وتتم القراءة في هذه المقياس مباشرة يلاحظ شكل (١٨) .

ان بارومتر فورتن يتطلب ضبط مستوى الزئبق في الاناء المعدني ، بينما لا يتطلب بارومتر كيو ضبط مستوى الزئبق فيه^(١) .

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٤٣ .

شكل (١٨) بارومتر كيو لقياس الضغط الجوي

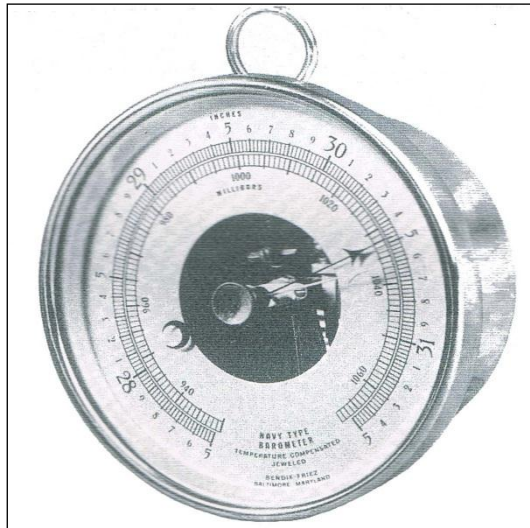


المصدر : احمد احمد الشيخ ، الأرصاد الجوية ، جامعة المنصورة ، مصر ، ٢٠٠٤ ، ص ٧٩.

ب: البارومتر المعدني : Aneroid Barometer

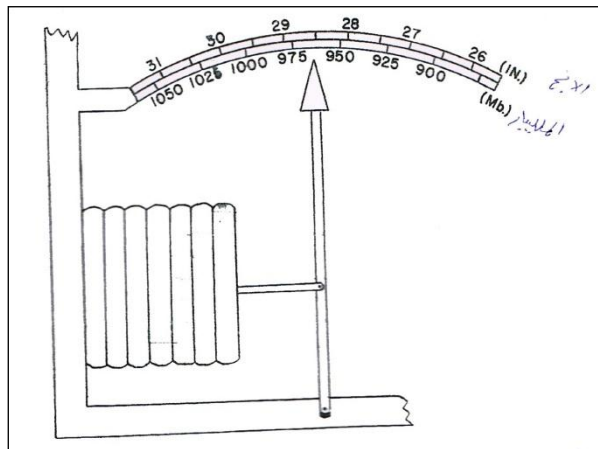
هو عبارة عن غرفة معدنية مرنة مفرغة من الهواء تتأثر بارتفاع وانخفاض الضغط الجوي فإذا ارتفع الضغط الجوي انكمشت نحو الداخل ، بينما إذا انخفض الضغط الجوي انتفخت نحو الخارج ، وتنتقل هذه الحركة بواسطة روافع دقيقة إلى مؤشر يشير إلى وحدات القياس الموجودة حول الجهاز إذ أن الجهاز يقيس بالانج (البوصة) وهذا ما تمثله الأرقام العليا من الجهاز ، و يقيس بالمليبار وهذا ما تمثله الأرقام السفلى من الجهاز . يلاحظ شكل (١٩) وشكل (٢٠) .

شكل (١٩) بارومتر انيرويد لقياس الضغط الجوي



المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements , fifth edition , prentice- hall , inc – Englewood cliff , n.j . USA , 1965 , p.24 .

شكل (٢٠) جهاز انيرويد ووحدات القياس

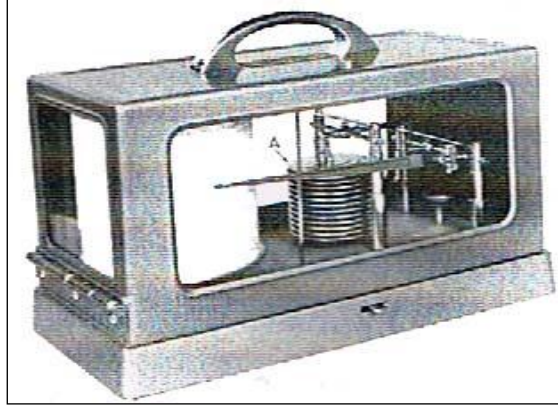


المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements , fifth edition , prentice- hall , inc – Englewood cliff , n.j . USA , 1965 , p.24 .

جـ الباروكراف (مسجل الضغط الجوي) Barograph

هو جهاز آلي يتكون من مجموعة من الصفائح المعدنية الحساسة لضغط الهواء، وتنتقل حركة هذه الصفائح الى روافع ثم تتصل هذه الروافع بذراع يمسك بريشه فيها حبر أو قلم يرسم خطاً على ورقة بيانية ملفوفة حول اسطوانة خاصة تدور دورة كاملة خلال أربع وعشرين ساعة ، او لمدة أسبوع ، وفق ساعة ميكانيكية مؤقتة لهذا الغرض . ومن فوائد هذا الجهاز انه يزودنا بمعلومات عن انخفاض وارتفاع الضغط الجوي طيلة فترة الرصد بدون الحاجة الى مراقبة الجهاز في كل وقت، يلاحظ شكل (٢١). ويوضع هذا الجهاز في كشك الأرصاد مع محارير درجات حرارة الهواء وجهاز الهيكروكراف بعيداً عن تأثير الإشعاع الشمسي المباشر.

شكل (٢١) مسجل الضغط الجوي (الباروكراف)



المصدر : Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements , fifth edition , prentice- hall , inc – Englewood cliff , n . j . USA , 1965 , p.25 .

ان قراءات الباروكراف لا تعدل الى مستوى سطح البحر ، ولهذا فانها تبين الضغط الجوي الحقيقي في المكان ، علماً بان معدل تناقص الضغط الجوي بالارتفاع في الطبقات السفلى من الغلاف الغازي هو ١٠ ميلليبار لكل ١٠٠ متر^(١) .

٥: الرياح : wind

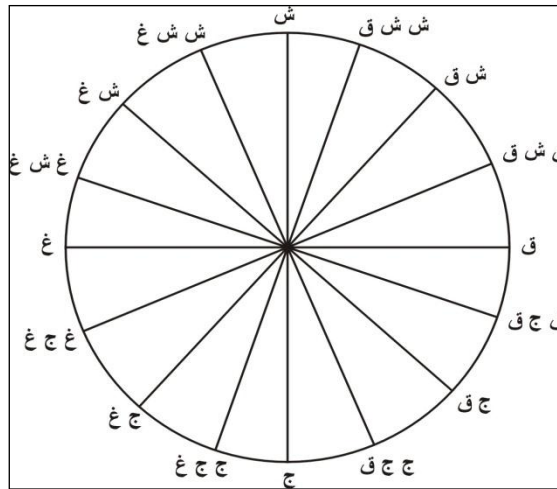
لرياح اتجاه وسرعة ، ولكلٍ منهما أجهزته الخاصة به ، لذا سنتطرق لهما على النحو الآتي :

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ص ٢٥ .

أ : اتجاه الرياح : Direction wind :

توجد أربعة اتجاهات رئيسية للرياح هي الشمال وتكون درجته الصفر ، إذ يعد نقطة البداية ، أو 360° إذ يعد نقطة النهاية ، ومنه يبدأ قياس اتجاه الرياح وعنده ينتهي ، وفقاً للدوران مع حركة عقارب الساعة ، إذ تكون درجة 90° مشيرة الى جهة الشرق ، و 180° تشير الى جهة الجنوب ، و 270° تشير الى الغرب . فضلاً عن ذلك هناك أربعة اتجاهات ثانوية هي : الشمال الشرقي ، والجنوب الشرقي ، والجنوب الغربي ، والشمال الغربي . كما ان هناك ثمانية اتجاهات فرعية تكون على النحو الآتي : شمالية شمالية شرقية ، شرقية شمالية شرقية ، شرقية جنوبية شرقية ، جنوبية جنوبية شرقية ، جنوبية جنوبية غربية ، غربية جنوبية غربية ، غربية شمالية غربية ، وشمالية شمالية غربية ، وبذلك يكون مجموع الاتجاهات نحو ستة عشر اتجاهًا . يلاحظ شكل (٢٢) .

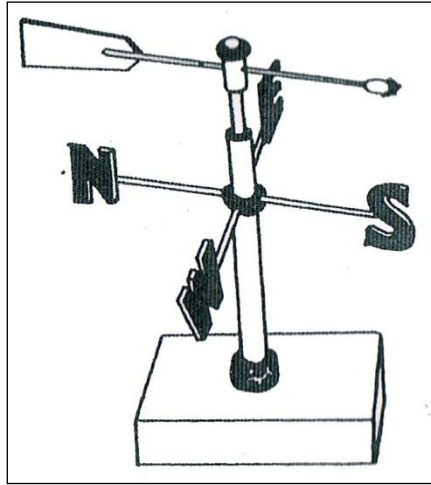
شكل (٢٢) اتجاهات الرياح الرئيسية والثانوية والفرعية.



المصدر: من عمل المؤلف.

يقاس اتجاه الرياح بجهاز يسمى دوار الرياح Wind Vane ، ويتكون من سهم معدني خفيف يتأثر بسهولة بهبوب الرياح . ويشير طرفه المدبب الى الجهة التي منها الرياح، في حين يشير طرفه العريض الى الجهة التي تهب إليها الرياح. ويثبت السهم على عمود معدني له حرية الحركة وفقاً لاتجاه الرياح . كما يثبت العمود المتحرك مع السهم على عمود ثابت له أربعة أعمدة متلاقية يمثل كل عمود جهة من الجهات الرئيسية الأربع، يلاحظ شكل (٢٣) .

شكل (٢٣) جهاز قياس اتجاه الرياح



المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٣ ، ص ٢٨ .

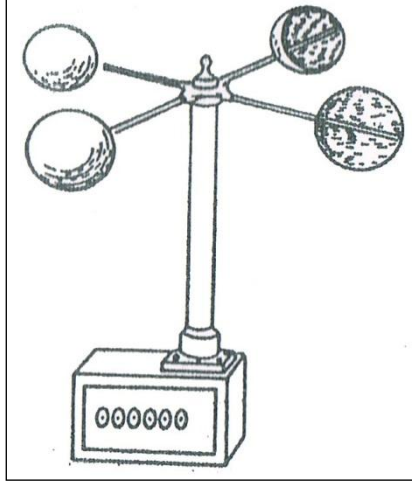
يمكن ربط الجهاز بواسطة أسلاك كهربائية تنتهي بقرص مدرج عليه مؤشر يشير الى الجهة التي تهب منها الرياح ، ويكون القرص مقسماً الى ٣٦٠ . كما يمكن تسجيل اتجاه الرياح خلال فترة معينة على ورقة بيانية موجودة داخل غرفة الرصد الجوي ، ولهذه الورقة أهمية من حيث معرفة اتجاه الرياح في أوقات سابقة . ويستعمل في المطارات كيس من القماش يعلق على عمود يمكن من خلاله معرفة الجهة التي تهب منها الرياح^(١) .

ب : سرعة الرياح : wind velocity

يسمى جهاز سرعة الرياح بالانيمومتر Anemometer . ويتكون من ثلاث أو أربع اذرع تنتهي بثلاث أو أربع طاسات وفناجين مصنوعة من المعدن الخفيف تكون مثبتة من الأعلى على حامل معدني يسمح بحرية الحركة لها ، وتزداد عدد دورانها مع زيادة سرعة الرياح ، وتتصل حركة الطاسات أو الفناجين عبر العمود بسلك كهربائي الى عداد يبين سرعة الرياح بالعقدة/ساعة ، كما تقاس بالمتراً/ثا أو بالكم/الساعة . يلاحظ شكل (٢٤) .

(١) صباح محمود الراوي وعدنان هزاع البياني ، مصدر سابق ، ص ١٢٧ .

شكل (٢٤) الانيموميتر لقياس سرعة الرياح



المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٣ ، ص ٢٩ .

ج : جهاز قياس سرعة واتجاه الرياح الذاتي : Anemograph :

هو جهاز يقوم بتسجيل سرعة الرياح واتجاهها في آن واحد على ورقة خاصة ملفوفة على اسطوانة متحركة تدور دورة كاملة خلال ٢٤ ساعة أو خلال أسبوع ، من خلال نظام عتلات خاص ينقل حركة الإقداح والسهم الى ريشتين فوق بعضهما ، تقوم الأولى برسم خط بياني يوضح سرعة الرياح ، والثانية ترسم خط اتجاه الرياح^(١) .

٦ : الرطوبة الجوية Atmospheric Humidity :

تقاس الرطوبة الجوية بأجهزة متعددة أهمها :

أ: المرطاب ذو البصلتين الجافة والرطبة: Wet and Dry bulb

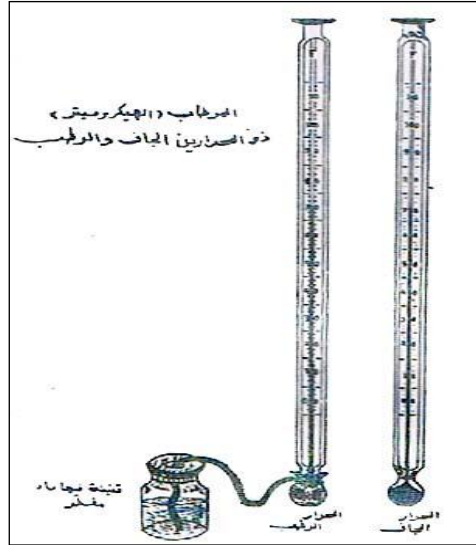
Hygrometer

يتكون الجهاز من محرارين زئبقيين يوضعان بصورة عمودية في الظل ، أو داخل صندوق المحارير . تلف أنبوبة أحدهما بقطعه من الشاش مغموسة في ماء داخل أناء مملوء بالماء المقطر توصل الرطوبة الى المحرار ، ويستخدم الماء المقطر لدقة القياس لان تراكم الأملاح يؤثر على مقدار التبخر من قطعة الشاش الملفوفة حول المحرار الرطب وبالتالي تتأثر حرارة ذلك

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٤٨ .

المحرار . وتؤثر الرطوبة المتبخرة من قطعة الشاش حول المحرار الرطب على درجة حرارته فتكون اقل من درجة حرارة المحرار الجاف الذي ترك على حاله . وعن طريق معرفة درجة الحرارة التي تم قياسها للمحرارين وباستخدام جداول خاصة يتم استخراج مقدار الرطوبة النسبية ودرجة الندى . يلاحظ شكل (٢٥) .

شكل (٢٥) المرطاب ذو البصلتين الجافة والرطبة

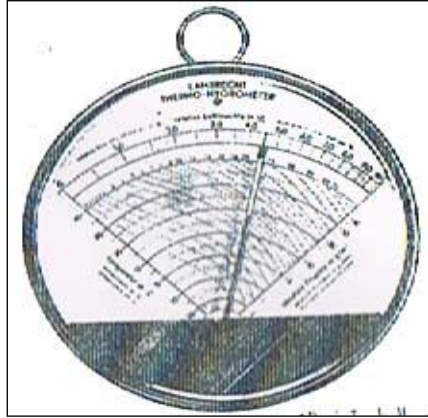


المصدر : فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٥٣ .

ب: المرطاب الشعري : Hair Hygrometer

يتكون مقياس الرطوبة الشعري من حنظل من شعر الإنسان ، باعتبارها تستجيب للتمدد والتقلص بمقدار ٢,٥% ، عندما تزداد الرطوبة النسبية من صفر الى ١٠٠% ، وتثبت هذه الحنظل من جهة معينة بينما ترتبط من الجهة الثانية بعتلات ثم بمؤشر يوضح مقدار الرطوبة النسبية على مدرج يلاحظ شكل (٢٦) .

شكل (٢٦) جهاز مقياس الرطوبة ذو الشعرة



المصدر : صادق جعفر الصراف ، علم البيئة والمناخ ، دار الكتب ، الموصل ، ١٩٨٠ ، ص ١٠٢ .

ج: أجهزة السكروميتر : psychrometer

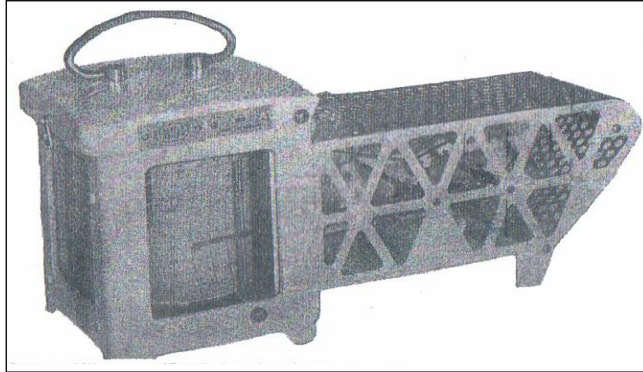
تشبه أجهزة السكروميتر جهاز المرطاب ذو البصلتين الجافة والرطبة إذ تعتمد أساساً على الاختلاف بين المحرار الجاف والرطب . ومن أنواعها السيكروميتر الدوار والقياسي وأشهرها جهاز سكروميتر اسمان Asman الذي يتكون من محرارين رطب وجاف محاطين بغلاف واقٍ لحجب تأثير الإشعاع المباشر وهناك مروحة مسلطة على المحرار الرطب لجعل درجة حرارته تختلف عن درجة حرارة المحرار الآخر . وعن طريق قراءتهما يتم مقارنة الدرجات المقاسة بجداول خاصة لمعرفة الرطوبة النسبية ودرجة الندى^(١) .

د: مسجل الرطوبة Hygrograph

بني هذا الجهاز على نفس الفكرة الأساس في جهاز المرطاب الشعري إلا أن خصلة الشعر ترتبط بمؤشر يملأ بحبر خاص يسجل الرطوبة النسبية لساعات اليوم المختلفة على أوراق بيانية خاصة حول اسطوانة دوارة . يلاحظ شكل (٢٧).

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ص ٧٩ .

شكل (٢٧) جهاز مسجل الرطوبة



المصدر : صادق جعفر الصراف ، علم البيئة والمناخ ، دار الكتب ، الموصل ، ١٩٨٠ ، ص ١٠٢ .

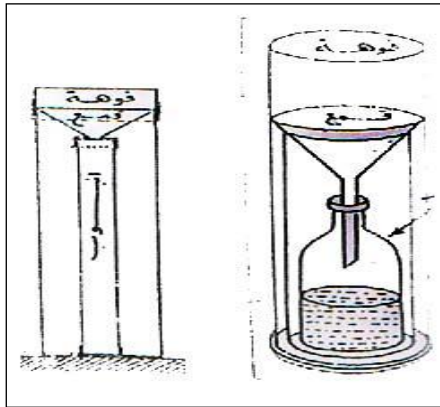
٧ : المطر : Rain Fall

لقياس الأمطار الساقطة يستخدم العديد من الأجهزة منها :

أ : مقياس المطر الاعتيادي : Rain gauge

يتكون الجهاز من وعاء معدني أو بلاستيكي ، اسطواني الشكل ، قطر فوهته بحدود ١٦ سم ، وطوله نحو ٥٨ سم . ويوجد بداخل الوعاء قمع مهمته تجميع مياه الأمطار الساقطة إلى علبة معدنية أسفله . يلاحظ شكل (٢٨) .

شكل (٢٨) مقياس المطر الاعتيادي



المصدر: علي موسى ، المناخ والأرصاد الجوية ، جامعة دمشق سوريا ، ٢٠٠٣ ، ص ٤٥٥ .

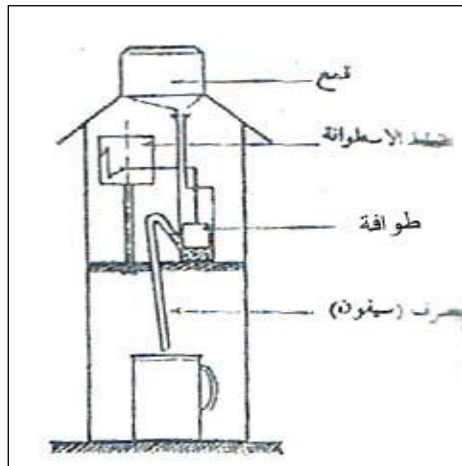
لقياس الأمطار الساقطة يتم تفريغ مياه الأمطار المتجمعة داخل العلبة الجامعة في أنبوب شفاف مدرج بالملمترات وأعشارها . وينبغي ان يدفن جزء من الأسطوانة الأساسية في الأرض لتثبيتها ووضعها في مكان مناسب

بعيد عن تأثير البنايات والأشجار العالية والأجهزة الأخرى لغرض دقة القياس .

ب: مسجل المطر ذو الطوافة :

يتكون الجهاز من قمع مثبت داخل اسطوانة خارجية وينحدر المطر خلال القمع الى أناء بداخله طوافة متصلة بذراع وعتلات تنقل حركة الطوافة الى الأعلى عندما يزداد الماء في الإناء . وينتهي الذراع بقلم حبر يرسم خطأً بيانياً على ورقة خاصة لهذا الغرض ، وملفوفة على اسطوانة تدور دورة كاملة خلال ٢٤ ساعة^(١) . يلاحظ شكل (٢٩) .

شكل (٢٩) مخطط لمسجل المطر ذو الطوافة



المصدر: علي موسى ، المناخ والارصاد الجوية ، جامعة دمشق ، سوريا ، ٢٠٠٣ ، ص ٤٥٧ .

ج: مسجل المطر ذو الميزان :

يتكون الجهاز من ميزان موضوع على كفته أناء يستقبل الأمطار الساقطة، إذ تهبط كفة الميزان الى الأسفل بزيادة كمية الأمطار الساقطة وتنقل حركة الميزان بواسطة نظام عتلات خاصة الى ذراع ينتهي بقلم حبر ، أو ريشه فيها حبر يسجل على ورقة بيانية خاصة ملفوفة حول اسطوانة تدور دورة كاملة خلال ٢٤ ساعة^(٢) .

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٥٤ .

(٢) نفس المكان .

٨: الثلج : Snow

يُقاس الثلج باستخدام مجمع ذي سطح لا تقل مساحته عن ٢٠٠ سم^٢ وعمقه ثلاثة أضعاف قطر فوهته . أو باستخدام مسطرة مدرجة توضع في الثلج لمعرفة سماكته ، وان كل سماكة ثلج مقدارها سم واحد تعادل نحو ملم واحد من المطر الساقط ، كما يستخدم مسجل المطر ذو الميزان لقياس كمية الثلج الساقطة وتسجيلها بما يكافئها من المطر الساقط^(١) .

٩: التبخر : Evaporation

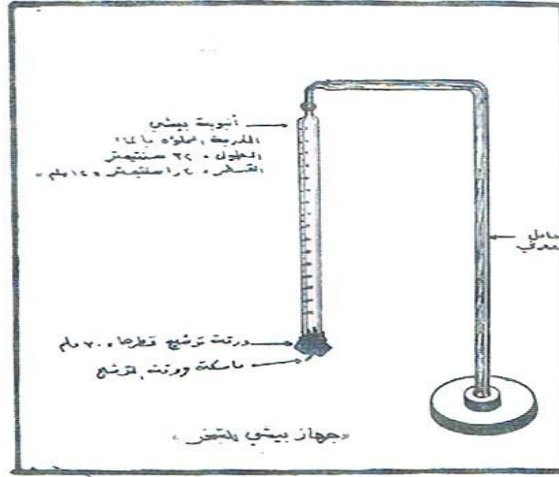
لقياس التبخر أجهزة متنوعة ، تتباين في دقتها أشهرها :

أ : جهاز بيشي للتبخر : Piche Evaporation

يتكون الجهاز من أنبوبة زجاجية مدرجة الى ٣٠ مللي لتر (سم^٣) ، طولها ٣٢ سم ، وقطر ٤,١ سم (٤ ملم) طرفها العلوي مسدود ، بينما طرفها السفلي يتكون من سطح مستوي يثبت عليه ورقة ترشيح دائرية مساحتها ١١ سم^٢ . مثبتة بواسطة حلقة معدنية وماسك يلامس الورقة . تملأ الأنبوبة الزجاجية بالماء المقطر وفتحها الى الأعلى . ثم تثبت عليها ورقة الترشيح وتقلب الى الوضع الطبيعي . وتقاس كمية التبخر من ملاحظة انخفاض الماء داخل الأنبوبة الزجاجية. علماً أن الأنبوبة الزجاجية تكون محمولة بواسطة حامل معدني من طرفها المسدود . ويوضع الجهاز في كشك ستيفسون للمحارير لتلافي تأثير الرياح إذ يتصف بتأثره الشديد بها ، فضلاً عن تلافي تأثير الإشعاعات الشمسية المباشرة، كما انه يتصف بسهولة الكسر ، أما أهم مزاياه فهو صغر حجمه ورخص ثمنه . يلاحظ شكل (٣٠) .

(١) علي موسى ، المناخ ، والارصاد الجوية ، جامعة دمشق ، سوريا ، ٢٠٠٣ ، ص ٤٥٧ - ٤٥٨ .

شكل (٣٠) جهاز بيشي لقياس التبخر

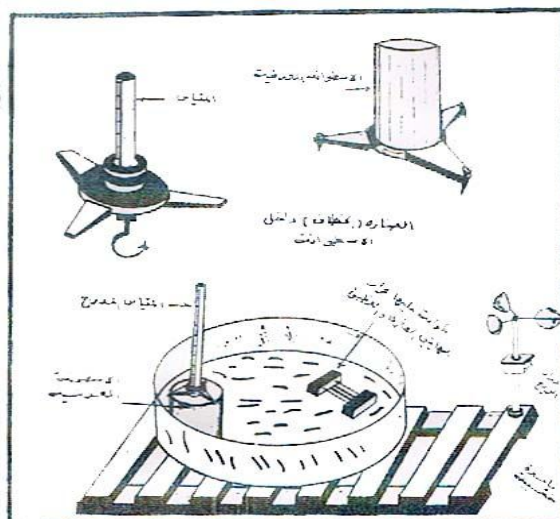


المصدر : فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مطبعة دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٥٩ .

ب: أحواض التبخر : Evaporation pans :

أشهر أحواض التبخر هو حوض التبخر صنف (A) المعمول به دولياً . تقوم فكرة الجهاز على أساس معرفة الاختلاف في مستوى الماء في الحوض قبل وبعد التبخر خلال مدة معينة (٢٤ ساعة) . يتكون الجهاز من حوض دائري مصنوع من الحديد المغلون لمقاومة التآكل (الصدأ) وقطر الحوض من الداخل نحو ١٢٠،٧ سم ، وارتفاعه يبلغ نحو ٢٥،٤ % ويملأ الحوض بالماء الى عمق ٥ سم أسفل الحافة العليا ويوضع الحوض على قاعدة خشبية فوق سطح الأرض لسهولة تمرير الهواء تحته . ويوضع في قعر الحوض اسطوانة معدنية فيها فتحات من الأسفل قطرها ١٠ سم وعمقها ٣٠ سم من اجل دخول الماء الى داخلها . ولغرض ثبات الماء في الاسطوانة ، يوضع المقياس رأسياً داخل الاسطوانة ويتألف المقياس من عمود من النحاس مدرج بوحدات القياس (المليمتر وأعشارها) ، وينتهي المقياس بخطاف تلامس نهايته المعقوفة سطح الماء في الاسطوانة . وعند انخفاض سطح الماء في الحوض لأكثر من ٢،٥ سم يجب وضع كمية إضافية من المياه وضبط نهاية الخطاف عند مستواه . ويثبت بجوار الحوض جهاز سرعة الرياح ، كما يستخدم محرار النهاية العظمى والصغرى لقياس درجة حرارة الماء بوضعهما على طوافة خشبية . يلاحظ شكل (٣١) . وعند إجراء الدراسات المقارنة ينبغي الانتباه الى جملة من العوامل التي تؤثر في دقة قياس التبخر من الحوض

شكل (٣١) حوض التبخر صنف A

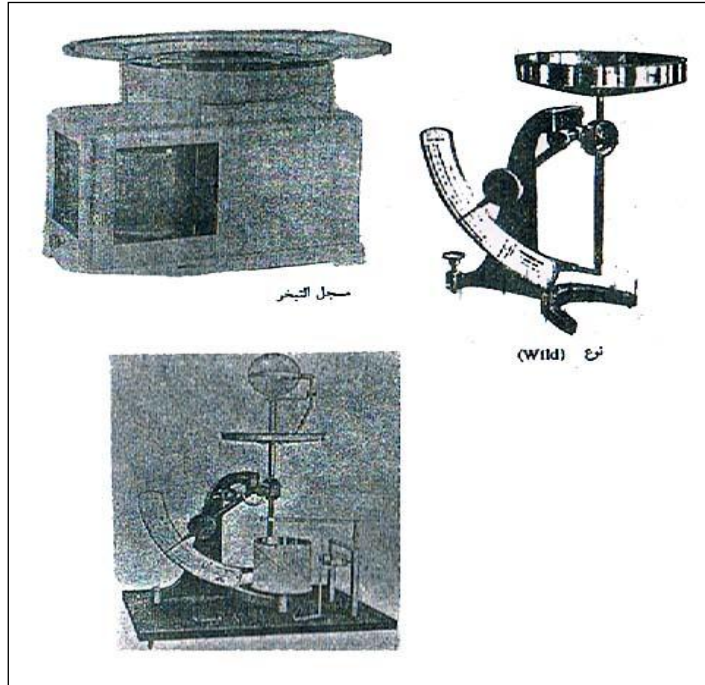


ج: مسجل التبخر : Evaporigraph

يوجد أنواع عديدة من الأجهزة الآلية لقياس كمية المياه المتبخرة ، إلا أنها عموماً تتكون من أناء يشبه كفة الميزان يملأ بالماء ويتصل به عتلات ثم مؤشر لرسم خطأً بيانياً على أوراق بيانية خاصة ملفوفة حول اسطوانة تدور دورة كاملة لمدة ٢٤ ساعة بواسطة ساعة توقيت أعدت لهذا الغرض . وان فكرة هذا الجهاز قائمة على أساس اختلاف الوزن ما قبل التبخر وبعده .

يلاحظ شكل (٣٢) .

شكل (٣٢) بعض أجهزة قياس وتسجيل التبخر



المصدر: صادق جعفر الصراف، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، ١٩٨٠، ص ١٥٠.

د: جهاز اللايزيميتير : Lysimeter :

تتعدد أجهزة اللايزيميتير إلا أن أشهرها هو اللايزيميتير ذو الصرف Drainage Lysimeter ويمكن معرفة الاستهلاك المائي للنباتات المختلفة بواسطة هذا الجهاز عن طريق معرفة الفرق بين الماء المضاف والماء الفائض وفقاً للمعادلة الآتية :

$$ET ;= P-u$$

حيث أن :

ET; يمثل مقدار الاستهلاك المائي للنبات وهو يساوي التبخر/ نتح مضافاً إليه الماء المستعمل للنبات .

P = مياه السواقي أو المضافة بالسقي .

u = الماء الفائض من أسفل اللايزيميتير .

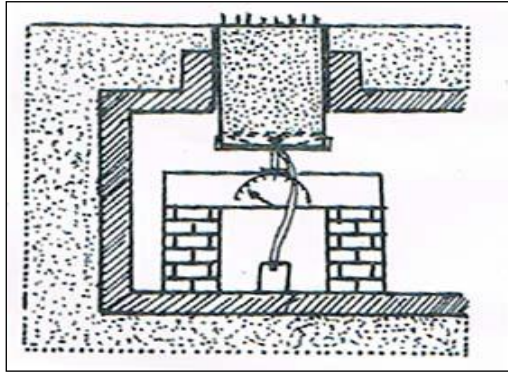
هناك ما يسمى باللايزميتر الوزني weighting Lysimeter : الذي يعتمد في قياس التبخر/ نتح على اختلاف الوزن بين فترة وأخرى وفقاً للمعادلة الآتية :

$$ET = P \pm Ms$$

حيث أن:

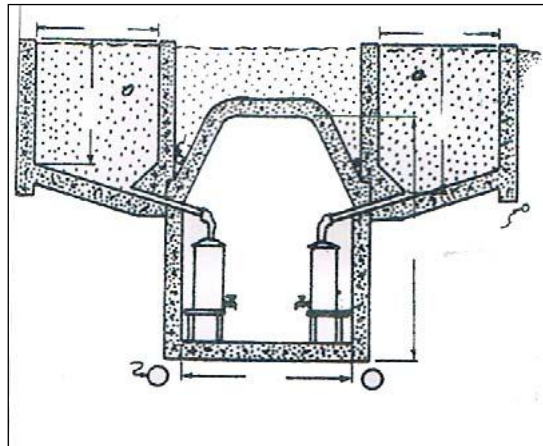
ET و P أشير إليهما في المعادلة الخاصة باللايزميتر ذو الصرف ، أما Ms فيعني التغير في وزن اللايزميتر خلال فترة القياس. يلاحظ شكل (٣٣) و (٣٤) .

شكل (٣٣) الرسم التوضيحي لللايزميتر الوزني (أ)



المصدر: صادق جعفر الصراف، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، ١٩٨٠، ص ١٥٣.

شكل (٣٤) الرسم التوضيحي لللايزميتر (ب)



المصدر : صادق جعفر الصراف ، علم البيئة والمناخ ، دار الكتب ، الموصل ، ١٩٨٠ ، ص ١٥٤ .

إن مساوئ اللايزيميترات هو تفتت التربة عند الإملاء ، وتأثير جوانب الجهاز ، وضرورة انتظارها لفترة من الزمن للحصول على نتائج جيدة ، كما انها غالبية الثمن وصعبة النقل^(١) . رغم ذلك يعد بعض أنواع من اللايزيميتر من أفضل الأجهزة التي تحدد كمية التبخر من التربة لدقته حيث انه يقيس عينة من التربة بعد وضعها في وعاء خاص وتراقب التغيرات على وزنها بعد ترطيبها بالماء من خلال ميزان هيدورليكي يحدد وزن التربة قبل وبعد ترطيبها إلا ان هناك شروط لابد من توفرها لدقة القياس منها^(٢) .

- يجب ان تكون مساحة الجهاز معتدلة تلائم زراعة اغلب النباتات الموجودة حوله ، لذا ان قطره يجب ان لا يقل عن ٢ متر .
- يجب ان يكون عمق الجهاز ملائماً لنمو الجذور النباتية بحريه ، لذا يجب ان لا يقل عمقه عن ١,٥ متر .
- يفضل ان يصنع وعاء التربة من البلاستيك ، او أية مادة رقيقة ومتينة مثل الزجاج الليفي ، وعادة ما يوضع حاجز بين الوعاء والتربة يتكون من مادة دهينه .
- تزرع في تربة الجهاز اغلب النباتات الموجودة في المنطقة المراد معرفة تبخرها .
- تأخذ تربة الجهاز من تربة المنطقة المراد قياس تبخرها .
- إذا كانت الدراسة تتم في منطقة جافة لايد من إحاطة الجهاز بمنطقة مزروعة لا تقل مساحتها عن ٥٠٠٠ متر مربع وتحتوي على نفس النباتات في جهاز اللايزيميتر ومثابة لها طولاً وكثافة . كما يجب ري المنطقة المزروعة وقت أرواء تربة الجهاز .
- يفضل ان لا يوضع جهاز اللايزيميتر في مناطق تتأثر كثيراً بضغط الرياح لتأثيره على الوزن . لذا ان أفضل أجهزة اللايزيميتر هي التي تعتمد قياس التبخر بالوزن وأشهرها جهاز كوشكوتون ذو الوزن ٦٥ طن ، وتصل دقته نحو ٠,٢٥ ملم . ولايزيميتر دنفر بولاية كولارادو الأمريكية إذ انه يقيس الاختلاف في الوزن حتى ٠,٠٣ ملم .

١٠: الندى : Dew

هناك العديد من أجهزة قياس الندى ، يقوم أكثرها على أساس وزن كتلة من التربة المغطاة بالقش في ساعات الصباح الباكر حيث يتكون الندى

(١) صادق جعفر الصراف ، علم البيئة والمناخ ، دار الكتب ، الموصل ، ١٩٨٠ ، ص١٥٤ .

(٢) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص٦٣ .

مطروحاً منها وزنها قبل تكونه لمعرفة كمية الندى . وأكثر الأجهزة دقة جهاز طوره كرادوك سنة ١٩٥١ ، ثم قام جينغز ومونتيت سنة ١٩٥٤ بادخال تحسينات عليه ، ويقيس ترسب الندى على وعاء به تربة وقش ثم يسجل تلك القراءات على ورقة رسم بياني خاص ، إلا ان هذا الجهاز غالي الثمن . أما أكثر أجهزة قياس الندى شيوعاً هو جهاز دفداني الذي يتكون من قطعة من الخشب مصقولة ومطلية باللون الأحمر ، ذات طول ٣٥ سم ، وسمك ٢,٥ سم ، يترسب الندى عليها بأشكال ونماذج خاصة وفقاً لطريقة صقلها . وبمقارنة أشكال ترسب الندى على قطعة الخشب مع صور الأشكال المحتملة لترسب الندى يقوم الراصد بتقدير كمية الندى من جداول خاصة أدت لذلك إلا أن تلك الجداول تعطي تقديرات تقريبية للندى وتوضع أجهزة قياس الندى على ارتفاع متر من سطح الأرض^(١) .

١١ : عمليات الرصد العلوي :

نتيجة لوجود علاقة بين حالة الطقس على سطح الأرض وبين حالة الجو في الطبقات العليا ، وجدت عدة وسائل للرصد العلوي :

أ: الطائرات الورقية :

كانت هذه الوسيلة الوحيدة لقياس عناصر الطبقات العليا منذ أواخر القرن التاسع عشر حتى نهاية الربع الأول من القرن العشرين . ومن عيوب هذه الوسيلة ان معدل ارتفاعها لا يزيد عن ٣٠٠ متر ، كما لا يمكن الحصول على المعلومات إلا بعد عودة الطائرة ، ولا يمكن استعمالها إلا في الأيام التي يكون الجو فيها حسناً وسرعة الرياح ليست كبيرة ، لانه ربما تنقطع الطائرة وتضيع معها المعلومات التي تحملها ، وكذلك الأجهزة^(٢) .

ب: الطائرات العادية :

استعملت الطائرات العادية لجمع البيانات للرصد العلوي لاسيما في الفترة بين ١٩٢٥ - ١٩٣٧ ، رغم ان استعمالها استمر بعد سنة ١٩٤٣ ، إلا انه تقلص استخدامها بعد استخدام جهاز الراديو سوند . واهم عيوبها : ان متوسط ارتفاعها ٥٠٠٠ متر وكحر أقصى ٦٠٠٠ متر. ولا يمكن الحصول

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٣٣ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٥١ .

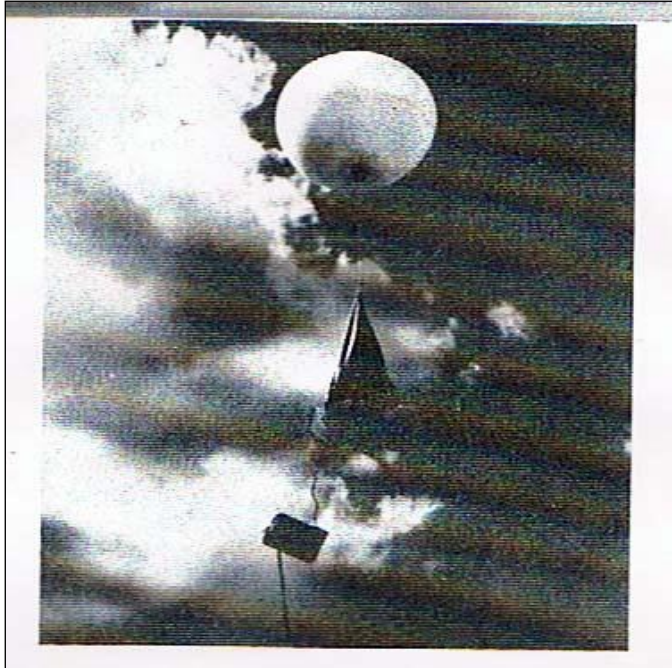
على المعلومات إلا بعد عودة الطائرة ، كما لا يمكن استعمالها في بعض الحالات التي يكون فيها الجو غير مستقر كهبوب العواصف^(١).

ج: الراديو سوند : Radiosonde

منذ ١٩٣٨ استعملت الراديو سوندات لجمع المعلومات المناخية ، لارتفاعات تصل (٢٤ - ٣٢) كم ، أو (١٥ - ٢٠) ميل.

يتكون جهاز الراديو سوند من صندوق صغير يحتوي على عدد من الأجهزة لقياس الضغط الجوي ودرجة الحرارة والرطوبة. ويحتوي على جهاز إرسال يبث المعلومات مباشرة الى سطح الأرض. ويحمل هذا الصندوق منطاد مليء بالهيليوم أو الهيدروجين. وعندما يصل البالون إلى أقصى ارتفاع له، انفجر ويهبط الجهاز الى الأرض بمظلة خاصة. يلاحظ شكل (٣٥).

شكل (٣٥) جهاز الراديو سوند للرصد العلوي



المصدر:

Thomas A. Blair and Robert C. fite weather elements , fifth edition , prentice – hall , inc . Englewood cliffs , n. j , USA , 1965 , p . 81 .

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٥١ .

د: الأقمار الاصطناعية : Meteorological satellites

ان أول قمر اصطناعي تم إطلاقه للرصد العلوي هو في شهر نيسان سنة ١٩٦٠ اسمه Tiros-1 تبعه إطلاق عدد من الأقمار ، ويمكن الحصول منها على العديد من الصور والبيانات لمختلف عناصر المناخ وظواهره ، والتي يتم تحليلها باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد .

الفصل الثاني
الطرق الرياضية والإحصائية لقياس
عناصر المناخ

الفصل الثاني الطرق الرياضية والإحصائية لقياس عناصر المناخ

الطرق الرياضية والإحصائية لقياس عناصر المناخ:

تبرز أهمية الوسائل الرياضية والإحصائية في قياس عناصر المناخ ، عندما تكون هناك أجهزة غير دقيقة في قياساتها ، بسبب طبيعة الجهاز نفسه أو لوجود عدد من العوامل المؤثرة في دقة قياسه فضلاً عن ذلك ان بعض الأجهزة المعقدة تكون غالية الثمن، أو نتيجة لوجود نقص في بيانات بعض عناصر المناخ ، لذا يلجأ الباحثين الى استخدام بعض المعادلات الرياضية والإحصائية . ورغم ذلك فهناك ما يجب مراعاته عند استخدام هذه الطرق منها ان بعض المعادلات تتطلب الاستعانة بقياسات بعض العناصر عن طريق الأجهزة العينية أو الآلية لاتمام عملية قياس العنصر المناخي . كما ان بعض الطرق الرياضية والإحصائية تعتمد على ثوابت معينة ، وينبغي مراعاة ذلك إذ ان هذه الثوابت قد استخدمت في مناطق ذات ظروف مناخية خاصة بها لذا يجب تعديلها عند التطبيق على مناطق أخرى غير مناطقها الأصلية . ويمكن توضيح تلك الطرق الرياضية والإحصائية على النحو الآتي:

أولاً: الإشعاع الشمسي: Solar Radiation

تعد معادلة انجستروم Angstrom Equation من أشهر المعادلات في تقدير الإشعاع الشمسي وتكتب بالشكل التالي^(١):

$$\frac{\bar{S}_n}{S_n} = \frac{C}{n} + f$$

إذ ان :

\bar{S}_n = الإشعاع الشمسي الذي يصل السنتيمتر المربع الواحد من سطح الأرض.

S_n = الإشعاع الشمسي الذي يصل السنتيمتر المربع الواحد من سطح الأرض في حالة عدم وجود الغلاف الغازي ويمكن حسابه من معادلة خاصة او تقديره من جدول (١) اعتماداً على دائرة عرض المكان والزمن .

(١) نعمان شحادة ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٥٦-٥٨

ع = عدد الساعات الفعلية لسطوع الشمس خلال اليوم وتقاس بجهاز كامبل ستوكس.

ن = طول النهار أو عدد الساعات سطوع الشمس نظرياً ويمكن حسابه بمعادلات خاصة او جدول (٢).

أ و ب = ثابتان . ووجد بلاك وبونيثون Black and Bonython من تحليل العلاقة بين المعدل الشهري لكل من الإشعاع الشمسي وعدد ساعات سطوع الشمس في ٣٢ محطة مناخية موزعة في النصف الشمالي من الكرة الأرضية ، ان $A = 0.23$ ، بينما $B = 0.48$ ، كما وجد ان قيمة (أ) في الولايات المتحدة تساوي ٠,٣٥ ، بينما (ب) تساوي ٠,٦١ ، اما في كندا فقد وجد ميتر meteer أن $A = 0.35$ و $B = 0.68$ لاسيما في أشهر الصيف.

جدول (١) الإشعاع الشمسي الذي يصل السننمتر المربع الواحد من سطح الأرض في أيام مختلفة من السنة ، شريطة ألا يكون الغلاف الجوي موجوداً (سعة/سم^٢/يوم).

الوقت / دائرة العرض	٠	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠
٢١ آذار	٨٩٥	٨٨٢	٨٤١	٧٧٥	٦٨٦	٥٧٥	٤٤٧	٣٠٧	١٥٥	
١٤ نيسان	٨٧٣	٨٩٧	٨٩٤	٨٦٥	٨٠٧	٧٣٢	٦٣٥	٥٢٥	٤٢٣	٤٢٣
٦ ايار	٨٣٧	٨٩٣	٩٢٣	٩٢٩	٩١٠	٨٦٧	٨٠٩	٧٤٩	٧٦٠	٧٧٢
٢٩ ايار	٨٠٤	٨٨١	٩٣٥	٩٦٧	٩٧٢	٩٥٨	٩٣٤	٩٣٩	٩٨٤	٩٩٩
٢٢ حزيران	٧٩٠	٨٧٣	٩٣٥	٩٧٥	٩٩١	٩٨٩	٩٧٩	١٠١٢	١٠٦٠	١٠٧٧
١٥ تموز	٨٠٠	٨٧٧	٩٣٠	٩٦٠	٩٦٧	٩٥٤	٩٢٩	٩٣٤	٩٨٠	٩٩٤
٨ آب	٨٣٠	٨٨٦	٩١٦	٩٢١	٩٠١	٨٥٩	٨٠١	٧٤٢	٧٥٤	٧٦٥
٣١ آب	٨٦٣	٨٨٧	٨٨٤	٨٥٦	٧٩٨	٧٢٥	٦٢٩	٥١٩	٤١٨	٤١٨
٢٣ أيلول	٨٨٥	٨٧١	٨٣١	٧٦٥	٦٧٧	٥٦٨	٤٤٢	٣٠٣	١٥٣	
١٦ تشرين أول	٨٨٦	٨٣٥	٧٦٠	٦٦٣	٥٤٥	٤١٤	٢٧٣	١٢٩	٧	
٨ تشرين ثاني	٨٧٠	٧٨٩	٦٨٥	٥٦٤	٤٢٩	٢٨٦	١٤٦	٢٤		
٣٠ تشرين ثاني	٨٥١	٧٤٨	٦٢٧	٤٩٢	٣٤٨	٢٠٤	٧٢			
٢٣ كانون أول	٨٤٣	٧٣٣	٦٠٥	٤٦٦	٣١٧	١٧٦	٤٩			
١٣ كانون ثاني	٨٥٥	٧٥٢	٦٣٠	٤٩٤	٣٥٠	٢٠٥	٦٣			
٤ شباط	٨٧٨	٧٩٥	٦٩١	٥٨٦	٤٣٤	٢٨٩	١٤٦	٢٤		
١٤ شباط	٨٩٦	٨٤٥	٧٦٩	٦٧٠	٥٥٣	٤١٩	٢٧٦	١٣١		

المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٣ ، ص ٥٩ .

جدول (٢) عدد ساعات سطوع الشمس (طول النهار) على درجات عرض مختلفة.

دائرة العرض	كانون ثاني	شباط	آذار	نيسان	ماي	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين أول	تشرين ثاني	كانون أول
٠	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧	١٢,٠٧
١٠	١١,٣٥	١١,٤٩	١٢,٠٤	١٢,٢١	١٢,٣٤	١٢,٤٢	١٢,٤٠	١٢,٢٨	١٢,١٢	١١,٥٥	١١,٤٠	١١,٣٢
٢٠	١١,٠٢	١١,٢١	١٢,٠٠	١٢,٢٦	١٢,٣٦	١٣,٢٠	١٣,١٦	١٢,٥٠	١٢,١٧	١١,٤٢	١١,١٢	١٠,٥٦
٣٠	١٠,٢٤	١١,١٠	١١,٥٧	١٢,٥٣	١٣,٣٨	١٤,٠٤	١٣,٥٦	١٣,١٦	١٢,٢٢	١١,٢٨	١٠,٤٠	١٠,١٤
٣١	١٠,٢١	١١,٠٤	١١,٥٧	١٢,٥٥	١٣,٤٤	١٤,٠٩	١٣,٥٩	١٣,١٩	١٢,٢٥	١١,٢٨	١٠,٣٤	١٠,٠٩
٣٢	١٠,١٧	١١,٠٢	١١,٥٨	١٢,٥٦	١٣,٤٩	١٤,١٤	١٤,٠٤	١٣,٢٢	١٢,٢٦	١١,٢٥	١٠,٣١	١٠,٠٤
٤٠	٩,٣٧	١٠,٤٢	١١,٥٣	١٢,١٤	١٤,٢٢	١٥,٠٠	١٤,٤٩	١٣,٤٨	١٢,٣١	١١,١٠	١٠,٠١	٩,٢٠
٥٠	٨,٣٠	١٠,٠٧	١١,٤٨	١٢,٤٤	١٥,٢٢	١٦,٢١	١٥,٣٨	١٤,٣٣	١٢,٤٢	١٠,٤٧	٩,٠٦	٨,٠٥
٦٠	٦,٣٨	٩,١١	١١,٤١	١٤,٣١	١٧,٠٤	١٨,٤٩	١٧,٣١	١٥,٤٦	١٢,٠٠	١٠,١١	٧,٢٧	٥,٥٤
٧٠	٠	٧,٢٠	١١,٨٢	٢٠,١٦	٢٢,١٣	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	١٨,٢٦	١٣,٣٤	٩,٠٣	٠
٨٠	٠	٠	١٠,٥٢	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	١٥,١٦	١٠,١٦	٠	٠
٩٠	٠	٠	٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٢٤,٠٠	٠	٠	٠	٠

المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٣ ، ص ٦٠.

ثانياً درجة الحرارة: Temperature Degrees

تتعدد الأساليب التي يعتمد على درجة الحرارة في حسابها وفقاً للغرض الذي وضعت من أجله منها :-

١: درجة الحرارة المتجمعة Accumulated Temperature

تستخدم معادلات درجة الحرارة المتجمعة لأغراض متعددة منها الزراعية والهيروولوجية ولأغراض التدفئة المركزية . ومن هذه المعادلات:-

أ : معادلة سلينوف :

وضع العالم السوفييتي سلينوف معادلة لتحديد درجة الحرارة المتجمعة للأغراض الزراعية تكتب بالصيغة الآتية^(١):

$$X = \frac{a+b}{2} d$$

إذ ان :

X = الحرارة المتجمعة بالمتوي .

b = درجة حرارة اليوم الأخير من الشهر بالمتوي .

a = معامل ثابت قدره (١٠م) ويمسى بالعتبة الحرارية .

(١) فاضل الحسيني مهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٩٩ .

d = عدد الأيام التي تزيد حرارتها على (١٠°م) في الشهر .
مثال : جد درجات الحرارة المتجمعة لشهر حزيران اذا كان درجة حرارة اليوم الأخير من الشهر (٤٢°م) وعدد الأيام التي تزيد درجة حرارتها على (١٠°م) لنفس الشهر نحو ٣٠ يوم .
الجواب :

$$X = \frac{10 + 42}{2} (30)$$

$$= 780^{\circ}c$$

وفي حال استخراج درجات الحرارة المتجمعة لفصل النمو فيتم حسابها لكل شهر ثم تجمع درجات الحرارة المتجمعة لكافة الشهور التي تمثل فصل النمو لأي محصول زراعي منذ نمو البذار حتى وقت الحصاد أو نهاية جني الثمار.

ب: معادلة اخرى لقياس درجات الحرارة المتجمعة للأغراض الزراعية :
تكتب على النحو الآتي ^(١):
الحرارة المتجمعة = (متوسط الحرارة اليومية - ٤٣°ف) × عدد ايام الشهر.
مثال: جد الحرارة المتجمعة لشهر مايس في محطة بغداد اذا كان متوسط حرارته اليومية نحو ٨٣,٥°ف
الجواب :

الحرارة المتجمعة = (٤٣ - ٨٣,٥) × ٣١ = ١٢٥٥,٥°ف
مثال : جد الحرارة المتجمعة لشهر حزيران في محطة بغداد اذا كان متوسط حرارته اليومية نحو ٣٢°م .
الجواب:

بما ان متوسط درجة الحرارة بالمتوي اذن تطبق المعادلة الآتية :
الحرارة المتجمعة = (متوسط الحرارة اليومية - ٦°م) × عدد ايام الشهر .

$$30 \times (6 - 32) =$$

$$= 780^{\circ}م$$

(١) عبد علي الخفاف وعلي الشلش ، الجغرافيا الحياتية ، ط١، دار الفكر ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠٠، ص٦٥.

ج. في مجال الهيدرولوجيا :

وجد العلماء الروس ان سمك طبقة الجليد التي تتكون على أسطح الأنهار والبحيرات الداخلية في فصل الشتاء يرتبط بالحرارة المتجمعة كما هو موضح في المعادلة الآتية^(١):

$$س = ٢,٥ \left(\text{مج ح} \right)^{٠,٥٢}$$

إذ أن :

س = سمك الطبقة المتجمعة بالسنتيمتر.

مج ح = مجموع درجات الحرارة في الايام التي تنخفض فيها درجة الحرارة عن الصفر المئوي .

د. في مجال التدفئة والتكييف المركزي :

استعمل هذا الاسلوب في تصميم الكثير من محطات التدفئة المركزية في الولايات المتحدة الامريكية وبريطانيا وغيرها من الدول الاوربية ويقوم على اعتبار درجة حرارة معينة يمكن عدها كعتبة حرارية ثم حساب مجموع الفرق بينها وبين المعدلات اليومية لدرجة الحرارة . فدرجة الحرارة ١٨°م (٦٤,٤°ف) تعد الأساس الذي على ضوئها يتم تشغيل التدفئة المركزية من قبل سكان الولايات المتحدة اذا انخفضت درجة الحرارة عن ذلك^(٢).

٢ : درجة الحرارة النسبية: Relative Temperature

يستخدم اسلوب الحرارة النسبية عند مقارنة سير درجة حرارة الهواء السنوية بين محطات مناخية مختلفة وتستخرج وفقاً للخطوات الآتية :

أ : يحسب الفرق بين معدل درجة حرارة الهواء الشهري ومعدل درجة حرارة هواء ابرد الشهور .

ب: يقسم الفرق الحراري السابق على المدى السنوي .

ج: يضرب الناتج في ١٠٠ ، يلاحظ جدول (٣).

(١) نعمان شحادة ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٦٢.

(٢) نفس المصدر ، ص ٦١.

جدول (٣) درجة الحرارة النسبية في مدينة بغداد خلال المدة ١٩٧١-٢٠٠٧.

الشهور	معدل الحرارة الاعتيادية	الفرق	درجة الحرارة النسبية
كان	٩,٢	٠	٠
شباط	١١,٨	٢,٦	١٠,٢
اذار	١٦,٧	٧,٥	٢٩,٣
نيسان	٢٢,٥	١٣,٣	٥١,٩٥
مايس	٢٨,٦	١٩,٤	٥٧,٨
حزيران	٣٢,٥	٢٣,٣	٩١,٠٢
تموز	٣٤,٨	٢٥,٦	١٠٠
اب	٣٤,٢	٢٥,٠	٩٧,٧
ايلول	٣٠,٣	٢١,١	٨٢,٤
ت ١	٢٤,١	١٤,٩	٥٨,٢
ت ٢	١٥,٩٥	٦,٨	٢٦,٦
كان	١٠,٧	١,٥	٥,٩

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

٣: القارية Continentiality

القارية صفة مناخية تتميز بها المناطق التي يكون فيها المدى الحراري السنوي كبير Annuual Temperature Range والمدى الحراري السنوي هو مقدار الفرق بين أدفئ الشهور وأبردها. ويتأثر المدى الحراري السنوي بعدة عوامل هي : الموقع من دوائر العرض latitude التضاريس topograph ، الرياح wind والموقع الجغرافي أو الموقع من المسطحات المائية maritime location. وهناك عدد من المعادلات استخدمت في حساب القارية اعتماداً على المدى الحراري السنوي الذي يعتمد على الفرق بين معدل درجة حرارة شهر تموز باعتباره أدفئ الشهور ، وشهر كانون الثاني باعتباره ابرد الشهور وهي :

أ: معادلة جونسون: johonsson

اتخذ جونسون المعيار الاتي لقياس درجة القارية^(١):

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٠٢.

$$K = \frac{1.7(t)}{\sin L} - 20.4$$

إذ أن

K = معامل القارية

T = المدى الحراري السنوي (م)

$\sin L$ = جيب دائرة عرض المحطة

مثال : جد معامل قارية جونسون وفقاً لمعطيات محطة بغداد، وكما موضح في جدول (٤).

جدول (٤) الموقع من دائر العرض ومتوسط معدل حرارة شهري تموز
وكانون الثاني الاعتيادية و المدى الحراري السنوي لمحطة بغداد خلال المدة
١٩٧١ - ٢٠٠٧.

المدى الحراري السنوي	متوسط معدل كانون الثاني	متوسط معدل حرارة تموز	الموقع من دوائر العرض
٢٥,٦	٩,٢	٣٤,٨	٣٣,٢٠

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

$$K = \frac{1.7(25.6)}{\sin 33.20} - 20.4$$

$$= 59.1$$

ب: معادلة جونسون المعدلة :

من ابرز عيوب المعادلة السابقة هي انها لا تميز بين القارية والبحرية في المناطق الاستوائية ، لان قيمة جيب دائرة العرض تكون صفراً لذا تم تعديل المعادلة السابقة بالصورة الآتية ^(١):

$$K = \frac{1.7(t)}{\sin(L+10)} - 14$$

تمتاز هذه المعادلة بانها استخدمت لحساب درجة القارية المثالية ١٠٠ % لمدينة فرخو يانسك verkhoysk الواقعة في سيبيريا على دائرة عرض ٦٧,٣٥° شمالاً وخط طول ١٢٣,٢٧° شرقاً ودرجة قارية مقدارها

(١) علي حسين الشلش ، القارية سمة اساسية من سمات مناخ العراق ، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية ، العدد ٢١ ، مطبعة العاني ، بغداد ، ١٩٨٧ ، ص ٤٩

صفرأ لمدينة ثورشافن thorshaven الواقعة على دائرة عرض ٦٢° شمالاً وخط طول ٦,٤٦° غرباً في جزر فايرو faero الدنماركية في شمال المحيط الاطلسي والتي يكون المناخ البحري فيها مثالياً حيث تصل نسبة البحرية فيها الى ١٠٠% .

طبقت المعادلة على مدينة بغداد وفقاً لمعطيات جدول (٤) فكانت النتيجة الآتية :

$$K = \frac{1.7(25.6)}{\sin(33^\circ.20' + 10)} - 14$$

$$= 49.6$$

جـ. معادلة خرموف:

وضع العالم خرموف معادلة لاستخراج معامل القارية على شكل نسبة مئوية عن طريق الصيغة الآتية^(١) :

$$K = \frac{S - 5.4(\sin L)}{S} 100$$

إذا ان :

K = معامل القارية % .

S = المدى الحراري السنوي بالمئوي .

Sinl = جيب دائرة عرض المحطة .

من تطبق هذه المعادل على مدينة بغداد وفقاً لمعطيات جدول (٤) ظهرت النتيجة الآتية :

$$K = \frac{25.6 - 5.4(\sin^\circ 33.20)}{25.6} 100$$

$$= 88\%$$

وهذا يشير الى ان قارية بغداد مرتفعة جداً.

د: معادلة بوريسوف :

تعد معادلة بوريسوف من ابسط المعادلات المستخدمة في استخراج معامل القارية على شكل نسبة مئوية وتكتب كما يلي^(٢):

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ،

ص ١٠٢

(٢) نفس المصدر ، ص ١٠٤

$$K = \frac{A}{L} 100$$

إذ أن :

A = المدى الحراري السنوي .

L = دائرة عرض المحطة .

إذا كان معامل قارية المحطة المستخرج يقل عن ٣٠ % فتكون المحطة ذات مناخ بحري ، أما إذا كانت قيمة المعامل تقع بين ٣١ % - ٤٠ % فإن المحطة تكون ذات مناخ انتقالي بينما إذا كانت قيمته تقع بين ٤١ - ٥٠ % فالمحطة قارية، وإذا كانت قيمة المعامل بين ٥١ % - ٨٠ % فالمحطة شديدة القارية في حين إذا كانت قيمة المعامل أكثر من ٨١ % فالمناخ قاري شديد جداً .

من تطبيق المعادلة على معطيات جدول (٤) لمحطة بغداد كانت قيمة معامل القارية نحو ٧٧,١ % وفقاً لذلك فالمحطة تكون شديدة القارية أما إذا اتخذت المعدلات وفقاً للسنوات فإن معامل القارية يرتفع في بعضها أكثر من ذلك كما في سنة ١٩٨٩ نحو ٨٨,٦ % عندما كان معدل درجة حرارة تموز نحو ٣٥,٨ °م ومعدل درجة حرارة كانون الثاني نحو ٦,٤ °م وكان المدى المستخرج نحو ٢٩,٤ °م ، لذا صنفنا المحطة في تلك السنة بأنها ذات مناخ قاري شديد جداً .

هـ. معادلة جرزنسكي:

اعتمد جرزنسكي في حساب درجة القارية على معادلة ادخل فيها المدى السنوي ما بين متوسط درجة الحرارة العظمى لآخر الشهور في السنة ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لأبرد شهور السنة الى جانب تركيزه على درجة العرض وتكتب بالصيغة الآتية^(١):

$$\text{درجة القارية} = \frac{١,٣ \times \text{م} - ٣٦,٣}{\text{جيب ع}}$$

على ضوء نتائج المعادلة ظهرت لديه خمسة انواع ذات درجات قارية مختلفة، فإذا كانت درجة القارية اقل من ٣٠ فيكون المناخ بحري ، وإذا كانت

(١) ياسر احمد السيد ، الطقس والمناخ ، بستان المعرفة ، الاسكندرية ، ٢٠١١ ، ص ٣٤٢-٣٤٣ .

من ٣٠ - ٤٠ فيكون شبه بحري ، اما اذا كانت من ٤٠ - ٥٠ فيكون شبه قاري، بينما اذا كانت من ٥٠ - ٦٠ فيكون قاري ، في حين اذا كانت اكثر من ٦٠ فيكون قاري جداً.

من تطبيق المعادلة على محطة بغداد التي تقع على دائرة عرض ٣٣,٢٠ م وكان متوسط درجة حرارة العظمى لآخر الشهور نحو ٤٤,١ م ، ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لابرء شهور السنة نحو ٣,٩ م والمدى السنوي ما بين متوسط درجة الحرارة لقيمتي الشهرين المذكورين نحو ٤٠,٢ م فان درجة القارية تبلغ نحو ٥٩,١ اذن فان مناخ مدينة بغداد هو قاري.

و. معادلة ديبراش :

اعتمد ديبراش سنة ١٩٥٩ في حسابه للقارية على المدى السنوي المستخرج من الفرق بين متوسط درجة الحرارة العظمى لآخر شهور السنة ، ومتوسط درجة الحرارة الصغرى لابرء شهور السنة بالدرجات المئوية . واستطاع ان يميز اربعة مناخات هي^(١):

- المناخ غير المشمس ذو المدى الحراري اقل من ١٥ م .
 - المناخ الساحلي ذو المدى الحراري فيه بين ١٥ م - ٢٥ م .
 - المناخ نصف القاري والمدى الحراري فيه بين ٢٥ م - ٣٥ م .
 - المناخ القاري والمدى الحراري فيه اكثر من ٣٥ م .
- طبقت المعادلة على مدينة بغداد وكانت النتيجة الآتية :

$$٤٤,١ م - ٣,٩ م = ٤٠,٢ م$$

اذن المناخ قاري ذو مدى حراري فيه اكثر من ٣٥ م.

٤ : البحرية Maritime :

هي صفة مناخية نقيضه للقارية تتميز بها المناطق ذات المدى الحراري السنوي القليل (ويكون المدى الحراري السنوي قليل جداً قرب الدائرة الاستوائية كما يتميز بانخفاضه فوق المسطحات المائية وارتفاعه فوق اليابسة . فضلاً عن ذلك انه يتصف بانخفاضه في العروض الوسطى في النصف الجنوبي مقارنة بنفس العروض في النصف الشمالي ، وذلك لان المسطحات

(١) نفس المصدر السابق .

المائية في النصف الجنوبي اكثر مما هي عليه في النصف الشمالي كما يزداد بالاتجاه نحو القطبين لزيادة الفرق بين أدفئ الشهور و ابردها ^(١) .
لحساب درجة البحرية استخدمت معادلة كيرنر Kerner الآتية ^(٢) :

$$M = \frac{To - TA}{A} 100$$

إذ أن :

M = نسبة التأثيرات البحرية أو المحيطية .

To = معدل حرارة شهر تشرين الأول .

TA = معدل حرارة شهر نيسان .

A = المدى الحراري السنوي .

من تطبيق المعادلة على محطة بغداد الذي كان وسطها الحسابي للمدة ١٩٧١ - ٢٠٠٧ نحو ٢٤,١ م لمعدل حرارة شهر تشرين الاول ، و ٢٢,٥ م لمعدل حرارة شهر نيسان ، والمدى الحراري السنوي نحو ٢٥,٦ م . فان معامل البحرية المستخرج كان قليل جداً بلغ نحو ٦,٣ % وذلك لضعف تأثير المسطحات المائية على مدينة بغداد لاحاطتها باليابسة من جميع الجهات ، والتي يصلها تأثير محدود عن طريق البحر المتوسط والخليج العربي . لذا ان بعض سنوات هذه المدة كما في سنة ٢٠٠٠ ، التي بلغ معدل حرارة شهر تشرين الاول فيها نحو ٢٢,٨ م وحرارة شهر نيسان نحو ٢٥,٢ م والمدى الحراري السنوي نحو ٢٨,٣ م قد بلغ معامل بحريتها بصورته السالبة نحو - ٨,٥ % أي أن هذه السنة كانت قارية تماماً وذات بحرية معدومة.

٥: درجة الحرارة الفعالة Effective Temperature

ان الفرد يستطيع تحمل درجات الحرارة الى حدود معينة اذ ان درجة تحمله لارتفاع درجات الحرارة تنخفض اذا ما اقترنت برطوبة نسبية عالية ، كما ان تحمله لانخفاض درجات الحرارة ينخفض في حالة اقترانها برياح شديدة الامر الذي جعل علماء المناخ يضعون مقياساً لذلك يسمى بدرجة الحرارة الفعالة . وهناك معيار حراري آخر يسمى بمعيار الحرارة الرطبة

(^١) Glenn T. Trewartha, An Introduction to climate, third edition, Mc graw-hill book company, inc. USA, 1954, p.37.

(^٢) علي حسين الشلش ، القارية سمة اساسية من سمات مناخ العراق ، مصدر سابق ، ص ٥٥ .

Temperature Humidity Index أو قرينة الراحة الذي يحدد مدى شعور الانسان بالراحة او التضايق وفقاً لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الهواء . وقد وضع ثوم المعادلة الآتية^(١):

$$T.H.i = (td + th) \frac{2}{5} + 8$$

إذ أن :

T.H.i = معيار الراحة .

td = درجة حرارة المحرار الجاف بالمئوي .

th = درجة حرار المحرار الرطب بالمئوي . يلاحظ جدول (٥).

جدول (٥) درجة الحرارة الفعالة ومعيار الراحة

شعور الانسان بالراحة او الانزعاج T.H.i	درجة الحرارة الفعالة بالمئوي
مزعج جداً	أكثر من ٢٨
مزعج	٢٨-٢٧
انتقالي دافئ	٢٥ - ٢٦,٩
مريح	١٧ - ٢٤,٩
انتقالي بارد	١٥-١٦,٩
غير مريح ومزعج	أقل من ١٥

المصدر : نعمان شحادة ، المناخ العملي ، عمان الاردن ، ١٩٨٣ ، ص١٨٣ .

مثال : إذا كانت درجة حرارة المحرار الجاف تساوي ٢٥° م ، ودرجة حرارة المحرار الرطب ٢٠° م جد معيار الحرارة الرطبة مع وصف شعور الانسان .
الجواب :

$$T.H.i = (25 + 20) \frac{2}{5} + 8$$

$$= 26 \text{ إنتقالي دافئ}$$

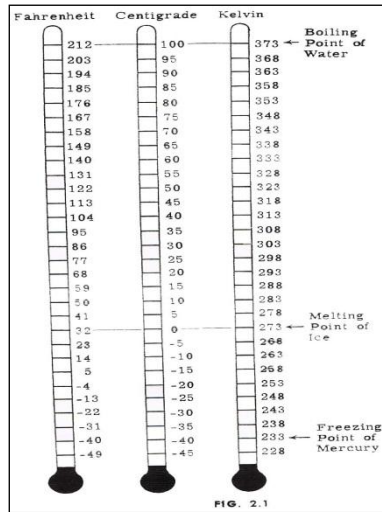
٦: تحويل درجات الحرارة :

تقاس الحرارة بالدرجات ، وهناك عدة مقاييس لها ، منها المقياس الفهرنهايتي نسبة الى واضع هذا المقياس سنة ١٧١٠ دانيال فهرنهايت Daniel Fahrenheit (١٦٨٦-١٧٣٦) وهو عالم الماني جعل درجة

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص١٠١

ذوبان الجليد ٣٢° ف و غليان الماء ٢١٢° ف وبذلك قسمت الدرجات الى ١٨٠° ف، ورغم ان مخترع الترمومتر الفهرنهايتي Fahrenheit thermometer الماني ، الا ان استعماله شائع في الدول التي تتحدث اللغة الانكليزية. اما المقياس الثاني فهو المقياس المئوي او السيليزي centigrade scale نسبة الى مخترعه سيليز الذي جعل نقطة الانجماد هي الصفر المئوي ودرجة غليان الماء ١٠٠° م وبذلك يقسم الى ١٠٠ درجة ، وواضع هذا المقياس هو الفلكي السويدي اندرس سيليز Andres Celsius (١٧٠١ - ١٧٤٤) ، الذي اخترع الترمومتر المئوي Selsius thermometer سنة ١٧٤٢. وهناك مقياس ثالث يسمى بالمقياس المطلق Absolute Scale نسبة الى مخترعه كلفن Kelvin وتكون فيه نقطة الصفر هي ٢٧٣° . اما درجة غليان الماء فهي ٣٧٣° ، وبذلك يقسم المقياس الى ١٠٠° ويرمز له بالرمز k ، يلاحظ شكل (٣٦).

شكل (٣٦) مقاييس درجات الحرارة



المصدر : Thomas A. Blair and Robert C.Fite , weather elements. third printing, prentice-hall inc englewood, cliffs , N.J. USA , 1965 , p.15 .

لإجراء عملية التحويل بين درجات الحرارة وفقاً للمقاييس المذكورة ينبغي اتباع ما يلي :
 أ: الدرجة المئوية = الدرجة الفهرنهايتية - ٣٢ × ٩/٥ (لتحويل الدرجة الفهرنهايتية الى مئوية).

ب: الدرجة الفهرنهايتية = الدرجة المئوية $\times \frac{5}{9} + 32$ (لتحويل الدرجة المئوية الى الفهرنهايتية).
ج: الدرجة الكلفانية = الدرجة المئوية $+ 273$ (لتحويل الدرجة المئوية الى كلفانية).
ج: الدرجة المئوية = الدرجة الكلفانية $- 273$ (لتحويل الدرجة الكلفانية الى مئوية).

ثالثاً : الرطوبة الجوية: Atmospheric humidity

للرطوبة انواع عديدة يمكن ذكرها وكيفية قياسها على النحو الآتي :

١ : **الرطوبة النسبية:** هي نسبة ما يوجد من بخار ماء فعلاً في الهواء الى اكبر مقدار منه يستطيع الهواء حمله تحت نفس درجة الحرارة . ويمكن تقديرها باستخدام الفرق بين قراءات درجة الحرارة في المرطاب ذي البصلتين الجافة والرطبة وباستخدام جدول (٦).

٢ : **الرطوبة المطلقة :** هي وزن بخار الماء في حجم معين من الهواء بوحدة قياس غم/م^٣ . ويمكن تقديرها من جدول (٧).

جدول (٦) حساب الرطوبة النسبية من الفرق بين درجة حرارة الميزان الجاف والمبلل (%)

الفرق بين درجة حرارة الميزان الجاف والرطب (م°)												درجة الحرارة
(م°)	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢
٠٠	٨١	٦٤	٤٦	٢٩	١٣							
٢	٨٤	٦٨	٥٢	٣٧	٢٢	٧						
٤	٨٥	٧١	٥٧	٤٣	٢٩	١٦						
٦	٨٦	٧٣	٦٠	٤٨	٣٥	٢٤	١١					
٨	٨٧	٧٥	٦٣	٥١	٤٠	٢٩	١٩	٨				
١٠	٨٨	٧٧	٦٦	٥٥	٤٤	٣٤	٢٤	١٥	٦			
١٢	٨٩	٧٨	٦٨	٥٨	٤٨	٣٩	٢٩	٢١	١٢			
١٤	٩٠	٧٩	٧٠	٦٠	٥١	٤٢	٣٤	٢٦	١٨	١٠		
١٦	٩٠	٨١	٧١	٦٣	٥٤	٤٦	٣٨	٣٠	٢٣	١٥	٨	
١٨	٩١	٨٢	٧٣	٦٥	٥٧	٤٩	٤١	٣٤	٢٧	٢٠	١٤	٧
٢٠	٩١	٨٣	٧٤	٦٦	٥٩	٥١	٤٤	٣٧	٣١	٢٤	١٨	١٢
٢٢	٩٢	٨٣	٧٦	٦٨	٦١	٥٤	٤٧	٤٠	٣٤	٢٨	٢٢	١٧
٢٤	٩٢	٨٤	٧٧	٦٩	٦٢	٥٦	٤٩	٤٣	٣٧	٣١	٢٦	٢٠
٢٦	٩٢	٨٥	٧٨	٧١	٦٤	٥٨	٥١	٤٦	٤٠	٣٤	٢٩	٢٤
٢٨	٩٣	٨٥	٧٨	٧٢	٦٥	٥٩	٥٣	٤٨	٤٢	٣٧	٣٢	٢٧
٣٠	٩٣	٨٦	٧٩	٧٣	٦٧	٦١	٥٥	٥٠	٤٤	٣٩	٣٥	٣٠
٣٢	٩٣	٨٦	٨٠	٧٤	٦٨	٦٢	٥٧	٥١	٤٦	٤١	٣٧	٣٢
٣٤	٩٣	٨٧	٨١	٧٥	٦٩	٦٣	٥٨	٥٣	٤٨	٤٣	٣٩	٣٥
٣٦	٩٤	٨٧	٨١	٧٥	٧٠	٦٤	٥٩	٥٤	٥٠	٤٥	٤١	٣٧
٣٨	٩٤	٨٨	٨٢	٧٦	٧١	٦٦	٦١	٥٦	٥١	٤٧	٤٣	٣٩
٤٠	٩٤	٨٨	٨٢	٧٧	٧٢	٦٧	٦٢	٥٧	٥٣	٤٨	٤٤	٤٠

المصدر : نعمان شحادة ، المناخ العملي ، الاردن ، عمان ، ١٩٨٣ ، ص ٢٢١ .

جدول (٧) الرطوبة المطلقة الاشباعية (غم/م³)

درجة الحرارة (م°)	الرطوبة المطلقة الاشباعية	درجة الحرارة (م°)	الرطوبة المطلقة الاشباعية	درجة الحرارة (م°)	الرطوبة المطلقة الاشباعية
٠	٤,٨٥	١٨	١٥,٣٧	٣٦	٤١,٨
٢	٥,٥٦	٢٠	١٧,٣١	٣٨	٤٦,٣
٤	٦,٣٧	٢٢	١٩,٤٠	٤٠	٥١,٢
٦	٧,٢٧	٢٤	٢١,٨	٤٢	٥٦,٦
٨	٨,٢٩	٢٦	٢٤,٤	٤٤	٦٢,٥
١٠	٩,٤١	٢٨	٢٧,٣	٤٦	٦٨,٨
١٢	١٠,٦٨	٣٠	٣٠,٤	٤٨	٧٥,٦
١٤	١٢,٠٩	٣٢	٣٣,٨	٥٠	٨٣,١
١٦	١٣,٦٥	٣٤	٣٧,٦		

المصدر : نعمان شحادة ، المناخ العملي ، الاردن ، عمان ، ١٩٨٣ ، ص ٢٢١ .

٣ : الرطوبة النوعية : هي وزن بخار الماء (غم) الموجود فعلاً في وحدة وزن معينة من الهواء (كغم) ، يلاحظ جدول (٨).

جدول (٨) الرطوبة النوعية الاشباعية (غم / كغم)

الضغط الجوي (مليبار)			درجة الحرارة (م°)
٨٠٠	٩٠٠	١٠٠٠	
٤,٧٦	٤,٢٣	٣,٨٠	صفر
٦,٨١	٦,٠٥	٥,٤٤	٥
٩,٦٠	٨,٥٣	٧,٦٧	١٠
١٣,٤	١١,٩	١٠,٧	١٥
١٨,٤	١٦,٣	١٤,٧	٢٠
٢٥,٠	٢٢,٢	٢٠,٠	٢٥
٢٣,٧	٢٩,٩	٢٦,٩	٣٠
	٣٩,٨	٣٥,٨	٣٥
		٤٧,٣	٤٠

المصدر : نعمان شحادة ، المناخ العملي ، الاردن ، عمان ، ١٩٨٣ ، ص ٢٢٠ .

٤ : معامل المزج : هو وزن بخار الماء الموجود في زون معين من الهواء الجاف ويقاس بوحدة غم/كغم ، يلاحظ جدول (٩) .

جدول (٩) معامل المزج الاشباعي (غم / كغم)

الضغط الجوي (مليبار)			درجة الحرارة (م°)
٩٠٠	٩٥٠	١٠٠٠	
٤,٢٥	٤,٠٣	٣,٨٢	صفر
٦,١٠	٥,٧٧	٥,٤٨	٥
٨,٦٢	٨,١٦	٧,٥	١٠
١٢,٠٤	١١,٣٩	١٠,٨١	١٥
١٦,٦٣	١٥,٧٣	١٤,٩٣	٢٠
٢٢,٧٤	٢١,٥١	٢٠,٤	٢٥
٣٠,٨٦	٢٩,١٦	٢٧,٦	٣٠
٤١,٥٧	٣٩,٢٥	٣٧,٢	٣٥
٥٥,٧٠	٥٢,٥٢	٤٩,٢	٤٠

المصدر : نعمان شحادة ، المناخ العملي ، الاردن ، عمان ، ١٩٨٣ ، ص ٢٢٠ .

٥: ضغط بخار الماء الاشباعي : هو ضغط بخار الماء حال تشبع الهواء به ويقاس بوحدة قياس المليبار ، يلاحظ جدول (١٠) .
 جدول (١٠) ضغط البخار المشبع (ea) بالمليبار اعتماداً على معدل درجة حرارة الهواء (T) (م°).

ea mbar	Temperature °C	ea mbar	Temperature °C
23.4	20	6.1	0
24.9	21	6.6	1
26.4	22	7.1	2
28.1	23	7.6	3
29.8	24	8.1	4
31.7	25	8.7	5
33.6	26	9.3	6
35.7	27	10.0	7
37.8	28	10.7	8
40.1	29	11.5	9
42.4	30	12.3	10
44.9	31	13.1	11
47.6	32	14.0	12
50.3	33	15.0	13
53.2	34	16.1	14
56.2	35	17.0	15
59.4	36	18.2	16
62.8	37	19.4	17
66.3	38	20.6	18
69.9	39	22.0	19

المصدر : J. Doorenbos and W.o Pruitt, guidelines for predicting crop water requirement. FAO irrigation and drainage paper. no. Rome, 1977, p.21.

٦ : نقطة الندى : هي الدرجة التي يكون عندها الهواء مشبعاً ، ويحدث عندها التكاثف . فإذا كانت فوق الصفر المئوي تكون الضباب والندى وغيوم متكونة من قطرات مائية اما إذا كانت دونه فيتكون الصقيع وغيوم متكونة من بلورات ثلجية وقطرات مائية فوق مبردة . يلاحظ جدول (١١).

جدول (١١) نقطة الندى

درجة الحرارة °م											
١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
						٤٦-	٢٦-	١٩-	١٢-	٧-	٤-
						٣٢-	١٩-	١٣-	٨-	٤-	١-
						١١-	٦-	٤-	١-	٢	٤
				١٨-	١١-	٦-	٢-	٠,٦-	٢	٤	٧
			١٩-	١١-	٦-	٢-	١	٣	٦	٨	١٠
		٢٤-	١٣-	٤-	١-	٢	٥	٦	٩	١١	١٣
	٢٢-	١٢-	٦-	٠	٣	٦	٨	٩	١٢	١٠	١٦
١٩-	١٠-	٤-	٠,٦-	٤	٧	٩	١٢	١٣	١٥	١٧	١٨
٨-	٣-	٠,٦	٤	٨	١١	١٣	١٥	١٦	١٨	١٩	٢١
٢-	٢	٦	٨	١٢	١٤	١٦	١٨	١٩	٢١	٢٢	٢٤
٤	٧	١٠	١٢	١٦	١٧	١٩	٢١	٢٢	٢٣	٢٥	٢٧
٩	١١	١٤	١٦	١٩	٢١	٢٢	٢٤	٢٥	٢٧	٢٨	٢٩
١٣	١٥	١٧	١٩	٢٢	٢٤	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣١	٣٢
١١	١٩	٢١	٢٣	٢٦	٢٧	٢٨	٣٠	٣١	٣٢	٣٤	٣٥
٢١	٢٢	٢٤	٢٦	٢٨	٣٠	٣٢	٣٣	٣٤	٣٥	٣٧	٣٨
٢٤	٢٦	٢٨	٢٩	٣٢	٣٣	٣٤	٣٦	٣٧	٣٨	٣٩	٤٠
٢٧	٢٩	٣١	٣٢	٣٢	٣٤	٣٦	٣٧	٣٩	٤١	٤٢	٤٣
٣١	٣٢	٣٤	٣٦	٣٧	٣٩	٤٠	٤٢	٤٢	٤٣	٤٥	٤٩

المصدر : نعمان شحادة ، المناخ العملي ، الاردن ، عمان ، ١٩٨٣ ، ص ٢٢٢ .

رابعاً : الرياح wind

تقاس الرياح من حيث السرعة والاتجاه ، فإما السرعة فيمكن قياسها بالمتراً / ثانية ، أو كم/ساعة أو الميل/الساعة . وأما الاتجاه فيقاس على شكل نسب مئوية ، ويتم رسمها على شكل وردة تسمى بوردة الرياح wind Rose عن طريق الخطوات الآتية :

١ : استخراج النسب المئوية التي تمثل تكرار الرياح من اتجاه معين وسكونها ويتم الحصول عليها من محطات الانواء الجوية .

٢ : رسم دائرة تمثل المحطة التي يراد رسم وردة الرياح لها يوضح في داخلها النسبة المئوية لسكون الرياح .

٣ : من الدائرة ترسم نسب تكرار اتجاه الرياح بشكل قطع مستقيمة وفقاً لجهات الهبوب الثمانية (NW،W،SW،S،SE،E،NE،N) .

٤ : يجب ان يكون طول القطع المستقيمة وفق حساب معين ، مثلاً اذا كانت الرياح الشمالية الغربية NW ذات نسبة مئوية في تكرارها تبلغ نحو ١٢% فيكون الرسم لكل ٤% سنتمتراً واحداً ، وبذلك فان طول القطعة المستقيمة التي تمثل الرياح الشمالية الغربية تبلغ ٣ سم .

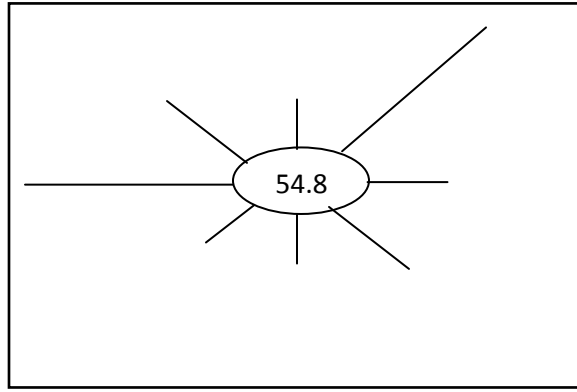
يمكن تطبيق رسم وردة الرياح على محطة كركوك شكل (٣٧) التي يمثل بياناتها جدول (١٢).

جدول (١٢) النسب المئوية السنوية لمعدلات تكرار الرياح في محطة كركوك

الاتجاه	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM
النسب المئوية	٣,٦	١٠,٢	٤,٢	٥,٥	٣,٩	٢,٨	١٠,١	٤,٨	٥٤,٨

المصدر : الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ ، نشرة رقم ١٨ ، بغداد ، ١٩٩٤ .

شكل (٣٧) ورده رياح تمثل نسب تكرار معدلات اتجاه الرياح السنوية في محطة كركوك.



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (١٢).

خامساً : الأمطار : Rainfall :

ان وحدة قياس الأمطار هي الملم ، او السم ، او البوصة ، وهناك عدة جوانب ينبغي ملاحظتها عند دراسة الأمطار :

١: تعويض بيانات الأمطار المفقودة : ان السجلات المطرية لا تخلو من وجود أيام أو شهور أو سنوات فيها نقص بالبيانات بسبب فقدانها أو نتيجة حصول الإهمال في تسجيلها أو لظروف مرت بها البلاد كأن تكون حروب أو التعرض الى بعض المخاطر كالزلازل أو البراكين أو العواصف المدمرة أو الحرائق . لذا كان لابد من تعويض هذه البيانات ببيانات يستطيع الباحث او المهتم بالأنواء الجوية من استخدامها . وأحد هذه الاساليب المستخدمة لتعويض بيانات الأمطار المفقودة هي المعادلة الآتية التي تستخدم في حال

كان معدل الأمطار السنوية في المحطة التي يراد التعويض فيها ذات فرق مع المحطات الثلاث المناخية المحيطة بها يزيد عن ١٠ %^(١):

$$\text{ط(س)} = \frac{1}{3} \left(\frac{\text{م(س)}}{\text{م(أ)}} \times \text{ط(أ)} + \frac{\text{م(س)}}{\text{م(ب)}} \times \text{ط(ب)} + \frac{\text{م(س)}}{\text{م(ج)}} \times \text{ط(ج)} \right)$$

إذ أن

ط(س) = كمية الأمطار التي يراد تقديرها سواء كانت يومية او شهرية او فصلية.

م(س) = معدل الأمطار السنوي في المحطة التي يراد تقدير الأمطار لها.
م(أ) = و م(ب) و م(ج) = المعدلات السنوية للأمطار في المحطات الثلاث المحيطة بالمحطة المعنية .

ط(أ) و ط(ب) و ط(ج) = الأمطار المتساقطة في المحطات الثلاث خلال المدة التي نريد ان نقدر لها ط(س).

٢ : **تذبذب الأمطار** : هو ارتفاع أو انخفاض كمية الأمطار المتساقطة فوق أو دون معدلاتها الشهرية أو السنوية ويمكن استخراج معامل التذبذب من المعادلة الآتية^(٢):

$$\text{معامل التذبذب} = \frac{\text{الانحراف المتوسط}}{\text{معدل المطر السنوي}} \times 100$$

ويستخرج الانحراف المتوسط عن طريق المعادلة الآتية^(٣):

$$\text{الانحراف المتوسط} = \frac{\text{م(س - س-)}}{\text{ن}}$$

إذ أن :

س = معدل الامطار المتساقطة لكل سنة .

س- = الوسط الحسابي للأمطار .

ن = عدد سنوات الرصد .

(١) نعمان شحادة ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٨٩ .
(٢) محمود حسن المشهداني وآخرون ، أصول الإحصاء والطرق الإحصائية ، ط ١ ، بغداد ، مطبعة دار السلام ، ١٩٨٥ ، ص ١٢٠ .
(٣) عبد الرزاق محمد البطيجي ، طرائق البحث الجغرافي ، دار الكتب ، جامعة الموصل ، ١٩٨٨ ، ص ١٥١ .

٣ : مدة الرجوع : **Return period** : يعد حساب مدة الرجوع من الاساليب التحليلية المتبعة في تقدير احتمالات سقوط الأمطار والمدة الزمنية التي يتوقع ان تتكرر الأمطار ضمنها ولهذا اهميته في كثير من المجالات التطبيقية ، مثل تصميم السدود والخزانات المائية ، وشبكات المجاري ، والمحافظة على التربة من الانجراف ، والزراعة الدائمة ، والمياه الجوفية ، واحتمالات حدوث الفيضانات أو النقص في المياه . ولتقدير مدة الرجوع للأمطار في محطة كربلاء يتبع ما يلي^(١):

أ: نرتب الأمطار ترتيباً تصاعدياً ، وتحدد رتبة كل قيمة منها
ب: نحدد احتمال سقوط كل قيمة من الأمطار بقسمة رتبة تلك القيمة على مجموع عدد القيم للأمطار مضافاً إليها واحد ، كما في المعادلة الآتية :

$$\frac{م}{1 + ن}$$

ج: نطرح الناتج في النقطة (ب) من واحد ، كما في المعادلة الآتية :

$$ح = 1 - \frac{م}{1 + ن}$$

د: نقدر مدة الرجوع الزمنية لكل قيمة من الأمطار بقسمة واحد على احتمال حدوثها ، أي ان $ز = 1/ح$ ، إذ ان (ز) تمثل فترة رجوع الأمطار بينما تمثل (ح) احتمال حدوثها.

يمكن إيضاح ذلك في جدول (١٣).

(١) نعمان شحادة ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ٩٠

جدول (١٣) مدة رجوع الامطار السنوي في محطة بغداد للمدة ١٩٧١ -

٢٠٠٧

الرتبة	الامطار	$\frac{م}{1+ن}$	$\frac{م}{1+ن} - 1$	ز	الرتبة	الامطار	$\frac{م}{1+ن}$	$\frac{م}{1+ن} - 1$	ز
١٩	١١٣,٨	٠,٥٢٨	٠,٤٧٢	٢,١١٩	١	٤٩,٩	٠,٠٢٨	٠,٩٧٢	١,٠٢٩
٢٠	١١٥,٨	٠,٥٥٦	٠,٤٤٤	٢,٢٥٢	٢	٥٧,٨	٠,٠٥٦	٠,٩٤٤	١,٠٥٩
٢١	١١٨,١	٠,٥٨٣	٠,٤١٧	٢,٣٩٨	٣	٥٨,٥	٠,٠٨٣	٠,٩١٧	١,٠٩١
٢٢	١٢٣,٨	٠,٦١١	٠,٣٨٩	٢,٥٧١	٤	٦٧,٦	٠,١١١	٠,٨٨٩	١,١١٢
٢٣	١٢٨,١	٠,٦٣٩	٠,٣٦١	٢,٧٧٠	٥	٧٨,٢	٠,١٣٩	٠,٨٦١	١,١٦١
٢٤	١٣٩,٧	٠,٦٦٧	٠,٣٣٣	٣,٠٠٣	٦	٨٨,١	٠,١٦٧	٠,٨٣٣	١,٢٠٠
٢٥	١٤٥,٦	٠,٦٩٤	٠,٣٠٦	٣,٢٦٨	٧	٨٨,٢	٠,١٩٤	٠,٨٠٦	١,٢٤١
٢٦	١٥٢,٩	٠,٧٢٢	٠,٢٧٨	٣,٥٩٧	٨	٩١,٥	٠,٢٢٢	٠,٧٧٨	١,٢٨٥
٢٧	١٥٨	٠,٧٥٠	٠,٢٥٠	٤,٠٠٠	٩	٩٦,٥	٠,٢٥٠	٠,٧٥٠	١,٣٣٣
٢٨	١٦٠,٧	٠,٧٧٨	٠,٢٢٢	٤,٥٠٥	١٠	٩٦,٧	٠,٢٧٨	٠,٧٢٢	١,٣٨٥
٢٩	١٦٢,٣	٠,٨٠٦	٠,١٩٤	٥,١٥٥	١١	٩٧,١	٠,٣٠٦	٠,٦٩٤	١,٤٤١
٣٠	١٨٢,٩	٠,٨٣٣	٠,١٦٧	٥,٩٨٨	١٢	٩٨	٠,٣٣٣	٠,٦٦٧	١,٤٩٩
٣١	١٨٧	٠,٨٦١	٠,١٣٩	٧,١٩٤	١٣	٩٩,٢	٠,٣٦١	٠,٦٣٩	١,٥٦٥
٣٢	١٩١,٢	٠,٨٨٩	٠,١١١	٩,٠٠٩	١٤	٩٩,٨	٠,٣٨٩	٠,٦١١	١,٦٣٧
٣٣	١٩٢,٥	٠,٩١٧	٠,٠٨٣	١٢,٠٤٨	١٥	١٠٨,٢	٠,٤١٧	٠,٥٨٣	١,٧١٥
٣٤	١٩٢,٧	٠,٩٤٤	٠,٠٥٦	١٧,٨٥٧	١٦	١٠٩,٩	٠,٤٤٤	٠,٥٥٦	١,٧٩٩
٣٥	٢٨٤,١	٠,٩٧٢	٠,٠٢٨	٣٥,٧١٤	١٧	١١٠,١	٠,٤٧٢	٠,٥٢٨	١,٨٩٤
					١٨	١١١,٥	٠,٥٠٠	٠,٥٠٠	٢,٠٠٠

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الامطار للهيئة العامة للاتواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة.

من تحليل جدول (١٣) يتضح مايلي :

أ: ان احتمالية الحدوث في محطة بغداد تزداد مع انخفاض مجموع التساقط السنوي للأمطار ، في حين تقل احتمالية الحدوث مع ارتفاع مجموع الأمطار.

ب: ان مدة رجوع الأمطار (ز) تقترب مع انخفاض مجموع الأمطار المتساقطة ، في حين تتباعد المدة مع ارتفاع مجموع الأمطار المتساقطة.

سادساً: التبخر : Evaporation

يحدث التبخر من المسطحات المائية كما يحدث من التربة ، وهنا يبرز استخدام مصطلحين للتبخر الاول منهما هو التبخر الحقيقي Actual Evaporation وهو يتساوى مع التبخر الممكن او الكامن او المحتمل Potential Evaporation في حال التربة المشبعة بالرطوبة أو المسطحات المائية ، في حين ينعقد في الترب الجافة جداً. أما المصطلح الثاني وهو التبخر الممكن فهو يبلغ ذروته في فصل الصيف ، وهو يستمر

حتى من الترب الجافة ، لانه يتأثر بعناصر المناخ المختلفة ، لذا يطلق عليه اسم التبخر المناخي . ونظراً لصعوبة التمييز بين التبخر الذي يحدث من المسطحات المائية والتربة وبين التبخر الذي يحصل من النبات والذي يسمى بالنتج Transpiration أقترح أن يستخدم مصطلح التبخر / النتج Evapotranspiration. ويقاس التبخر ، والتبخر/نتج بوحدة قياس هي الملم . ويوجد العديد من المعادلات التجريبية لقياس التبخر ، والتبخر / نتج ، يمكن ايجازها على النحو الآتي:

١ : معادلة بليني – كريدل: Blaney and Criddle

تكتب معادلة بليني – كريدل بالصيغة الآتية^(١)

$$ETO = KP(0.46TC + 8.13)$$

إذ ان :

ETO = التبخر / نتج الممكن (ملم).

$$K = (0.0311TC + 0.24)$$

P = نسبة عدد ساعات النهار من الشهر الى عددها في السنة ، جدول (١٤).

T C = معدل درجة حرارة الهواء الشهرية (م).

(^١) J. Dorenbos and w.o. Pruitt، Guideliness for predicting crop water requirement ، FAO ، Irrigation and drainge paper ، no24. Rome،1977، p3-4.

جدول (١٤) معدل النسب اليومية لساعات النهار السنوية لمختلف دوائر العرض في نصفي الأرض الشمال والجنوبي

دائرة عرض	النصف الشمالي	٢ ك	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزير ن	تموز	أب	ايلول	١ ت	٢ ت	١ ك
النصف الجنوبي	تموز	أب	ايلول	١ ت	٢ ت	١ ك	٢ ك	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	١ ك
٦٠	٠,١٥	٠,٢٠	٠,٢٦	٠,٣٢	٠,٣٨	٠,٤١	٠,٤٠	٠,٣٤	٠,٢٨	٠,٢٢	٠,١٧	٠,١٣	
٥٨	٠,١٦	٠,٢١	٠,٢٦	٠,٣٢	٠,٣٧	٠,٤٠	٠,٣٩	٠,٣٤	٠,٢٨	٠,٢٣	٠,١٨	٠,١٥	
٥٦	٠,١٧	٠,٢١	٠,٢٦	٠,٣٢	٠,٣٦	٠,٣٩	٠,٣٨	٠,٣٣	٠,٢٨	٠,٢٣	٠,١٨	٠,١٦	
٥٤	٠,١٨	٠,٢٢	٠,٢٦	٠,٣١	٠,٣٦	٠,٣٨	٠,٣٧	٠,٣٣	٠,٢٨	٠,٢٣	٠,١٩	٠,١٧	
٥٢	٠,١٩	٠,٢٢	٠,٢٧	٠,٣١	٠,٣٥	٠,٣٧	٠,٣٦	٠,٣٣	٠,٢٨	٠,٢٤	٠,٢٠	٠,١٧	
٥٠	٠,١٩	٠,٢٣	٠,٢٧	٠,٣١	٠,٣٤	٠,٣٦	٠,٣٥	٠,٣٢	٠,٢٨	٠,٢٤	٠,٢٠	٠,١٨	
٤٨	٠,٢٠	٠,٢٣	٠,٢٧	٠,٣١	٠,٣٤	٠,٣٦	٠,٣٥	٠,٣٢	٠,٢٨	٠,٢٤	٠,٢١	٠,١٩	
٤٦	٠,٢٠	٠,٢٣	٠,٢٧	٠,٣٠	٠,٣٤	٠,٣٥	٠,٣٤	٠,٣٢	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,٢١	٠,٢٠	
٤٤	٠,٢١	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,٣٠	٠,٣٣	٠,٣٥	٠,٣٤	٠,٣١	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,٢٢	٠,٢٠	
٤٢	٠,٢١	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,٣٠	٠,٣٣	٠,٣٤	٠,٣٣	٠,٣١	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,٢٢	٠,٢١	
٤٠	٠,٢٢	٠,٢٤	٠,٢٧	٠,٣٠	٠,٣٢	٠,٣٤	٠,٣٣	٠,٣١	٠,٢٨	٠,٢٥	٠,٢٢	٠,٢١	
٣٥	٠,٢٣	٠,٢٥	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٣٢	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٣	٠,٢٢	
٣٠	٠,٢٤	٠,٢٥	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣١	٠,٣٢	٠,٣١	٠,٣٠	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٤	٠,٢٣	
٢٥	٠,٢٤	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣١	٠,٣١	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,٢٤	
٢٠	٠,٢٥	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٣٠	٠,٣٠	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,٢٥	
١٥	٠,٢٦	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٦	٠,٢٥	٠,٢٥	
١٠	٠,٢٦	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٦	٠,٢٦	
٥	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	
صفر	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	٠,٢٧	

المصدر: J. Dorenbos and w.o. Pruitt, Guideliness for predicting crop water requiremen, FA, Irrigation and drainge paper, no24. Rome, 1977, p. 6.

مثال: جد التبخر / نتح الممكن (ملم) ، لمحطة سامراء الواقعة على دائرة عرض ٣٤,١٨ ° ، في شهر كانون الثاني ، الذي كان معدل حرارته نحو ٩,٤ م°
الجواب :

$$ETO = K P (0.46 TC + 8.13)$$

$$K = (0.0311 TC + 0.24)$$

$$= 0.53$$

$$P = 0.23 \times 31$$

$$= 7.13$$

$$= E T O = 47.1 \text{ mm}$$

٢: معادلة كوتاجن : coutagne

أعتمد كوتاجن سنة ١٩٤٢ على المعدل السنوي للحرارة في استخراج التبخر في سهول أواسط أفريقيا، كما في المعادلتين التاليتين^(١):

$$V = 50.4 \text{ t}$$

$$V = 210 + 30 \text{ t}$$

مثال : جد معدل التبخر لشهر شباط في محطة سامراء الذي يبلغ معدله نحو 11.5°C .

المعادلة الأولى :

$$V = 50.4 (11.5)$$

$$= 579.6 \text{ mm}$$

المعادلة الثانية :

$$V = 210 + 30(11.5)$$

$$= 555 \text{ mm}$$

اما في المناطق المرتفعة فان كوتاجن اضاف الضغط الجوي (B) مقاساً (ملم / زئبق) ، لذا أصبحت المعادلة تكتب كما يأتي^(٢):

$$V = (210 + 30 \text{ t}) 760/B$$

مثال : جد معدل التبخر لمحطة اربيل ، وفقاً لمعادلة كوتاجن لشهر آذار اذا كان ارتفاع المحطة نحو ٤٢٠ متراً و معدل درجة الحرارة 12°C ، ومعدل الضغط الجوي نحو ١٠١٤,٧ مليبار .

الجواب

أ: نحول الضغط الجوي بالمليبار الى الملم وذلك عن طريق :

$$\frac{1014.7}{1.333} = 761.2$$

ب: نطبق المعادلة الرئيسية كالآتي :

(١) صادق جعفر الصراف ، مصدر سابق ، ص ١٥٦ .

(٢) نفس المصدر السابق ، ص ١٥٧ .

$$V = (210 + 30 \times 12) \frac{760}{761.2}$$

$$= 569.1 \text{ mm}$$

٣: معادلة أيفانوف : Evanof

تكتب معادلة أيفانوف بالشكل الآتي^(١):

$$E_o = 0.0018 (t + 25)^2 (100 - a)$$

إذ إن

E_o = مقدار التبخر (ملم) .

t = معدل درجة الحرارة الشهري أو السنوي (م°) .

a = معدل الرطوبة النسبية .

مثال:

جد مقدار التبخر (ملم) لمحطة سامراء في شهر اذار ، اذا كان معدل حرارته نحو ١٥٠,٦ م° ومعدل رطوبته النسبية نحو ٦٠,٩ % .

الجواب :

$$E_o = 0.0018 (t + 25)^2 (100 - a)$$

$$= 0.0018 (15.6 + 25)^2 (100 - 60.9)$$

$$= 116.01 \text{ mm}$$

٤: معادلة ثورنثوايت Thornthwaite

استخدم ثورنثوايت مصطلح التبخر / نتح الممكن ، ولتحديده وضع المعادلة ذات الصيغة الآتية^(٢):

$$E = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

إذ إن :

E = التبخر / نتح الشهري (ملم) .

T = معدل درجة الحرارة الشهري (م°) .

I = معامل الحرارة ويحسب من $\sum i$.

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٠٥ .

(٢) قصي عبد المجيد السامرائي ، وعبد مخور نجم الرياحاني ، جغرافية الاراضي الجافة ، مطابع دار الحكمة ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٨٠ .

$$\left(\frac{T}{5} \right)^{1.514} = i$$

a = قيمة ثابتة تحسب من تطبيق المعادل الآتية :

$$a = 6.75 \times 10^{-7} I^3 - 7.71 \times 10^{-5} I^2 + 1.792 \times 10^{-2} I + 0.49239$$

لتعديل قيمة E المستخرجة بالنسبة الى الاشعاع الشمسي وضع ثورنثويت معادلة أخرى مكمله للمعادلة السابقة، وفقاً لدائرة عرض المحطة المناخية المقاسة . إذ يتم ضرب قيمة E المستخرجة بنسبة الاشعاع الشمسي لكل شهر وعلى الصيغة المعدلة الآتية :

المستخرجة E

$$E = N \times \text{المعدلة}$$

إذ ان : N = نسبة الإشعاع الشمسي الذي يستخرج من جدول (١٥).

جدول (١٥) قيمة (N) التي تمثل متوسط زمن شروق الشمس المحتملة
حسب الأشهر ودوائر العرض في نصف الكرة الأرضية الشمالي.

دائرة العرض	ك٢	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	ايلول	ت١	ت٢	ك١
صفر	١,٠٤	٠,٩٤	١,٠٤	١,٠١	١,٠٤	١,٠١	١,٠٤	١,٠٤	١,٠١	١,٠٤	١,٠١	١,٠٤
٥	١,٠٢	٠,٩٣	١,٠٣	١,٠٢	١,٠٦	١,٠٣	١,٠٦	١,٠٥	١,٠١	١,٠٣	٠,٩٩	١,٠٢
١٠	١,٠	٠,٩١	١,٠٣	١,٠٣	١,٠٨	١,٠٦	١,٠٨	١,٠٧	١,٠٢	١,٠٢	٠,٩٨	٠,٩٩
١٥	٠,٩٧	٠,٩١	١,٠٣	١,٠٤	١,١١	١,٠٨	١,١٢	١,٠٨	١,٠٢	١,٠١	٠,٩٥	٠,٩٧
٢٠	٠,٩٥	٠,٩٠	١,٠٣	١,٠٥	١,١٢	١,١١	١,١٤	١,١١	١,٠٢	١	٠,٩٣	٠,٩٤
٢٥	٠,٩٣	٠,٨٩	١,٠٣	١,٠٦	١,١٥	١,١٤	١,١٧	١,١٢	١,٠٢	٠,٩٩	٠,٩١	٠,٩١
٢٦	٠,٩٢	٠,٨٨	١,٠٣	١,٠٦	١,١٥	١,١٥	١,١٧	١,١٢	١,٠٢	٠,٩٩	٠,٩١	٠,٩١
٢٧	٠,٩٢	٠,٨٨	١,٠٣	١,٠٧	١,١٦	١,١٥	١,١٨	١,١٣	١,٠٢	٠,٩٩	٠,٩٠	٠,٩٠
٢٨	٠,٩١	٠,٨٨	١,٠٣	١,٠٧	١,١٦	١,١٦	١,١٨	١,١٣	١,٠٢	٠,٩٨	٠,٩٠	٠,٩٠
٢٩	٠,٩١	٠,٨٧	١,٠٣	١,٠٧	١,١٧	١,١٦	١,١٩	١,١٣	١,٠٣	٠,٩٨	٠,٩٠	٠,٨٩
٣٠	٠,٩٠	٠,٨٧	١,٠٣	١,٠٨	١,١٨	١,١٧	١,٢٠	١,١٤	١,٠٣	٠,٩٨	٠,٨٩	٠,٨٨
٣١	٠,٩٠	٠,٨٧	١,٠٣	١,٠٨	١,١٨	١,١٨	١,٢٠	١,١٤	١,٠٣	٠,٩٨	٠,٨٩	٠,٨٨
٣٢	٠,٨٩	٠,٨٦	١,٠٣	١,٠٨	١,١٩	١,١٩	١,٢١	١,١٥	١,٠٣	٠,٩٨	٠,٨٨	٠,٨٧
٣٣	٠,٨٨	٠,٨٦	١,٠٣	١,٠٩	١,١٩	١,٢٠	١,٢٢	١,١٥	١,٠٣	٠,٩٧	٠,٨٨	٠,٨٦
٣٤	٠,٨٨	٠,٨٥	١,٠٣	١,٠٩	١,٢٠	١,٢٠	١,٢٢	١,١٦	١,٠٣	٠,٩٧	٠,٨٧	٠,٨٦
٣٥	٠,٨٧	٠,٨٥	١,٠٣	١,٠٩	١,٢١	١,٢١	١,٢٣	١,١٦	١,٠٣	٠,٩٧	٠,٨٦	٠,٨٥
٣٦	٠,٨٧	٠,٨٥	١,٠٣	١,١٠	١,٢١	١,٢٢	١,٢٤	١,١٦	١,٠٣	٠,٩٧	٠,٨٦	٠,٨٤
٣٧	٠,٨٦	٠,٨٤	١,٠٣	١,١٠	١,٢٢	١,٢٣	١,٢٥	١,١٧	١,٠٣	٠,٩٧	٠,٨٥	٠,٨٣
٣٨	٠,٨٥	٠,٨٤	١,٠٣	١,١٠	١,٢٣	١,٢٤	١,٢٥	١,١٧	١,٠٤	٠,٩٦	٠,٨٤	٠,٨٣
٣٩	٠,٨٥	٠,٨٤	١,٠٣	١,١١	١,٢٣	١,٢٤	١,٢٦	١,١٨	١,٠٤	٠,٩٦	٠,٨٤	٠,٨٣
٤٠	٠,٨٤	٠,٨٣	١,٠٣	١,١١	١,٢٤	١,٢٥	١,٢٧	١,١٨	١,٠٤	٠,٩٦	٠,٨٣	٠,٨١
٤١	٠,٨٣	٠,٨٣	١,٠٣	١,١١	١,٢٥	١,٢٦	١,٢٧	١,١٩	١,٠٤	٠,٩٦	٠,٨٢	٠,٨٠
٤٢	٠,٨٢	٠,٨٣	١,٠٣	١,١٢	١,٢٦	١,٢٧	١,٢٨	١,١٩	١,٠٤	٠,٩٥	٠,٨٢	٠,٧٩
٤٣	٠,٨١	٠,٨٢	١,٠٢	١,١٢	١,٢٦	١,٢٨	١,٢٩	١,٢٠	١,٠٤	٠,٩٥	٠,٨١	٠,٧٧
٤٤	٠,٨١	٠,٨٢	١,٠٢	١,١٣	١,٢٧	١,٢٩	١,٣٠	١,٢٠	١,٠٤	٠,٩٥	٠,٨٠	٠,٧٦
٤٥	٠,٨٠	٠,٨١	١,٠٢	١,١٣	١,٢٨	١,٢٩	١,٣١	١,٢١	١,٠٤	٠,٩٤	٠,٧٩	٠,٧٥
٤٦	٠,٧٩	٠,٨١	١,٠٢	١,١٣	١,٢٩	١,٣١	١,٣٢	١,٢٢	١,٠٤	٠,٩٤	٠,٧٩	٠,٧٤
٤٧	٠,٧٧	٠,٨٠	١,٠٢	١,١٤	١,٣٠	١,٣٢	١,٣٣	١,٢٢	١,٠٤	٠,٩٣	٠,٧٨	٠,٧٣
٤٨	٠,٧٦	٠,٨٠	١,٠٢	١,١٤	١,٣١	١,٣٣	١,٣٤	١,٢٣	١,٠٥	٠,٩٣	٠,٧٧	٠,٧٢

المصدر: عادل سعيد الراوي، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الحكمة،
بغداد، ١٩٩٠، ص ٤١٦-٤١٧.

مثال : جد معدل التبخر / النتح الممكن لمحطة سامراء وفقاً لبيانات جدول (١٦) والتي تقع على دائرة عرض ٣٤,١٨

جدول (١٦) معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (م) لمحطة سامراء.

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١
درجة الحرارة	٩,٤	١١,٥	١٥,٦	٢٢,٧	٢٨,٧	٣٣,٦	٣٦,٢	٣٥,٤	٣١,٧	٢٥,٢	١٦,٥	١١,٠٢

المصدر : الهيئة العامة للأنواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة.

الجواب : من تطبيق المعادلات المذكورة لثوزنثويت ظهرت النتائج في جدول (١٧).

جدول (١٧) نتائج معادلات ثورنثويت

الاشهر	قيمة(i)	قيمة (E) المستخرجة	قيمة E المعدلة
ك٢	٢,٦	٥,٩٦	٥,٣
شباط	٣,٥	١٠,٩٥	٩,٣
اذار	٥,٦	٢٧,٥	٢٨,٣
نيسان	٩,٩	٨٥,١	٩٢,٨
مايس	١٤,١	١٧٢,٦	٢٠٧,١
حزيران	١٧,٩	٢٧٧,٦	٣٣٣,١
تموز	٢٠,٠٣	٣٤٧,٦	٤٢٤,١
أب	١٩,٤	٣٢٤,٩	٣٧٦,٩
أيلول	١٦,٤	٢٣٢,٩	٢٣٩,٩
ت١	١١,٦	١١٦,٦	١١٣,١
ت٢	٦,١	٣٢,٥	٢٨,٣
ك١	٣,٣	٩,٦	٨,٣
قيمةa	١٣٠,٤		
قيمةa	٣,٠١٥		

المصدر : من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (١٦) (١٥).

٥: معادلة خوسلا : Khosla

تمكن خوسلا من احتساب المفقود المائي عن طريق التبخر / نتح الممكن ، في حالة توفر رطوبة في التربة تمول حاجة غطاء نباتي متصل بمستوى واحد من الارتفاع ، بواسطة المعادلة ذات الصيغة الآتية :

$$lm = \frac{Tm - 32}{9.5}$$

إذ ان:

Lm = التبخر / نتح الممكن (بوصة).

Tm = معدل درجة الحرارة الشهري (ف).

مثال : اذا كان معدل حرارة شهر نيسان نحو ٢٢,٧ م في محطة سامراء . استخرج معدل التبخر/ نتح الممكن وفقاً لمعادلة خوسلا .

الجواب :

ينبغي اتباع الخطوات الآتية للجواب عن هذا السؤال وكما يلي :
أ. نحول الدرجة المئوية للحرارة الى درجة فهرنهايتية عن طريق المعادلة الآتية:

$$\begin{aligned} F &= c \times \frac{9}{5} + 32 \\ &= 22.7 \times \frac{9}{5} + 32 \\ &= 72.86 \end{aligned}$$

ب: نطبق معادلة خوسلا الآتية :

$$\begin{aligned} lm &= \frac{Tm - 32}{9.5} \\ &= \frac{72.86 - 32}{9.5} \end{aligned}$$

بوصة 4.3 inch =

ج: نحول البوصة الى ملم بضرب الناتج $\times 25.4$

$$4.3 \times 25.4 = 109.2mm$$

٦: معادلة نجيب خروفيه Kharrufa :

قام الباحث نجيب خروفيه باشتقاق معادلة تلائم ظروف العراق المناخية ،
تكتب على النحو الآتي :

$$ETO = \frac{P}{3} \text{ } ^\circ C^{1.31}$$

إذ ان :

ETO = التبخر/ نتح الممكن (ملم) .

p = النسبة المئوية لعدد ساعات سطوع الشمس في الشهر بالنسبة لعدددها في السنة ، ونستخرج من جدول (١٤) وفقاً لدائرة العرض .

$^{\circ}C$ = معدل درجة الحرارة الشهري (م).

مثال : جد التبخر / نتج الممكن لمحطة سامراء الواقعة على دائرة عرض ٣٤,١٨° لشهر مايس اذا كان معدل حرارته يبلغ نحو ٣٣,٦ °C
الجواب :

$$ETO = \frac{P}{3} \text{ } ^\circ C^{1.31}$$

$$ETO = \frac{9.61}{3} 33.6^{1.31}$$

$$= 319.97mm$$

سابعاً : دلالات الجفاف: Aridity Index

جرت الدراسات السابقة على اعتبار مجموع الأمطار المتساقطة كحدود فاصلة بين انواع المناخ السائدة ، لذا وضع العالم بليير Blair قائمة لخمس مديات من التساقط كما في الجدول (١٨) .
جدول (١٨) أنواع المناخ وفقاً لمجموع الأمطار المتساقطة كما حددها العالم بليير

نوع المناخ	نوع المطر	المجموع السنوي للأمطار بالانج	المجموع السنوي للأمطار بالسـم
جاف	ضئيل	صفر - ١٠	صفر - ٢٥
شبه جاف	خفيف	١٠ - ٢٠	٢٥ - ٥٠
شبه رطب	معتدل	٢٠ - ٤٠	٥٠ - ١٠٠
رطب	غزير	٤٠ - ٨٠	١٠٠ - ٢٠٠
رطب جداً	غزير جداً	اكثر من ٨٠	اكثر من ٢٠٠

المصدر : Arthur strahler , introduction to physical geography ,third printing , john wiley and sons, inc .USA, 1965, p.103.

مثال : حدد مناخ محطة سامراء ، التي يبلغ مجموع امطارها السنوية 164.6mm .
الجواب : ان نوع مناخ محطة سامراء هو المناخ الجاف ، ونوع المطر ضئيل لأن مجموع أمطارها السنوي يقع بين صفر - ٢٥ سم ، وهو 16.46cm .

في الحقيقة انه لا يمكن الاعتماد على الامطار لوحدها في تحديد المناطق الجافة عن المناطق شبه الجافة ، وهاتين المنطقتين عن المناطق شبه الرطبة أو الرطبة ، كما كان يجري في السابق ، وذلك لان فاعلية الامطار تتأثر بعدد من عناصر المناخ الأخرى ، لاسيما درجات الحرارة والرطوبة النسبية ، لذا وضعت العديد من أدلة الجفاف ومعامل المطر الفعال ستدرس على النحو الآتي :

١: معامل لانج : Lang

وضع لانج معامل المطر Rain Factor وفق الصيغة الآتية^(١):

$$F = \frac{N}{T}$$

أذان :

F = معامل المطر .

N = مجموع التساقط (مم) السنوي .

T = معدل درجة الحرارة السنوي (م°) .

جدول (١٩) أصناف معامل المطر وفقاً لمعادلة لانج .

معامل لانج	صفة المنطقة
صفر - ١٠	شديد الجفاف
١٠ - ٤٠	جاف
٤٠ - ١٦٠	شبه رطب
١٦٠ فأكثر	رطب

مثال : حدد مناخ محطة سامراء التي يبلغ مجموع أمطارها السنوية

نحو 164.6 mm

الجواب

ان نوع مناخ محطة سامراء هو المناخ الجاف ، ونوع المطر ضئيل لان

مجموع أمطارها السنوي يقع بين صفر - ٢٥ سم ، وهو 16.46 mm

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١١٥ .

مثال : جد معامل مطر لانج اذا كان معدل درجة الحرارة الاعتيادية السنوي 23.1°C ومعدل مجموع الأمطار السنوي نحو ١٦٤,٦ ملم في محطة سامراء ، مع اعطاء صفة المنطقة .
الجواب

$$F = \frac{N}{T}$$

$$= \frac{164.6}{23.1} = 7.1$$

صفة المنطقة شديدة الجفاف.

٢: معامل دي مارتون : De Martone

وضع دي مارتون سنة ١٩٢٦ معامل الجفاف I وفقاً للمعادلة الآتية^(١):

$$I = \frac{N}{T+10}$$

واستناداً الى نتائج هذه المعادلة فان دي مارتون قسم العالم الى خمسة مناطق كما في جدول (٢٠) .

جدول (٢٠) معامل جفاف دي مارتون، والغطاء النباتي الطبيعي المرافق له ووصف المنطقة.

معامل الجفاف	الغطاء النباتي الطبيعي	وصف المنطقة
اقل من ٥	السهوب والصحارى	جافة
٥ - ٩,٩	الزراعة الجافة (الديمية)	شبه جافة
١٠ - ١٩,٩	الاعشاب	شبه رطبة
٢٠ - ٢٩,٩	الاشجار	رطبة
٣٠ أو اكثر	الغابات	رطبة جداً

مثال : جد معامل دي مارتون على وفق بيانات المثال الذي طبق عليه معامل مطر لانج .

الجواب :

$$I = \frac{N}{T+10}$$

(١) صادق جعفر الصراف ، مصدر سابق ، ص ١٧٤ .

$$= \frac{164.6}{23.1+10} = 4.97$$

اذن المحطة تقع ضمن المنطقة الجافة وغطاءها النباتي ضمن السهوب والصحاري.

٣: معادلة شرف : sharaf

اقترح شرف عام ١٩٥١ في دراسة لمعدلات المطر الفعال بضمنها معادلتى كوبن ، ودي مارتون ، معادلة اطلق عليها تسمية متوسط المعادلات ذات الصيغة الآتية^(١):

$$E = \frac{P}{T + 9}$$

إذان :

E = معامل المطر الفعال .

P = كمية الأمطار السنوية (مم) .

T = المعدل السنوي لدرجات الحرارة (م°) .

مثال : جد معامل شرف على وفق بيانات المثال الذي طبق عليه معاملي لانج ودي مارتون .

$$E = \frac{P}{T + 9} = \frac{164.6}{23.1+9} = 5.1$$

المحطة وفقاً لمعامل شرف تقع في منطقة شبه جافة وغطاءها النباتي الزراعة الجافة (الديمية).

٤: معامل جفاف كوبن :

حاول كوبن مقارنة حدود المناطق الجافة مناخياً بحدود النبات الطبيعي، فوجد معادلات رياضية يحسب على اساسها معامل الجفاف ، معتمداً على درجة الحرارة (t) بالمئوي والأمطار (r) بالسهم وكما يأتي^(٢):

(١) حارث عبد الجبار حميد الضاحي ، الامطار في العراق (دراسة في المناخ التطبيقي) ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الاداب ، جامعة الاسكندرية ، ١٩٨٩ ، ص ٧٧ .
(٢) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٩٦ .

أ: حدود المناطق الجافة الصحراوية (BW) :

- للمناطق التي يكون ٧٠% من تساقطها خلال نصف السنة الشتوي

$$r \leq t$$

- للمناطق التي يكون ٧٠% من تساقطها خلال نصف السنة الصيفي

$$r \leq t+14$$

- للمناطق التي يكون التساقط فيها موزعاً على شهور السنة $r \leq t+7$

ب: حدود المناطق شبه الجافة البوادي (BS) :

- للمناطق التي يكون ٧٠% من تساقطها خلال نصف السنة الشتوي

$$r \leq 2t$$

- للمناطق التي يكون ٧٠% من تساقطها خلال نصف السنة الصيفي

$$r \leq 2(t+14)$$

- للمناطق التي يكون التساقط فيها موزعاً على شهور السنة

$$r \leq 2(t+7)$$

فضلاً عن ذلك فان كوبن اضاف رمزاً ثالثاً لـ BW او BS وهو h اذا كان المعدل السنوي لدرجات الحرارة ١٨°م فأكثر فتكون صحاري او بوادي حارة، و k اذا كان المعدل السنوي لدرجات الحرارة اقل من ١٨°م فتكون صحاري او بوادي باردة .

مثال : جد معامل جفاف كوبن على وفق بيانات جدول (٢١) .

جدول (٢١) معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (م) ومعدل مجموع الأمطار (مم) ومعدل الرطوبة النسبية % الشهرية والسنوية لمحطة سامراء.

الشهور	كان	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزير	تموز	اب	ايلول	ت	كان	المعدل
درجة الحرارة	٩,٤	١١,٥	١٥,٦	٢٢,٧	٢٨,٧	٣٣,٦	٣٦,٢	٣٥,٤	٣١,٧	٢٥,٢	١٦,٥	٢٣,١
الأمطار	٢٩,٩٩	٢٥,٩	٢٤,٠١	١٧,٣	٧,٣	٠,٠١	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٦,٠١	٢٤,١	٢٩,٥٩
الرطوبة النسبية	٧٨,٥	٦٦,٩	٦٠,٩	٤٨,٦	٣٦,٢	٢٩,٥	٢٧,٥	٣٠,١	٣٢,٤	٤٤,٦	٦١,٦	٧٨,١

المصدر : الهيئة العامة للاتواء الجوية، قسم ، المناخ ، بيانات غير منشورة.

الجواب : نتبع الخطوات الآتية :

أ : يستخرج المعدل السنوي للحرارة ويبلغ نحو ٢٣,١ م .

ب: يستخرج المجموع السنوي للأمطار ، ويبلغ نحو ١٦٤,٦ ملم . ويقسم المجموع على ١٠ من أجل تحويل الملم الى سم فيبلغ نحو ١٦,٤٦ سم .
ج : تطبق المعادلة الخاصة بالمناطق الجافة أولاً ونختار منها المعادلة الخاصة بالتساقط الشتوي ، لان ٧٠% من التساقط يكون خلال نصف السنة الشتوي.

$$r \leq t$$

$$16.46 \leq 23.1$$

بما ان قيمة الأمطار اقل من درجات الحرارة ، اذن المحطة جافة ، وبما ان المعدل السنوي لدرجات الحرارة اكثر من ١٨° م فرمز المحطة يكون BWh . وبذلك لاحتاج الى تطبيق المعادلة الخاصة بالأمطار الشتوية للمناطق شبه الجافة.

٥: دليل ايفانوف Evanof:

إنطلق العالم الروسي ايفانوف من ان كمية المطر السنوي لاتحدد رطوبة التربة ، بل تعتمد على متغيرات اخرى كالتبخر . ويتطلب هذا دراسة الظروف المناخية الاخرى كدرجات الحرارة والرطوبة النسبية وفقاً لذلك وضع ايفانوف دليله وفق المعادلة الآتية^(١):

$$K = \frac{r}{E} 100$$

اذا أن :

K = دليل الرطوبة .

r = كمية التساقط (ملم).

E = التبخر (ملم) ويستخرج من معادلة ايفانوف الآتية :

$$E_o = 0.0018(t + 25)^2 (100 - a)$$

اذ ان :

t = معدل درجة الحرارة (م°) .

a = معدل الرطوبة النسبية % .

وضع ايفانوف تحديد درجة جفاف اقاليم العالم المناخية من مقارنة قيمة k الشهرية فاذا كانت قيمة k اكثر من ١٠٠% فان المنطقة رطبة ، اما اذا كانت

(١) نفس المصدر ، ص ٩٧ .

قيمة k اقل من ١٠٠% فان مناخ المنطقة لا يكون رطباً بشكل دائم ، وعند تفاوت قيمة k بين ٢٥% - ١٠٠% في جميع شهور السنة فيصنف مناخ المنطقة بانه شبه جاف (جاف نسبي) ، اما اذا كانت قيمة k اقل من ٢٥% في جميع شهور السنة فيعد المناخ جافاً جداً (دائم الجفاف).

مثال : جد دليل الرطوبة وفقاً لمعادلة أيفانوف وطبقاً لمعلومات جدول (٢١).

الجواب:

جدول (٢٢) معدلات التبخر (ملم) وقيمة k لمحطة سامراء وفقاً لمعادلة ايفانوف .

الشهور	E	K	الشهور	E	K
كان٢	٤٥,٨	٦٥,٥	اب	٤٥٩,٠١	٠
شباط	٧٩,٤	٣٢,٦	ايلول	٣٩١,٢	٠
اذار	١١٦,٠١	٢٠,٧	ت١	٢٥١,٣	٢,٤
نيسان	٢١٠,٥	٨,٢	ت٢	١١٩,٠٤	٢٠,٣
مايس	٣٣١,٢	٢,٢	كان١	٥١,٢	٥٨,٥
حزيران	٤٣٥,٨	٠,٣	المجموع	٢٩٧٩,٣	
تموز	٤٨٨,٨	٠			

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٢١).

من تحليل جدول (٢٢) يتبين ما يأتي :

أ: أن قيمة k كانت ٢٥% - ١٠٠% خلال شهور الشتاء ، كانون ثاني نحو ٦٥,٥% ، وكانون أول نحو ٥٨,٥% ، وشباط نحو ٣٢,٦% ، لذا تعد هذه الشهور بانها شبه جافة (جفاف نسبي) وذلك لارتفاع معدلات الأمطار الى اقصاها في المحطة وانخفاض معدلات التبخر الى ادناها خلال هذه الشهور .

ب: كانت قيمة k اقل من ٢٥% لجميع شهور السنة بدءً من شهر اذار الى نهاية شهر تشرين الثاني حتى ان شهور تموز واب وايلول كانت قيمة k صفراً ، وذلك لانقطاع سقوط الأمطار وارتفاع معدلات التبخر الى اقصاها .

لذا تعد الشهور التسعة المذكورة بانها ذات مناخ جاف جداً (دائم الجفاف).

٦: معامل جفاف كابوت ري : Capot Rey

تمكن العالم الفرنسي كابوت ري من تحديد معامل الجفاف طبقاً لمعطيات المحطات المنتشرة في الصحراء الكبرى ، كما تمكن من الوصول الى نتائج القيمة الفعلية للأمطار Rainfall Efficiency وفق المعادلة الآتية^(١):

$$I = \frac{100 \frac{P}{E} + 12 \frac{Pm}{e}}{2}$$

اذ ان :

= القيمة الفعلية للأمطار .

P = معدل المطر السنوي (مم).

E = التبخر السنوي (مم).

Pm = كمية المطر لاغزر الشهور مطراً (مم).

E = التبخر من اغزر الشهور مطراً (مم).

ووجد كابوت ري أن اوطأ نتائج هذه المعادلة تظهر في المحطات ذات التساقط الصيفي أو الفصل الدافئ من السنة ، وتقع هذه النتائج بين (٤-٥) على حدود النطاق الصحراوي .

مثال: جد معامل جفاف كابوت ري لمحطة سامراء وفقاً للبيانات في جدولي (٢٠،٢١).

الجواب

$$I = \frac{100 \frac{164.6}{2979.3} + 12 \frac{29.99}{45.8}}{2}$$
$$= 6.69mm$$

٧: معامل ستينز : Stenz

إستخرج ستينز معامل الجفاف D في افغانستان وفق المعادلة الآتية^(٢):

$$D = \frac{E}{R}$$

(١) كنيث والطن، الأراضي الجافة، ترجمة علي عبد الوهاب شاهين، منشأة المعارف، الإسكندرية، ١٩٩٠، ص ٢٤.

(٢) صادق جعفر الصراف ، مصدر سابق ، ص ١٧٨.

إذ ان :

$E =$ المعدل السنوي للتبخر /نتح الممكن ، (ملم).

$R =$ المعدل السنوي للتساقط (ملم).

فاذا كانت نتيجة المعادلة اقل من (٦) اعتبر ستينيز المنطقة معتدلة الجفاف ،
واذا تراوحت بين (٦-٢٠) اعتبرها من البوادي (شبه جافه) ، واذا كانت اكثر
من (٢٠) فاعتبرها ضمن الصحارى أي منطقة جافة .

مثال : جد معامل ستينيز للجفاف لمحطة سامراء التي تقع على دائرة عرض
٣٤,١٨ شمالاً وفق بيانات جدول (٢١).

الجواب : استخدمت معادلة نجيب خروفه لاستخراج التبخر / نتح الممكن
وكانت النتائج كما في جدول (٢٣) .

جدول (٢٣) معدلات التبخر / نتح الممكن (ملم) وفقاً لمعادلة نجيب خروفه
في محطة سامراء.

الشهور	ك	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول	ت	ت	ك	المجموع
التبخر/نتح الممكن	٤٤,٨	٥٧,٢	١٠٢	١٧٣,٣	٢٦٠,٣	٣١٩,٦	٣٦٤,٢	٣٣١,٦	٢٥٩,٢	١٧٧,٠٢	٩٠,٥	٥٢,٧	٢٢٣٢,٤

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدولي (١٤ ، ٢١).

نطبق المعادلة:

$$D = \frac{E}{R}$$

$$= \frac{2232.4}{164.6}$$

$$= 13.6mm$$

بما ان معامل ستينيز للجفاف بلغ 13.6 في محطة سامراء ، لذا ان المحطة
تقع في منطقة البوادي (شبه جافه) لان معامل جفافها يقع بين (٦-٢٠).

٨: معامل جفاف ماير : Meyer

استعاض ماير (١٩٢٦) عن التبخر بالنقض في التشبع وفقاً للمعادلة
الآتية^(١):

(١) نفس المصدر ، ص ١٧٩.

$$I = \frac{N}{E - e}$$

إذ أن :

I = معامل الجفاف .

N = السواقط السنوية (ملم).

$E - e$ = النقص في التشبع (ملم / زئبق).

فاذا كانت نتيجة المعادلة أقل من ٤٤ تحدد المنطقة ضمن المناخ الجاف ، وإذا كانت النتيجة أقل من ٨٩ فتحدد المنطقة ضمن المناخ شبه الجاف ^(١).

مثال : استخراج معامل جفاف ماير اذا كان المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى لمحطة سامراء نحو 30.1°C والمعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى نحو 16.3°C ، وكمية التساقط نحو 164.6mm والمعدل السنوي للرطوبة النسبية نحو ٤٩,٦ % .

الجواب : نستخرج النقص في التشبع على النحو الاتي :

$$= \frac{30.1 + 16.3}{2} \quad \text{معدل درجة الحرارة هو}$$

$$= 23.2$$

$$E = 28.1\text{mbar} \quad \text{من جدول (٢٤) يتبين ان قيمة}$$

$$e = \frac{E \times RH}{100}$$

$$e = 13.9\text{mbar}$$

اذ ان

RH = المعدل السنوي للرطوبة النسبية .

اذن :

$$E - e = 28.1 - 13.9$$

$$= 14.2\text{mbar}$$

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٩٦

وبما ان كل واحد ملم = ١,٣٣٣ مليبار اذن:

$$10.65mm = \frac{14.2}{1.333}$$

الان نطبق المعادلة الاصلية لماير :

$$I = \frac{N}{E - e} = \frac{164.6}{10.55} = 15.5$$

اذن المحطة تقع ضمن المناخ الجاف لان نتيجة المعادلة اقل من 44 .

جدول (٢٤) ضغط البخار المشبع (Ea) بالمليبار كدالة على معدل درجة حرارة الهواء (T) (°م).

Temperature C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ea mbar	6.1	6.6	7.1	6.7	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5
Temperature C	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ea mbar	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Temperature C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Ea mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1
Temperature C	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Ea mbar	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

المصدر : J. Doorenbos and W.O. Pruitt , guidelines for predicting crop Water requirement Fao irrigation and drainage paper . No. 24 , Rome , 1977 , p.21 .

٩ : معامل سلخوزبروم Selkhozprom :

درست شركة سلخوز بروم الروسية الموارد المائية والتربة والتساقط في العراق وتوصلت الى تقسيمه الى عدة اقاليم وحددت لكل اقليم معامل مطري خاص به وفي مثالنا عن محطة سامراء وباعتبارها تقع ضمن المنطقة الوسطى من العراق فقد بلغ معامل مطرها كما في جدول (٢٥).

جدول (٢٥) معامل المطر الفعال (ملم) وفق شركة سلخوزبروم الروسية

لمحطة سامراء.

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المجموع السنوي
معامل سامراء	٠,٦٥	٠,٦٥	٠,٧٥	٠,٧٥	٠,٨٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٧٠	٠,٧٠	٠,٦٥	٥,٧

المصدر: Serv/o Salkhozprom export, general scheme of water resources and land development in Iraq, ministry of irrigation, volume III m book, 1982, P.33.

١٠ : معادلة ميز واندروز : Maze and Andrews

حدد ميز واندروز جفاف الشهور وفقاً للمعادلة الآتية^(١):

$$I = \frac{r}{t+10}$$

أذن :

r = السواقط الشهرية (ملم) .

t = المعدل الشهري لدرجات الحرارة (م°).

مثال: جد معامل ميز واندروز الشهري لمحطة سامراء وفقاً لجدول (٢١).

الجواب :

جدول (٢٦) معامل ميز واندروز الشهري لمحطة سامراء.

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١
معامل الجفاف	١,٥٥	١,٢	٠,٩	٠,٥	٠,٢	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٢	٠,٩	١,٤

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على جدول (٢١) .

من تحليل جدول (٢٦) يتبين ان معامل جفاف ميز واندروز كان أكثر من واحد في شهور كانون ثاني وشباط وكانون اول ، لذا تعد هذه الشهور غير جافة بينما كانت بقية الشهور من شهر اذار الى شهر تشرين ثاني على

(١) صادق جعفر الصراف ، مصدر سابق ، ص ١٨٣ .

مدى تسعة شهور ذات معامل جفاف اقل من واحد ، لذا تعد هذه الشهور التسعة جافة .

١١ : معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري : Gaussen and walter

انطلق كل من كوسن سنة ١٩٥٢ في غرب البحر المتوسط ، ووالتر سنة ١٩٥٥ في تركيا من نظرة بيئية للنبات وحددوا فترة الجفاف استناداً للمعادلة التالية^(١):

$$r = 2t$$

اذ ان :

r = السواقط الشهرية (مم).

t = المعدل الشهري لدرجات الحرارة (م°).

مثال : جد معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري لمحطة سامراء وفقاً لجدول (٢١).

الجواب :

جدول (٢٧) معامل جفاف كوسن ووالتر الشهري لمحطة سامراء

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١
معامل الجفاف	رطب	رطب	جاف	جاف	جاف	جاف	جاف	جاف	جاف	جاف	جاف	رطب

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٢١).

من تحليل جدول (٢٧) يظهر أن شهور الشتاء الثلاثة كانون الاول وكانون الثاني وشباط كانت شهور رطبة لان السواقط لكل شهر كانت اكثر من ضعف الحرارة بينما بقية الشهور التسعة من شهر اذار حتى نهاية تشرين الثاني كلها جافة بسبب انخفاض الأمطار عن ضعف الحرارة لاسيما الشهور التي ينقطع فيها المطر من حزيران الى شهر ايلول التي تعد الاكثر جفافاً .

١٢ : علاقة سكاتا Scatta

وضع سكاتا معادلة لتحديد الشهر الجاف عبر العلاقة الآتية^(٢):

(١) نفس المصدر ، ص ١٤٨

(٢) نفس المصدر، ص ١٤٨ .

$$\frac{r}{t+10} \geq 1.66$$

فاذا كانت قيمة المعادلة اكبر من ١,٦٦ أو مساوياً له فالشهر غير جاف
واذا كانت قيمتها اقل فالشهر جاف ومن تطبيق معادلة سكاتا ، ونتائج جدول
(٢٦) ظهر ان جميع شهور السنة في محطة سامراء كانت دون ١,٦٦ لذا تعد
جميع هذه الشهور جافة .

١٣ : معامل بنك penck

قسم بنك سنة (١٩١٠) العالم الى ثلاثة مناطق هي :^(١)
أ: المناطق الجافة التي يكون فيها التبخر اعلى من السواقط .
ب: المناطق الرطبة التي يكون فيها السواقط اعلى من التبخر .
ج: المناطق الثلجية وهي المناطق التي تكون فيها السواقط الصلبة اكثر من
الذوبان.

ولو قورنت معدلات الأمطار الشهرية والسنوية في محطة سامراء في
جدول (٢١)، ومعدلات التبخر / نتح الممكن وفقاً لمعادلة نجيب خروفيه في
جدول (٢٣)، لظهر ان قيم التبخر /نتح الممكن هي اعلى من قيم السواقط في
شهور السنة كلها وحتى المجموع السنوي وهذا يجعلها ضمن المناطق الجافة
وفقاً لمعامل بنك .

١٤ : معادلة ثورنثوايت : Thornthwaite

اعتمد ثورنثوايت سنة ١٩٣١ على المجموع السنوي لفاعلية السواقط

$$\sum_{12} 1.65 \left(\frac{r}{t+12.2} \right)^{\frac{10}{9}} : \text{الشهرية وفق صيغة المعادلة الآتية}^{(٢)}$$

اذ ان :

r = السواقط لالشهر المختلفة (ملم).

t = معدلات الحرارة لاشهر السنة (م°).

في ضوء المعادلة المذكورة مّيز ثورنثوايت خمس مناطق مناخية حسب
كفاية المطر ، كما في جدول (٢٨).

(١) نفس المصدر ، ص ١٧٢-١٧٣ .

(٢) عادل سعيد الراوي ، قصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق
، ص ١١٤ .

جدول (٢٨) المناطق المناخية لثورنثويت وفقاً لكفاية المطر .

وصف المنطقة	كفاية السواقط
الجافة	أقل من ١٦
شبه جافة	٣١-١٦
شبه رطبة	٦٣-٣٢
الرطبة	١٢٧-٦٤
الرطبة جداً	١٢٨ فأكثر

مثال : صف محطة سامراء، وفقاً لكفاية السواقط عن طريق تطبيق معادلة ثورنثويت لحساب الجفاف على ضوء البيانات المذكورة في جدول (٢١) .
الجواب : من تطبيق معادلة ثورنثويت تم التوصل الى النتائج الآتية في جدول (٢٩).

جدول (٢٩) كفاية السواقط وفقاً لمعادلة ثورنثويت .

الشهور	٢ ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	١ ك	مج
كفاية السواقط	٤,٩	٠,٥	٠,٠٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠٣	٢,٣	٧,٧٧

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٢١).

من تحليل جدول (٢٨) ظهر ان محطة سامراء تقع في منطقة جافة لان معاملها نحو ٧,٧٧ وهو اقل من ١٦ التي هي قيمة كفاية السواقط التي حددها ثورنثويت .

١٥ : علاقة سيتزر Setzer :

في عام ١٩٤٦ وضع سيتزر معادلة لاستخراج فاعلية الأمطار الشهرية بالصيغة الآتية^(١):

$$\text{فاعلية الأمطار الشهرية} = \frac{م}{٢(١,٠٧)}$$

اذ ان :

م = معدل الأمطار الشهرية (مم).

ح = معدل درجة الحرارة الشهرية (م°).

يتم الحصول على فاعلية الأمطار السنوية من جمع الفاعليات الشهرية، واستخدم سيتزر علاقته في دراسة فاعلية الأمطار في ولاية ساو بالو البرازيلية ووضع سلم لتحديد اقاليم الرطوبة ، كما في جدول (٣٠).

(١) ياسر احمد السيد ، مصدر سابق ، ص ٣٦٦ .

جدول (٣٠) فاعلية الأمطار السنوية ونوع المناخ كما جاء بها سيتزر

فاعلية الأمطار	نوع المناخ	فاعلية الأمطار	نوع المناخ
أكثر من ٥٢٠	رطب جداً	٦٥-١٣٠	شبه جاف
٢٦٠-٥٢٠	رطب	أقل من ٦٥	جاف
١٣٠-٢٦٠	شبه رطب		

عند تطبيق علاقة سيتزر على محطة سامراء كانت النتائج في جدول (٣١).
جدول (٣١) فاعلية الأمطار الشهرية والسنوية في محطة سامراء وفقاً لعلاقة سيتزر.

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المجموع السنوي
فاعلية الأمطار	١٥,٩	١١,٩	٨,٤	٣,٧	١,١	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	١,١	٧,٩	١٤,٢	٦٤,٢

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٢١) .

من تحليل جدول (٣١) يتبين ان نوع المناخ السائد في محطة سامراء هو جاف لان فاعلية الأمطار السنوية بلغت ٦٤,٢ وهي أقل من ٦٥ التي حددها سيتزر وكانت الفاعلية الشهرية للأمطار تزداد مع ارتفاع الأمطار المتساقطة وانخفاض درجات الحرارة والعكس صحيح اذ تصل الى الصفر مع انعدام سقوط الأمطار وارتفاع درجات الحرارة في فصل الصيف الجاف تماماً .

١٦ : معادلة اوستن ميلر : Austin Miller

وضع اوستن ميلر عدة معادلات لمعرفة المناخ الرطب او شبه الجاف او الجاف كما يأتي^(١):

$$م \leq \frac{C}{3} \text{ مناخ رطب .}$$

$$\frac{C}{5} \geq م \geq \frac{C}{3} \text{ مناخ شبه جاف (استبس) .}$$

(١) نفس المصدر ، ص٣٦٧ .

$$م \geq \frac{C}{5} \text{ مناخ جاف (صحراء) .}$$

إذ ان :

م = مجموع الأمطار السنوي (بوصة) .

ح = معدل درجة الحرارة السنوية (فهرنهايت) .

مثال : طبق معادلة أوستن ميلر على محطة سامراء التي بلغ مجموع أمطارها السنوية نحو ١٦٤,٦ ملم ، ومعدل حرارتها السنوية ٢٣,١ °م .

الجواب:

يجب اتباع الخطوات الآتية

$$أ: \text{تحويل الأمطار (ملم) الى البوصة عن طريق } 6.5 = \frac{164.6}{25.4}$$

ب: تحويل درجات الحرارة بالمئوي الى الفهرنهايتي عن طريق :

$$\text{الدرجة الفهرنهايتية} = \text{الدرجة المئوية} \times \frac{9}{5} + 32$$

$$32 + \frac{9}{5} \times 23.1 =$$

$$73.6 =$$

ج: نطبق المعادلة الثالثة من معادلات أوستن ملر :

$$م \geq \frac{C}{5}$$

$$\frac{73.6}{5} \geq 6.5$$

$$14.7 \geq 6.5$$

د: من نتيجة المعادلة يظهر ان محطة سامراء مناخها جاف صحراوي لان قيمة الأمطار في طرف المعادلة هي اقل من قيمة الحرارة في الطرف الاخر.

١٧ : معادلة ببلي للمطر الفعال:

وضع ببلي عام ١٩٥٨ معادلته عن فاعلية المطر او كما سماه بمعامل الرطوبة على النحو الاتي ^(١) :

(١) نفس المصدر ، ص ٣٧٧-٣٧٨ .

$$ep = \frac{P}{(1.025)^T}$$

إذ ان : ep = فاعلية المطر الشهرية .

P = معدل المطر الشهري (بوصة) .

T = معدل درجة الحرارة بالفهرنهايت .

1.025 = قيمة ثابت لها علاقة بكمية التبخر .

على ضوء درجة الرطوبة (المطر الفعال) وتباينها وضع بيلى تصنيفاً لنوعية المناخ في جدول (٣٢).

جدول (٣٢) فاعلية المطر ونوع المناخ ورمزه وفقاً لمعادلة بيلى.

الرمز	نوع المناخ	فاعلية المطر
A	رطب جداً	أكثر من ١٦,٢
B	رطب	٨,٧-١٦,٢
C	شبه رطب	٤,٧-٨,٧
D	شبه جاف	٢,٥-٤,٧
E	جاف	أقل من ٢,٥

على ضوء فاعلية المطر الشهرية يمكن استخراج فاعلية المطر السنوية من مجموع قيم الفاعلية الاثني عشر .

مثال : جد فاعلية مطر بيلى لمحطة سامراء ذات البيانات الموضحة في جدول (٢١).

الجواب :

أ: نحول درجات الحرارة المئوية الى الفهرنهايتية والأمطار من الملم الى البوصة وكما في جدول (٣٣) .

جدول (٣٣) معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (ف) والأمطار (بوصة) لمحطة سامراء .

الشهور	٢ ك	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	١ ت	٢ ت	١ ك
درجة الحرارة	٤٨,٩	٥٢,٧	٦٠,١	٧٢,٣	٨٣,٧	٩٢,٥	٩٧,٢	٩٥,٧	٨٩,١	٧٧,٤	٦١,٧	٥١,٨
الأمطار	١,٢	١,٠٢	٠,٩٥	٠,٧	٠,٣	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٢	٠,٩٥	١,٢

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٢١).

ب: نطبق المعادلة $ep = \frac{P}{(1.025)^T}$ وتم التوصل إلى النتائج في جدول (٣٤).

جدول (٣٤) نتائج معادلة فاعلية المطر لبيلي.

الشهور	ك٢	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزير ان	تموز	أيلول	ت١	ت٢	ك١	المجموع السنوي
فاعلية المطر	٠,٤	٠,٣	٠,٢	٠,١	٠,٠٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠٣	٠,٢	٠,٣	١,٥٧

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٣٣).

ج: بلغ المجموع السنوي لفاعلية المطر لمحطة سامراء وفقاً لمعادلة ببلي نحو ١,٥٧ ، وهو اقل من ٢,٥ وبذلك فان محطة سامراء تقع في منطقة ذات مناخ جاف رمزها E .

ثامناً : الموازنة المائية المناخية :

وضعت العديد من المعادلات الرياضية لاستخراج الموازنة المائية المناخية أشهرها وبسطها المعادلات الآتية :

١: هي مقدار الفائض او العجز المائي المستخرج عن طريق طرح التبخر /
النتح الممكن (ملم) من التساقط (ملم) وفق المعادلة الآتية : $p - PE = \pm$
إذ ان :

$P =$ التساقط (ملم) .

$PE =$ التبخر / نتح الممكن (ملم) .

$\pm =$ اشارة الموجب (+) تعني وجود فائض مائي ، بينما اشارة (-) تعني وجود عجز مائي .

مثال : من استخدام معدلات الأمطار في محطة سامراء باعتبارها تمثل التساقط لانها الغالبة على أشكاله جدول (٢١) ، واستخدام معدلات التبخر / نتح الممكن وفقاً لمعادلة نجيب حزوفه (جدول ٢٣) كانت النتائج في جدول (٣٥).

جدول (٣٥) الموازنة المائية المناخية (ملم) لمحطة سامراء وفق المعادلة

$$p - PE = \pm \text{الآتية}$$

الاشهر	الموازنة المائية المناخية	الاشهر	الموازنة المائية المناخية
ك٢	-١٤,٨	أب	-٣٣١,٦
شباط	-٣١,٣	أيلول	-٢٥٩,٢
أذار	-٧٨	ت١	-١٧١,٠١
نيسان	-١٥٦	ت٢	-٦٦,٤
مايس	-٢٥٣	ك١	-٢٢,٨
حزيران	-٣١٩,٦	المجموع السنوي	-٢٠٦٧,٩
تموز	-٣٦٤,٢		

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدولي (٢٣،٢١)

من تحليل جدول (٣٥) يظهر ان شهور السنة كافة سجلت عجزاً مائياً بلغت ذروته خلال فصل الجفاف حيث انعدام سقوط الأمطار صيفاً بينما يقل العجز المائي في الفصل البارد من السنة ليصل ادنى معدلاته في شهر كانون الثاني ، لانه يمثل اكثر الشهور مطراً وادناها في معدلات التبخر ، لانخفاض درجات الحرارة وارتفاع الرطوبة النسبية .

٢: ان كمية التساقط لايمكن للنبات ان يستفيد منها كلياً وذلك لتأثرها بعوامل متعددة اهمها عناصر المناخ لاسيما درجات الحرارة والإشعاع الشمسي والرياح، وكذلك عامل التربة وماتتصف به من خصائص ، لذا برز مفهوم الأمطار الفعالة فاصبحت الموازنة المائية المناخية تستخرج عن طريق المعادلة الآتية :

الموازنة المائية المناخية = الأمطار الفعالة – التبخر / النتج الممكن .

الأمطار الفعالة = معامل المطر الفعال × كمية التساقط

مثال : جد الموازنة المائية المناخية لمحطة سامراء وفق معادلة الموازنة المائية المناخية = الأمطار الفعالة – التبخر/النتج الممكن ، اعتماداً على بيانات جداول (٢٠ ، ٢٢ ، ٢٤).

جدول (٣٦) الموازنة المائية المناخية لمحطة سامراء = الأمطار الفعالة
(ملم) - التبخر / النتج الممكن (ملم)

الشهور	٢ ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	ايلول	١ ت	٢ ت	١ ك	المجموع السنوي
الأمطار الفعالة (ملم)	١٩,٥	١٦,٨	١٨,٠١	١٢,٩٩	٥,٨	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٤,٢	١٦,٩	١٩,٥	١١٣,٧
التبخر / نتج الممكن (ملم)	٤٤,٨	٥٧,٢	١٠,٢	١٧٣,٣	٢٦٠,٣	٣١٩,٦	٣٦٤,٢	٣٣١,٦	٢٥٩,٢	١٧٧,٠٢	٩٠,٥	٥٢,٧	٢٢٣٢,٤
الموازنة المائية المناخية	٢٥,٣	٤٠,٤	٨٣,٩٩	١٦٠,٣	٢٥٤,٥	٣١٩,٦	٣٦٤,٢	٣٣١,٦	٢٥٩,٢	١٧٢,٨-	٧٣,٦	٣٣,٢	٢١١٨,٧

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جداول (٢١، ٢٣، ٢٥) .

٣: يمكن استخراج الموازنة المائية المناخية عن طريق حساب التبخر / نتج الحقيقي ووفقاً للخطوات الآتية :

أ: حساب التبخر / النتج الممكن باستخدام احدى معادلات حساب التبخر / النتج الممكن ولتكن معادلة حروفه عن محطة سامراء .

ب: حساب التبخر الكلي (الممكن + الحقيقي) ووفقاً لمعادلة إيفانوف :

$$E_o = 0.0018(t + 25)^2(100 - 9)$$

ج: حساب التبخر / نتج الحقيقي ويتم ذلك عن طريق طرح قيم التبخر / نتج الممكن من قيم التبخر الكلي في حالة كون التساقط اقدمت التبخر / النتج الممكن . أما إذا كان مقدار التساقط أكبر من التبخر / النتج الممكن فان التبخر الحقيقي يحمل قيمة مساوية لقيمة التبخر / النتج الممكن .

د: استخراج الفائض المائي من طرح التبخر / النتج الممكن من كمية التساقط.

هـ: استخراج العجز المائي من استخدام المعادلة الآتية $P - (P - PE)$

اذ ان $P =$ التساقط (ملم)

$PE =$ التبخر / النتج الممكن

ثم يضاف لها التبخر الحقيقي وتكون النتيجة مشاراً إليها بالسالب ولتوضيح ذلك نورد المثال الاتي عن محطة سامراء .

مثال : جد الموازنة المائية المناخية لمحطة سامراء عن طريق حساب التبخر / نتج الحقيقي .

الجواب:

يلاحظ جدول (٣٧) .

جدول (٣٧) الموازنة المائية المناخية (ملم) لمحطة سامراء باستخدام

التبخر / نتج الحقيقي .

الشهر	٢٤	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	١٠	٢١	٢٢	١٣	المعدل والمجموع
درجة الحرارة	٩,٤	١١,٥	١٥,٦	٢٢,٧	٢٨,٧	٣٣,٦	٣٦,٢	٣٥,٤	٣١,٧	٢٥,٢	١٦,٥	١١,٠٢	٢٣,١	
الأمطار	٢٩,٩٩	٢٥,٩	٢٤,٠١	١٧,٣	٧,٣	٠,١٤	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٦,٠١	٢٤,١	٢٩,٥٩	١٦٤,٦	
الرطوبة النسبية	٧٨,٥	٦٦,٩	٦٠,٩	٤٨,٦	٣٦,٢	٢٩,٥	٢٧,٥	٣٠,١	٣٢,٤	٤٤,٦	٦١,٦	٧٨,١	٤٩,٦	
التبخر/نتج الممكن (خروفي)	٤٤,٨	٥٧,٢	١٠,٢	١٧٣,٣	٢٦٠,٣	٣١٩,٦	٣٦٤,٢	٣٣١,٦	٢٥٩,٢	١٧٧,٠ ٢	٩٠,٥	٥٢,٧	٢٢٣٢,٤	
التبخر الكلي (إيثانوف)	٤٥,٨	٧٩,٤	١١٦,٠ ١	٢١٠,٥	٣٣١,٢	٤٣٥,٨	٤٨٨,٨	٤٥٩,٠ ١	٣٩١,٢	٢٥١,٣	١١٩,٠ ٤	٥١,٢	٢٩٧٩,٣	
P-PE	١٤,٨-	٣١,٣-	-	١٥٦-	٢٥٣-	-	٣١٩,٦	٣٦٤,٢	٣٣١,٦	-	١٧١,٠ ١	٢٢,٨-	٢٠٦٧,٩-	
التبخر الحقيقي	١	٢٢,٢	١٤,٠١	٣٧,٢	٧٠,٩	١١٦,٢	١٢٤,٦	١٢٧,٤	١٣٢	٧٤,٣	٢٨,٥	١٠,٥	٧٤٦,٨	
الموازنة المائية (المعز المائي)	٤٥,٨-	٧٩,٤-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	٢٩٧٩,٣-	
الفائض المائي	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة.

الفصل الثالث
التصنيف المناخية
**Climatic
classifications**

الفصل الثالث

التصانيف المناخية : Climatic classifications :

تعددت التصنيفات المناخية وفقاً لثلاثة أسباب ، الأول منها وفقاً لعناصر المناخ التي تعتمد عليها، والثاني الأهداف والأغراض التي وضعت من أجلها، والثالث هو صعوبة جمع التصنيفات في تصنيف واحد شامل لها. (واهم الشروط التي يجب توفرها في التصنيف الناجح هي السهولة والوضوح والإيجاز والدقة والموضوعية^(١)).

يمكن تقسيم التصنيفات المناخية الى ثلاثة أنواع أساسية هي : التصنيفات التجريبية، والتصانيف الأصولية، والتصانيف البشرية. ويمكن التطرق إلى هذه التصنيفات على النحو الآتي:

التصانيف التجريبية Empirical classifications:

يعد تصنيف كوبن من أشهر التصنيفات التجريبية ، وإما التصنيفات التي ظهرت بعده فكانت متأثرة به ، ويمكن توضيح هذه التصنيفات كما يأتي :

أولاً : تصنيف كوبن koppen :

ظهر تصنيف كوبن لأول مرة سنة ١٩٠٠ ، لكنه ظهر بعد ذلك في عدة صيغ معدلة ، وكانت آخر صياغة له سنة ١٩٣١ . وقد استوحى كوبن الفكرة الأساسية لتصنيفه من دراسته لفسيولوجية النبات ، وإطلاعه على أبحاث درود Drude في الجغرافية النباتية . فاستنتج ان النباتات يمكن ان تكون وسيلة تعبر عن الطقس والمناخ على اعتبار ان الحدود الفاصلة التي ترسم توزيع مختلف أنواع النباتات هي حدود مناخية^(٢) .

قسم كوبن العالم الى خمسة أقاليم مناخية معتمداً بذلك على درجات الحرارة والأمطار ، وأعطى كل إقليم رمزاً رئيسياً ثم رمزاً ثانوياً ولبعضها رموزاً فرعية، ولتوضيح ذلك جرت الدراسة على النحو الآتي :

١: **المناخ المداري الرطب** : رمزه A ، ومعدل درجة حرارة أي شهر لا تقل عن ١٨ م . وله أقاليم فرعية قائمة على أساس الأمطار :

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ١٤٥ .

(٢) نفس المصدر ، ص ١٥٠ .

أ: المناخ المداري الرطب طول السنة ورمزه AF ، وتكون الأمطار في أي شهر من شهور السنة لا تقل عن ٦ سم (٦٠ ملم) .

ب: مناخ السفانا ذو الأمطار الصيفية ورمزه AW ، وتكون الأمطار في بعض شهور السنة أقل من ٦ سم (٦٠ ملم) ، مع وجود فصل جاف واضح خلال السنة.

ج: المناخ الموسمي ورمزه AM ، وتكون الأمطار في بعض شهور السنة أقل من ٦ سم (٦٠ ملم) ، وأمطاره تكون أكثر من مناخ السفانا AW . ولتمييز المناخ الموسمي عن مناخ السفانا لكون أن أمطار الإقليمين هي تتركز في فصل الصيف تطبق إحدى المعادلات الآتية :

$$أ = ١٠ - \frac{ط}{٢٥}$$

إذ أن :

أ = كمية الأمطار في اجف أشهر السنة (سم) .

ط = المعدل السنوي للأمطار (سم) .

أو المعادلة الآتية :

$$N = 100 - \frac{R}{25}$$

إذ أن :

N = اجف الشهور (ملم) .

R = المجموع السنوي للأمطار (ملم) .

أو المعادلة الآتية :

$$أ = ٣,٩٣٧ - \frac{ط}{٢٥}$$

إذ أن :

أ = اجف الشهور مطراً (بوصه) .

ب = المجموع السنوي للأمطار (بوصه) .

فإذا كانت قيمة اجف الشهور مطراً أكبر من قيمة الطرف الثاني للمعادلة فالمناخ موسمي AM وإذا كانت قيمة اجف الشهور مطراً أقل من قيمة الطرف الثاني للمعادلة فالمناخ هو مناخ السفانا AW . وبذلك فإن إقليم A يتكون من ثلاثة أقاليم فرعية هي AF و AM و AW .

٢: إقليم المناخ الجاف وشبه الجاف : ورمزه B ، وهو الإقليم الوحيد الذي يبدأ تحديد رمزه الأول على أساس الأمطار الساقطة من بين الأقاليم الخمسة الرئيسية . ويضاف الى الرمز الرئيس B رمز ثانوي هو W للمناخ الجاف و S للمناخ شبه الجاف ، وكمايلي :

أ: BW : المناخ الجاف (الصحراوي) ويكون في الحالات الآتية :

$r \leq t$ إذا كان ٧٠% من الأمطار الساقطة في نصف السنة الشتوي.

$r \leq t + 7$ للأمطار الموزعة على كافة شهور السنة .

$r \leq t + 14$ إذا كان ٧٠% من الأمطار الساقطة في نصف السنة الصيفي.

علماء أن :

r = مجموع الأمطار السنوية (سم) .

t = المعدل السنوي لدرجة الحرارة (°م) .

ب: BS : المناخ شبه الجاف (السهب أو البوادي) ويكون في الحالات الآتية:-

$r \leq 2t$ إذا كان ٧٠% من الأمطار الساقطة في نصف السنة الشتوي.

$r \leq 2(t + 7)$ إذا كانت الأمطار موزعة على كافة شهور السنة .

$r \leq 2(t + 14)$ إذا كان ٧٠% من الأمطار الساقطة في نصف السنة الصيفي.

فضلاً عن ذلك أضاف كوبن رمزاً ثالثاً بالحرف الصغير على أساس الحرارة وهو h إذا كان معدل الحرارة السنوي ١٨م فأكثر ، والرمز k إذا كان معدل درجة الحرارة السنوي أقل من ١٨م . وبذلك فإن إقليم B سيتكون من أربع أقاليم فرعية هي :

- BWh الصحاري الحارة .

- BWk الصحاري الباردة .

- BSh السهوب الحارة .

- BSk السهوب الباردة .

٣: إقليم المناخ المعتدل الرطب : ورمزه C ، ويكون متوسط حرارة أبرد شهر فيه بين ٣°م الى ١٨°م . ويقسم الى الأقاليم الثانوية الآتية وفقاً للأمطار الساقطة:

أ: المناخ المعتدل الممطر طول السنة ورمزه CF ، وأمطاره في أي شهر من شهور السنة لا يقل عن ٣ سم (٣٠ ملم) .

ب: المناخ المعتدل ذو الشتاء الجاف ورمزه CW ، وأمطاره صيفية ، وإذا كانت هناك أمطار شتوية فأنها تكون في أكثر أشهر الصيف مطراً أكبر من عشرة أمثال أجف أشهر الشتاء .

ج: المناخ المعتدل ذو الصيف الجاف ورمزه CS ، وأمطاره شتوية (مناخ البحر المتوسط) ، وإذا كانت هناك أمطار صيفية فأنها تكون في أكثر أشهر الشتاء مطراً أكبر من ثلاثة أمثال أجف أشهر الصيف .

فضلاً عن ذلك فان كوبن أعطى رمزاً ثالثاً بالحرف الصغير يضاف لكل إقليم من الأقاليم الثلاثة الثانوية قائم على أساس حراري وهي :

a : إذا كان متوسط أدفئ شهور السنة أكثر من ٢٢°م .

b : إذا كان متوسط أدفئ شهور السنة أقل من ٢٢°م ، ومتوسط حرارة ٥-١٢ شهراً أعلى من ١٠°م .

C- : إذا كان متوسط أدفئ شهور السنة أقل من ٢٢°م ، ومتوسط حرارة ١-٤ شهور أعلى من ١٠°م .

وبذلك سيكون إقليم C متكون من تسعة أقاليم كما يأتي : CFa و CFb و CFc و CWa و CWb و CWc و CSa و CSb و CSc .

٤: إقليم المناخ البارد الرطب : ورمزه D ويكون متوسط حرارة ابرد شهر أقل من ٣°م ، وأدفئ شهر أكثر من ١٠°م . هذا على أساس درجة الحرارة ، أما من ناحية الأمطار فان الإقليم يقسم الى :

أ: المناخ البارد الممطر طول العام ورمزه DF ، وأمطاره في أي شهر من شهور السنة لا تقل عن ٣ سم (٣٠ ملم) .

ب: المناخ البارد ذو الشتاء الجاف والصيف الممطر ورمزه DW . وتكون الأمطار في أعزr الشهور مطراً أكثر من عشرة أمثال أجفها .

فضلاً عن ذلك أن كوبن أعطى رمزاً ثالثاً بالحرف الصغير يضاف لكل إقليم من إقليمي المناخ البارد الرطب وهي نفسها في إقليم C السابق : a و b و c

. وأضاف لها رمزاً رابعاً هو d إذا كان متوسط حرارة ابرد الشهور أقل من ٣٨° م .

وبذلك سيكون إقليم D متكون من ثمانية أقاليم فرعية هي : DFb و DFa و DFC و DEd و DWa و DWb و DWc و DWd .

٥: المناخ القطبي : ورمزه E ، ويكون متوسط حرارة أدفئ الشهور لا يزيد عن ١٠° م ، ويقسم الى :

أ: مناخ التندرا ET : متوسط حرارة أدفئ شهر بين صفر إلى ١٠° م .

ب: المناخ المتجمد EF : متوسط حرارة جميع الشهور دون الصفر المئوي .
قبل نهاية الحديث عن رموز كوبن للأقاليم ينبغي ذكر رموز ثانوية وصغها كوبن مع الأقاليم المذكورة بشروط هي :

n: مع حدوث الصنباب .

ا: حيث المدى الحراري السنوي أقل من ٥° م .

x: قمة المطر نهاية الخريف وبداية الصيف .

g: يسبق أحر الشهور موعد حدوث الانقلاب الصيفي أي في نهاية الربيع ،
ويتركز المطر في فصل الصيف .

H: إقليم المرتفعات .

أمثلة عن تصنيف كوبن(*):

السؤال : حدد رموز تصنيف كوبن للمحطات الآتية :

جدول (٣٨) معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (مم) في أنداجويا /كولمبيا.

الشهور	ك٢	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل
الحرارة (°م)	٢٧	٢٧	٢٨	٢٨	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧	٢٧,٢
الأمطار (مم)	٥٤٤	٥١٩	٥٥٧	٦٢٠	٦٥٥	٦٥٥	٥٧٢	٥٧٤	٥٦١	٥٦٣	٥٦٣	٥١٢	٦,٩٥

(*) جمعت بيانات المحطات من المصادر :

١. علي احمد غانم ، الجغرافية المناخية ، ط٣ ، دار المسيرة ، عمان ، ٢٠١١ ، ص ٢٧٠ - ٢٧٤ .
٢. قصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ والاقاليم المناخية ، دار اليازوري ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠٨ ، ص ٢٠٩ و ص ٣٧٥ .

الجواب : Afi وذلك لان:

- ١: درجات الحرارة لا تقل في أي شهر عن ١٨°م فالرمز الرئيسي هو A .
 - ٢: الأمطار لا تقل في أي شهر عن ٦٠ ملم فالرمز الثانوي F .
 - ٣: المدى الحراري السنوي لا يزيد على ٥°م فالرمز i .
- جدول (٣٩) معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في فاربدو/النرويج

الشهور	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	المعدل
الحرارة	٥-	٦-	٤-	١-	٢	٦	٩	٩	٦	٢	٢-	٤-	١
الأمطار	٦٧	٦٥	٥٢	٤٠	٣٥	٣٧	٤٥	٥٠	٦٠	٦٢	٦٢	٦٥	٦٤٠

الجواب : ET

وذلك لانه درجة حرارة أدفئ شهر لا تزيد عن ١٠°م.

جدول (٤٠) معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في
نيواورليانز/الولايات المتحدة

الشهور	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	المعدل
الحرارة	١٢	١٣	١٦	٢٠	٢٤	٢٧	٢٨	٢٨	٢٦	٢١	١٦	١٣	٢٠,٣
الأمطار	٩٨	١٠١	١٣٦	١١٦	١١١	١١٣	١٧١	١٣٦	١٢٨	٧٢	٨٥	١٠٤	١٣٧١

الجواب : CFa وذلك لأنه :

- ١- معدل درجة حرارة ابرد شهر بين ٣°م و ١٨°م ، فالرمز C .
- ٢- الأمطار لا تقل في أي شهر عن ٣٠ ملم ، فالرمز F .
- ٣- أدفئ شهر أكثر من ٢٢°م ، وكافة الشهور أكثر من ١٠°م ، فالرمز a .

جدول (٤١) معدلات درجات الحرارة (°م) والأمطار (ملم) في مطار عمان
الأردن

الشهور	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	المعدل
الحرارة	٨	٩	١٢	١٦	٢١	٢٤	٢٥	٢٥	٢٣	٢٠	١٥	١٠	١٧,٣
الأمطار	٦٣	٦٣	٤٤	١٦	٤	٠	٠	٠	٠	٧	٢٩	٤٩	٢٧٥

الجواب :

- لحل جدول (٤١) وفقاً لتصنيف كوبن تتبع الخطوات الآتية :-
- ١: تستخرج النسبة المئوية لتركز الأمطار في النصف الشتوي كانت أم في النصف الصيفي من خلال استخدام المعادلة الآتية :

$$\frac{\text{الجزأ}}{\text{الكل}} \times 100$$

فإذا جمعت قيمة النصف الشتوي للشهور (تشرين الأول ، تشرين الثاني ، كانون الأول ، كانون الثاني ، شباط ، واذار) فان النتيجة تكون :

$$\frac{255}{275} \times 100 = 92,7\%$$

إذن الأمطار تتركز في النصف الشتوي لأنها تزيد عن ٧٠% .
٢: نطبق معادلة الأمطار الشتوية للمناطق الجافة أولاً وعلى النحو الآتي :

$$r \leq t$$

$$27.5 \leq 17.3$$

٣: بما ان الأمطار أكثر من درجة الحرارة تطبق معادلة الأمطار الشتوية للمناطق شبه الجافة وعلى النحو الآتي :

$$r \leq 2t$$

$$27.5 \leq 2(17.3)$$

$$27.5 \leq 34.6$$

٤: وفقاً لنتيجة النقطة الثالثة فان رمز المحطة يكون BS .
٥: يضاف الرمز k للمحطة فتكون BSk ، وذلك لأن المعدل السنوي للحرارة أقل من ١٨م .

جدول (٤٢) معدلات درجات الحرارة (م°) والأمطار (ملم) في محطة مانيلا/الفلبين .

الشهور	ك	شباط	أذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت	ت	ك	المعدل
الحرارة (م°)	٢٦	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٢٨	٢٨	٢٧	٢٨	٢٧	٢٦	٢٦	٢٧,٣
الأمطار (ملم)	٢٣	١٣	١٨	٣٣	١٣٠	٢٥٤	٢٥٤	٤٢٢	٣٥٦	١٩٣	١٤٥	٦٦	٢٠٨٧

الجواب :

١: بما أن درجات الحرارة لا تقل عن ١٨م فان رمز الإقليم الرئيس هو A .
٢: بما ان الأمطار تقل في بعض الشهور عن ٦٠ ملم فان رمز الإقليم الثانوي يكون M او W .
٣: تطبق المعادلة الآتية لمعرفة رمز هذا الإقليم M او W :

$$N = 100 - \frac{R}{25}$$

$$13 = 100 - \frac{2087}{25}$$

$$13 = 16.1$$

٤: بما ان طرف المعادلة الثاني بلغت قيمته نحو ١٦,١ ملم ، وهو أعلى من قيمة اجف الشهور التي بلغت ١٣ ملم إذن المحطة تقع في مناخ موسمي رمزه M ، وبذلك يكون رمز المحطة AM .

٥: لكون المدى الحراري السنوي أقل من ٥م فيضاف الرمز i ليكون رمز المحطة AMi .

جدول (٤٣) معدلات درجات الحرارة (م) والأمطار (ملم) في محطة هيربين

الشهور	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	المعدل
الحرارة (م°)	-	-	٤-	٥	١٨	١٩	٢٢	٢١	١٤	٤	٦-	١٦-	٣
الأمطار (ملم)	٣	٥	١٠	٢٣	٤٣	٩٦	١١٤	١٠٤	٤٦	٣٣	٨	٥	٤٨٢

الجواب : DWb .

وذلك لأنه :

- (١) معدل درجة حرارة ابرد الشهور يقل عن ٣- م ، فالرمز D .
- (٢) الإمطار تتركز في فصل الصيف اذ يوجد شهور تقل عن ٣٠ ملم ، ويكون أغزر الشهور مطراً ١١٤ ملم ، أكثر من عشرة أمثال اجفها ٣ ملم ، فالرمز W .
- (٣) درجة حرارة أدفئ الشهور لا تزيد عن ٢٢م ، مع وجود خمسة شهور تزيد على ١٠م ، فالرمز b .

ثانياً : تصنيف أوستن ميلر : Austin Miller :

يعد تصنيف ميلر من أقل التصنيفات استخداماً وشيوعاً لبساطته وعدم اكتماله ، واعتماده على متوسطات الحرارة الشهرية والسنوية لاسيما فوق ٦م أو دونه وكمية المطر السنوية أو الفصلية بصورة مبسطة وعامة ، وان أقاليم ميلر المناخية بلغت سبعة أقاليم ، وكما يلي^(١) :

١: المناخ الحار (A) : يبلغ المتوسط السنوي للحرارة فيه ٢١م أو أكثر ويقسم الى:

(١) ياسر احمد السيد ، مصدر سابق ، ص ٣٦٦-٣٦٩ .

- أ: استوائي : له نهايتان يغزر فيهما المطر .
- ب: استوائي : من النوع الموسمي .
- ج: استوائي بحري : ليس به فصل جاف .
- د: استوائي بحري : من النوع الموسمي .
- هـ: مداري قاري : مطره صيفي .
- و: مداري قاري : من النوع الموسمي .
- ٢: **المناخ المعتدل الدافئ (B)** : يتميز هذا الإقليم بوجود فصل بارد ، حيث لا يقل المتوسط الشهري لدرجة الحرارة في أي شهر من السنة عن ٦م ، ومن أنواعه :
- أ: الساحل الغربي (البحر المتوسط) ، مطره شتوي .
- ب: الساحل الشرقي ، مطره منتظم طوال العام .
- ج: الساحل الشرقي من النوع الموسمي ، وفيه نهاية عظمى للمطر في فصل الصيف .
- ٣: **المناخ المعتدل البارد (C)** : ويتصف بوجود فصل بارد يتراوح طوله بين شهر وستة أشهر ، حيث يقل متوسط درجة الحرارة الشهري فيه عن ٦م ، ومن أنواعه :
- أ: بحري : مطره منتظم مع نهاية عظمى في الشتاء .
- ب: قاري : وتزداد أمطاره بصورة ملحوظة في فصل الصيف .
- ج: قاري من النوع الموسمي : مع نهاية عظمى شديدة في الصيف .
- ٤: **المناخ البارد (D)** : يوجد في هذا الإقليم فصل بارد يبلغ ٦ شهور أو يزيد مع متوسط حراري شهري اقل من ٦م ، في أي من شهور فصله البارد ، ومن أنواعه :
- أ: بحري ، مطره منتظم مع نهاية عظمى في الشتاء .
- ب: قاري ، مطره منتظم مع نهاية عظمى في الصيف .
- ج: قاري ، من النوع الموسمي : له نهاية عظمى كبيرة في الصيف .
- ٥: **المناخ القطبي (E)** : ليس فيه فصل دافئ ، وكل شهور السنة باردة تقل فيها درجة الحرارة عن ٦م.
- ٦: **المناخ الصحراوي (F)** : تقل كمية المطر فيه عن ٢٥٤ ملم في السنة ويوجد نموذجين من الصحاري :
- أ: صحاري حارة : ليس فيها فصل بارد ، اذ ان المتوسط الشهري للحرارة أكثر ٦م .

ب: صحاري باردة : فيها فصل بارد ، تقل فيه درجة الحرارة خلال شهر أو أكثر عن ٦ م° .

٧: المناخ الجبلي (G) : ويتواجد في عروض مختلفة .

ثالثاً : تصنيف دي مارتون : DE Martonne

قسم دي مارتون سنة ١٩٢٥ مناخ العالم الى ستة أقاليم رئيسة معتمداً على درجات الحرارة ، وكل إقليم من هذه الأقاليم قسم الى أنواع ثانوية أخرى على أساس المدى الحراري السنوي وكما يأتي^(١) :

١: المناخ الحار : لا يقل معدل حرارة أي شهر عن ٦٨° ف ، ورمزه (A) ، وله خمسة أصناف ثانوية :

A1 : المدى الحراري السنوي يبلغ ٤° ف وأمطاره طول العام .

A2 : معتدل جزري – جزر الاقيانوسية .

B1 : شبه استوائي من النوع السوداني ، مداه الحراري السنوي أكثر من ٤° ف ، وأمطاره صيفية .

B2 : شبه استوائي معتدل من نوع هاواي .

B3 : مداري يزيد مداه الحراري السنوي على ٢٠° ف ، وأمطاره صيفية ، نوع السنغال.

٢: المناخ الموسمي : تسود فيه الرياح الموسمية ، ورمزه B ، وأصنافه :

A3 : موسمي ، غزير المطر صيفاً من نوع كمبوديا .

B4 : مداري رطب ، غزير المطر صيفاً من نوع البنغال .

B5 : موسمي أمطاره السنوية تزيد على ٨٠ أنج ، من نوع أسام .

B6 : موسمي أمطاره السنوية أقل من ٦٠ أنج ، من نوع وسط الهند .

B7 : موسمي غزير المطر صيفاً ، من نوع البنجاب .

٣: مناخ البحر المتوسط : معدل الحرارة الشهري لا يقل عن ٥٠° ف لأي شهر ، ورمزه C ، وأصنافه :

C1 شرق القارة ، وأمطاره صيفية ، من نوع الصين .

C2 بحري معتدل ، وأمطاره شتوية ، من نوع البرتغال .

C3 قاري يرتفع فيه المدى الحراري اليومي والفصلي .

C4 حار صيفاً وجاف ، بارد ممطر شتاء ، من النوع السوري .

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ١٤٥ – ١٤٧ .

- C5 المعتدل الجبلي من نوع كمبوديا .
- C6 المعتدل الجبلي من نوع المكسيك .
- ٤: **المناخات المعتدلة** : ذات فصل بارد طويل يقل معدل الحرارة الشهرية فيه عن ٥٠°ف ، ورمزه D ، وأنواعه :
- D1 المعتدل البحري ، غزير المطر شتاءً ، من نوع الجزر البريطانية .
- D2 الانتقالي ، يرتفع فيه المدى الحراري الفصلي ، من نوع باريس .
- D3 المعتدل القاري ، أمطاره صيفية ، من نوع بولندا .
- D4 قاري ذو أمطار شتوية ، من نوع الدانوب .
- D5 قاري أمطاره مركزه في الربيع والخريف ، من نوع أستبس ارغواي .
- D6 معتدل تتركز أمطاره صيفاً ، من نوع منشوريا .
- D7 معتدل وأمطاره صيفية ، من نوع اليابان .
- ٥: **المناخ الصحراوي** : يرتفع فيه المعدل الشهري للحرارة عن ٥٠°ف ، ومداه الحراري كبير ، ورمزه E و F ، وأنواعه :
- E1 صحراوي حار ، مداه كبير ، ومطره نادر كما في الصحراء الكبرى الأفريقية.
- E2 صحراوي حار ، ذو مدى حراري كبير ويسوده الضباب لكونه ساحلياً كما في بيرو .
- F1 صحراوي بارد ، من نوع اورال ذو شتاء جاف .
- F2 صحراوي بارد ، من نوع بتاكونيا ذو شتاء شبه جاف .
- F3- صحراوي بارد ، من نوع التبت .
- ٦: **المناخ البارد** : نقل معدلات الحرارة الشهرية عن ٥٠°ف ويشمل المناطق الباردة والجبالية ورموزه G و H ، وأنواعه :
- G1 بارد ممطر طول العام ، من نوعه النرويج .
- G2 بارد قاري شديد البرودة شتاءً ، من نوع سيبيريا .
- H1 المناخ القطبي شديد البرودة .
- H2 النوع الجبلي الذي تتفاوت فيه الحرارة حسب الارتفاع من النوع الكولمبي ونوع جبال الألب المعتدل .

رابعاً : تصنيف ثورنثوايت : Thornthwaite :

اعتمد ثورنثوايت على أربعة عوامل في تصنيفه للمناخ وهي كما يلي :

١ : دليل الرطوبة : The moisture Index :

استخدام ثورنثويت المعادلة الآتية لاستخراج درجة رطوبة الإقليم^(١) :

$$IM = I_h - I_a$$

$$I_H = 100 (S/PE)$$

$$I_A = 100 (D/PE)$$

قرنية الفائض المائي :

قرنية الجفاف :

إذ ان : $Im =$ رطوبة الإقليم .

$S =$ الفائض المائي .

$D =$ العجز المائي .

$PE =$ التبخر / النتج الممكن .

وبالتعويض عن قيمة I_h و I_a نحصل على :

$$Im = 100 [(S-D) / PE]$$

$$Im = 100 [(P / PE) - 1]$$

أو

إذ ان : $P =$ التساقط

$PE =$ التبخر / نتج الممكن .

نتج من استخدام المعادلات أعلاه جدول (٤٤) .

جدول (٤٤) رطوبة الأقاليم Im حسب دليل رطوبة ثورنثويت .

نوع المناخ	دليل الرطوبة	نوع المناخ	دليل الرطوبة
A رطب جداً	١٠٠ فأكثر	C2 شبه رطب	صفر - ٢٠
B4 رطب	٨٠-١٠٠	C1 شبه رطب - مائل للجفاف	صفر - (٣٣,٣-)
B3 رطب	٦٠-٨٠	D شبه جاف	(٣٣,٣-) - (٦٦,٧-)
B2 رطب	٤٠-٦٠	E جاف (صحراوي)	(٦٦,٧-) - (١٠٠-)
B1 رطب	٢٠-٤٠		

مثال : جد دليل الرطوبة لمحطة البصرة على ضوء بيانات جدول (٤٥) .

(١) نفس المصدر ، ص ١٤٩-١٥٠ .

جدول (٤٥) معدلات درجات الحرارة الاعتيادية (م) والرطوبة النسبية % ،
والأمطار (مم) لمحطة البصرة للمدة ١٩٧١ – ٢٠٠٧

الشهور	٢ ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت	٢ ت	١ ك	المعدل
درجة الحرارة	١٢,٢	١٤,٧	١٩,٣	٢٥,٧	٣١,٤	٣٥,١	٣٦,٨	٣٦,٢	٣٣,٠١	٢٧,٢	١٩,٥	١٣,٩	٢٥,٤
الرطوبة النسبية	٧١,١	٦١,٤	٥٢,٧	٤٤,١	٣٣,٨	٢٨,٣	٢٧,٦	٢٩,٣	٣٢,١	٤٣,٧	٥٦,٤	٦٩,١	٤٥,٨
الأمطار	٣٤,٩	٢٠,٧	٢٥,٠	١٣,١	٣,٦	٠,١	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٤,٣	١٥,٥	٢٨,٥	١٤٥,٧

المصدر : الهيئة العامة للأتواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

الجواب :

أ: يستخرج معدل التبخر / النتج الممكن وليكن وفقاً لمعادلة خوسلا(*) ،

ومقدار الفائض والعجز المائي وليكن وفق المعادلة الآتية $P - PE = \pm$

جدول (٤٦) التبخر / نتج الممكن (مم) وفقاً لمعادلة خوسلا ، والموازنة

المائية المناخية وفقاً للمعادلة $P - PE = I$ لمحطة البصرة للمدة ١٩٧١ – ٢٠٠٧ .

الشهور	٢ ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت	٢ ت	١ ك	المجموع
التبخر/نتج الممكن	٥٨,٤	٧٠,٨	٩٣,٩٨	١٢٤,٥	١٥٢,٢	١٧٠,٢	١٧٧,٠٤	١٧٥,٣	١٦,٠٢	١٣٢,١	٩٣,٩٨	٦٦,٠٤	١٤٧٤,٦
العجز المائية	٢٣,٥	٥٠,١	٦٨,٩٨	١١١,٤	١٤٨,٦	١٧٠,١	١٧٧,٠٤	١٧٥,٣	١٦٠,٢	١٢٧,٨	٧٨,٥-	٣٧,٥-	١٣٢٩,٠٢
الفائض المائي	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠	٠,٠

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٤٥) .

ب: استخراج دليل الرطوبة لثورنثويت ولكن من تطبيق المعادلة الآتية :

$$Im = 100[(P / PE) - 1]$$

وكما في جدول (٤٧) .

جدول (٤٧) دليل رطوبة ثورنثويت وفق المعادلة الآتية:

$$Im = 100 [(P / PE) - 1]$$

الشهور	٢ ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت	٢ ت	١ ك
IM	٤٠,٢-	٧٠,٨	٧٣,٤-	٨٩,٥-	٩٧,٦-	٩٩,٩-	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٦,٨	٨٣,٥	٥٦,٨

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدولي (٤٥ و ٤٦) .

(*) راجع معادلة خوسلا في الفصل الثاني .

من تحليل جدول (٤٧) يظهر ان قيم Im لشهري كانون الثاني -٤٠,٢ ، وكانون الأول -٥٦,٨ ، تقع ما بين (-٣٣,٣) – (-٦٦,٧) ، ولذا يعد هذان الشهران من الشهور شبه الجافة في البصرة والتي رمزها D . اما بقية الشهور من شباط التي تشرين الثاني ، وهي عشرة شهور فتراوحت القيم فيها بين (-٦٦,٧) – (-١٠٠) ، لذا أن نوع المناخ السائد فيها هو الجاف الصحراوي ورمزه E ، لاسيما شهور حزيران وتموز وآب وأيلول .

٢: فصلية الرطوبة :

استخدم ثورنثويت قرينتي الجفاف والفائض المائي لتحديد فصلية الرطوبة ضمن الأقاليم الرئيسة التي ذكرت النقطة الأولى السابقة . واستخدم معامل الجفاف لتحديد طبيعة العجز المائي في المناطق الرطبة ، كما استخدم معامل الفائض المائي في المناطق الجافة ، كما في جدول (٤٨) ^(١) .

جدول (٤٨) الاختلافات الفصلية للقيمة الفعلية للرطوبة .

المناخات الرطب (C2,B,A)	قريته الجفاف	المناخات الجافة (E,D,C1)	قريته الفائض المائي
٢ قلة أو عدم وجود عجز مائي	صفر – ١٦,٧	d قلة أو عدم وجود فائض مائي	صفر – ١٠
S عجز مائي معتدل في الصيف	١٦,٧ – ٣٣,٣	S فائض مائي معتدل في الشتاء	١٠ – ٢٠
W عجز مائي معتدل في الشتاء	١٦,٧ – ٣٣,٣	W فائض مائي معتدل في الصيف	١٠ – ٢٠
S2 عجز مائي كبير في فصل الصيف	أكثر من ٣٣,٣	S2 فائض مائي كبير في فصل الشتاء	أكثر من ٢٠
W2 عجز مائي كبير في فصل الشتاء	أكثر من ٣٣,٣	W2 فائض مائي كبير في فصل الصيف	أكثر من ٢٠

من تطبيق ذلك على محطة البصرة التي تقع ضمن المناخات الجافة E,D ، كما أتضح ذلك في النقطة الأولى ، يظهر أن الحرف الذي ينطبق عليها من حيث فصلية الرطوبة هو الحرف d ، اذ ان دليل الرطوبة يقع بين

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ١٦٣ .

صفر - ١٠ وتحديداً هو الصفر وذلك لعدم وجود فائض مائي كما يتضح ذلك من مراجعة جدول (٤٦) ، وكما يدل عليه استخدام معادلة قرينة الفائض المائي $lh = 100 (S/PE)$ ، اذ ان قيمة S تساوي صفراً ، وبالتالي فان قيمة المعادلة تكون صفراً أيضاً .

٣: دليل القيمة الفعالية للحرارة :

استخدم ثورنثويت التبخر/النتح الممكن للتعبير عن القيمة الفعالية للحرارة ، على اعتبار ان كمية الطاقة المتوافرة في مناخ موقع ما هي كمية الماء الذي يمكن تبخره بواسطة تلك الطاقة في حالة توافر تلك الكمية من الماء ، لأن التبخر / النتح الممكن هو التعبير الحقيقي عن تفاعل عنصري الحرارة والرطوبة . واستخدم المعادلة لآتية للتعبير الكمي عن القيمة الفعالية للحرارة^(١) .

$$\frac{T}{E} = \sum_{12} \frac{T-32}{4}$$

إذ ان :

T/E = دليل فاعلية الحرارة .

\sum_{12} = مجموع الحرارة الشهرية في السنة .

T = معدل درجة الحرارة الشهرية (ف) .

بموجب هذه المعادلة استخدم ثورنثويت تسعة حروف كبيرة يشير كل حرف الى صفة حرارية معينة ، كما في جدول (٤٩) .

جدول (٤٩) أقاليم الفاعلية الحرارية في تصنيف ثورنثويت

قيمة فاعلية الحرارة	الرمز	نمط المناخ	قيمة فاعلية الحرارة	الرمز	نمط المناخ
أكثر من ١١٤,٥	B4	حار	٥٧ - ٤٢,٧	C1	بارد
١١٤,٥ - ٩٩,٧	B1	معتدل	٤٢,٧ - ٢٨,٥	D	بارد
٩٩,٧ - ٨٥,٥	E	معتدل	٢٨,٥ - ١٤,٢	B3	تندرا
٨٥,٥ - ٧١,٢	C2	معتدل	أقل من ١٤,٢	B2	متجمد
٧١,٢ - ٧٥	A	معتدل			

المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ١٦٤ .

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ١٥٠-١٥١ .

مثال : جد فاعلية الحرارة في تصنيف ثورنثويت لمحطة البصرة على ضوء البيانات في جدول (٤٥) .

الجواب : يلاحظ جدول (٥٠) .

جدول (٥٠) القيمة الفعلية للحرارة وفقاً لتصنيف ثورنثويت في محطة

البصرة للمدة ١٩٧١ - ٢٠٠٧

الشهور	٢ ك	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	أب	أيلول	ت	٢ ت	١ ك	\sum_{12}
فاعلية الحرارة	٥,٥	٦,٦	٨,٧	١١,٦	١٤,١	١٥,٨	١٦,٦	١٦,٣	١٤,٩	١٢,٢	٨,٨	٦,٣	١٣٧,٤

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٤٥) .

من خلال نتائج جدول (٥٠) يتبين أن القيمة الفعلية للحرارة في محطة البصرة تصل نحو ١٣٧,٤ ، وهي تقع ضمن الحدود التي حددها ثورنثويت بأكثر من ١١٤,٥ ، لذا فإن رمزها يكون B4 ، ونمط مناخها السائد هو المناخ الحار .

٤ : التركيز الصيفي للفاعلية الحرارية :

يقاس التركيز الصيفي للفاعلية الحرارية بتحديد النسبة بين مجموع التبخر / النتج الممكن في أشهر الصيف الثلاثة (حزيران وتموز وآب) والمعدل السنوي للتبخر/النتج الممكن . فلو كان التبخر/النتج الممكن موزعاً بالتساوي بين جميع شهور السنة كما هو الحال في المناطق المدارية الرطبة فإن نسبة التركيز الصيفي ستساوي ٢٥% فقط . أما إذا كان المعدل الشهري لدرجة الحرارة لا يزيد عن الصفر المئوي إلا في أشهر الصيف ، كما هو الحال في بعض المناطق القطبية ، فإن نسبة التركيز الصيفي ستصل أقصى حد لها وهو ١٠٠% ، ولهذا فإن نسبة التركيز الصيفي للفاعلية الحرارية تتراوح بين ٢٥% - ١٠٠% . لذا اعد ثورنثويت جدولاً خاصاً بذلك هو جدول (٥١)^(١) .

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ١٦٤ - ١٦٥ .

جدول (٥١) التركيز الصيفي للفاعلية الحرارية.

النسبة المئوية للتركز الصيفي	نوع المناخ	النسبة المئوية للتركز الصيفي	الرمز	نوع المناخ	النسبة المئوية للتركز الصيفي
B1	معتدل	٦٨-٦١,٦	a	حار	أقل من ٤٨,٠
C2	بارد	٧٦,٣-٦٨	b4	معتدل	٥١,٩-٤٨
C1	بارد	٨٨-٧٦,٣	b3	معتدل	٥٦,٣-٥١,٩
d	تندرا	أكثر من ٨٨	b2	معتدل	٦١,٦-٥٦,٣

مثال : جد مقدار التركيز الصيفي للفاعلية الحرارية وفقاً لتصنيف ثورنثويت في محطة البصرة للمدة ١٩٧١ - ٢٠٠٧ .
الجواب :

من خلال الرجوع الى جدول (٤٦) ، وتحديد النسبة بين مجموع التبخر/النتح الممكن في شهور الصيف الثلاثة (حزيران ، تموز ، آب) والمعدل السنوي للتبخر/النتح الممكن في محطة البصرة ظهر أنها تساوي ٣٥,٤ % ، وبذلك فإنها تقع ضمن النسبة التي هي أقل من ٤٨ % وفقاً لتصنيف ثورنثويت ، وبذلك يكون نوع المناخ السائد فيها هو المناخ الحار ورمزه a.

خلاصة ذلك أن رموز محطة البصرة وفقاً لتصنيف ثورنثويت تكون Ed B4a .

تقييم تصنيف ثورنثويت :

لقي تصنيف ثورنثويت اهتماماً كبيراً من قبل الجغرافيين ، لاسيما انه يتمتع بكثير من المزايا التي لم يتصف بها تصنيف كوبن . فهو قائم على أسس مناخية بحتة ، وليس على وضع حدود تجريبية تتفق مع التوزيع الجغرافي للنبات الطبيعي ، كما أنه يعطي قيمة متصلة وليس حدوداً ثابتة للأقاليم المناخية . فضلاً عن ذلك ان تصنيف ثورنثويت يعتمد على الموازنة المائية والتبخر/النتح الممكن والتي تقوم عليها تطبيقات كثيرة في المجالات الزراعية والبيئية وغيرها ، كما ان التصنيف يتمتع ببعض المزايا التي يتمتع بها تصنيف كوبن كالدقة والموضوعية والكمية وغيرها من المزايا ، الا ان تصنيف ثورنثويت أكثر تعقيداً من تصنيف كوبن . اما ما يؤخذ على تصنيف ثورنثويت فان اهم جزء في التصنيف هي قرينة الرطوبة التي تمثل الرمز الأول في التصنيف ، اما بقية الأجزاء فأهميتها العملية قليلة ، لاسيما فصلية

الرطوبة ، والتركز الصيفي للفاعلية الحرارية ، وهما يجعلان عدد الأقاليم المناخية في أية منطقة كبيراً جداً . فقد قدر شانج chang ان استعمال الرموز الأربعة في تصنيف ثورنثويت يجعل عدد الأقاليم في الصين يزيد على مائة إقليم مناخي^(١) .

التصانيف الأصولية : Genetic classification

لم تلق التصانيف الأصولية القائمة على أساس العوامل التي تؤثر على المناخ ، الدرجة نفسها من الشهرة وسعة الانتشار كالتي لقيتها التصانيف التجريبية ، ذلك لأن معظم هذه التصانيف غير كمية ، كما أنها لا تعطي الا أقاليم عامة للمناخ ، فضلاً عن أن معلوماتنا عن كثير من الظواهر المناخية ليست كافية . وعموماً يمكن التمييز بين اتجاهين للتصانيف الأصولية هما :
التصانيف القائمة على نظريات المناخ الطبيعي physical climatology
كتصنيف بود يكو Budyko وتيرجنج Terjung ، والتصانيف القائمة على مبادئ المناخ الديناميكي Dynamic climatology ويمثل هذا الاتجاه تصنيف فلوين Flohen ، وجون اوليفر John oliver ، والسيوف^(٢) .
وستتم دراسة بعض هذه التصانيف على النحو الآتي :

أولاً : تصنيف بود يكو Budyko:

اعتمد بود يكو في تصنيفه على المعايير الآتية^(٣) :

١ : دراسة ظروف الرطوبة من خلال دليل الجفاف الإشعاعي، وفق المعادلة الآتية:

$$K = \frac{R}{Lr}$$

إذ ان :

K = دليل الجفاف الإشعاعي .

R = الموازنة الإشعاعية .

L = الحرارة الكامنة لبخار الماء .

r = التساقط الفعلي (سم) .

(١) نفس المصدر ، ص ١٦٩ .

(٢) نفس المصدر ، ص ١٧١ .

(٣) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٢٧ - ١٢٨ .

- وفقاً لنتائج المعادلة قسم بوديكو أقاليم العالم المناخية الى ما يأتي :-
- أ: المناخ الصحراوي ، إذا كانت قيمة الدليل أكثر من ٣ .
- ب: المناخ شبه الصحراوي ، إذا كانت قيمة الدليل بين ٣-٢ .
- ج: مناخ السهوب ، إذا كانت قيمة الدليل بين ٢-١ .
- د: مناخ الغابات ، إذا كانت قيمة الدليل بين ١-٠,٣٣ .
- هـ: مناخ التندرا ، إذا كانت قيمة الدليل أقل من ٠,٣٣ .

٢: دراسة ظروف الحرارة للفترة الدافئة من السنة ، باستخدام معادلة سيلينينوف الآتية :-

$$م = (ح - ص) ع .$$

إذ ان :

$$م = \text{الحرارة المتجمعة (} ^\circ\text{م)} .$$

$$ح = \text{معدل درجة الحرارة الشهري أو السنوي (} ^\circ\text{م)} .$$

$$ص = \text{العتبة الحرارية ولتكن (} ١٠^\circ\text{م)} .$$

$$ع = \text{عدد أيام الفصل الدافئ من السنة فوق } ١٠^\circ\text{م} .$$

وفقاً لنتائج المعادلة قسم بوديكو العالم إلى أربعة أقاليم مناخية :

أ: دافئ: تتفاوت حرارته المتجمعة بين ٣٥٠٠ – ٥٠٠٠°م ، ويشمل على الغابات ونباتات ألبيه.

ب: حار: تتفاوت حرارته المتجمعة بين ٥٠٠٠ – ٧٠٠٠°م ، ويشمل على خليط من الغابات وحشائش السهوب ونباتات شبه صحراوية .

ج: حار جداً: تتفاوت حرارته المتجمعة بين ٧٠٠٠ – ٨٠٠٠°م ، ويشمل على نباتات شبه صحراوية في الأقاليم شبه المدارية .

د: شديد الحرارة: تتفاوت حرارته المتجمعة بين ٨٠٠٠ – ٩٠٠٠°م ، ويشمل نباتات صحراوية.

٣: دراسة ظروف الحرارة ومعدل ارتفاع الغطاء الثلجي للفترة الباردة من السنة، وقسم بوديكو العالم الى ثلاثة أقاليم مناخية وهي:

أ: مناخ قارص البرد ، اذ تنخفض درجة حرارة كانون الثاني أقل من ١٠°م مع وجود غطاء ثلجي سميك يزيد ارتفاعه على ٥٠سم .

ب: مناخ معتدل القساوة : تتفاوت درجة حرارة كانون الثاني بين ٥-٧°م ، ويخلو هذا الإقليم من الثلج .

ج: مناخ معتدل منعش: درجة حرارة كانون الثاني تزيد على ٧°م، ويخلو من الثلج.

ثانياً : تصنيف اليسوف :

هو من التصنيف التي اعتمدت على الكتل الهوائية في تصنيف العالم الى أقاليم مناخية ، الا أن هذه التصنيف واجهت بعض العقبات منها ان الكتل الهوائية من طبيعتها التغير في خصائصها ، وان الخصائص الأساسية لأي كتلة هوائية تبلغ أقصاها في الوسط ، وتتناقص تدريجياً نحو الأطراف ، فضلاً عن تغير خصائص الكتلة نفسها بين الصيف والشتاء ، وعموماً فان اليسوف قسم العالم الى الأقاليم المناخية الآتية^(١) :

١ : الأقاليم الرئيسية :

أ: المنطقة الاستوائية .

ب: منطقتان من المناخ المداري في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي .

ج: منطقتان من المناخ المعتدل في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي .

د: منطقتان من المناخ القطبي في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي .

٢ : الأقاليم الانتقالية :

أ: منطقتان للمناخ شبه الاستوائي ، في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي ، ويغلب عليها هبوب الكتل الاستوائية صيفاً والكتل المدارية شتاءً .

ب: منطقتان للمناخ شبه المداري ، في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي ، ويغلب عليها هبوب الكتل المدارية صيفاً ، والكتل المعتدلة شتاءً .

ج: منطقتان للمناخ شبه القطبي في نصفي الأرض الشمالي والجنوبي ، وتسود في كلٍ منهما الكتل المعتدلة صيفاً ، والكتل القطبية شتاءً .

٣ : الأقاليم الفرعية داخل كل إقليم رئيسي او انتقالي ، وهي :-

أ: المناخ القاري .

ب: المناخ البحري .

ج: مناخ سواحل القارات الغربية .

د: مناخ سواحل القارات الشرقية .

ثالثاً : تصنيف فلوين Flohen :

يعد فلوين عام ١٩٥٠ من أبرز مصنفي المناخ على أساس أصولي ، وينطلق في تصنيفه من العوامل المؤثرة في العناصر المناخية ، وركز على

(١) نفس المصدر ، ص ١٢٨ - ١٣٠ .

أهم العوامل المسيطرة والمحركة لمظاهر الجو كله ، إلا وهو الضغط الجوي الذي يعد أهم شيء من وجهة نظره ، أما الرياح فهي مظهر من مظاهر الضغط الجوي وشدته ، ونتج عن ذلك تباينات كثيرة في المطر والحرارة في مناطق العالم المختلفة . وقسم فلوين العالم الى سبعة نطاقات مناخية رئيسة استناداً الى أحزمة الضغط الجوي والرياح وعلى النحو الآتي^(١) :-

١ : النطاق المداري الداخلي (الاستوائي) : ويسود فيه الضغط المنخفض الاستوائي لفترة تزيد على ثمانية شهور ، والرياح السائدة فيه رياح غربية خفيفة يعقبها هدوء استوائي ، والأمطار تتساقط طول العالم وبكميات سنوبه كبيرة .

٢ : النطاق المداري الخارجي (الأطراف المدارية) : ويقع تحت تأثير الضغط المنخفض الاستوائي ، والضغط المرتفع شبه المداري ، لذا فان الرياح تكون غربية استوائية صيفاً وتجارية شتاء مع أمطار صيفية .

٣ : النطاق شبه المداري الجاف : يسود عليه الضغط المرتفع شبه المداري ، والرياح تجارية صيفاً وشتاءً ، والجفاف صفة كل فصول السنة .

٤ : النطاق شبه المداري ذو الأمطار الشتوية : ويسود عليه صيفاً الضغط المرتفع شبه المداري وفي الشتاء تسيطر ضغوط منخفضة تسبب هطول الأمطار . كما تسود عليه الرياح تجارية صيفاً وغربية شتاءً .

٥ : النطاق المعتدل الرطب : وتسود عليه الرياح الغربية ، وتتساقط الأمطار في فصول السنة كافةً .

٦ : النطاق شبه القطبي : ويسود عليه الضغط المرتفع القطبي شتاءً ، لذا ان الرياح السائدة فيه هي الرياح الشرقية القطبية ، فيكون التساقط على شكل ثلوج ، لاسيما بالاقتراب من النطاق القطبي ، أما في فصل الصيف فيسود الضغط المنخفض شبه القطبي ، لذا ان الرياح السائدة فيه هي الرياح الغربية ، فيكون التساقط على شكل أمطار .

٧ : النطاق القطبي : يسود فيه الضغط المرتفع القطبي ، ورياحه شرقية قطبيه صيفاً وشتاءً ، وأمطاره نادره لأن التساقط يكون على شكل ثلوج ، لذا ان هذا النطاق يعد صحراء جليدية.

(١) ياسر احمد السيد ، مصدر سابق ، ص ٣٣٨ - ٣٤١ .

رابعاً : تصنيف أوليفر John oliver :

أن أوليفر تغلب على مشكلة التغير في خصائص الكتلة الهوائية نحو الأطراف ، وذلك بتمثيل تلك الكتل على شكل دوائر ورسم دوائر نسبته تمثل كل منها نسبة محدودة من الخصائص الأساسية للكتلة الهوائية بحيث تكون تلك النسبة في المركز ١٠٠ % ، ثم تتناقص نحو الأطراف بمعدلات ثابتة . واعتمد في تصنيفه التقسيم التقليدي للكتل الهوائية الرئيسية وهي : الكتل المدارية القارية (CT) ، والكتل المدارية البحرية (mT) ، والقطبية القارية (CP) ، والقطبية البحرية (mP) . واعتبر الكتل المتجمدة (A) من الكتل القطبية ، والكتل الاستوائية (E) من الكتل المدارية . وطور أوليفر لوحات خاصة لتمييز الكتل الهوائية من البيانات المناخية السطحية التي يتم جمعها في المحطات المناخية مثل درجة الحرارة ، والرطوبة النوعية ، واتجاه الرياح ، وغيرها . واستخدم أوليفر المجموعات الرياضية لتمثيل الأقاليم المناخية ، معتبراً أنها تنتج من اتحاد مجموعات مختلفة أو تقاطعها . واستخدم أشكال فين لتوضيح أسلوبه . وأطلق على الأقاليم المناخية التي يسود فيها طوال العام نوع واحد من الكتل الهوائية اسم أقاليم السيادة Dominant Regimes ، ورمز لها بالحرف (D) . اما عندما تتقاطع مجموعتان تمثل كل منها نمطاً معيناً من أنماط السيادة فتتكون مجموعة الأنماط المناخية الأخرى كأقاليم شبه السيادة Sub dominant Regimes وهي تتكون على أطراف أقاليم السيادة وتمثل أنماط مناخية تقع تحت تأثير نوع معين من الكتل الهوائية كما تتأثر أحياناً بكتل أخرى . لذا يعتبر أوليفر هذه الأقاليم بأنها تمثل مجموعات فرعية . وهناك الأقاليم الفصلية Seasonal Regimes وهي تمثل أنماط مناخية تقع في مناطق تقاطع المجموعات المناخية الرئيسية وتسود فيها كتلة هوائية معينة في النصف الشتوي من السنة ، وكتلة أخرى في النصف الآخر . أما إذا تقاطعت ثلاث مجموعات مناخية فإنه يتكون نمط آخر من الأنماط المناخية يسميه أوليفر بأنماط المناخ المركب Compound Regimes وبهذا الأسلوب يكون أوليفر مصفوفة Matrix من الأقاليم المناخية المختلفة الناتجة من اتحاد أو تقاطع المجموعات السابقة ، يلاحظ جدول (٥٢) .

جدول (٥٢) أقاليم العالم المناخية وفقاً لتصنيف اوليفر.

المناخ	الكتلة الهوائية	المناخ	الكتلة الهوائية	المناخ	الكتلة الهوائية
أقاليم السيادة (نوع واحد من الكتل الهوائية طوال العام)					
استوائي	mE	صحراء مدارية	cT	مناخ قطبي بحري	MP
		صحراء ساحلية رطبة	mT	قطبي قاري	CP
أقاليم السيادة (نوع واحد من الكتل الهوائية معظم السنة)					
مداري رطب	mE	استبس البحر المتوسط	CT	العروض الوسطى	MP
		(ساحلي) البحر المتوسط	mT	قاري بارد	CP
أقاليم الفصلية (تعاقب في الكتل الهوائية بين الصيف والشتاء)					
قاري رطب	CP-mT	شرق استراليا	mP-mT	قاري بارد	CP-mP
مداري رطب وجاف	CT-mT/mE	صحراء قاريه	CP-CT	(ساحلي) البحر المتوسط	mP-mT
الأقاليم المركبة (تعاقب انواع مختلفة من الكتل الهوائية) ويحد تبعاً لأنماط المناخ التي يتكون منها من بين الانماط السابقة					

المصدر : نعمان شحاده ، المناخ العملي ، عمان ، الأردن ، ١٩٨٣ ، ص ١٨٠.

التصانيف البشرية : Human Classification

تتبع أهمية هذه التصانيف من كون ان الإنسان هو محورها ، اذ أن هذه التصانيف تقوم على أساس تحليل العلاقة بين عناصر المناخ وشعور الإنسان بالراحة او الضيق ، ورغم أن هذه التصانيف اكتسبت أهمية كبيرة في الدراسات الجغرافية الا أنها تتصف بقلتها وعدم شيوعها في الأبحاث الجغرافية ، لأسباب عدة منها : كثرة المتغيرات المتداخلة في هذا الموضوع ، وصعوبة قياس بعض تلك المتغيرات ، او التعبير عنها ببيانات كمية ، وتأثير العوامل الفسيولوجية والسيكولوجية ، وأهمية بعض الاستجابات الثانوية وتعددتها ، فضلاً عن وجود بعض العوامل الداخلية والخارجية التي تؤثر على شعور الإنسان بالراحة ، كما أن الظروف المناخية التي تبدو مريحة لبعض الناس قد لا تبدو مريحة للبعض الآخر وفقاً لاختلاف الجنس والعمر والحالة الصحية والبيئة المحلية والحضارة التي ينتمي إليها ذلك الشخص ، كما أنها

تتأثر بطبيعة الملابس ونوعها وسمكها والمواد الغذائية ومدى تأقلم الإنسان للخصائص المناخية للمنطقة التي يعيش فيها^(١) .

نتيجة لاختلاف العوامل فان أحساس الإنسان بالراحة والضيق سيختلف وبالتالي فان الوسيلة التي يمكن استخدامها لقياس شعور الإنسان بالراحة مختلفة أيضاً فالمفروض ان يشعر الإنسان بالراحة في ظل ظروف جوية معينة إذا كانت تلك الظروف تتناسب مع درجة حرارة جسمه وهي ٣٧°م ، الا ان الإنسان يعيش في وسط يتبادل معه الطاقة بمختلف الوسائل ، والجسم يحاول دائما ان يولد طاقة داخلية عن طريق تحويل الغذاء والحركة ، اما إذا فاقت التقلبات المناخية قدرة الجسم على التعادل معها فان الإنسان يبدأ بالشعور بالضيق والانزعاج . وإذا زاد الأمر كثيرا فقد يصاب بضربة شمس إذا كان الجو حاراً ، او يتجمد إذ انخفضت درجة الحرارة الى ما دون ان يتحملها الإنسان ، لذا اقترح استعمال درجة حرارة الجسم كمقياس لمدى شعور الانسان بالراحة او الضيق ، الا ان ما يؤخذ على هذا المقياس ان جسم الانسان يعمل دائماً في المحافظة على درجة حرارته ويعمل بسرعة على القضاء على أي تغيير يطرأ عليها ، الا إذا كان ذلك التغيير كبيراً يعجز الجسم عن مجاراته . وهناك مقياس ثاني بالإمكان استخدامه في التصنيف البشرية الا وهو درجة الجلد ، الا ان هذا المقياس تعترضه مشاكل عديدة أهمها اختلاف درجة حرارة الجلد من منطقة الى اخرى ومن جنس بشري الى آخر . اما المقياس الثالث وهو معدل إفراز الجسم من العرق فإنه يؤخذ عليه بان معدل إفراز الجسم للعرق لا يتناسب مع التأثير الحراري للجهد البيئي بقدر ما يتناسب مع طبيعة الجهد البيئي . وبما ان المسألة كلها تتعلق بتحليل أحاسيس الناس وشعورهم بالظروف المناخية ، ظهر مقياس رابع وهو ان تؤخذ استجابات الناس لمدى ملائمة ظروف مناخية معينة لهم ومدى الضيق الذي يشعرون به عند تغييرها . وإذا اختيرت عينات ممثلة تمثيلاً صادقاً للمجتمع ووضع الناس في ظروف جوية متباينة ، فان تحليل استجاباتهم تشكل مقياساً جيداً للعلاقة بين المناخ وراحة الإنسان . وهذا ما حدث فعلاً وأدى الى تطوير بعض الأساليب المفيدة في تحديد العلاقة بين الإنسان والمناخ ومن أبرز هذه الأساليب هي الحرارة الفعالة Effective temperature ، والمحصلة الحرارية Resulent temperature

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٣٠ .

، والحرارة القياسية standard operative temperature ومعامل التقبل الحراري Thermal acceptance ratio وغيرها^(١).

تعد الحرارة الفعالة من أكثر هذه الوسائل شهرة وهي الوحيدة التي استخدمت في تصنيف الأقاليم المناخية، فقد استخدمها جفني Gaffney سنة ١٩٧٣ في تصنيف الأقاليم المناخية في استراليا ووضع ستة أنماط واضعاً حدوداً من الحرارة الفعالة بين كل إقليم وآخر^(*).

في العقد السادس من القرن العشرين ظهر تصنيفان مهمان من التصنيفات المناخية البشرية وهما تصنيف موندري في نيوزيلندا ، وتصنيف تيرجنج في الولايات المتحدة الأمريكية ، وتأتي أهمية هذين التصنيفين من كونهما اعتمدا على عدد كبير من عناصر المناخ ، أكثر من أي تصنيف آخر ، لذا سيتم توضيحهما على النحو الآتي :

أولاً : تصنيف موندري Maunder:

وضع موندري (Maunder , W.J) عام ١٩٦٢ تصنيفاً مناخياً حيوياً هاماً وشاملاً ، معتمداً على ثلاثة عشر متغيراً مناخياً ، لها تأثيرها على أحاسيس الناس ومدى شعورهم بالراحة ، فوضع تلك المتغيرات في علاقة تجريبية تمثل قرينة لراحة الإنسان المناخية ، وكما يأتي^(٢) :-

$$HC = (3P_1 + 3P_2 + 2P_3) + (4S_1 + 3S_2) + (2T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5) + (5h_1) + (2W_1 + 2W_2) .$$

اذ ان :

HC = قرينة راحة الإنسان .

P_1 = المعدل السنوي للأمطار (بوصة) .

P_2 = المعدل السنوي لطول مدة استمرار سقوط الأمطار (ساعة) .

P_3 = نسبة التساقط الليلي للأمطار (%) من الساعة (٩ مساءً - م صباحاً) .

S_1 = المعدل السنوي لعدد ساعات السطوع الفعلي للشمس .

S_2 = المعدل السنوي لعدد ساعات السطوع الفعلي للشمس في فصل الشتاء .

T_1 = المعدل السنوي لحرارة المجتمعة فوق درجة (٦٠ ف) .

T_2 = المعدل السنوي لعدد ليالي حدوث الصقيع عند مستوى كشك الرصد .

T_3 = المعدل اليومي لدرجة الحرارة العظمى في أبرد شهور السنة (ف) .

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ١٨١-١٨٢ .

(*) يراجع درجة الحرارة الفعالة والجدول المتعلق بها في الفصل الثاني .

(٢) علي موسى ، المناخ الحيوي ، ط ١ ، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع ، سوريا ، ٢٠٠٢ ، ص ٦٧-٦٨ .

T_4 = المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى (ف) .
 T_5 = المعدل السنوي لعدد الليالي التي يحدث فيها صقيع أرضي .
 h_1 = درجة الرطوبة ويعبر عنها بنقطة الندى (ف) .
 W_1 = المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الريحية التي تزيد سرعة الرياح فيها عن (٤٠ ميل ، ساعة) .
 W_2 = المعدل السنوي لعدد أيام العواصف الريحية التي تزيد فيها سرعة الرياح فيها عن (٦٠ ميل / ساعة) .
أعطى موندر حدوداً لكل واحد من المتغيرات المناخية التي استعملها في معادلته ، ورتب أنماط المناخ في رتب ذات أرقام متسلسلة من واحد الى خمسة ، تبين كل رتبة نوع المناخ ، بدأ من المريح وانتهاءً بشديد الإزعاج ، كما في جدول (٥٣) .

جدول (٥٣) حدود المتغيرات المناخية لموندر.

الرتبة عنصر المناخ	١ مريح	٢ مريح نسبياً	٣ متوسط الراحة	٤ مزعج نسبياً	٥ شديد الإزعاج
P_1	١٧,٧-١٠	٣١,٦-١٧,٩	٥٦,٢-٣١,٧	٩٩,٩-٥٦,٣	١٧٧٨-١٠٠
P_2	٤٤٧-٣٥٥	٥٦٣-٤٤٧	٧٠٨-٥٦٣	٨٩٢-٧٠٨	١١٢٢-٨٩٢
P_3	٥٣-٥٥	٥١-٥٣	٤٩-٥١	٤٧-٤٩	٤٥-٤٧
S_1	٢٤٠٠-٢٦٠٠	٢٢٠٠-٢٤٠٠	٢٠٠٠-٢٢٠٠	١٨٠٠-٢٠٠٠	١٦٠٠-١٨٠٠
S_2	٤٥٠-٥٠٠	٤٠٠-٤٥٠	٣٥٠-٤٠٠	٣٠٠-٣٥٠	٢٥٠-٣٠٠
T_1	١٣٥٠-١٠٠٠	١٩١٥-١٣٥٠	٢٦٣٠-١٩١٥	٣٦٣٠-٢٦٣٠	٥٠١١-٣٦٣٠
T_2	دون ٨	٢٤-٨	٤٨-٢٤	٨٠-٤٨	١٢٠-٨٠
T_3	٥٦-٦٠	٥٢-٥٦	٤٨-٥٢	٤٤-٤٨	٤٠-٤٤
T_4	٧٨-٧٤	٨٢-٧٨	٨٦-٨٢	٩٠-٨٦	٩٩-٩٠
T_5	دون ١٥	٤٥-١٥	٩٠-٤٥	١٥٠-٩٠	٢٢٥-١٥٠
h_1	٥٢-٥٠	٥٤-٥٢	٥٦-٥٤	٥٨-٥٦	٦٠-٥٨
W_1	دون ١٥	٤٥-١٥	٩٠-٤٥	١٥٠-٩٠	٢٢٥-١٥٠
W_2	دون ٢,٥	٥,٠-٢,٥	١٢,٥-٥,٠	٢٢,٥-١٢,٥	٣٥,٠-٢٢,٥

المصدر : علي حسن موسى، المناخ الحيوي، ط ، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع،
سوريا، ٢٠٠٢، ص ٦٨.

بتحديد رتبة كل عنصر من عناصر المناخ في أي محطة طبقاً لجدول (٥٢)، يتم التعويض عن تلك المتغيرات في المعادلة السابقة ، ثم تستخرج قرينة المناخ . فإذا كانت رتبة كل عنصر من عناصر المناخ هي الأولى ، فان قرينة المناخ تكون ٣٠ ، وهي تمثل أفضل أنواع المناخ . اما إذا كانت رتبة كل عنصر من العناصر هي الخامسة ، فان القرينة تصل الى ١٢٠ ، وهي تمثل أسوأ أنواع المناخ في العالم^(١) .

يعد تصنيف موندل من التصنيفات البشرية المهمة ، لاحتوائه على الكثير من المتغيرات ، التي تمثل أكبر قدر ممكن من عناصر المناخ . فضلاً عن ذلك انه يمكن من خلال هذا التصنيف معرفة أهمية كل متغير بالنسبة لباقي المتغيرات في التأثير على راحة الإنسان ، وبالتالي معرفة أهمية كل عنصر مناخي ، وفقاً للترتيب التي أعطاه موندل لكل متغير .

ثانياً : تصنيف تيرجنج : 1966 H. Terjung . w :

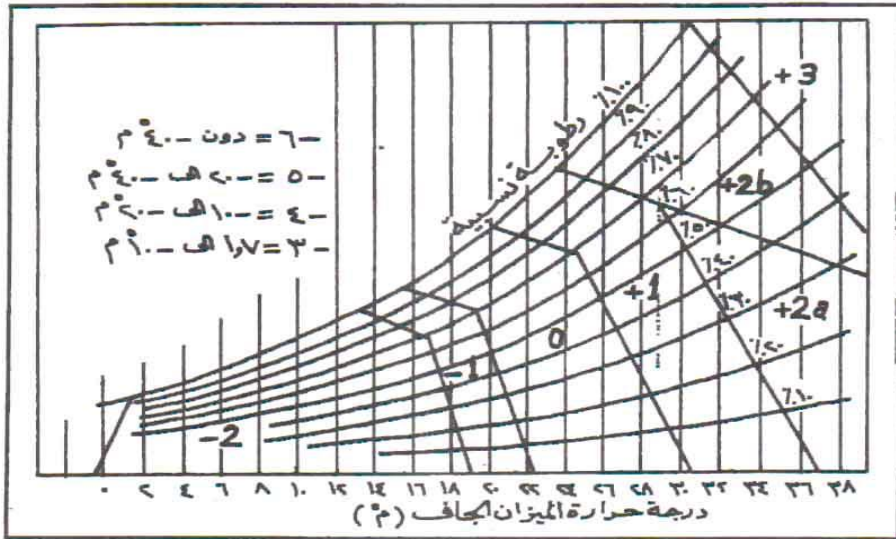
يعد تصنيف تيرجنج من اهم التصنيفات المناخية البشرية الفسيولوجية ، لتطبيقاته المتعددة في الجغرافية الصحية والسياحية ، واستخدم تيرجنج في تصنيفه عدة عناصر مناخية هي : المتوسط اليومي للحرارة الجافة والرطوبة العظمى والصغرى ، والرطوبة النسبية ، وسرعة الرياح ، وعدد ساعات سطوع الشمس الفعلية والنظرية . ومما يميز تصنيف تيرجنج فصل الليل عن النهار ، لاختلاف الظروف المناخية بينهما ، وبالتالي اختلاف تأثيرهما على راحة الإنسان . ومن خلال قرينة الراحة الليلية والنهارية يمكن إيجاد قرينة الراحة المركبة (اليومية) . ويمكن من تطبيق تصنيف تيرجنج الحصول على ثلاث جوانب^(٢):

الجانب الأول : تحديد درجة راحة الانسان على ضوء درجة الحرارة الفعالة ، دون الاعتماد على علاقة رياضية في ذلك . اذ أعدّ بدل ذلك لوحة راحة قياسية محدداً عليها أحد عشر منطقة مناخية فسيولوجية تبين درجة راحة الإنسان أو انزعاجه ، اعتماداً على درجة الحرارة الفعالة ، ودرجة الحرارة الرطبة والجافة ، والرطوبة النسبية ، والتي يلخصها شكل (٣٨) ، وجدول (٥٤) .

(١) نعمان شحاده ، المناخ العملي ، مصدر سابق ، ص ١٩٥ .

(٢) علي حسن موسى ، المناخ الحيوي ، مصدر سابق ، ص ٦٩-٧٥ .

شكل (٣٨) لوحة الراحة لتيرجنج



المصدر: علي حسن موسى، المناخ الحيوي، ط١، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢، ص ٧١.

جدول (٥٤) مناطق الراحة ودرجاتها وحدودها التي وضعها تيرجنج عام ١٩٦٦.

النوع المناخي	الحد الحراري العلوي للحرارة الفعالة (ET) (م)	المنطقة
Ultra Cold فائق البرودة	دون -٤٠ م	-٦
Extremely Cold بالغ البرودة	-٤٠ إلى -٢٠ م	-٥
Very Cold بارد جداً	-٢٠ إلى -١٠ م	-٤
Cold بارد	-١٠ إلى +١,٧ م	-٣
Keen واضح البرودة	١٥,٦-١,٧ م (١٣,٣ م حرارة رطبة عندما الرطوبة النسبية تزيد عن ٧٠%)	-٢
Cool معتدل البرودة	١٧,٨-١٥,٦ م (١٥,٦ م حرارة رطبة عندما تكون الرطوبة النسبية فوق ٧٠%)	-١
Comfortable مريح	٢٢,٢-١٧,٨ م (٢٠,٥ م عندما تكون الرطوبة النسبية فوق ٧٠%)	٠
Warm دافئ	٢٥,٦-٢٢,٢ م (٢٣,٣ م عندما تكون الرطوبة النسبية فوق ٧٠%)	١
Hot حار	٢٣,٣ م حرارة رطبة والرطوبة النسبية تبلغ ٧٠% فأكثر	2a
Oppressive مثبط	٢٥,٦-٣٠,٥ م (حرارة فعالة)	2b
Extremely Hot بالغ الحرارة	فوق ٣٠,٥ م (حرارة فعالة)	٣

المصدر: علي حسن موسى، المناخ الحيوي، ط١، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢، ص ٧٠.

لتحديد قرينة الراحة المناخية النهارية يستخدم المتوسط اليومي للحرارة العظمى ، والمتوسط اليومي للرطوبة النسبية الصغرى . اما لتحديد قرينة الراحة الليلية فيتم استخدام المتوسط اليومي للحرارة الصغرى ، والمتوسط اليومي للرطوبة النسبية العظمى ودمج قرينتي الراحة النهارية والليلية يتم الحصول على قرينة الراحة المركبة اليومية ، يلاحظ جدول (٥٥).

الجدول (٥٥) قرائن الراحة المركبة (اليومية) حسب قرينتي النهار والليل

لتيرجنج

القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل	القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل	القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل	القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل
S2	2b/2a	W2	0/1	K3	-2/-4	EC1	-5/-5
S3	2b/1	W3	1/-1	C1	-1/-1	EC2	-5/-6
S4	2b/0	W4	1/-2	C2	-1/-2	VC1	-4/-4
S5	2b/-1	H1	2a/2a	C3	-1/-3	VC2	-4/-5
EH1	3/2b	H2	2a/1	M1	0/0	CD1	-3/-3
EH2	3/2a	H3	2a/0	M2	0/-1	CD2	-3/-4
EH3	3/1	H4	2a/-1	M3	0/-2	CD3	-3/-5
EH4	3/0	H5	2a/-2	M4	0/-3	K1	-2/-2
EH5	3/-1	S1	2b/2b	W1	1/1	K2	-2/-3

المصدر : علي حسن موسى ، المناخ الحيوي ، ط١ ، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢ ، ص ٧١ .

تشير الرموز الواردة في جدول (٥٤) الى المعاني الآتية:

Extremely = E : بالغ الشدة ، متطرف ، EC = بالغ البرودة .

very = V : جداً ، VC بارد جداً .

moderately = D : باعتدال ، CD برودة معتدلة .

keen = K : برودة واضحة .

cold = C : بارد .

Mild = M : معتدل .

warm = W : دافئ .

Hot = H : حار .

sultry = S : مرهق (حار ورطب) .

Extremely Hot = EH : بالغ الحرارة .

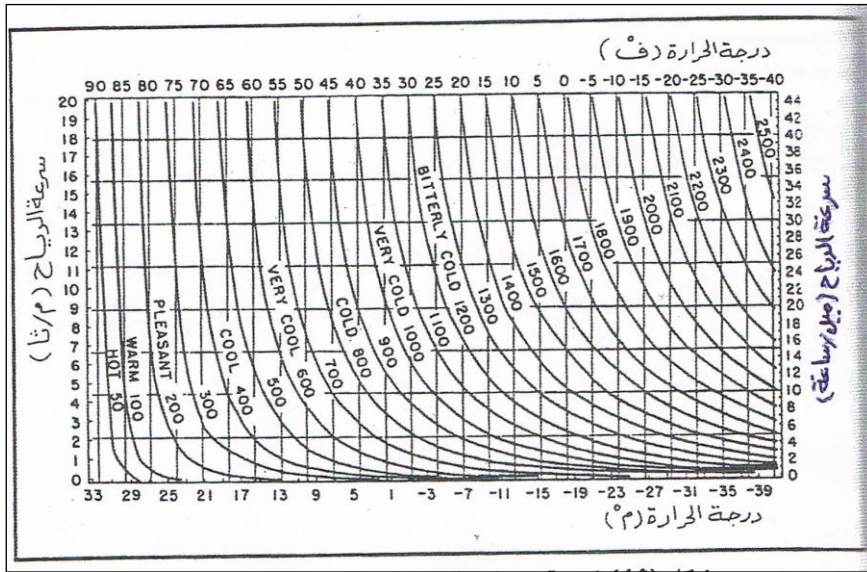
الجانب الثاني : حساب تأثير الرياح على خفض درجة حرارة الجسم باستخدام قرينة تبريد الرياح wind chill Index ، التي وضعها باسل وسبيل وهي :

$$K = (33 - T)(10\sqrt{7} + 10.45 - v)$$

نتيجة لتأثير الإشعاع الشمس نهاراً على تأثير الرياح التبريدي في التقليل منه ، فان قرينة التبريد الربحية ستختلف نهاراً عما هي عليه ليلاً وكما يأتي :

أولاً : أثناء النهار : يحسب تبريد الرياح باستخدام معادلة باسل وسبيل ، التي تتطلب المتوسط اليومي للحرارة العظمى ، والمعدل اليومي لسرعة الرياح ، او باستخدام شكل خاص ، يلاحظ شكل (٣٩) .

شكل (٣٩) لوحة حساب قرينة تبريد الرياح لتيرجنج



المصدر: علي حسن موسى ، المناخ الحيوي ، ط١ ، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع ، سوريا ، ٢٠٠٢ ، ص ٧٣ .

تعدل قيمة القرينة من خلال أخذ تأثير الإشعاع الشمسي بعين الاعتبار ، اذ يقدر تيرجنج قيمة وسطى لتأثير الإشعاع في تقليل تأثير الرياح مقدارها ٢٠٠ كيلو سعره / م^٢ / ساعة ، الا انه نتيجة لأن تأثير الإشعاع يختلف وفقاً لدوائر لعرض ، وعدد ساعات سطوع الشمس ، لذا ينبغي أتباع الخطوات الآتية :-

١: استخراج قيمة قرينة تبريد الرياح عن طريق معادلة باسل وسبيل .

٢: تضرب قيمة قرينة تبريد الرياح بعدد ساعات سطوع الشمس اليومية النظرية .

٣: احتساب عدد ساعات السطوع الفعلية وضربها في ٢٠٠ كيلو سعره / م^٢ / ساعة.

٤: طرح ناتج الضرب في النقطة الثالثة من قرينة تبريد الرياح في النقطة الثانية .

٥: قسمة الناتج في النقطة الرابعة على عدد ساعات السطوع النظرية ، والناتج يمثل معدل تأثير الرياح التبريدي في الساعة .

ثانياً : أثناء الليل : وتحسب من استعمال معادلة باسل وسبيل لتبريد الرياح ، باستخدام المتوسط اليومي للحرارة الصغرى ، والمعدل اليومي لسرعة الرياح ، او من شكل (٣٩) .

وضع تيرجنج قيمة من قيم قرينة تبريد الرياح النهارية والليلية رمزاً يشير الى طبيعة تأثيرها ، وشعور الناس بها ، كما في جدول (٥٦) .

جدول (٥٦) طبيعة تأثير الرياح والرموز الدالة على ذلك لتيرجنج

الرمز	قيمة قرينة تبريد الرياح (كيلو حرارة م ^٢ / ساعة)	طبيعة تأثير الرياح	الرمز	قيمة قرينة تبريد الرياح (كيلو حرارة م ^٢ / ساعة)	طبيعة تأثير الرياح
-h	اكبر من ١٤٠٠	تجمد اجزاء الجسم المعرضة للجو مباشرة	-b	٢٠٠ إلى ٢٠٠	رياح لطيفه
-g	١٤٠٠ إلى ١٢٠٠	رياح قارصة البرودة	-a	٢٠٠ إلى ٥٠	رياح ضعيفة التأثير
-f	١٢٠٠ إلى ١٠٠٠	رياح باردة جداً	n	٥٠ إلى ٨٠	رياح لا تأثير لها على حرارة الجسم
-e	١٠٠٠ إلى ٨٠٠	رياح باردة	a	٨٠- إلى ١٦٠	رياح دافئة ترفع حرارة الجسم (*)
-d	٨٠٠ إلى ٦٠٠	رياح معتدلة التبريد	b	٨٠- إلى ١٦٠	زيادة الإحساس بالحرارة والضيق (**)
-c	٦٠٠ إلى ٣٠٠	رياح خفيفة التبريد	c	أقل من ١٦٠	زيادة مفردة في الإحساس بالحرارة وشعور كبير بالضيق (***)

المصدر : علي حسن موسى، المناخ الحيوي، ط١، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢، ص ٧٤ .

بجمع قرينتي تبريد الرياح النهارية والليلية ، يمكن الحصول على قرينة تبريد الرياح المركبة اليومية ، والتي يشار الى تأثير شعور الناس بها برموز معينة ، يلاحظ جدول (٥٧) .

(*) يحدث ذلك عندما تتراوح درجة حرارة الهواء بين ٣٠-٣٣ م° .

(**) يحدث ذلك عندما تزيد درجة حرارة الهواء عن ٣٣ م° .

(***) يحدث ذلك عندما تزيد درجة حرارة الهواء عن ٣٥,٥ م° .

جدول (٥٧) رموز قرينة تأثير الرياح النهارية والليلية والمركبة لتبريد

القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل	القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل	القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل	القرينة المركبة	قرينتي النهار والليل
-d4	-d/-g	-b2	-b/-c	a4	a/-d	C4	c/-a
-e1	-e/-e	-b3	-b/-d	n1	n/-a	C4	c/-b
-e2	-e/-f	-b4	-b/-e	n2	n/-b	C3	c/-c
-e3	-e/-g	-c1	-c/-c	n3	n/-c	b1	b/-a
-e4	-e/-h	-c2	-c/-d	n4	n/-d	b2	b/-b
-f1	-f/-f	-c3	-c/-e	-a1	-a/-a	b3	b/-c
-f2	-f/-g	-c4	-c/-f	-a2	-a/-b	b4	b/-d
-f3	-f/-h	-d1	-d/-d	-a3	-a/-c	a1	a/-a
-g1	-g/-g	-d2	-a/-e	-a4	-a/-d	a2	a/-b
-h1	-h/-h	-d3	-d/-f	-b1	-b/-b	a3	a/-c

المصدر : علي حسن موسى ، المناخ الحيوي ، ط ١ ، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢ ، ص ٧٤ .

الجانب الثالث : تحديد النماذج المناخية الفسيولوجية الشهرية ، عن طريق الجمع بين قرينة الراحة المركبة اليومية من جدول (٥٥) ، وقرينة تبريد الرياح المركبة اليومية من جدول (٥٦). فإذا كانت قرينة الراحة المركبة في مكان ما خلال شهر من الشهور ممثلة بالرمز VC1 ، وقرينة تبريد الرياح المركبة ممثلة بالرمز -d ، فهذا يعني ان النموذج المناخي السائد في ذلك الشهر هو VC1-d ، أي مناخ بالغ البرودة ورياح معتدلة التبريد . ولتحديد الأقاليم المناخية الفسيولوجية الشهرية يجمع بين قرينتي الراحة النهارية في شهري تموز وكانون الثاني ، لأنهما يمثلان الشهران المتطرفان في السنة ، كما في جدول (٥٨) .

جدول (٥٨) رموز الأقاليم المناخية الفسيولوجية لشهري تموز وكانون الثاني لتيرجنج .

كانون ٢/تموز	كانون ٢/تموز	كانون ٢/تموز	كانون ٢/تموز	كانون ٢/تموز	كانون ٢/تموز
K/K	M/M	W/W	H/H	S/S	EH/EH
إلخ	M/C	W/M	H/W	S/H	EH/S
إلخ	M/K	W/C	H/M	S/W	EH/H
CD/CD	M/CD	W/K	H/C	S/M	EH/W
إلخ	إلخ	W/CD	H/K	S/C	EH/M
VC/VC	C/C . C/K	W/VC	H/CD	S/K	EH/C
إلخ	C/CD			S/CD	EH/K
إلخ	إلخ				

المصدر : علي حسن موسى ، المناخ الحيوي ، ط ١ ، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢ ، ص ٧٥ .

مثال تطبيقي لتصنيف تيرجنج :

طبق تصنيف تيرجنج على محطة بغداد ، اعتماداً على بيانات جدول (٥٩) .
جدول (٥٩) بيانات مناخية عن محطة بغداد لشهر كانون الثاني .

٣٣ ١٨	دائرة العرض
٣٤	الارتفاع عن سطح البحر (متر)
١٥,٥	المتوسط اليومي للحرارة العظمى (م)
٣,٩	المتوسط اليومي للحرارة الصغرى (م)
٩٧,١	المتوسط اليومي للرطوبة النسبية العظمى (%)
٢٢,٧	المتوسط اليومي للرطوبة النسبية الصغرى (%)
٢,٦	متوسط سرعة الرياح (م/ثا)
١٠,١٢	عدد ساعات سطوع الشمس النظرية
٦,٢	عدد ساعات سطوع الشمس الفعلية

المصدر : الهيئة العامة لأنواء الجوية ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

الجواب : يمكن تطبيق ذلك عن طريق :

١ : حساب قرينة الراحة :

أ: أثناء النهار : متوسط الحرارة العظمى $15,5^{\circ}\text{م}$ ، ومتوسط الرطوبة النسبية الصغرى $22,7\%$ ، لذا يكون النموذج المناخي هو 2- ، يلاحظ شكل (٣٨) ، ومن جدول (٥٤) يتبين ان نوع المناخ هو واضح البرودة keen .
ب: أثناء الليل : متوسط الحرارة الصغرى $3,9^{\circ}\text{م}$ ، ومتوسط الرطوبة النسبية العظمى $97,1\%$ ، لذا يكون النموذج المناخي هو 2- يلاحظ شكل (٣٨) ، ومن جدول (٥٤) يتبين ان نوع المناخ هو واضح البرودة keen .
ج: القرينة المركبة (اليومية) من جدول (٥٥) يظهر ان النموذج المناخي اليومي في محطة بغداد 2-/2- هو النموذج K1 ، أي واضح البرودة keen.

٢ : حساب قرينة تبريد الرياح :

أثناء النهار :

أ: تستخرج قرينة تبريد الرياح عن طريق معادلة باسل وسبيل او من الشكل (٣٩) ، علماً ان درجة الحرارة العظمى $15,5^{\circ}\text{م}$ ، ومتوسط سرعة الرياح $2,6\text{ م/ثا والناتج هو } 419,6\text{ كيلو سعره/م}^2\text{/ساعة}$.
ب: نضرب الناتج $419,6 \times 10,12$ عدد ساعات السطوع النظرية ، فينتج $4246,4$.
ج: ضرب عدد ساعات السطوع الفعلي في $200\text{ كيلو سعره/م}^2\text{/ساعة}$ ، فينتج $1240 = 200 \times 6,2$.
د: طرح ناتج الضرب في النقطة الثالثة من ناتج النقطة الثانية ، $4246,4 - 1240 = 3006,4$.
هـ: يقسم ناتج النقطة الرابعة على عدد ساعات السطوع النظرية ، $3006,4 \div 10,12 = 297,1\text{ كيلو سعره/م}^2\text{/ساعة}$. وهذا الرقم يمثل مقدار تأثير الرياح على خفض درجة الحرارة مع اخذ تأثير الإشعاع الشمسي بعين الاعتبار ، ويكون الرمز الموافق له هو b- الذي يعني تأثير لطيف للرياح ، يراجع جدول (٥٦) .

أثناء الليل :

باستخدام متوسط الحرارة الصغرى ٣,٩م ، ومتوسط سرعة الرياح ٢,٦ م/ثا ، وعن طريق تطبيق معادلة باسل وسبيل ، او من الشكل (٣٩) يكون الناتج هو ٦٩٧,٧ كيلو سعره /م^٢/ ساعة . اما الرمز الموافق لذلك فهو -d ، أي رياح معتدلة التبريد ، يراجع جدول (٥٦) .

القرينة المركبة (اليومية) :

ان رمز قرينة تبريد الرياح أثناء النهار -b ، وإثناء الليل -d (-b/-d) يوافقهما قرينة مركبة يومية ذات رمز -b3 ، يراجع جدول (٥٧).

٣: معرفة المناخ الفسيولوجي :

ان النموذج المناخي الفسيولوجي الذي يسود على مدينة بغداد خلال شهر كانون الثاني هو b36 k1- اعتماداً على القرينة المركبة اليومية من حساب قرينة الراحة k1 وحساب قرينة تبريد الرياح -b3 ، وهذا يعني ان مناخ مدينة بغداد في كانون الثاني واضح البرودة نهائياً ، ويكون تأثير الرياح لطيفاً ، اما في الليل فيكون تأثير الرياح معتدلة التبريد .

الفصل الرابع
المناخ والمحاصيل الزراعية
**climate and
Agricultural crops**

الفصل الرابع

المناخ والمحاصيل الزراعية climate and Agricultural crops

المناخ والمحاصيل الزراعية :

- شهد العالم الحالي تطور وتقدم كبير شمل مختلف الأنشطة البشرية ، منها في مجال زراعة وإنتاج المحاصيل وذلك عن طريق :-
- ١ : زراعة أصناف وسلالات جديدة ذات إنتاجية عالية .
 - ٢ : استعمال الأسمدة الكيماوية والعضوية .
 - ٣ : استخدام أسلوب مكافحة البيولوجية والكيماوية (المكافحة المتكاملة) .
 - ٤ : إنتاج البذور المحسنة .
 - ٥ : استخدام البيوت الزجاجية والبلاستيكية .
 - ٦ : التوسع الأفقي في زراعة أراضي لم تكن مزورعه سابقاً .
 - ٧ : تحسين صفات التربة الزراعية .
 - ٨ : استخدام وسائل لتبريد وتجفيف المنتجات الزراعية .

إن الزيادة في الإنتاج هي من متطلبات القرن الحالي ، وذلك للزيادة الهائلة للسكان التي بلغت سنة ٢٠١١ نحو سبعة مليارات نسمة . وهذه الزيادة السكانية تبرز أكثر وضوحاً في الدول النامية التي تشهد نمواً سكانياً متزايداً ، الأمر الذي جعل الحاجة ملحة لسد متطلبات السكان المتزايدة . إلا أن ما تعانيه كثير من الدول النامية هو أن زيادة السكان أكثر من زيادة المواد الغذائية من نباتات ومحاصيل زراعية . وهذا ما جعلها تعاني من مجاعات أدت إلى هلال الآلاف من سكانها كما في قارة أفريقيا .

رغم الزيادة في الإنتاج الزراعي من حيث الكمية والنوعية فإن عناصر المناخ تقف عامل أساسي في زيادة الإنتاج أحياناً ، أو تعمل على قلته أحياناً أخرى ، أو أتلافه نهائياً ، كما في الزراعة الديمية للقمع والشعير في شمال غرب العراق ، فإنه عند ملائمة عناصر المناخ وجود الإنتاج ، بينما عند ملائمة بعض عناصر المناخ كدرجات الحرارة ، وعدم ملائمة بعضها الآخر كقلة الأمطار الساقطة فإن ذلك يؤدي إلى قلة الإنتاج ، وفي حال انعدام سقوط الأمطار ، أو عدم كفايتها ، فأنها تؤدي إلى فشل المحصول الزراعي ، كما أن هناك تأثير لعناصر المناخ على الآفات التي تصيب النباتات والمحاصيل الزراعية ، فقد تكون عناصر المناخ ملائمة لانتشار هذه الآفات ، كما في انتشار عناكب الحمضيات والفاكهة بعد هبوب العواصف الترابية في المنطقة

الوسطى والجنوبية من العراق ، وانتشار افة الحشرة القشرية الصفراء التي تصيب ثمار النخيل والحمضيات في فصل نموها لملائمة عناصر المناخ لها . أن المناخ بعناصره يؤثر تأثيراً كبيراً على الإنتاج النباتي بدءاً من وضع البذرة في التربة إلى انبثاق النبتة منها ثم نموها وتفتح براعمها وأوراقها ثم أزهارها وتكون ثمارها ثم نضوجها كل ذلك يحدده المناخ ، الأمر الذي يقود إلى ما يسمى بالرصدات الفينولوجية phonological observation والتي يقصد بها دراسة تأثير عناصر المناخ على مختلف الأطوار او المراحل الحياتية للمحاصيل الزراعية بدءاً من بذر البذار في التربة إلى تكون البذور ثانية . وتختلف المحاصيل الزراعية في عدد أطوارها ، إلا أنها عموماً تشترك في الأدوار الرئيسية الآتية : (البذار sowing ، الانبثاق Emergence ، ظهور النبتة الصغيرة seeding ، ظهور الأوراق Foliation ، ظهور الأغصان Tillering ، التبرعم hooting ، ظهور السنابل Earing ، التزهير Flowering ، النضوج الحليبي Ripness Milky ، النضوج الشمعي wax Ripness ، النضوج الكامل complete Ripness^(١) .

يمكن أن يظهر تأثير المناخ على المحاصيل الزراعية عن طريق عناصره وكما يأتي:

أولاً : ضوء الشمس : sun light :

ضوء الشمس هو موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic radiation مرئية تشكل نحو ٤١% من جملة الإشعاع الشمسي^(٢) . وبدون ضوء الشمس لا يمكن للنبات أن ينمو ، لانه لا يتمكن من صنع الغذاء لنفسه . وان النبات الذي يحصل على مقدار مناسب من ضوء الشمس ينمو أسرع ويكون ذو أوراق وأزهار وثمار أكثر ، ويكون ذو صحة جيدة يقاوم الإصابة بالآفات الزراعية . في حين أن النبات الذي لا يحصل على متطلباته الضوئية يكون ذو نمو أبطيء وأوراق وأزهار وثمار أقل ، ويكون ذو صحة ضعيفة

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ١٥٢ .

(٢) Arthur N. stahler, Introduction to physical geography, third edition, John Wiley and sons, inc, USA, 1973, p. 55 .

غير مقاوم لهجوم الآفات عليه . لذا فإن النبات غير الحاصل على متطلباته الضوئية يغلب عليه الطول للوصول إلى ضوء الشمس المناسب له . يدخل الضوء كعامل ضروري في عملية التمثيل الضوئي التي بواسطتها يتمكن النبات من تحويل الأملاح والمواد الذائبة في التربة إلى عناصر غذائية تعمل على نموه . ويتضح هذا واضحاً أكثر في العروض العليا الباردة التي يطول بها النهار صيفاً فيزيد من سرعة نمو النبات ونضجه ، مما يعوض عن انخفاض درجة الحرارة كما هو الحال في السويد والنرويج حيث يمكن أتمام نضج القمح الربيعي في فصل الصيف الشمالي القصير^(١) .

أن ضوء الشمس يؤثر على المحاصيل الزراعية عن طريق شدته ، وطول فترة الإضاءة ، وطول الموجة ويمكن توضيح ذلك كما يلي :

١ : شدة الضوء : light Intensity

تتباين شدة الضوء ما بين الفصول ، فهي على أعظمها صيفاً وأدناها شتاءً ، كما أنها تتباين ما بين ساعات النهار ، إذ تكون أدناها عند الشروق والغروب ، وأعلىها وقت الظهيرة . ويعود ذلك لعوامل عديدة منها : زاوية سقوط الإشعاع الشمسي ، الارتفاع عن مستوى سطح البحر ، شفافية الغلاف الغازي ، ظهور البقع الشمسية ، دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس ، ومقدار المسافة بين الأرض والشمس .

فضلاً عن ذلك تتباين شدة الضوء من مكان لآخر ، وفقاً للموقع من دوائر العرض . كما تتباين الأوراق في مقدار شدة الضوء الواصلة إليها ، إذ أن الأوراق العليا تحصل على شدة للضوء أكثر بحكم تعرضها للإشعاع الشمسي المباشرة ، بينما الأوراق السفلى تحصل على شدة للضوء أقل لتعرضها أكثر للإشعاع المنتشر .

ثبت أن الشكل الأفضل لنمو النبات وتطوره الاعتيادي يتطلب إضاءة مقدارها ٢٠-٨٠ كيلو لوكس ، إذ تعطي هذه القيمة الضوئية الحد الأمثل للأزهار والاثمار ، مع تباين ذلك من نبات إلى آخر^(٢) .

(١) علي أحمد هارون ، جغرافية الزراعة ، ط٣ ، دار الفكر العربي ، القاهرة ، مصر ، ٢٠٠٨ ، ص ١٠٣ .

(٢) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٤٦ .

رغم أن كثير من النباتات يزداد نموها وأزهارها وثمارها مع ازدياد شدة ضوء الشمس، إلا أن للضوء الشديد الذي يتجاوز المتطلبات الضوئية لبعض النباتات دوراً في تلف المادة الخضراء (الكلوروفيل)، وبالتالي يؤثر على عملية التغذية سلبياً ويؤدي إلى حصول احتراق للأوراق والثمار، فيصاب النبات بمرض لفحة الشمس. كما أن بعض النباتات تكون حساسة لضوء الشمس فتزرع بعيدة عنه في الظل كنبات البن (القهوة).

٢: طول الفترة الضوئية Light Duration

يتباين تأثير طول الفترة الضوئية من محصول إلى آخر، فمحصول القطن يرتبط إنتاجه وجودته بعدد الساعات المشمسة في فصل النمو، فهو يحتاج في المتوسط ما بين ٢٤٠٠-٢٥٠٠ ساعة مشمسة، وهذا كان من أسباب رداءة محصول القطن في الهند، لأن الساعات المشمسة لا تتجاوز ١٥٠٠ ساعة، وذلك بسبب كثرة السحب المرتبطة بسقوط الأمطار الموسمية خلال فصل نمو القطن، وهذا عكس محصول القطن في مصر الذي يتميز مناخها بارتفاع عدد الساعات المشمسة لجفافه، واعتماد زراعة القطن على الري^(١).

يمكن تصنيف المحاصيل الزراعية على أساس حاجتها من طول النهار إلى ثلاثة مجاميع هي^(٢):

أ : محاصيل النهار القصير Short Day Crops :

تحتاج نباتات هذه المحاصيل إلى نهار قصير نسبياً أقل من ١٢ ساعة ضوئية خلال اليوم، ولا تزهر نباتات هذه المجموعة إلا إذا كانت الفترة الضوئية قصيرة بالنسبة إلى فترة الظلام ومنها محاصيل الذرة الصفراء، والذرة البيضاء، والرز، والفول السوداني، وقصب السكر.

ب : محاصيل النهار الطويل Long Day Crops :

تشمل هذه المجموعة معظم محاصيل المنطقة المعتدلة إلى الشمال من دائرة عرض ٤٠°، ولا تزهر محاصيل هذه المجموعة إلا إذا زاد طول النهار عن ١٢ ساعة، وإذا قلت المدة الضوئية عن ذلك استطالت النباتات،

(١) علي أحمد هارون، مصدر سابق، ص ١٠٣.

(٢) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، جامعة الموصل، ١٩٩٦، ص ٣٧.

وازداد حجمها دون أن تزهر أو تثمر ، ومنها القمح والشعير والشوفان والشيلم والعدس والبنجر .

ج: المحاصيل المحايدة Neutral Day Crops :

هي المحاصيل غير الحساسة بطول المدة الضوئية ، إذ تتراوح فترة الضوء أو الظلام بين ١٠-١٤ ساعة ، ومن محاصيل هذه المجموعة القطن وعباد الشمس والبقلاء وبعض اصناف التبغ .

أن أطول نهار يتباين وفقاً لدوائر العرض ، فهو يصل نحو ١٢ ساعة عند الدائرة الاستوائية ، ويزداد طولاً ليصل ٢٤ ساعة عند دائرة ٦٦,٥° ، ويستمر في الزيادة ليصل نحو ٦ شهور عند القطبين ، يلاحظ جدول (٦٠) .

جدول (٦٠) أطول نهار وفقاً لدوائر العرض

دائرة عرض (°)	٠	١٧	٤١	٤٩	٦٣	٦٦,٥	٦٧,٢١	٦٩,٥١	٧٨,٥١	٩٠
طول النهار	١٢ ساعة	١٣ ساعة	١٥ ساعة	١٦ ساعة	٢٠ ساعة	٢٤ ساعة	١ شهر	٢ شهر	٤ شهر	٦ شهر

المصدر: Glenn T. Trewartha , Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond , Elements of Geography , 5th edition , Mc graw hill , inc , USA , 1967 , P.49 .

إن طول المدة الضوئية مع التقدم من الدائرة الاستوائية باتجاه القطبين ساعد على التوسع الافقي في زراعة الاراضي ضمن العروض العليا الباردة كالمحاصيل الجذرية ومحصول البطاطا ، ومحاصيل القمح والشعير ، وذلك لان الزيادة في عدد الساعات المشمسة عوضت عن الانخفاض في درجات الحرارة في تلك العروض ووفرت لهذه المحاصيل وقتاً مشمساً كافياً لعملية صنع الغذاء والنضج بفترة قصيرة مستغلة طول الفترة الضوئية (طول النهار).

٣: طول الموجة Wave Length :

يتراوح الطول الموجي للأشعة الضوئية بين ٠,٤٠-٠,٧٤ ميكرون وتتكون من الالوان التالية بدأ من اللون الاقصر موجة (البنفسجي ، النيلي ، الازرق ، الاخضر ، الاصفر ، البرتقالي ، والاحمر)^(١). أن عملية التمثيل

(^١) Herbert Riehl , Introduction to the atmospher , McGraw Hill , inc , USA , 1965 , P.34 .

الضوئي الضرورية للنبات لا تستخدم كافة الامواج الخاصة بالاشعة الضوئية بقدر واحد من الحاجة ، إذ انها تنشط مع الاشعة الحمراء ذات الحزم ٠,٦-٠,٧ ميكرون ، والزرقاء ذات الحزم الموجية ٠,٤-٠,٥ ميكرون ، أما الحزم الموجية الخضراء فلا تستخدم كثيراً ، إذ ان معظمها ينعكس معطياً اللون الاخضر لنسيج النبات^(١).

ثانياً : درجات الحرارة : Temperatures

ان لكل نبات درجات حرارة ملائمة يمارس فيها النبات اوج نشاطه ، كما ان له درجات حرارة تؤدي الى تراجع نشاطه وانخفاضه ، حتى إذا ما تجاوزت درجات الحرارة حدوداً معينة فانها تكون ضارة بالنبات ، وذلك لان لدرجات الحرارة تأثير مهم على جمع الفعاليات الحيوية النباتية بدءاً من عملية البذار الى النضج ، لاسيما عمليات التنفس ، والنتح ، والنمو ، والامتصاص ، والتركيب الضوئي . وفقاً لذلك تنوعت درجات الحرارة المؤثرة على حياة النبات وممارسته لمختلف فعالياته ويمكن توضيحها كما يأتي:

١ : درجات الحرارة الدنيا : Minimum Temperature

تختلف النباتات فيما بينها من حيث درجة الحرارة الدنيا التي تستطيع تحملها فالمحاصيل الشتوية تتحمل درجة حرارة دنيا أكثر انخفاضاً من تحمل المحاصيل الصيفية ، فالخس والبصل يمكن ان يتحملا درجة حرارة مقدارها ١,٦°م ، في حين ان البطيخ والخيار لا تتحمل أقل من ١٥,٥°م ، يلاحظ جدول (٦١) .

(١) مارتن كلمان ، جغرافية النبات ، ترجمة: احمد عبد الله احمد بابكر ، الدوحة ، ١٩٨٩ ، ص ١٠٠ .

جدول (٦١) درجة الحرارة (م) الصغرى والعظمى والمثلث لبعض
الخضروات

المحصول	درجة الحرارة الدنيا	درجة الحرارة المثلث	درجة الحرارة العظمى
الفاصوليا	١٥,٥	٢٩,٤	٣٩
الشمندر	٤,٤	٢٩,٤	٣٥
القرنبيط	٤,٤	٢٦,٦	٣٧,٧
الخيار	١٥,٥	٣٥	٤٠,٦
الخس	١,٦	٢٣,٩	٢٩,٤
البصل	١,٦	٢٣,٩	٣٥
البازيلاء	٤,٤	٢٣,٩	٢٩,٤
الفجل	٤,٤	٢٩,٤	٣٥
البندورة	١٠	٢٩,٤	٣٥
البطيخ	١٥,٥	٣٥	٤٠,٦

المصدر: علي أحمد غانم، المناخ التطبيقي، ط١، دار المسيرة، عمان، الاردن، ٢٠١٠، ص١٥٧.

أن مدى تحمل النبات لدرجات الحرارة المنخفضة يختلف وفقاً لأطواره التي يمر بها فالقمح يتحمل خلال فترة الانبات درجات حرارة منخفضة تصل -٩م إلى -١٠م ، أما خلال فترة الازهار فيتحمل الى ما بين -١م إلى -٢م ، وفي مرحلة الاثمار تبلغ ما بين -٢م ، -٤م ، بينما الشعير تبلغ درجة حرارة الانبات الدنيا له نحو -٧م ، -٨م ، أما خلال الازهار فتبلغ -١م ، -٢م ، وفي مرحلة الاثمار تبلغ نحو -٢م ، -٤م ، وتختلف في بقية المحاصيل كما في جدول (٦٢).

جدول (٦٢) درجات الحرارة الدنيا خلال مراحل النمو المختلفة.

نوع النبات / مرحلة النمو	الانبات	الازهار	الاثمار
قمح	١٠- ، ٩-	٢- ، ١-	٤- ، ٢-
الشعر	٨- ، ٧-	٢- ، ١-	٤- ، ٢-
شوندر سكري	٧- ، ٦-	٣- ، ٢-	-
فول الصويا	٤- ، ٣-	٣- ، ٢-	٣- ، ٢-
ذرة	٣- ، ٢-	٢- ، ١-	٣- ، ٢-
بطاطا	٣- ، ٢-	٢- ، ١-	٢- ، ١-
قطن	٢- ، ١-	٢- ، ١-	٣- ، ٢-
طماطة	١- ، ٠,٥-	-	-
رز	١- ، ٠,٥ -	١- ، ٠,٥ -	١- ، ٠,٥ -
تبغ	صفر ، ١-	صفر ، ١-	صفر ، ١-

المصدر : علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، ط١ ، دار الفكر ، سوريا ، ١٩٨٢ ، ص ١٣٩ .

تختلف النباتات والمحاصيل الزراعية فيما بينها في تحمل درجات الحرارة الدنيا خلال الليل ، إذ أن البطاطا والشوندر السكري يقومان بتخزين معظم المواد الكربوهيدراتية خلال فترة الليل البارد ، في حين يتطلب كل من القطن والتبغ والذرة وجود ليالٍ دافئة ليتم النمو بشكل جيد . وإذا كانت بعض أشجار الفاكهة كالتفاح يستطيع تحمل درجات الحرارة المنخفضة جداً في الشتاء ، فإن أشجار التين يقتلها الانخفاض الحراري الشديد^(١) .

أن درجات الحرارة الدنيا أثارٌ عديدة على النباتات منها :

- ١: تعمل على قتل العديد من الآفات الزراعية التي تصيب النباتات .
- ٢: بعض النباتات كأشجار الفاكهة النفضية تعطي إنتاجاً أفضل في فصل نموها مع انخفاض درجات الحرارة شتاءً .
- ٣: تؤدي إلى دخول النبات طور السكون حال عدم ملائمة انخفاض درجات الحرارة له .
- ٤: تؤدي إلى بطئ عمل الفعاليات الحيوية للنبات .

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، ط١ ، دار الفكر ، سوريا ، ١٩٨٢ ، ص ١٣٩-١٤٠ .

- ٥: تعمل على انجماد عصارة بعض الثمار كالحمضيات حال انخفاض درجات الحرارة إلى ما دون الصفر المئوي فتسبب رداءة الانتاج .
- ٦: تؤدي إلى موت النبات حال انخفاضها الى ما دون درجة تحمله .

٢: درجات الحرارة المثلى : optimum Temperature

هي تلك الدرجات الحرارية التي تناسب نشاط مختلف الفعاليات الحيوية للنبات لاسيما النمو . وتختلف الدرجات المثلى من نباتٍ إلى آخر ، وهي في المحاصيل الصيفية أعلى منها في المحاصيل الشتوية إذ تصل إلى نحو ٣٠م لكلٍ من الخيار والبطيخ ، وتنخفض إلى نحو ٢٣,٩م لكلٍ من الخس والبصل والبازيلاء . يراجع جدول (٦٠) .

عادة لا تتفق العمليات الفيزيولوجية المختلفة للنبات في درجات حرارتها المثلى ، فدرجة الحرارة المثلى للتمثيل الضوئي لكثير من النباتات هي اخفض من تلك التي يتم عندها التنفس ، كما أن درجة الحرارة المثلى للمجموع الخضري تختلف عن تلك الخاصة بالمجموع الجذري^(١) .

أن درجات الحرارة المثلى للنباتات تختلف ما بين العروض الجغرافية أيضاً فهي في العروض الدنيا الاستوائية أعلى منها في العروض المعتدلة ، وفي العروض المعتدل تكون أعلى من درجات الحرارة المثلى في العروض العليا.

٣: درجات الحرارة العليا : Maximum Temperature

هي الدرجات الحرارية التي يتوقف عندها نمو النبات حال بلوغها ، وهي تختلف ما بين نبات واخر ، كما تختلف ما بين المحاصيل الصيفية والشتوية ، فهي في المحاصيل الصيفية أعلى منها في المحاصيل الشتوية ، كما في محاصيل البطيخ والخيار اللذان يُعدان من المحاصيل الصيفية إذ تبلغ لكلٍ منها نحو ٤٠,٦م ، بينما تبلغ في المحاصيل الشتوية كمحصولي الخس والبازيلاء نحو ٢٩م لكل منهما على التوالي ، يراجع جدول (٦٠) .

تختلف الدرجات الحرارية العليا التي يتحملها النبات ما بين العروض فهي تزداد بالاقتراب من العروض الدنيا وتنخفض كلما اقتربتا من العروض العليا (فبينما تموت محاصيل المناطق الباردة إذا ما زادت متوسطات درجات

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٤١-١٤٢ .

الحرارة عن ٢٢°م نجد معظم محاصيل المناطق الحارة لا يؤديها ارتفاع هذا المتوسط إلى ٣٨°م أو أكثر بقليل^(١) .

أن لدرجات الحرارة العليا أثار على النباتات يمكن إيجازها على النحو الآتي:-

أ: مع ارتفاع درجات الحرارة يزداد نشاط العمليات الفيزيائية والكيميائية للنبات ، حتى إذا ما بلغت حدوداً عليا ، فإن الأنشطة المختلفة لاسيما النمو تبدأ بالضعف ، ثم إذا ما بلغت درجات الحرارة حدوداً حرارية أعلى فإن الكثير من الأنشطة تصاب بالشلل .

ب: إذا تزامن ارتفاع درجات الحرارة مع ارتفاع الرطوبة النسبية فأنها تشكل بيئة مناسبة لنمو وانتشار الآفات الزراعية .

ج: تصاب النباتات بتشقق الثمار واحتراق الأوراق نتيجة الارتفاع الحاد في درجات الحرارة بسبب تعرضها للإشعاع الشمسي المباشر مما يؤدي إلى الإصابة بمرض لفحة الشمس .

٤: درجات الحرارة المتجمعة: Accumulated Temperature

هي مجموع متوسطات درجات الحرارة اليومية فوق الدرجة الحدية التي عندها يبدأ النبات بالنمو^(٢) . ولمعرفة الحرارة المتجمعة أهمية كبيرة بالنسبة للحياة النباتية عامة والتوسع الزراعي في الأقاليم الباردة قاصدةً إذ تحدد درجة الحرارة المتجمعة، أنواع المحاصيل التي يمكن زراعتها في الأقاليم والتنبؤ في ميعاد وصول الإنتاج إلى مرحلة النضج^(٣) .

إذ أن كل نوع من النباتات يحتاج إلى عدد معين من الأيام وإلى عدد معين من درجات الحرارة من أجل أتمام دورته الحيوية . وقد ساعة ذلك على تطوير سلالات جديدة من النباتات يكون فيه فصل النمو أقصر مما يحتاج إليه النبات الأصل ، فنبات القمح الشتوي يحتاج إلى ١٠٧٠°م درجة متجمعة وهذا لا يتوفر في المناطق الشمالية من القارات في أوروبا وأمريكا الشمالية

(١) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب ، جغرافية الزراعية ، مصدر سابق ، ص ٢١-٢٢ .

(٢) peter A. Furley and other , Geography of the Biospher ,first edition , Butter worth and co . London , 1983 , p. 97 .

(٣) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب ، مصدر سابق ، ص ٢٢-٢٣ .

وأسيا ، لذلك طور العلماء القمح الربيعي الذي يحتاج إلى ٧٢٥,٥°م متجمعة مما يساعد على نضوج القمح الربيعي في فترة أقصر^(١) .

تتباين النباتات فيما بينها من حيث متطلباتها من درجات الحرارة المتجمعة فهي إذ تصل في بعض المحاصيل الشتوية نحو ١٥٠٠°م - ١٦٠٠°م للقمح ونحو ١٤٠٠°م - ١٥٠٠°م للشعير ، فأنها ترتفع في بعض المحاصيل الصيفية إلى نحو ٢٥٠٠°م - ٢٨٠٠°م للرز ، و ٣٥٠٠°م - ٣٨٠٠°م للقطن ، يلاحظ جدول (٦٣) .

جدول (٦٣) درجات الحرارة المتجمعة لبعض المحاصيل الزراعية.

المحصول	درجات الحرارة المتجمعة (°م)	المحصول	درجات الحرارة المتجمعة (°م)	المحصول	درجات الحرارة المتجمعة (°م)
القمح	١٦٠٠-١٥٠٠	الشوندر	٢٤٠٠-١٨٠٠	العنب	٣٨٠٠-١٧٠٠
الشعير	١٥٠٠-١٤٠٠	الذرة الصفراء	٢٨٠٠-٢٤٠٠	القطن	٣٨٠٠-٣٥٠٠
الكتان	١٦٠٠-١٤٠٠	التبغ	١٩٠٠-١٦٠٠	الرز	٢٨٠٠-٢٥٠٠
عياد الشمس	٢٧٠٠-٢٤٠٠	الطماطة	١٦٠٠-١٠٠٠	الخيار	١٨٠٠-١٤٠٠

المصدر : علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار الفكر ، سوريا ، ١٩٨٢ ، ص ١٤٤ .

٥: صفر النمو : Zero point of Growth

هو درجة الحرارة التي يبدأ عندها النبات بالنمو . وهي عموماً تبلغ نحو ٦°م لنباتات العروض المعتدلة ، وتبلغ أكثر من ذلك للنباتات المدارية ، وأقل منها لنباتات العروض الباردة . فضلاً عن ذلك فأنها تكون في المحاصيل الصيفية أعلى منها في المحاصيل الشتوية كما في جدول (٦٤) .

(١) حسن أبو سمور ، الجغرافية الحيوية والتربة ، ط ٢ ، دار المسيرة ، الأردن ، ٢٠٠٩ ، ص ٨١ .

جدول (٦٤) صفر النمو لبعض المحاصيل.

المحصول	صفر النمو (°م)	المحصول	صفر النمو (°م)	المحصول	صفر النمو (°م)	المحصول	صفر النمو (°م)
السبانخ	٢	الفاصوليا	١٠	الفلفل	١٦	البن	١٦
الخس	٥	البطيخ	١٠	الفجل	٤	الكاكاو	١٤
الشعير	٥	الطماطة	١٣	الشجر (الكوسا)	١٦	الشاي	١٣
القمح	٥	الجزر	٤	الرز	١٥	قصب السكر	١٠
البطاطا	٧	الخيار	١٦	العدس	٥	الشوفان	٥
الذرة	١٠	البصل	٢	القطن	١٦	اللهانة	٤

المصدر : علي احمد غانم المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار المسيرة ، عمان ، الأردن ، ٢٠١٠ ، ص ١٥٩ .

٦: فصل النمو : Growing season

هو تلك المدة التي ينمو فيها النبات ابتداءً من وصول درجات الحرارة صفر النمو في طور الإنبات وانتهاءً ينضج المحصول أو الثمار . كما يعرف بأنه المدة المحصورة بين آخر صقيع في فصل الربيع ، وأول صقيع في فصل الخريف .

يختلف فصل النمو من نباتٍ إلى آخر ومن منطقة إلى أخرى ، فنبات القطن يعد من (النباتات شبه المدارية ويتطلب فصل نمو طويل لا يقل عن ٢٠٠ يوم من الأيام الخالية من الصقيع)^(١) ، بينما يعد القمح من نباتات

(١) علي الشلش ، جغرافية أمريكا الشمالية الإقليمية ، مطبعة جامعة البصرة ، البصرة ، ١٩٨٠ ، ص ١٩٨ .

المنطقة المعتدلة ويتطلب فصل نمو أقصر يبلغ نحو ١٢٠ يوماً ، فضلاً عن وجود بعض أنواع من القمح الروسي والكندي تتضح خلال ٩٠ يوماً^(١) .
يختلف طول فصل النمو من مكان إلى آخر ومن سنة إلى أخرى ، وفقاً للخصائص المناخية السائدة . فطول فصل النمو يتناقص بالارتفاع عن مستوى سطح البحر ، وهو أطول في المناطق المنخفضة بالمقارنة مع المناطق الجبلية ، وكذلك يتناقص فصل النمو بالاتجاه نحو القطبين لانخفاض درجة الحرارة^(٢) .

٧: السكون : Dormancy

هو ذلك الطور أو المرحلة التي يتوقف فيها نمو النبات ، كما تصاب الأنشطة الأخرى بالضعف بسبب انخفاض درجات الحرارة ، وقد تقوم بعض النباتات كأشجار الفاكهة النفضية بتساقط أوراقها تكييفاً مع تلك الظروف .
تختلف النباتات فيما بينها من حيث دخولها في طور السكون وتحملها لدرجات الحرارة المنخفضة فالزيتون الذي يعد من محاصيل المنطقة المعتدلة الدفيئة يُقاوم انخفاض درجة الحرارة إلى - ٩°م بدخوله طور السكون ، ولكي تنهي الشجرة سباتها فأنها تحتاج إلى ١٢٠٠ ساعة أو ٥٠ يوماً لدرجة حرارة لا تزيد عن ٧°م^(٣) بينما يعد الشاي من نباتات المناطق الاستوائية وتحت الاستوائية ، وهو سريع التأقلم مع المناطق المعتدلة ، لذا فهو يتحمل درجات الحرارة المنخفضة إلى - ١٠°م ، وفي خلال السكون التام لنبات الشاي ، إذ يكون تحت الثلج فإنه يمكن أن يتحمل إلى - ٢٣°م^(٤) .

٨: درجة حرارة التربة : Soil Temperature

تعد درجة حرارة التربة ١٨,٣°م - ٢٣,٩°م بأنها الدرجة المثالية لنمو النباتات وممارسة نشاطاتها^(٥) . أما جذور النباتات فأنها تحتاج إلى درجة حرارة لا تقل عن ٤,٤°م لكن تنمو^(١) .

(١) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني ، الجغرافية الزراعية ، ط ٢ ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٠ ، ص ٥١ .

(٢) علي أحمد غانم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٥٩ .

(٣) عدنان إسماعيل الياسين ، الزيتون في محافظة نينوى ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية الآداب ، جامعة بغداد ، ١٩٧٤ ، ص ١٧ .

(٤) محمد محفوظ وجرجس مخول ، الشاي ، مجلة المهندس الزراعي العربي ، العدد ٥١ ، دمشق ، سوريا ، ٢٠٠٠ ، ص ١٤-١٥ .

(٥) Thomas A. Blair and Robert C. Fite , weather elements , prentice hall , inc . Englewood cliffs , N.J, USA , 1965 , p. 63 .

تؤثر درجة حرارة التربة على طول فترة أنبات البذور ، إذ أن طول الفترة يزداد مع انخفاض درجة حرارة التربة ، والعكس صحيح ، أي أن طول فترة الإنبات يقل مع ارتفاع درجة حرارة التربة ، إلى حدود معينة ، بحيث يصبح ارتفاع درجة حرارة التربة عملية محددة للإنبات .

ثالثاً : الضغط الجوي : Atmospheric Pressure

يؤثر الضغط الجوي على المحاصيل النباتية والأشجار المثمرة عن طريق ما يقوم به من عملية تجديد هواء التربة Aeration ، أي اغناؤه بالأوكسجين الضروري لتنفس كل أحيائها ، ولعملية الأكسدة ، وفي تخليصه من المقدار الزائد من ثاني أوكسيد الكربون ، ومن الغازات الأخرى الضارة للنبات في المنطقة المحيطة بالجذور . فعندما ينخفض الضغط الجوي يتمدد هواء التربة ويخرج قسم منه إلى الغلاف الغازي حيث تقوم الرياح بإزاحته ليحل محله هواء جديد . أما عندما يرتفع الضغط الجوي فان هواء التربة ينكمش فيدخل هواء جديد محمل بالأوكسجين الضروري لعملية تنفس الأحياء والأكسدة ونمو الجذور خاصة والنبات عامة^(٢) .

رابعاً : الرياح : wind

للرياح تأثيران على النبات أحدهما إيجابي والآخر سلبي :

التأثير الإيجابي للرياح :

- ١ : توفر الرياح الغازات الضرورية للنبات كالأوكسجين للتنفس ، وثاني أوكسيد الكربون لعملية التركيب الضوئي ، والنتروجين الضروري للمحاصيل البقولية .
- ٢ : تقوم بعملية التلقيح الطبيعي للعديد من النباتات والمحاصيل الزراعية كالنخيل.
- ٣ : لها دورها في عملية التذرية لبعض الحبوب كالقمح والشعير .

(^١) Lester E. Klimm and other , Introductory Economic Geography 3rd edition , Harcourt , Brace and company inc , USA , 1956 , p . 73 .

(^٢) إبراهيم إبراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مطبعة جامعة بغداد ، بغداد ، ١٩٨٥ ، ص ٦١ .

٤: للرياح دورها في نقل التربة الصفراء المسمدة باللويس المنتشرة في العديد من مناطق العالم الزراعية في شمال غرب الصين واواسط اوربا وفي أمريكا الشمالية .

٥: تنقل الرياح فائض الطاقة من العروض الدنيا إلى العروض العليا ، لذا تعد أحد أسباب التوسع الزراعي في العروض الباردة .

٦: تعد الرياح عامل نقل للرطوبة من مكان إلى آخر ، فتعمل عن تقليل التطرف الحراري المؤثر على النبات .

٧: لها دورها في حركة الغيوم المسببة لسقوط الأمطار .

٨: للرياح الدافئة الصاعدة من الوادي نحو أعالي الجبال دور في زراعة السفوح الجبلية والمنحدرات .

٩: تشغل الرياح الطواحين الهوائية ، والتي يمكن أن تستعمل في سقي المحاصيل الزراعية .

١٠: تمد التربة بصورة غير مباشرة بالمواد العضوية المتكونة من تحلل أوراق وأغصان وثمار النباتات المتساقطة على الأرض بسببها .

التأثير السلبي للرياح :

١: أنها تسبب العواصف الترابية والغبارية حال اشتداد سرعتها ، فتعمل على ترسيب جزئيات التراب والغبار على أوراق النباتات فتعيق مختلف الفعاليات الحيوية للنبات كالنمو والتنفس والتركيب الضوئي والنتح مما تصيبه بالضعف فيكون ذو لون اصفر شاحب مغبر .

٢: تؤدي إلى انتشار عناكب الغبار بعد هبوب العواصف الترابية والغبارية ، والتي تصيب أشجار الفاكهة والخضروات وتمور النخيل .

٣: تؤدي إلى قلع النباتات لاسيما في الحقول والبساتين المروية .

٤: تعمل على تكسر أغصان النباتات وتشقق أوراقها ، لاسيما إذا كانت طرية.

٥: إذا كانت الرياح حارة جافة فأنها تؤدي إلى سقوط الأزهار والثمار العاقدة حديثاً .

٦: إذا كانت الرياح حارة جافة تؤدي إلى ارتفاع معدلات التبخر / نتح ، وقد تؤدي بالنبات إلى الوصول لنقطة الذبول ، لاسيما إذا لم تتوفر رطوبة في التربة تعوض ما يفقد بالتبخر / نتح .

٧: تعمل على زحف الكثبان الرملية باتجاه المناطق الزراعية .

- ٨: تقوم بتعرية بعض المناطق من تربتها الزراعية لاسيما ذات التربة المحدودة .
- ٩: تنقل معها بعض الآفات الزراعية لمسافات بعيدة ، فتصيب بها مناطق زراعية جديدة .
- ١٠: تجلب معها بعض الملوثات الجوية من المناطق الصناعية باتجاه المناطق الزراعية ، لاسيما الملوثات الضارة بالنبات .
- ١١: لها دورها في نقل الغيوم المحملة بالأمطار الحمضية إلى المناطق الزراعية.
- ١٢: إذا كانت رياح باردة فأنها تعمل على خفض درجات الحرارة ، وإذا كانت قارصة البرد فأنها تسبب موت المزروعات .
- ١٣: تعيق عمل بعض الحشرات التي تقوم بتلقيح النباتات حال اشتداد سرعتها .
- ١٤: الرياح الباردة والمسببة لانخفاض درجة الحرارة قد تتلف اللقاح ، كما في تلقيح أشجار النخيل في المنطقة الوسطى من العراق عند هبوب الرياح الشمالية الشرقية القادمة من المرتفع السيبيري .
- ١٥: تؤثر سلبياً عن حياة بعض المحاصيل كالكاكاو والشاي ، التي تتطلب رياح هادئة .

خامساً : الرطوبة النسبية : Relative Humidity

- أن رطوبة الهواء تتباين بين الارتفاع والانخفاض وأن نقص رطوبة الهواء يكون أما نقص مؤقت كما في الأقاليم ذات الفصول الجافة ، والتي تتعرض لهبوب رياح جافة ، وأما نقص مستمر يحصل في الأقاليم الصحراوية ، وبقي النبات نفسه من ذلك النقص عن طريق^(١) :
- ١: سمك جذعه ، أو أن يكون من غطاء من الفلين .
 - ٢: قصر شجرته .
 - ٣: تناقص عدد أوراقه وصغر حجمها .
 - ٤: وجود طبقة من الشعر أو الشمع أو الصمغ لمقاومة التبخر .
 - ٥: التفاف الورقة على نفسها .
 - ٦: يكون ذو جذور عميقة .

(١) يوسف عبد المجيد فايد ، جغرافية المناخ والنبات ، دار النهضة العربية ، بيروت ، ١٩٧١ ، ص ٢٩٧ .

٧: يقوم بخزن الماء في انسجته .

أما ارتفاع رطوبة الهواء فيعود إلى أسباب عديدة منها : انخفاض درجة الحرارة ، إذ أنه مع انخفاض درجات الحرارة يصل الهواء إلى حد الإشباع بصورة أسرع ، كما أن لسقوط الأمطار واستخدام الري للمزروعات وهبوب الرياح الرطبة كلها تؤدي إلى ارتفاع رطوبة الهواء .
إن للرطوبة النسبية آثارٌ عديدة على النباتات يمكن إيجازها على النحو الآتي:

١: ارتفاعها في الجو يخفض من عملية التبخر / نتح ، في حين انخفاضها يزيد من هذه العملية .

٢: ارتفاعها مع ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى نمو وانتشار العديد من الآفات الزراعية .

٣: انخفاض مقاديرها في الجو يؤدي إلى سقوط الأزهار والثمار العاقدة حديثاً .

٤: انخفاضها في الجو يزيد من عمليات ري المحاصيل الزراعية .

٥: لها علاقة بحصول التساقط ، لاسيما عند بلوغ الهواء درجة الأشباع ، أي تكون الرطوبة النسبية ١٠٠% .

٦: لها أهميتها في حصول أشكال التكاثف ولهذه آثار مهمة على النباتات .

٧: لها دورها في التقليل من شدة الإشعاع الشمسي على النباتات .

٨: تعمل على حفظ الإشعاع الأرضي من التسرب إلى الفضاء ، لذا فهي تقلل من المدى الحراري .

٩: انخفاضها يؤدي إلى قلة كمية عصير بعض ثمار الفاكهة النفضية والحمضيات.

أن للرطوبة أثر هام في زراعة وانتاج بعض المحاصيل ، وفي قيام بعض الصناعات ، وقد ترتب على الرطوبة التخصص الإقليمي في زراعة القطن في مصر ، إذ تخصصت منطقة وسط الدلتا وشمالها في الأقطان طويلة التيلة ، نظراً لارتفاع نسبة الرطوبة بها ، أما منطقة جنوب الدلتا فتخصصت في زراعة الأقطان متوسطة التيلة لتوسط الرطوبة فيها ، في حين تخصص جنوب مصر في الصنف الأقل جودة لتحمله قلة الرطوبة والحرارة الشديدة^(١).

(١) علي أحمد هارون ، مصدر سابق ، ص ١٠٤ .

سادساً : التكاثف : Condensation

للتكاثف أشكال عديدة تحصل نتيجة انخفاض درجة الحرارة إلى درجة الندى ، فإذا كانت درجة الندى فوق درجة التجمد فإن التكاثف يكون في حالة سائلة كالندى والضباب وكثير من الغيوم ، أما إذا كانت درجة الندى دون درجة التجمد فإن التكاثف لبخار الماء يكون في شكل بلورات جليدية صغيرة جداً كالصقيع الأبيض وقليل من الغيوم^(١) .

يمكن توضيح دور التكاثف في التأثير على النباتات عن طريق صورته وكما يأتي :

١ : الندى : Dew

للندى فوائد هامة للنبات وهي^(٢) :

أ: يشكل الندى مصدر هام لרטوبة التربة والنبات ، لاسيما في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية ، حيث قدر أن الندى يقدم نحو ١٥ % من حاجة النبات للماء ، ويكون متوسط الندى خلال الليل نحو ٣,٠ ملم .

ب: يعيق الندى عملية التبخر / نتح لمدة من الوقت ، وبذلك يقلل من فقدان الماء من النبات والتربة .

ج: يمتص النبات قطرات الندى مباشرةً فيؤثر على التوازن المائي داخل النبات ، فيبقى توازن الماء ايجابياً ولصالح النبات حتى بعد زوال الندى .

د: يحفظ النبات من بعض الآفات الزراعية التي لا تستطيع دخول أوراق النبات المبللة بالندى .

هـ: يقلل من درجة الحرارة الصغرى ، وذلك لانطلاق الطاقة الكامنة من تكاثف بخار الماء إلى ندى ، إذ أنه لا تنخفض درجة الحرارة الصغرى كثيراً عن درجة الندى ، وبذلك فهو يحمي النبات عن طريق منع درجات الحرارة من الانخفاض الكبير .

و: عندما يتبخر الندى بعد شروق الشمس فإنه يزيد من الرطوبة الجوية ولهذا تأثيره غير المباشر على النبات .

(١) vernor C. Finch and Glenn T. Trewartha , physical elements of Geography , 3rd edition , Mc Graw Book compahy , inc , USA , 1949 , p.75 .

(٢) علي أحمد غانم ، الجغرافية المناخية ، مصدر سابق ، ص ١٨٢-١٨٣ .

٢: الضباب : Fog

يمكن تلخيص أهمية الضباب للنباتات بما يأتي :

- أ : يعد أحد مصادر الرطوبة للنبات .
- ب : يقلل المفقود بالتبخر / النتج .
- ج: يعد عامل محدد لانتشار بعض الآفات الزراعية ، إذ أن التصاق بعض الآفات بقطرات الضباب لمدة معينة يؤدي إلى موتها .
- د : يؤدي إلى التقليل من عدد ريات المزروعات ، لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة .
- هـ : يمنع التطرف في ارتفاع درجات الحرارة ، لذا فهو يقي النباتات من خطورة ارتفاعها .
- و : يقلل من شدة الإشعاع الشمسي الواصل إلى النباتات ، كما يمنع جزءاً من الإشعاع الأرضي من التسرب نحو الفضاء .

٣: الغيوم : cloud

للغيوم دوران في التأثير على النباتات أحدهما إيجابي والآخر سلبي كما يأتي:

الدور الإيجابي للغيوم :

- أ: يتكون من الغيوم أشكال التساقط كالأمطار والبرد والثلج والتي لها أهميتها للنباتات .
- ب: تمنع التطرف الشديد في انخفاض درجات الحرارة ، لأنها تقلل من تسرب الإشعاع الأرضي .
- ج: تمنع الغيوم حدوث ظاهرة الصقيع الضار بالنبات ، لحجزها قسم كبير من الاشعاع الشمسي .
- د: تمنع الارتفاع الشديد في درجات الحرارة ، لعكسها جزءاً لا باس به من الإشعاع الشمسي نحو الفضاء ، لذا فهي تحمي النباتات من درجات الحرارة المرتفعة .
- هـ: تحمي النبات من الإصابة بمرض لفحة الشمس ، لأنها تقوم ببعثرة وتشتيت الإشعاع الشمسي فتقلل من شدته وتركيزه .
- و: تقلل من المفقود بعملية التبخر / النتج .
- ي: تقلل من عدد ربات النباتات والمحاصيل الزراعية .

الدور السلبي للغيوم :

إذا حدثت الغيوم بكثافة ولمدة زمنية طويلة ، فأنها تؤدي الى حجب جزءاً كبيراً من الإشعاع الشمسي ، لاسيما الأشعة الضوئية فتؤدي إلى عدم حصول النباتات على متطلباتها الضوئية الضرورية ، وهذا يؤدي إلى تأخر نضج بعض الثمار ، كما أن عدم وصولها بالكمية المناسبة وقت النضج قد لا تعطي الثمار ألوانها الطبيعية ، فضلاً عن تغير طعمها ، فضلاً عن ذلك إذا كانت الغيوم تحمل قطرات مائية ملوثة ، فأنها تسبب سقوط الأمطار الحامضية ذات الأثر السلبي على حياة النبات ، وثماره .

٤: الصقيع : Frost

للصقيع ضرر كبير على المزروعات فهو يؤدي إلى تلف المادة الخضراء (الكلوروفيل) ، كما يؤدي إلى تجمد عصارة النبات ، وضعف عملية التركيب الضوئي ، وضعف عملية الامتصاص وقد يؤدي إلى موت بعض المزروعات إذا كان الصقيع شديداً ولمدة عدة أيام . وتتأثر نباتات المنطقة المدارية بالصقيع بدرجة أكبر من تأثر نباتات المنطقة المعتدلة ، كما تتأثر نباتات هاتين المنطقتين بالصقيع بدرجة أكبر من تأثر نباتات المنطقة الباردة . وللوقاية من خطر الصقيع على النبات تتبع بعض الإجراءات وهي:-
أ: تجنب زراعة المحاصيل الحساسة للصقيع في المناطق التي تتعرض له .
ب: زراعة النباتات الحساسة للصقيع تحت الأشجار المعمرة كالنخيل ، والأشجار التي تصلح كاسيجه للمنطقة المزروعة كالالبتوس والأثل وهذا ما يستخدم في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق .
ج: استعمال التدخين في مناطق متفرقة من الحقول الزراعية والبساتين للحيلولة دون انخفاض درجات الحرارة دون درجة الانجماد .
د: تحريك الهواء بمراوح معدة لهذا الغرض ، لمنع سكون الرياح وتكون الصقيع.

هـ: استعمال الري بصورة مناسبة ، لاسيما الري بالتنقيط، لمنع تجمد التربة والجذور.

و: استعمال الأسمدة العضوية ، لتوفير الحماية لجذور النبات .

ز: استعمال البيوت الزجاجية والبلاستيكية لحماية النبات والتربة .

ي: فرش الأرض الزراعية بطبقة من التبن أو ببقايا النباتات الجافة لحماية التربة من خطر الانجماد .

سابعاً : التساقط : precipitation

للتساقط ثلاثة أشكال هي :

١: المطر : Rain

لا يمكن للنبات أن يعيش بدون المياه ، لأن المياه تعد أحد متطلبات عملية التركيب الضوئي ، لذا تنمو النباتات حيث تتوافر متطلباتها المائية من الأمطار ، وفي حال عدم كفاية الأمطار ، وجب تعويض ذلك بمياه الري .

تعتمد أهمية الأمطار للنباتات المزروعة على ثلاثة عوامل هي :-

أ: كمية الأمطار :

تتباين النباتات فيما بينها من حيث كمية الأمطار التي تحتاجها فهي ترتفع في بعض المحاصيل الاستوائية كالشاي إلى نحو ٢٤٥ - ٣٨٠ سم ، وتقل في بعض محاصيل المنطقة المعتدلة إلى ٢٠ - ٥٠ سم للشعير و ٣٠ - ٥٠ سم للقمح يلاحظ جدول (٦٥) .

جدول (٦٥) كمية الأمطار التي تحتاجها بعض المحاصيل خلال فصل نموها

المحصول	الأمطار (سم)	المحصول	الأمطار (سم)	المحصول	الأمطار (سم)
البن	٢٣٠-١٣٠	القمح	٥٠-٣٠	القطن	١٠٠-٤٠
المطاط	أكثر من ١٨٠	الشعير	٥٠-٢٠	البطاطا	١٠٠-٦٠
الشاي	٣٨٠-٢٤٥	العدس	٦٠-٣٥		

المصدر : علي أحمد غانم ، المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار المسيرة ، عمان ، الأردن ، ٢٠١٠ ، ب ص ٢٥ .

ب: التوزيع السنوي للأمطار :

أن كمية الأمطار الساقطة في منطقة معينة قد تتفق مع المقننات المائية لإنتاج بعض المحاصيل ، إلا أن توزيعها قد لا يكون ملائماً لها . فكمية الأمطار اللازمة لنمو القمح تقدر بحوالي ٣٠ - ٥٠ سم في المناطق المعتدلة ، ولكن حال سقوط الأمطار في بداية فصل النمو وانقطاعها عنه في وقت تكون السنايل ونضج المحصول ، فهذا يؤدي إلى عدم تكامل عملية نضج الحبوب وتعاني زراعة القمح والشعير في المنطقة الشمالية الغربية من العراق التي تعتمد الزراعة الديمية في القطر العراقي من هذه الظاهرة ، إذ قد تسقط الأمطار الكافية لنمو كلا المحصولين إلا أن عدم الانتظام في توزيع

هذه الأمطار الساقطة ، والتي هي من صفات أمطار العراق جعلت إنتاجية هذه المحاصيل ضعيفة وربما تؤدي إلى فشل المحصول .

ج: القيمة الفعلية للأمطار :

ليس كل الأمطار الساقطة والموزعة على مدار السنة يستفاد منها النبات في سد حاجته ، إذ أن قيمتها الفعلية تتأثر بجملة من العوامل تتمثل :-

أ: درجة الحرارة : مع ارتفاع درجات الحرارة تقل قيمة الأمطار الفعلية ، إذ أن الأمطار الساقطة في العروض الحارة تكون ذات قيمة أقل من الأمطار الساقطة في العروض الباردة ، كما أن الأمطار الشتوية تكون ذات قيمة أعلى من الأمطار الصيفية إذا تساوت في كميتها .

ب: الرياح : تقل قيمة الأمطار الفعلية مع اشتداد سرعة الرياح ، لأنها تزيد من عملية التبخر / نتح .

ج: الرطوبة : تزداد قيمة الأمطار مع ارتفاع رطوبة الهواء والعكس صحيح.

د: التبخر : مع ارتفاع قيم التبخر تقل قيمة الأمطار الفعلية .

هـ: الإشعاع الشمسي : كلما كان ما يصل من الإشعاع الشمسي إلى سطح الأرض كبيراً ، كلما كانت قيمة الأمطار الفعلية قليلة وذلك لأن الإشعاع الشمسي حامل للطاقة التي تؤدي إلى التبخر.

ز: شكل المطر المتساقط : أن المطر المتساقط على شكل وابل يكون أقل قيمةً من المطر المتساقط على شكل رذاذ ، وذلك لأن المطر الوابل يجري قسم كبير منه على سطح الأرض وينتهي بالأنهار والبحار ، في حيث ما تمتص التربة منه يكون قليلاً مقارنة بالمطر الرذاذ الذي يسمح للتربة بان تمتص أكبر قدر منه .

و: التربة : أن للتربة بخواصها تأثير مهم على القيمة الفعلية للأمطار ، فهي تؤثر عن طريق نسجتها ، وبنيتها ومساميتها ونفاذيتها ، لذا أن الترب الرملية تسمح لمياه الأمطار بالنفاذ من خلالها بسرعة فتجف بسرعة ، أما الترب الطينية فتكون صعبةً من حيث نفاذ مياه الأمطار من خلالها لذا قد تصاب بالتغدق . في حين تعد الترب المزيجية من الترب الجيدة فهي تتجاوز عيوب النوعين السابقين من الترب وتسمح للنبات بالاستفادة من الأمطار الساقطة بكميات معتدلة ومناسبة.

ي: انحدار سطح الأرض : السطح المستوي يصعب منه تصريف مياه الأمطار لاسيما الغزيرة ، فتسبب اختناق جذور النبات بمياه الأمطار ، أما

السطح المنحدر جداً ، فهو يؤدي إلى عدم إتاحة الفرصة للنباتات المزروعة عليه بالاستفادة من مياه الأمطار الساقطة في حين يكون السطح ذو الانحدار المعتدل أفضل النوعين السابقين فهو يسمح للأمطار الساقطة بالاستفادة منها وفقاً لحاجة النبات ، إذ يسمح في توغلها إلى منطقة الجذور ، كما يعمل على تصريف الزائد منها عن حاجة النبات .

٢: البرد : Hail

يتكون البرد في غيوم التراكم المزينة Cumulonimbos حول قطعة من الجليد على شكل طبقات متجمعة بما يشبه البصل^(١) . وتسقط حبات البرد إلى سطح الأرض بعد أن تعجز تيارات الحمل الصاعدة على حملها لتقلها فتتنزل إلى سطح الأرض بحكم الجاذبية الأرضية فترتطم بالمحاصيل الزراعية والنباتات فتعمل على كسر أغصانها وسيقانها لاسيما الطرية منها ، فضلاً عن تمزيق أوراقها وتساقط أزهارها وثمارها ، فتصيب المحاصيل الزراعية بخسائر كبيرة ، تتناسب طردياً مع حجم حبات البرد وكثرة عددها . كما تعمل حبات البرد على حدوث الخدوش والجروح في النباتات فتكون مخابئ مناسبة للآفات النباتية . إلا أنه رغم تلك الآثار السلبية للبرد ، فإنه يمكن أن يعد مصدراً من مصادر رطوبة التربة عند تعرضه للذوبان .

٣: الثلج : snow

يعد الثلج أحد المصادر التي تزود الأنهار بمياهها التي تستخدم في مجالات عديدة ومنها مجال الزراعة ، فضلاً عن ذلك فإنه يعد من مصادر الماء الجوفي وذلك عند تعرضه لعملية الذوبان . وللثلج فائدة كبيرة في الحفاظ على درجة حرارة التربة فإنه يمنعها من التسرب نحو الغلاف الغازي ، فهو يعد غطاءً يحمي التربة من انخفاض درجات الحرارة إذ يستفاد منه في حماية النباتات من خطورة تجمد التربة ، (فدوبانه بسبب رياح الشينوك النازلة من جبال روكي على السهول العظمى الأمريكية ، والتي تسبب ارتفاع درجات الحرارة ، تؤدي إلى حرمان القمح الشتوي من غطاء الحماية فتسبب الضرر

(¹) Arthur N. strahler , Introduction to physical Geography , op , cit , p.80 .

والخسارة للمحصول ، لاسيما إذا تجمدت الأرض قبل سقوط الثلج مرة أخرى^(١) .

للثلج ضررٌ عند ذوبانه بسرعة مع ارتفاع درجات الحرارة الشديد ، فهو يسبب الفيضانات المدمرة للمحاصيل الزراعية والنباتات ، وذلك عن طريق طغيان المياه على الأرض الزراعية مسببةً غمرها بمياه الفيضان وتلف المحاصيل الزراعية والنباتات وربما تؤدي إلى موتها .

ثامناً : رطوبة التربة : soil Moisture

تعد رطوبة التربة المصدر المائي الرئيس للمحاصيل الزراعية في المناطق التي لا تكفي الأمطار الساقطة فيها لزراعة المحاصيل ، كالمناطق الجافة وشبه الجافة ، إذ تحتاج الحقول والمزارع إلى الري الدائم ، ولو ان الحاجة إلى الري تكون في الفصل الدافئ أكثر من الفصل البارد ، وذلك تبعاً لعناصر المناخ السائدة.

أن رطوبة التربة تتراوح نسبتها بين نقطة الذبول التي تعني حالة الذبول التي تحصل للنبات بسبب استنفاد رطوبة التربة ، وعدم وجود ما يعوض ذلك . والسعة الحقلية التي تعني أقصى رطوبة تمتلئ بها مسامات التربة الشعرية . وعادة تحتفظ التربة الثقيلة بمقدار من الرطوبة أكثر مما تحتفظ به التربة الخفيفة .

أن لنقطة الذبول والسعة الحقلية أثراً سلبية على حياة النبات ، إذ أن نقطة الذبول يمكن أن تحدث غالباً في المناطق الجافة وشبه الجافة لقلة الأمطار ومحدودية المياه ، في حين تحدث السعة الحقلية في مناطق الأمطار الغزيرة وفي الحقول التي تعطى كميات من المياه أكثر من متطلبات محاصيلها الزراعية ، أي باستخدام الري المفرط .

أن لانخفاض رطوبة التربة العديد من المساوئ فهي تؤدي بالنبات إلى الذبول ، كما تؤدي إلى صغر أوراقه لتقليل النتج ، وإلى تدني نوعية الثمار ، وقلة عصيرها ، كما تؤدي إلى تساقط الأزهار والثمار الحديثة ، كما تضعف النبات ويكون سهل المنال من قبل الآفات الزراعية ، وقد يصاب بلفحة الشمس الحارقة .

(١) clarence , E. koppe and George C. De long , weather and climate , McGraw – hill book company , inc , USA , 1958 , p 222 .

أما تشبع التربة بالرطوبة فلها إضرارها الكثيرة على النباتات المزروعة ، فهي تؤدي إلى حصول التغدق الذي يطرد الأوكسجين الضروري للنبات من التربة كما يكون مركبات سامة تحيط بمجموعة الجذور تؤدي إلى تلف وتعفن جذور النباتات والمحاصيل الزراعية ، كما أن تشبع التربة بالرطوبة يؤدي إلى نمو العديد من الآفات الزراعية في التربة والجذور والتي تظهر نتائجها السيئة على نمو النباتات وإنتاجها المحدود . وإن استمر التغدق لفترة طويلة بسبب استواء السطح أو قلة انحداره ، وعدم وجود المبالز فان النباتات تتعرض لخطر الموت .

أن رطوبة التربة ضرورية للنبات إلا أنه ينبغي عدم وصولها إلى نقطة الذبول ، فضلاً عن عدم وصولها إلى درجة التشبع ، إذ ينبغي أن يكون بين ذلك سبيلاً ، أي تكون رطوبة التربة متاحة للنبات بالقدر الذي لا تسبب ضرراً له ، ولأستخدام رطوبة التربة في نجاح الزراعة ينبغي اتباع السبل الآتية :

- ١ : عند عدم كفاية الأمطار الساقطة يجب ري المحاصيل بانتظام وبأوقات محددة قبل وصول النبات إلى نقطة الذبول الدائم .
- ٢ : عدم الإفراط بالري .
- ٣ : ضرورة إعطاء النباتات حاجتها من المياه وفقاً لمتطلباتها المائية .
- ٤ : إنشاء المبالز في الأراضي المستوية أو القليلة الانحدار .
- ٥ : تحسين صفات التربة ، للوصول إلى أفضل تربة تخدم النباتات المزروعة .
- ٦ : إتباع طرق الري الحديثة كالري بالتنقيط والري بالمرشات .
- ٧ : تصريف مياه الأمطار الزائدة عن حاجة النبات والتربة إلى القنوات والمجاري المائية .
- ٨ : اتباع أسلوب حصاد المياه .

تاسعاً : التبخر : Evaporation :

يؤثر التبخر على النباتات المزروعة تأثيراً كبيراً عن طريق تقليل رطوبة التربة ، وبالتالي تبرز الحاجة إلى تزويد الحقل أو البستان بالري أن لم تفي الأمطار الساقطة بذلك . لذا ينبغي معرفة المعدلات الشهرية والسنوية للتبخر لإقامة المشاريع الخاصة بالإرواء وإعطاء النبات مقنناته المائية ، لأن معدلات التبخر تختلف ما بين العروض ، ومن منطقة إلى أخرى .

إذ أنه نتيجة لارتفاع معدلات التبخر في المناطق الجافة وشبه الجافة وجب تزويد النباتات بالمياه عن طريق الري لقلّة الأمطار وتذبذبها . في حين رغم ارتفاع معدلات التبخر في المنطقة الاستوائية لا تبرز الحاجة للري لان غزارة الأمطار وارتفاع كميتها واستمراريتها تجعل عدم وجود حاجة لاستخدام طرق الري فيها . بينما تقل معدلات التبخر في العروض المعتدلة وتقل أكثر في العروض الباردة ، وهذا يعني أن حاجة النبات من مياه الأمطار أو الري تكون قليلة فيها لانخفاض درجات الحرارة .

The plant pests : الآفات النباتية :

تشمل الآفات النباتية على الحشرات والأمراض والحشائش والقوارض ، وتسبب هذه الآفات خسائر للمحاصيل النباتية بين ٣٠% - ٦٠% ، اعتماداً على نوع الآفة ، نوع المحصول ، ونوع مناخ المنطقة التي يزرع فيها ذلك المحصول^(١) .

The insects pests : الآفات الحشرية :

تختلف الآفات الحشرية فيما بينها من حيث درجات الحرارة الملائمة لنشاطها ، إذ تعد درجة الحرارة ٢٦م ملائمة لمعظم الآفات الحشرية^(٢) ، وتمد الآفات الحشرية بخمسة مراحل حرارية هي : مرحلة النشاط الحراري ، ومرحلة الخمول الحار ، ومرحلة الحرارة المميّنة ، ومرحلة الخمول البارد ، ومرحلة البرودة المميّنة . أن درجات الحرارة لها تأثيرها على نمو وانتشار وتكاثر الآفات الحشرية لذا تعد الفصول الانتقالية من انسب فصول السنة في تعرض المزروعات للإصابة بالآفات الحشرية ، أما انخفاض درجات الحرارة في الفصل البارد يكون عاملاً محدداً لهذه الآفات ، في حين تنشط هذه الآفات مع ارتفاع حرارة الصيف إذا رافقها رطوبة عالية ، بينما إذا رافقها الجفاف وقلّة الرطوبة فإن ارتفاع درجات الحرارة تكون عامل محدد لانتشار الآفات .

(١) عبد الخالق حامد السباعي ، استخدام المبيدات في الزراعة وأخطارها على الإنسان والبيئة ، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي ، العدد الرابع ، مطبعة العربية للتنمية الزراعية ، الخرطوم ، ١٩٨٧ ، ص ٤٨ .

(٢) صالح محمد سويلم وإسماعيل نجم المعروف ، حشرات الغابات ، دار الكتب ، جامعة الموصل ، ١٩٨١ ، ص ٢٠ .

أما من حيث ضوء الشمس فإنه يؤثر على نشاط الآفات الحشرية وسلوكها ، إذ أن هناك حشرات تستجيب للضوء كعناكب الفاكهة والديدان القارضة للأوراق ، وبعضها لا يستجيب للضوء كالحشرات القشرية . بينما تعد الرطوبة من العوامل المهمة لحياة الآفات الحشرية لأنها تشكل نسبة مهمة من أجسامها ، وتتباين الآفات الحشرية في متطلباتها من الرطوبة النسبية ، (فبينما تعد درجة الرطوبة ٦٠% مناسبة لنمو آفة الذبابة البيضاء^(١)) ، التي تصيب أنواع كثيرة من الخضروات كالفلفل والطماطم والبايما والبالذنجان ، فإن حشرة حفار أوراق الحمضيات تنمو في ظل ظروف مختلفة للرطوبة . (إلا أنه الآفات الحشرية في المناطق الجافة عند ما تتعرض لفقدان الماء من جسمها فإن ذلك يكون أبطأ بكثير من الآفات الحشرية التي تعيش في المناطق الرطبة وذلك عندما تتعرض المجموعتان لظروف الجفاف نفسها^(٢)) ، فأفات العناكب تقاوم الجفاف أكثر من آفة البق الدقيقي لأن الأول متكيفة العيش في الظروف الجافة ، بينما تكيفت الثانية للعيش في الظروف الرطبة .

تعد الرياح أحد عوامل نقل الآفات الحشرية من مكان إلى آخر ، فتصيب بها أماكن زراعية لم تكن مصابة سابقاً بهذه الآفة ، إلا أنها في نفس الوقت قد تنتقل هذه الآفات إلى أماكن غير زراعية كالصحاري ، والمسطحات المائية فتسبب هلاكها ، كما أن الرياح الشديدة تعيق عملية التكاثر لهذه الآفات.

٢: الآفات المرضية : The Diseases pests

تتأثر الآفات المرضية بدرجات الحرارة ، إذ أن لكل منها درجات حرارية يكون المرض على قمة نشاطه وأخرى ضاره به قد تلجأ الى السكون إذا انخفضت درجات الحرارة شتاءً ، كما قد تصيبه بالخمول إذا ارتفعت صيفاً . ولدرجات الحرارة تأثير على مدة ظهور العلامات والإعراض المرضية ، إذ تساعد درجات الحرارة المرتفعة وشدة الإشعاع الشمسي في ظهور مرض لفحة الشمس خلال مدة زمنية قصيرة في حين يتطلب ظهور مرض التدهور البطيء مدة زمنية طويلة .

(١) نسرین ذنون سعيد العلاف ، التكامل في مكافحة الذبابة البيضاء باستخدام منظم النمو Applaud وبعض المفترسات الحشرية ، جامعة بغداد ، كلية الزراعة ، أطروحة دكتوراه غير منشورة ، ١٩٩٨ ، ص ٧ .

(٢) مولود كامل عبد وموید أحمد یونس ، بيئة الحشرات ، دار الكتب ، جامعة الموصل ، ١٩٨٠ ، ص ٨٤ .

تعد الرطوبة من عناصر المناخ الملائمة لنمو وانتشار وتكاثر المسببات المرضية مثل الفطريات والبكتريا والديدان الثعبانية التي تحتاج إلى الماء للانتقال وإصابة النباتات .

يعد المطر والرياح عنصران ضروريان لنمو المسببات المرضية لمرض الميلانوز الذي يصيب الحمضيات ، ويساهم المطر مع الرياح في نقل هذا المرض من الأشجار المصابة إلى الأشجار السليمة .

كما يعرض سقوط البرد أشجار الحمضيات للأصابة بمرض الانثراكوز عن طريق الخدوش التي تحدثها حبات البرد في المزروعات ، الأمر الذي يساعد المسبب المرضي في الدخول إلى النبات السليم ^(١) .

أما الصقيع فله دورٌ كبير على أصابة المزروعات ببعض الأمراض الفسيولوجية مما يلحق الضرر بالمزروعات ، كما حدث في المنطقة الوسطى من القطر العراقي سنة ١٩٩٧ .

وللرياح دور مهم في انتشار العديد من المسببات المرضية كالفطريات والفيروسات والبكتريا ، أو نقل الحشرات الحاملة للمسببات المرضية فتصيب بها كثير من المزروعات .

٣: الأدغال : Grass

هي النباتات التي تنمو دون تدخل الإنسان فيها وهي إما دائمية تنمو تحت درجات حرارة ورطوبة مختلفة أو موسمية ، والموسمية أما صيفية تتأثر بانخفاض الحرارة او شتوية تتأثر بارتفاع الحرارة ، (وقد رت إضرارها على المحاصيل الزراعية بحدود ٣٠% من الإجمالي العالمي ، وهذا يعادل الإضرار الناجمة عن الآفات الحشرية والمرضية معاً) ^(٢) . ومن إضرار الأدغال أنها تعد بيئة ملائمة لنمو واختفاء بعض الآفات ، وتعد مأوى مناسباً للعديد من المسببات المرضية ، كما أن الأدغال تنافس النباتات الزراعية في الحصول على المواد الغذائية والمياه ، وتقوم بعض الأدغال بحجب ضوء الشمس عن النباتات ، وان نمو الأدغال في القنوات والمبازل يؤدي إلى أعاقه حركة المياه فيها .

(١) سمير ميخائيل وعبد الحميد طرايبية وعبد الجواد الزرري ، أمراض البساتين والخضر ، دار الكتب ، جامعة الموصل ، ١٩٨١ ، ص ٧٨ ، ٨٢ .

(٢) علي عبد الحسين وفاضل حسين مصطفى ، وقاية المزروعات ، ط ١ ، مطبعة سلمى الفنية الحديثة ، بغداد ، ١٩٧٨ ، ص ٣٨١ .

٤: القوارض :

تسبب القوارض إضراراً في الإنتاج العالمي الإجمالي يقدر بحوالي ٥%^(١). ويعد الجرد الأسود من الأنواع الخطرة والذي يزداد خطورة سنة بعد أخرى ، فهو بسبب تلف مختلف الثمار من المشمس إلى الرمان إلى الحمضيات وهو ينتشر في المنطقة الوسطى من العراق ، ويميل هذا الجرد إلى المعيشة والتكاثر على قمة النخيل وجذوعها وقراب سطح الأرض لأنها توفر له الحماية من ارتفاع درجات الحرارة وانخفاضها وكذلك من شدة الإشعاع الشمسي^(٢).

(١) جليل كريم أبو الحب وخالد عبد الرزاق حبيب ، الآفات الزراعية ، دار الكتب للطباعة والنشر ، الموصل ، ١٩٩٣ ، ص ١٩٣ .

(٢) المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، تقرير عن مشكلة الآفات الفقارية بالجمهورية العراقية ، مطبعة المنظمة العربية للتنمية الزراعية ، الخرطوم ، ١٩٨٣ ، ص ١٣ .

الفصل الخامس

المناخ وتربية الحيوانات والطيور

الفصل الخامس المناخ وتربية الحيوانات والطيور

رغم أن الإنسان استطاع تربية الحيوانات والطيور في مناطق غير مناطقها الأصلية ، إلا أن المناخ بعناصره المختلفة لا يزال يؤثر على توزيع الحيوانات والطيور فوق سطح الكرة الأرضية ، كما يؤثر على الصفات المورفولوجية لكل حيوان وطيور ، فضلاً عن تأثيره على بعض الفعاليات كعملية النمو والتهات والتنفس والتكاثر ، وتأثيره على وفرة ونوعية غذاءها ، كما يؤثر على إنتاجيتها . ويمكن تتبع ذلك من دراسة عناصر المناخ وظواهره من خلال ما يأتي :-

أولاً : درجات الحرارة : Temperatures

تتأثر الحيوانات بارتفاع درجات الحرارة أكثر من تأثرها بانخفاضها ، وأن معرفة درجة احتمال الحرارة أمراً ليس من السهل قياسه لتداخل عوامل كثيرة فيه ، ورغم ذلك حدده بعض الباحثين على أساس قياس درجة حرارة الجسم الداخلية (الحرارة الشرجية) ، والتي تتزايد مع ازدياد ضغط الحرارة الواقعة تحت تأثيرها ، وهذا التحديد يمكن أن يكون قريباً من الصحة ، إلا أنه لا يحدد بدقة درجة الاحتمال الحراري . لذا أن بعض الباحثين ركز على معدل التنفس ، لأنه عندما تزداد نسبة التنفس يقوم الحيوان بفقد بعض الحرارة عن طريق تبخير الماء من جهاز وأعضاء التنفس^(١) .

عموماً أن ارتفاع درجات الحرارة أكثر من ٤١°م يترتب عليه فقدان الحيوان للشهية وعدم إقباله على تناول غذائه بصورة صحيحة . كما يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى حدوث الكثير من الاضطرابات الفسيولوجية ويؤثر على الغدة النخامية المسيطرة على نمو الحيوان مما يؤدي إلى توقف نموه ، وقد يحول دون تكاثره^(٢) .

تنتقل الطاقة إلى الحيوان بالإشعاع والحمل والتوصيل ، وتعمل الحيوانات والطيور على التخلص من الطاقة الزائدة للمحافظة على حرارة أجسامها الطبيعية ضمن حد ٤٠°م ، فتفقد الطاقة عن طريق الإشعاع والحمل والتوصيل والتبخير ، ويعتمد فقدان الطاقة على الفرق الحراري بين الحيوانات

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر السابق ، ص ١٦٠ .

(٢) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب ، مصدر سابق ، ص ٣٥٦ .

والبيئة . وتتكيف الحيوانات مع الأحوال الجوية بطرق متنوعة ، فإذا زادت درجة الحرارة عن ٢٧° م ، تبدأ الحيوانات باللهاث أو التعرق الذي يخرج الرطوبة من الجهاز التنفسي والجلد ، وبتبخرها تفقد الطاقة . وتتأثر الطيور بأنواعها كالدواجن والبط والوز بدرجات الحرارة المتطرفة في أوقات الحر والبرد ، إذ يعد المدى الحراري المثالي للطيور هو ما بين ١٩° م إلى ٢٠° م ، وعند ارتفاع درجة الحرارة أكثر من ٢٧° م تبدأ الدواجن باللهاث للتخلص من الحرارة الزائدة^(١) .

في حال معاناة الأبقار من ارتفاع درجات الحرارة ، فإنه من الممكن أن تخفف تلك المعاناة ، من خلال فقدان الحيوان لجزء من حرارته عن طريق التبخير ، ولقد استعملت طرق عدة لمساعدة الأبقار في التخفيف من شدة الحرارة ، وذلك بازدياد التبخير عن طريق رشها أو تزويدها بالماء البارد ، ولكي يفقد الحيوان حرارة أكثر بالتبخير فإنه يأخذ باللهاث بسرعة أكبر في حال ازدياد الضغط الحراري ، ويزداد معدل اللهاث من ٢٠ - ٢٤ مرة في الدقيقة إلى حوالي ١٥٠ - ٢٠٠ مرة في الدقيقة عند درجة حرارة ٤٠° م ، كما تفقد الأبقار المدارية كمية من الماء بواسطة التعرق^(٢) .

أن الأغنام تختلف عن الأبقار في مقدار تحملها لانخفاض وارتفاع درجات الحرارة ، إذ يساعد الصوف الأغنام على تحمل درجات الحرارة المنخفضة جداً نحو -٤٥° م مع توفر الحد الأدنى من الحماية في المأوى . لأن الصوف يقوم بدور جسم عازل فعال ، وتبلغ درجة الحرارة الشرجية الاعتيادية في الأغنام نحو ٣٨° م ، وإذا ارتفعت درجة حرارة الهواء أكثر من ٢٩° م ، وزادت الرطوبة النسبية عن ٦٥% ، فإن درجة الحرارة الشرجية ومعدل التنفس يرتفعان بصورة ملحوظة^(٣) .

أما الدجاج ، فإن درجة الحرارة الجسمية له تبلغ نحو ٤٢° م ، وفي حال ارتفاع درجة الحرارة في الجو أو في القفص إلى حوالي ٣٢° م إلى ٣٥° م ، فإنه من الممكن أن يحدث أنهما لقوى الدجاج ، كما أنه من الأنسب أيضاً أن يكون التبريد الليلي موازياً لدرجة الحرارة الصغرى الصيفية والتي تتراوح بين ١٥° م إلى ١٨° م ، لكي لا يشعر الدجاج بعدم الراحة . وعندما تكون درجات الحرارة شديدة الارتفاع فإن الطيور تقوم بفرد أجنحتها ،

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٧٦ - ١٧٧ .

(٢) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٦٢ .

(٣) نفس المصدر ، ص ١٦٣ .

وعندها يمكن للدم أن يبرد . ولدرجات الحرارة فوق ٢١م ، تأثير على حجم البيضة ، لأنه إذا ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك الرقم لعدة أيام فان حجم البيض ينقص ، وإذا ما رافق درجات الحرارة المرتفعة رطوبة نسبية مرتفعة أيضاً فان هذا سيؤدي إلى إنقاص في سمك قشرة البيض^(١) .

أن تأثير درجات الحرارة يبرز أيضاً على حياة الأسماك التي تربي في تجمعات مائية مغلقة ، إذ أن الارتفاع الكبير في درجة الحرارة قد يلائم النمو المتزايد للطحالب التي تهدد حياة الأسماك مثل السيانوبكتريا ، لاسيما إذا تزامن ذلك مع تدهور خصائص المياه نتيجة للتربية المكثفة وإجراء عملية التسميد يهدف توفير الغذاء للأسماك^(٢) .

تؤثر درجات الحرارة على المراعي التي يتغذى عليها الحيوان . فبسبب درجات الحرارة تباينت الأعشاب الطبيعية ، وتباينت أيضاً قيمتها الغذائية ، ففي المناطق الحارة ذات الأمطار الصيفية نمت أعشاب السفانا التي تتصف بارتفاع مكوناتها من الألياف ، الأمر الذي جعلها ذات قيمة غذائية قليلة . في حين نمت أعشاب البراري و الأستبس في المناطق المعتدلة الحرارة فكانت ذات قيمة غذائية أعلى أن هذا انعكس على إنتاج الحيوانات سواء كان من اللحوم أو الحليب . وتؤثر درجة الحرارة على تربية الحيوانات في العروض الباردة ، فبسبب قصر فصل النمو ، وانخفاض درجات الحرارة ، نمت الأعشاب بسرعة ولفترة قصيرة ، الأمر الذي جعل تربية الحيوانات بالاعتماد المراعي الطبيعية في تلك العروض محدودة .

ثانياً : الإشعاع الشمسي : Solar radiation :

تعد الأشعة الحرارية تحت الحمراء من الأشعة المؤثرة على إنتاجية الحيوانات لاسيما صيفاً ، لذا كان لابد من أخذ إجراءات حماية الحيوانات بتوفير الظل لها للتقليل من التأثير السلبي لتلك الأشعة . كما أن التعرض الكثير للأشعة فوق البنفسجية له آثاره على الحيوانات ، لأنه قد يصيبها بسرطان الجلد والعيون .

(١) نفس المصدر ، ص ١٦٥ .

(٢) أديب سعد ، التأثيرات السلبية والايجابية لتربية الأسماك في البيئة ، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة ، المجلد الثاني ، العدد الثاني ، الأمانة العامة لاتحاد مجالس البحث العلمي العربية ، ١٩٩٩ ، ص ٧ .

تختلف الحيوانات فيما بينها من حيث امتصاصها للإشعاع الشمسي الساقط عليها وفقاً لألوانها ، إذ أن الألوان البيضاء والفاتحة اللون للماشية تجعلها تعكس معظم الإشعاع الشمسي الساقط عليها ، الأمر الذي يخفض من حرارة الصيف عليها . بينما تمتص الحيوانات ذات الألوان السوداء أو الغامقة معظم الإشعاع الساقط عليها ، وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة أجسامها ، الأمر الذي يتطلب تخفيفها . (إذ تقدر نسبة ما يمتص من الأشعة في الماشية الأفريقية البيضاء **white Africanders** بنحو ٤٥% من كمية الإشعاع الشمسي ، بينما ترتفع هذه النسبة إلى ٨٩% في ماشية الإبردين انجس السوداء)^(١) .

ويعد الضوء أحد عناصر المناخ التي لها أهميتها في التأثير على الحيوانات ، ففي المناطق التي يتباين فيها طول الليل والنهار باختلاف فصول السنة ، يزداد طول الشعر في بعض أنواع الماشية أثناء فصل الشتاء حيث يقصر النهار ، مما يساعد على أكساء الحيوان وحمايته من انخفاض درجات الحرارة في هذا الفصل . أما في فصل الصيف عندما يقصر الليل وتطول مدة الإضاءة فان هذه الحيوانات تبدأ في التخلص من الغطاء الشعري ، فيظهر الغطاء الصيفي القصير الأملس . كما يتأثر إنتاج الصوف في الأغنام بطبيعة المناخ السائد لاسيما ضوء الشمس ودرجات الحرارة ، إذ يمتاز الصوف بنعومته وغزارته واحتوائه على نسبة عالية من الدهون في المناطق التي يسود فيها النهار القصير والشتاء البارد . أما في المناطق الحارة ذات الإشعاع الشمسي الوفير فيمتاز الصوف بالخشونة وقلة محتوياته من المواد الدهنية ، حتى يكاد أن يكون الجلد في بعض الأغنام في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية عارياً من الصوف تماماً^(٢) .

أن لضوء الشمس تأثير على ألوان بعض الاحياء ، إذ أنه في كهوف كارنيولي في ايطاليا يكون لون بعض الأسماك أبيضاً يميل للزرقة ، ولكن لو وضعت هذه الأسماك في حوض فيه ضوء كافٍ ، فان هذه الأسماك تبدأ بتغيير لونها إلى الأسود تدريجياً^(٣) .

يؤثر ضوء الشمس على وفرة المراعي الطبيعية للحيوانات ، فهو يعد عنصر لاغنى عنه في عملية التركيب الضوئي لهذه الأعشاب ، وحينما

(١) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب ، مصدر سابق ، ص ٣٥٧ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٣٥٧ .

(٣) حسن أبو سمور ، الجغرافية الحيوية والتربة ، مصدر سابق ، ص ٧٥ .

وجدت وفرة في ضوء الشمس مع وفرة في مقادير الرطوبة ، كانت الأعشاب تنمو بكثافة فتشكل غذاءً مناسباً للحيوانات .

ثالثاً : الرطوبة الجوية : Atmospheric Humidity :

أن نمو الأبقار وما تعطيه من لحوم وحليب أنما يعتمد على مقدار الرطوبة في الجو ، فكلما كان الجو معتدلاً ورطباً ، كلما كان الإنتاج أكثر ، وهذا يفسر الإنتاجية العالية لأبقار غرب أوربا .

أما الأغنام فإن ، أجود أنواعها لإنتاج اللحم هي التي تربي في مراعي المناطق الرطبة ذات الكلاء الأخضر في فصل الصيف ، أما في الفصل البارد فتبقى داخل الحظائر يقدم لها العلف . ويعد النوع الانكليزي المسمى لانكولن Lincoln من أجود أنواع أغنام اللحم ، إذ يمتاز بوزنه الكبير ولحمه اللذيذ . إلا أن صوفه دهني لا يصلح لصنع الأقمشة الممتازة ، ومع ذلك فإن هذا النوع من الأغنام يحتل المرتبة الأولى بين أغنام العالم الخاصة بإنتاج اللحوم . بينما تربي أجود أغنام الصوف في الدول ذات المناخ الجاف ، إذ تتميز هذه الأغنام بالقدرة على الحركة للحصول على غذائها في المناطق الجافة ذات الغطاء النباتي الطبيعي الفقير ، وتكون في العادة هزيلة وأقل قيمة من النوع السابق . إلا أنها تمتاز بلمعان صوفها الكثيف الطويل ومتانته ، ولذلك يدخل في نسيج أجود الأقمشة الصوفية ، وأشهر هذه الأغنام هو النوع المرعزي أو الانكليزي المسمى شيفيوت chevots ، وأيضاً أغنام المارنيو التي تمتاز بغزارة صوفها وبياضه^(١) .

تتراوح الرطوبة النسبية الملائمة لتربية الأغنام بين ٥٥% - ٧٠% في المناطق الحارة ، وبين ٦٥% - ٩٦% في المناطق المعتدلة الباردة . ويمتلك الدجاج قدرة على تحمل التباين في معدلات الرطوبة ، إلا أنه يتطلب في مرحلة التفقيس والمراحل الأولى من النمو رطوبة نسبية تتراوح بين ٥٥ - ٦٠% في المفرخات ، ونحو ٨٠% في المفاقس ، أما داخل قاعات التربية فالرطوبة الملائمة تتراوح نسبتهما بين ٦٥% - ٧٥% . وتؤثر الرطوبة على الجنين تأثيراً كبيراً جداً في مراحل النمو الأولى ، ولذلك يعد التحكم في معدل الرطوبة داخل المفاقس من العوامل الأساسية في عملية التفقيس الاصطناعي ، إذ ينتج عن النقص في معدل الرطوبة سحب السوائل الموجودة في البيضة ، مما يؤثر على نسبة الفقس ويؤدي إلى إنتاج أفراخ عارية وضعيفة ، أما

(١) نوري خليل البرازي وإبراهيم عبد الجبار المشهداني ، مصدر سابق ، ص ٣٠٢ .

الزيادة في الرطوبة مع الانخفاض في درجات الحرارة فيؤدي إلى ببطء مرور بخار الماء ومخلفات تنفس الجنين إلى خارج البيضة مما يتسبب في إصابة الجنين بتشوهات مختلفة . كما يؤثر ارتفاع نسب الرطوبة في الجو الحار تأثيراً سلباً على عملية التهات panting التي يحاول الدجاج من خلالها تنظيم درجة حرارة الجسم ، أما ارتفاع الرطوبة في الجو البارد فتساعد على زيادة التوصيل الحراري مما ينتج عنه فقدان الجسم لكميات أكبر من الطاقة^(١).

أن أجود المراعي في العالم تنتشر حيث وجود المناطق الرطبة كما في نيوزيلندة والارجنتين والاورغواي وغرب أوربا ، في حين أفقر المراعي في العالم تتواجد حيث يسود الجفاف وتقل الرطوبة في معظم أراضي الوطن العربي .

إلا أن ارتفاع نسب الرطوبة مع ارتفاع درجات الحرارة يؤدي إلى نمو الحشرات والأمراض التي تصيب الحيوانات ، لاسيما في البيئات الدافئة أو الحارة الرطبة .

رابعاً : الأمطار : Rainfall :

تؤثر الأمطار والرطوبة على الحيوانات من حيث طبيعة نموها وإحجامها ، ففي المناطق الحارة ذات الأمطار الغزيرة ، تكون الحيوانات صغيرة الحجم ، لأنه يجب عليها التخلص من العبء الحراري الزائد عن طريق التبخر من جهة ، ولأن المراعي في هذه المناطق تمتاز بسرعة نموها وانخفاض قيمتها الغذائية لقلة محتوياتها من العناصر الغذائية الضرورية ، وارتفاع محتوياتها من مادة السليلوز ، مما لا يساعد على النمو السريع للحيوان من الجهة الأخرى . أما في المناطق المعتدلة الرطبة فيكون نمو الحشائش بطيئاً وتحتوي على نسبة قليلة من مادة السليلوز الخام ، مما يترتب عليه أن الحيوانات التي تتغذى عليها تنمو بسرعة مقارنة بحيوانات المناطق الحارة الرطبة . كما تؤثر الأمطار الساقطة على حموضة التربة وبالتالي على نمو الحيوانات في المناطق السهلية والجبلية ، إذ غالباً ما تكون الحيوانات التي تعيش في المناطق الجبلية صغيرة الحجم وبطيئة النمو مقارنة بالحيوانات التي تعيش في مناطق السهول والأودية ، ويرجع ذلك إلى ارتفاع

(١) مخلف شلال مرعي وإبراهيم محمد حسون القصاب ، مصدر سابق ، ص ٣٨٩ - ٤١٠ .

نسبة حموضة التربة بسبب ارتفاع كمية الأمطار الساقطة في المناطق الجبلية ، وما يترتب على ذلك من غسل مستمر للتربة ونقص عنصر الجبر الذي يعد الأساس في تكوين الهيكل العظمي للحيوان^(١) .

أن الأمطار الغزيرة الموزعة توزيعاً جيداً على أشهر السنة والملائمة لنمو الحشائش بصورة طبيعية ، فضلاً عن ملائمتها لزراعة محاصيل العلف المختلفة جعلت من إقليم إنتاج الحليب في أمريكا الشمالية ، إقليماً متخصصاً في منطقة ذات مناخ قاري رطب ذات صيفي قصير وبارد نسبياً ويتركز إنتاج الحليب في الجزء الشمالي الشرقي من الولايات المتحدة الأمريكية ويمتد في جنوب شرق كندا^(٢) .

أما إقليم إنتاج اللحوم فكان حيث وجود الرعي المنظم في السهول العظمى الأمريكية ، إذ تسود مزارع تربية عجول اللحوم في الجهات الأكثر مطراً والأغنى عشباً ، بينما تتركز تربية الأغنام في الجهات الأقل مطراً والأقصر عشباً ، وأن الأمطار الساقطة في هذا الإقليم ليست تكفي لقيام الزراعة الا على الري ، لذا تركت الأرض لنمو الأعشاب واستخدامها في تربية الحيوانات^(٣) .

أن قلة الأمطار وتذبذبها جعلت من معظم أراضي الوطن العربي فقيرة في مراعيها الأمر الذي انعكس سلبياً على عدد حيوانات الرعي ، ومراعيها ، ومقدار إنتاجها من الحليب واللحوم .

وتنمو حشائش البراري و الأستبس في الأراضي التي تسقط عليها أمطار وافيه تكفي لنموها ، إلا أنها لا تستمر في نموها مع ارتفاع درجات الحرارة و طول الجفاف ، كما أن مساحة أراضي الأستبس تتعرض إلى الزيادة والنقصان وفقاً لوفرة الأمطار أو قلتها .

خامساً : الرياح : wind :

تقوم الرياح بجلب الغيوم المسببة لسقوط الأمطار ، فتؤدي إلى نمو الأعشاب والمراعي التي تمثل غذاء الحيوانات ، كما انها تقوم بنقل الرطوبة الى المناطق الجافة ، او بالعكس اذا كانت الرياح جافة فانها تنقل معها صفة

(١) نفس المصدر ، ص ٣٥٨-٣٥٩ .

(٢) محمد حامد الطائي وعلي حسين الشلش ووفيق حسين الخشاب ، جغرافية العالم الجديد ، ط ٢ ، دار الكتب ، جامعة الموصل ، ٢٠٠٠ ، ص ٦٤ - ٦٥ .

(٣) نفس المصدر ، ص ٦٨ .

الجفاف إلى المناطق الهابة عليها فتزيج رطوبة تلك المناطق ، ولهذا آثاره على الحيوانات والطيور . فضلاً عن ذلك أن الرياح توفر الأوكسجين الضروري لتنفسها ، كما تعمل على إزاحة ثاني أوكسيد الكربون الخارج مع زفيرها . كما أن الرياح قد تنقل معها بعض المواد السامة المستخدمة في مكافحة الآفات الزراعية إلى الحيوانات والطيور داخل المزرعة أو قريباً من حظائرهما فتسبب موتها ، كذلك تقوم الرياح بنقل بعض الملوثات السامة من المناطق الصناعية إلى تلك الحظائر ، أو كأن تكون هذه الحظائر في مهب الرياح الحاملة لهذه الملوثات فتسبب تلوث الهواء الذي يستخدم للتنفس .

سادساً : الضغط الجوي : Atmospheric Pressure :

يتناقص الضغط الجوي مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر وذلك لتناقص كثافة الهواء ، حيث يتطبق الهواء حسب وزن جزئياته ، إذ تكون الجزئيات الأكثر وزناً في الأسفل والأقل وزناً في الأعلى ، كما أن طول عمود الهواء يتناقص مع الارتفاع ، وبالتالي تتناقص قوة الجاذبية الأرضية^(١) .

أن تناقص الضغط الجوي يؤدي إلى حصول بعض الأمراض على حيوانات الماشية (كالذي حصل للأبقار التي أشتراها الساكنون في جبل مرة في مديرية دارفور بالسودان من البدو اللذين يعيشون في السهول المجاورة لهم ، فجلبوا لتربتها في منطقتهم الجبلية على ارتفاع يتراوح بين ٤٠٠٠ – ٧٠٠٠ قدم، وبسبب اختلاف الضغط الجوي على هذا الارتفاع عما في السهول، أدى ذلك إلى قلة خصوبة هذه الأبقار أو انعدامها تماماً بعد مضي عدة سنوات عليها^(٢) .

سابعاً : التبخر : Evaporation :

إن أفضل إنتاج يحصل عليه الإنسان من الماشية من حليب ولحوم ، يكون في المناطق ذات معدلات التبخر المنخفضة (فقيم التبخر المحتمل الملائمة لإنتاجية الأبقار اللبانية العالية الكمية والجيدة النوعية تتمثل

(١) علي حسن موسى ، موسوعة الطقس والمناخ ، ط ١ ، نور للطباعة والنشر والتوزيع ، سورية ، ٢٠٠٦ ، ص ١٩٣ .

(٢) يوسف عبد المجيد فايد ، مصدر سابق ، ص ٢٠٠ .

بانخفاضها في الهكتار الواحد عن ٥٠٠ ملم في السنة ، أما للأغنام فتبلغ قيم التبخر نحو ٤٧٠ ملم في السنة^(١).

والتبخر يؤثر على وجود المراعي على سطح الأرض . فالمناطق التي يقل منها التبخر ، لاسيما في فصل الصيف ، فان ذلك يؤدي إلى وفرة الأعشاب النامية كما ونوعاً وتكون غنية بعناصرها الغذائية كحشائش البراري والأستبس . أما المناطق التي يزداد فيها التبخر فان الأعشاب النامية تكون ذات نوعية أقل ، لقلة محتواها من العناصر الغذائية كحشائش السفانا التي تنمو في المناطق ذات الأمطار الصيفية ، وبعضها يكون فقير من حيث النوعية والكمية ، كما في الأعشاب التي تنمو في المناطق الجافة وشبه الجافة.

تأثير الجفاف على الرعي :

أن قلة الأمطار وتذبذبها ، وفقر التربة ، يجعل النبات الطبيعي في المناطق الجافة قليلاً وفقيراً ويقتصر على الأعشاب القصيرة ، وعلى أنواع من النباتات التي كيفت نفسها للعيش في تلك الظروف المناخية القاسية . ومن أهم ما يميز الغطاء النباتي في المناطق الجافة أنه يتوزع بشكل متباعد ، وذلك لغرض الاستفادة من المياه القليلة . وقد حددت ذلك التوزيع الطبيعة التنافسية للنباتات على كمية المياه المحدودة ، فلذلك يطلق علماء البيئة على المناطق الجافة بأنها تتميز بنظام بيئي هش ، أي أنها لا تتحمل أي ضغط على مواردها الطبيعية المحدودة ، لأن هذا الضغط سيخل بالتوازن البيئي الذي حددته الطبيعة بين ما تفقده تلك المناطق وقابليتها الطبيعية على التجديد والتعويض . ولهذا فان حرفة الرعي تعد انصب الحرف في المناطق الجافة لأنها تتلائم والظروف الطبيعية السائدة فيها ، لاسيما تربية الجمال والأغنام والماعز^(٢) .

تعد ظاهرة الجفاف من الظواهر المتكررة الحدوث في المناطق الجافة ، وتزداد خطورتها إذ استمرت عدة سنوات متصلة ، مما يؤدي إلى قلة كمية المياه في الأنهار وانخفاض مستوى المياه الجوفية ، فضلاً عن شحه

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٥٩ .

(٢) قصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الرياحاني ، جغرافية الأراضي الجافة ، مصدر سابق ، ص ٢٩١ .

النبات الطبيعي ، فيتضرر الرعاة لارتباط حياتهم بما تجود به الظروف الطبيعية من موارد لاسيما المياه والنبات الطبيعي ، فموجة الجفاف الشديدة التي تعرضت لها الأقطار الأفريقية مالي والنيجر والسنغال وموريتانيا والسودان وتشاد واثيوبيا والصومال خلال أواخر الستينات وأوائل السبعينات وما بعد ذلك من القرن العشرين أدت إلى وفاة ١٠٠ - ٢٥٠ ألف نسمة من السكان جوعا وعطشا للمدة ١٩٦٨ - ١٩٧٣ معظمهم من الرعاة ، فضلاً عن هلاك مئات الآلاف من الحيوانات . كما أن مدة الجفاف التي حلت في شبه الجزيرة العربية منذ سنة ١٩٥٨ ولعدة سنوات متتالية أدت الى خسائر كبيرة في الحيوانات التي تمتلكها قبائل شراره وعنزّه وبني عطية وغيرهم من القبائل ، وبلغت نسبة الخسائر في تلك الحيوانات ٩٠ % . كما تضررت ثلاثون ولاية أمريكية في موجة الجفاف الشديدة التي أصابت الولايات المتحدة الأمريكية سنة ١٩٨٨ ، وقضى الجفاف على حوالي نصف محصول القمح الربيعي ، وقدرت الخسائر في محصول الذرة الصفراء بنحو ١٠ % - ٤٠ % الأمر الذي سبب انخفاض في الأعلاف المخصصة للحيوانات ، بسبب تأثير الجفاف على المراعي^(١) .

أن إقليم إنتاج اللحوم أو ما يسمى بإقليم الرعي المنظم يحتل مساحة واسعة من الولايات الغربية في الولايات المتحدة الأمريكية ، إذ يتركز هذا الإقليم في السهول العظمى ، لاسيما الجهات الجافة غير الملائمة لإنتاج القمح ، إذ تسود تربية الحيوانات التي تعرف بالرانج . وتنتشر مزارع تربية عجول اللحوم في الجهات الأكثر مطراً والأغنى عشباً ، بينما تتركز تربية الأغنام في الجهات الأقل مطراً والأقصر عشباً . كما يربى حيوان الماعز المعروف بماعز انكورا المشهور بشعره الجيد . وتختلف مساحة مزارع تربية الحيوانات اختلافاً كبيراً من جهة إلى أخرى اعتماداً على الأمطار الساقطة فهي تكون صغيرة نسبياً في الجهات الأكثر مطراً ، وكبيرة الحجم في الجهات الأكثر جفافاً ، إلا أنه في الغالب تكون جميع هذه المزارع واسعة جداً لا تقل مساحة أصغرها عن عدة آلاف من الأفدنة^(٢) .

ينتشر الرعي البدوي في العالم القديم ، أما الرعي التجاري فيتركز في الأمريكتين وأستراليا ونيوزيلندا وجنوب أفريقيا والاتحاد الروسي ،

(١) نفس المصدر ، ص ٢٩٨ - ٢٩٩ .

(٢) محمد حامد الطائي وعلي حسين الشلش ووفيق حسين الخشاب ، مصدر سابق ، ص ٦٧ - ٦٨ .

وتراعي المزارع الرعوية في الرعي التجاري الطاقة الرعوية للأرض حفاظاً عليها وعلى إنتاجيتها ، لذا أن عدد الحيوانات التي يمكن أن تعد لها مساحة من الأرض تختلف باختلاف البيئات ، كما تختلف باختلاف أنواع الحيوانات ، وفي المناطق الصحراوية الجافة من جنوب غرب الولايات المتحدة فإن العجل الواحد يحتاج إلى ١٠٠ فدان كي يتوفر له العشب اللازم ، بينما تقل هذه المساحة إلى ٢٥ - ٧٥ فداناً في مروج الأستبس والمروج الجبلية ، وتقل أقل إلى ١٠ - ٢٥ فداناً للعجل الواحد على الأطراف الشرقية للسهول العليا . ويقوم معظم الرعي التجاري حيث يسود المناخ الجاف في أمريكا الشمالية وجنوب أفريقيا وأستراليا وجنوب أمريكا الجنوبية والاتحاد الروسي وتشذ عن هذه القاعدة نيوزيلندا وبعض أجزاء من أمريكا الجنوبية حيث يسود فيها المناخ الرطب . وتختلف كمية الأمطار الساقطة في كل منها ، إذ تصل نحو ١٠ بوصات في المناطق الخمس الجافة إلى ما يقرب من ٦٠ بوصة في المناطق الرعوية الرطبة^(١) .

وفي العراق حيث أن الجفاف صفة يتسم بها مناخه قد جعل منه بلداً ذو ثروة حيوانية قليلة لا تكفي سد حاجة السكان المتزايدة ، لذا يستورد العراق اللحوم والحليب ومشتقاته من دول عديدة ، وذلك لان الرعي البدائي لا يزال هو السائد ، فضلاً عن ذلك أن الكلاً الذي تتغذى عليه الحيوانات يتكون في معظمه من نباتات صحراوية نمت تحت ظروف الجفاف القاسي الذي يطبق على أكثر من ٨٠% من مساحة العراق ، وهو في توسع مستمر خلال العقد الأخير من القرن العشرين ، والعقد الأول من القرن الحادي والعشرين ، باستثناء الحيوانات التي تربي مع المحاصيل الزراعية ، فتشكل المحاصيل الزراعية ، أو الأعشاب التي تنمو معها جزءاً مهماً من غذائها وهذا ينتشر حيث تكون الزراعة المروية ، لاسيما في السهل الرسوبي .

إن الأمطار الساقطة في العراق تتصف بقلتها ، إذ أن معدلاتها تبلغ نحو ١٢٥ ملم في محطة بغداد وسط العراق ، وتصل أقل من ذلك في محطة كربلاء نحو ٨٠ ملم الواقعة إلى الجنوب الغربي من بغداد ، وأما في محطة سامراء التي تقع إلى الشمال من محطة بغداد فإن معدل الأمطار الساقطة تبلغ نحو ١٣٦ ملم^(٢) . فضلاً عن ذلك ينتاب الأمطار الساقطة التذبذب الكبير

(١) محمد مرسي الحريري ، الوجيز في الجغرافيا الاقتصادية ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ، ١٩٨٨ ، ص ٤٢٢ - ٤٢٩ .

(٢) الهيئة العامة للأمناء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة .

سنوياً وشهرياً . وفقاً لذلك نمت النباتات الحولية في فصل سقوط الأمطار ،
وحيث تكون درجات الحرارة ملائمة لها والتي يكون فصل نموها قصير ، إذ
تموت هذه النباتات مع انتهاء سقوط الأمطار وارتفاع درجات الحرارة
وحلول الجفاف تاركاً بذورها في التربة لتنمو مرة ثانية في السنة القادمة إذا
كانت الظروف الجوية ملائمة . أما في فصل الجفاف فتتنمو نباتات ترعى
عليها الحيوانات كيفت نفسها للعيش في فصل الجفاف الطويل .

الفصل السادس

المناخ والنقل

Climate and Transportation

الفصل السادس

المناخ والنقل Climate and Transportation

تعد طرق النقل ووسائله مؤشرا على مدى تقدم البلد التي فيه ، لذا لا غرابه ان نجد ان احسن طرق النقل ووسائله تتواجد في دول العلم المتقدمة كالولايات المتحدة الامريكية واليابان وبريطانيا ، في حين نجد ان الكثير من الدول النامية لاتزال بحاجة الى المزيد من طرق النقل كما ونوعا. يؤثر المناخ على النقل تأثيرا كبيرا ، رغم ان الانسان بحكم ما بلغه من تطور علمي وتكنولوجي استطاع ان يخفض من وطأة المناخ على هذا الجانب ، الا انه لا يستطيع منع تأثيره بصورة نهائية ، لاسيما يبرز التأثير بدرجة اكبر على الدول النامية ، ذات الامكانيات المحدودة في الطرق ووسائلها . يختلف تأثير المناخ على النقل وفقا لعناصره ، لذا ستوضح على النحو الآتي :

١: درجات الحرارة :

تؤثر درجات الحرارة على النقل من جانبين هما :

أ: تأثير ارتفاع درجات الحرارة :

لارتفاع درجات الحرارة تأثير على النقل وفقا لنوعه . فارتفاع درجات الحرارة ، تؤثر على الطرق المعبدة بالاسفلت والتي تستخدم للنقل بالسيارات سواء لنقل المسافرين او البضائع ، اذ تتأثر هذه الطرق بالارتفاع المتطرف لدرجات الحرارة ، الذي يؤدي الى انصهار الاسفلت مما يقلل كفاءة الطرق فتجعلها اقل صلاحية للنقل ، كما ان ارتفاع درجات الحرارة يؤدي الى قلة كفاءة ماكنة السيارات وتعجل في اندثارها واستهلاكها. كما انها تؤدي الى زيادة عطلات السيارات فتحتاج الى صيانة اكثر . فضلا عن ذلك ان ارتفاع درجات الحرارة يؤدي الى تمدد هواء اطار السيارات، الامر الذي يؤدي الى انفجارها وربما يسبب بعض الحوادث المؤدية الى خسائر مادية وبشرية ، وتعد البيئات الصحراوية من اكثر البيئات ملائمة لذلك. وعند الارتفاع الشديد في درجات الحرارة تنخفض سرعة السيارة بحكم تأثيرها على كفاءة المحرك ، وهذا يزيد من طول مسافة الطريق ، فيزيد من مدة الوصول الى المكان المنشود ، ويؤثر ذلك على البضائع المنقولة السريعة التلف الامر الذي يتطلب تزويد الناقلات بالبرادات للحفاظ على البضائع ، وهذا يزيد من كلفة

نقل البضائع . فضلاً عن ذلك ان تأخير وصول المسافرين بحكم تباطؤ سرعة السيارات ، يسبب الإرهاق والتعب لهم.

تؤثر درجات الحرارة المرتفعة على النوع الثاني من النقل البري وهو النقل بالسكك الحديدية ، عن طريق تمدد القضبان الحديدية ، ولتلافي خطورة تمدد القضبان وتقلصها ينبغي ترك فراغات بين هذه القضبان .

لا يقتصر تأثير ارتفاع درجات الحرارة على النقل البري ، اذ يتعدى ذلك الى النقل الجوي ، فهي تؤدي الى زيادة المسافة التي تقطعها الطائرة على الممر الارضي لكي تتم عمليتي الاقلاع Take off ، والهبوط Landing ، فارتفاع الحرارة بمعدل درجة مئوية واحدة يؤدي الى زيادة في طول الممر بنسبة ١% فضلاً عن انخفاض سرعتها وتقليل حمولتها . كما ان ارتفاع درجات الحرارة كما في الاقاليم المدارية ينجم عنه استخدام انواع خاصة من الاسفلت لرصف الطرق ، كي لا ينصهر بفعل درجات الحرارة المرتفعة ^(١).

ب: تأثير انخفاض درجات الحرارة :

إذا كان تأثير ارتفاع درجات الحرارة يبرز اكثر في العروض الدنيا والمناطق الحارة والصحراوية ، فان تأثير انخفاض درجات الحرارة يبرز اكثر في العروض العليا والباردة . وان تأثير انخفاض درجات الحرارة لا يقل شأنًا عن تأثير ارتفاعها ان لم يزيد عليه . فانخفاض درجات الحرارة المتطرف يعيق العمل بأنشاء وبناء الطرق البرية الخاصة بالسيارات والسكك الحديدية .

كما يتأثر النقل البحري بالانخفاض الشديد لدرجة الحرارة الى المستوى الذي يؤدي الى تجمد مياه بعض المسطحات البحرية ، والمحيطية خلال شهور الشتاء ، الامر الذي يعيق الملاحة البحرية ، ويغير احيانا من خطوط النقل لسلع معينة ، كما في الحديد السويدي ذو النوعية الجيدة المستخرج من حقول كيرونا - جاليفاري والمطلوب في الاسواق العالمية . الذي يتم تصديره بالنقل البحري الى الاسواق الخارجية عن طريق ميناء لولي السويدي المطل على بحر البلطيق خلال شهور الصيف الا ان الانخفاض الشديد في درجة حرارة مياه بحر البلطيق يؤدي الى تجمده شتاءً ، وهذا

(١) سعيد عبدة ، اسس جغرافيا النقل ، مكتبة الانجلو المصرية ، مصر ، ١٩٩٤ ، ص ١٣٩ .

يجعل امر تصدير الحديد بحرا غير ممكن ، لذا تم مد خط للسكك الحديد يربط منطقة كيرونا- جاليفاري السويدية بميناء نارفيك المطل على المحيط الاطلسي في النرويج ، والذي يتم عن طريقه تصدير خامات حديد السويد الى الاسواق العالمية^(١).

ان استخدام السفن الالية الحديثة ذات الابدان القوية والتي ترافقتها كسارات الجليد النووية قللت من القيود التي كان يفرضها الجليد الناتج نتيجة انخفاض درجات الحرارة على الملاحة البحرية. واصبح بالامكان حاليا مواصلة الرحلة الشمالية الشرقية بين بحر كارا ومضيق بيرنج عبر بحر ومحيطات سيبيريا واستخدمت السفن هذه الطريق في رحلاتها بين اوربا الغربية والشرق الاقصى لانه يختصر ٢٠٠٠ ميل من مسافة الرحلة حتى لو ان السفن سلكت طريق قناة السويس. ورغم ان ضياع بعض الوقت يحدث اثناء عبور الطرق الجليدية نتيجة لاضطرار السفن انتظار وصول كسارات الجليد ، كما انها تخفض من سرعتها في مناطق التجمعات الجليدية، فضلاً عن ارتفاع قيمة التكاليف بسبب النفقات الاضافية على خدمات كسارات الجليد ، وفئات التأمين ضد الجليد. لذا لا يزال الجليد في خليج بوثينيا مثلاً يشكل عائقاً ملاحياً للسفن لاسيما الصغيرة ويفرض العزلة على موانئ السويد وفنلندا المطلة عليه^(٢).

فضلاً عن ان سمك الجليد في الطرق البحرية الشمالية التي تربط المحيط الاطلسي بالمحيط الهادي عبر الخليج الكندي خلال فصل الشتاء يصل بحدود ٥ متر، أو أكثر لمساحة تقدر بحوالي ٤٠٠٠ كم، الأمر الذي يجعل عملية الابحار عبر هذه المسالك المتجمدة عملية مكلفة وباهظة الثمن تتطلب طاقة كبيرة لا جل اذابة التجمعات الجليدية، لذا تسلك بعض البواخر التي تنقل المعادن والمواد الاولية للصناعة تلك الطرق لخص النقل البحري الا انها تضطر الى سلوك طرق اطول من ذلك للابتعاد عن تلك الظروف الجوية القاسية^(٣).

(١) محمد خميس الزوكة ، جغرافية المياه ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية ، مصر ، ١٩٩٨ ، ص٣٧٦.

(٢) كوبر ، جغرافية النقل البحري ، ترجمة محمود ربيع عبدالله الملط ، الاكاديمية العربية للنقل البحري بالاشتراك مع منشأة المعارف، الاسكندرية، مصر، ١٩٧٨ ، ص٥٧ - ٥٨ .

(٣) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص١٦٨ .

رغم ان النقل بالأنابيب أقل تأثراً من بقية انواع النقل الاخرى بالظروف المناخية، اذ يمكن مد خطوط للأنابيب في ظل ظروف مناخية قاسية كما في خط انابيب النفط الممتد من الاسكا في اقصى شمال غرب اميركا الشمالية الى الولايات المتحدة الأمريكية، وكما في الانابيب الممتدة في المناطق الصحراوية كخط التابلاين لنقل النفط من شرقي السعودية الى ميناء الزهراني في لبنان^(١). إلا ان انخفاض درجات الحرارة تؤدي الى تجمد السائل داخل الانابيب كما في شتاء شمال اوربا واسيا وامريكا الشمالية، الامر الذي يستلزم وجود محطات التسخين التي ينبغي ان تقع على مسافات منتظمة على طول مسارات خطوط الانابيب^(٢).

كما يؤثر انخفاض درجات الحرارة على عمليات النقل النهري لبعض المواد، بسبب تجمد مياه هذه الانهار الواقعة في العروض العليا، كما في انهار الاتحاد الروسي التي تتجمد لفترة طويلة تصل ٩ شهور كنهر اوب وينسي ولينا وكولوما التي تكون منابعها جنوبية ومصباتها شمالا في بحر العروض العليا كبحر سيبيريا الشرقي وبحر لابتف وبحر كارا، والتي يمكن ان يستفاد منها في نقل اخشاب الغابات الصنوبرية.

الجبال الجليدية : Ice bergs

تتكسر من مقدمات الانهار الجليدية ومن هوامش الغطاءات الجليدية في منطقة القطب الشمالي كتل جليدية ضخمة تنزلق وتنساب في المياه البحرية المحيطية مكونة جبالا جليدية تتراوح اعدادها بين ١٠ - ١٥ الف جبل جليدي كل عام ، تجرفها التيارات البحرية جنوبا نحو المحيط الاطلسي الشمالي فيصل ما بين ٣٧٥ - ٤٠٠ جبل جليدي سنويا الى النطاقات المحيطة بجزيرة نيوفونلاند في كندا عند دائرة عرض ٤٨ درجة شمالا . ويعد الساحل الغربي لكرينلند اهم مصادر الجبال الجليدية التي يجرفها تيار لبرادور البارد نحو الجنوب. كما تعد جزيرة فرانس جوزيف مصدر الجبال الجليدية التي تظهر في نطاق بحر بارنتس ، كما تظهر الجبال الجليدية في نطاق محدود

(١) احمد حبيب رسول ، النقل والتجارة الدولية ، مطبعة الحوادث ، بغداد ، ١٩٨١ ، ص ٥٨ - ٥٩ .

(٢) سعيد عبده ، مصدر سابق ، ص ١٤٠ .

في شمالي المحيط الهادي ، في المسطحات المائية المواجهة لسواحل الاسكا وكولومبيا البريطانية بين دائرتي عرض ٥٥° - ٦٠° شمالاً^(١) .

كما تتركز معظم الجبال الجليدية في نصف الكرة الجنوبية حول دائرة عرض ٦٠° جنوبا جنوب مسار تيار انتاركتيكا البحري الذي يتحرك في اتجاه عقارب الساعة ، وتتجه الجبال الجليدية نحو الشمال حتى دائرة عرض ٥٦° جنوبا في نطاق المحيط الهادي الجنوبي ، و ٤٢° جنوبا في نطاق المحيط الاطلسي الجنوبي ، وتعد دائرة عرض ٣٠° - ٢٦° جنوبا اقصى حد شمالي لجبال جليدية شوهدت في النصف الجنوبي للارض . وبحكم اتساع المسطحات الجليدية في منطقة القطب الجنوبي تعد الجبال حول انتاركتيكا اكثر عددا واضخم حجما من مثيلتها في منطقة القطب الشمالي. حتى ان الجبال الجليدية تتكون حول انتاركتيكا بمعدل ٩٣% من جملة حجم الجبال الجليدية في العلم ، بينما تكون مثيلتها في منطقة القطب الشمالي باقي النسبة وهي ٧% من جملة حجم الجبال في العالم^(٢) .

تشكل الجبال الجليدية خطرا كبيرا على الملاحة البحرية خلال فصل الصيف وتأتي خطورتها من حيث انها تنغمز في المياه ولا يظهر منها فوق سطح الماء سوى ١١% من حجمها^(٣) . ويصل سمك بعض هذه الجبال الى نحو ٩٠٠ مترا ، كما يتراوح قطر الجبل الواحد بين ٧٥٠ - ١٠٠٠٠ متر ، مما يعكس خطورة هذه الظاهرة لذلك تتحرك الطرق البحرية التي تربط بين اوربا وامريكا الشمالية من ناحية ، وبين امريكا الشمالية واسيا من ناحية اخرى نحو الجنوب في اتجاه دائرة الاستواء خلال الصيف لتجنب خطر الجبال الجليدية ، في حين تنتقل هذه الطرق صوب الشمال مرة اخرى خلال شهور الشتاء . لذا فان الخطوط الملاحية تلك تطول مساراتها خلال شهور الصيف عن مثيلتها في باقي شهور السنة بنسبة ٣٠% تجنباً لأخطار الجبال الجليدية العائمة ، و التي كانت سببا في حدوث اسوأ كارثة بحرية في تاريخ النقل البحري التجاري عام ١٩١٢ ، عندما اصطدمت بها سفينة نقل الركاب العملاقة تيتانيك Titanic ، وغرق نحو ١٥٠٠ راكب^(٤) .

(١) محمد خميس الزوكة ، مصدر سابق ، ص ٣١٦ - ٣١٧ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٣١٧ - ٣١٨ .

(٣) عبد العزيز محمد حبيب ويوسف يحيى طعماس ، جغرافية النقل والتجارة الدولية ، بيت الحكمة ، بغداد ١٩٨٩ ، ص ١٢٩ .

(٤) محمد خميس الزوكة ، مصدر سابق ، ص ٣١٨ .

٢: الرياح:

استغلت الرياح في الحضارات القديمة لتسيير السفن الشراعية للقيام بالتجارة ، اذ وجد نظام نقل بحري دولي في الخليج العربي يعود الى الالف الثالث قبل الميلاد . كما ثبت استخدام السفن في مصر خلال التاريخ نفسه . وكان موسم الابحار في المحيط الهندي يعتمد على وقت هبوب الرياح الشتوية الشمالية الشرقية، والرياح الصيفية الموسمية الجنوبية الغربية . وفي زمن ما بين عام ١٠٠ قبل الميلاد والقرن الاول الميلادي استطاع البحارة اليونانيون والرومانيون ان يستخدموا الرياح الموسمية الصيفية للوصول الى الهند مباشرة عبر المحيط الهندي^(١) .

تؤثر الرياح حال اشتداد سرعتها على سلامة النقل البحري ، اذ انه وفقا لسرعة الرياح يتعاطم حجم الامواج طرديا ، والتي تصل المسافة بين قممها وقاعدتها لاكثر من ١٥ متر (٥٠ قدم) أحيانا ، فتشكل عانقا كبيرا ، تؤدي الى تخفيض سرعة السفينة ، وتغيير خط سيرها وإطالة طريق الوصول ، واحتمال اصابتها بالاضرار. وتحدث اصابة السفينة من جراء عملية الارتطام التي تتعرض لها مقدمة السفينة اثناء ارتفاعها وهبوطها بسبب الامواج . الا ان التطور الذي حصل للارشاد الملاحي قلل من تلك الاخطار ، فاصبحت السفينة تتحاشى تلك الامواج وبامكانها سلوك مسارات اقل مضیعة للوقت^(٢) .

ان اكثر الموجات ارتفاعا ترتبط بمدى التردج الضغطي الكبير ، فتشتد سرعة الرياح محدثة امواجا بحرية عنيفة فتعرقل استمرارية عملية النقل ، وتؤدي الى اطالة فترة النقل ، وزيادة صرف طاقة اضافية ، فضلا عن حدوث اضرار بالمواد المنقولة ، اذ انه في حالة ارتفاع الموجة بحدود ٤ متر تضطر البواخر والسفن الى تباطئ السرعة وتغيير الطريق الذي تسلكه ، الامر الذي يلحق ضررا بليغا ببعض المواد المنقولة كالمواد الغذائية السريعة التلف ، لذا جهزت اغلب السفن التجارية والبواخر بمكيفات هواء واجهزة تبريد خاصة ، تعمل على حماية المواد المنقولة كاللحوم والدواجن التي تنقل

(١) كوبر ، مصدر سابق ، ص ١٣ ، ١٧ ، ١٨ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٥٦ - ٥٧ .

من نيوزيلندا ومن افريقيا الى الدول الاوربية عند اجتيازها مناطق الاستواء والعروض المدارية الحارة ^(١) .

ان سرعة الرياح تؤثر على حركة السفن والبواخر فاذا كانت الرياح مع اتجاه السفينة او الباخرة فانها تعمل على زيادة سرعتها بحدود ١% ، اما اذا كانت الرياح عكس اتجاه السفينة او الباخرة ، فانها تؤدي الى تقليل سرعتها بحدود ٣% - ١٣% طبقا لحجم وحمولة السفينة او الباخرة ^(٢) .

تؤثر الرياح على النقل الجوي ، فاذا كان اتجاه الرياح مرادفا لاتجاه الطائرة ، فانها تزيد من سرعة الطائرة ، وتقلل من الوقود المستهلك ، في حين اذا كان اتجاه الرياح معاكسا لاتجاه الطائرة فان ذلك يؤدي الى بطئ سرعة الطائرة ، كما يؤدي الى زيادة في استهلاك الوقود من اجل الوصول في الوقت المحدد .

اذا اشتدت سرعة الرياح وتحولت الى اعاصير قوية كالهيريكين والتورنادو فينبغي عندئذ الابتعاد عن اماكن تواجدها من قبل وسائط النقل بمختلف انواعها لان لهذه الاعاصير ذات الرياح الشديدة القدرة على تسبب الدمار والخراب الكبير، فهي تعيق عمليات النقل ، وتسبب الحوادث الكبيرة ، والخسائر البشرية والمادية.

٣: العواصف الترابية والرملية :

للعواصف الترابية والرملية دور كبير في اعاقا حركة النقل في المناطق الجافة سواء كان ذلك على الطرق المرصوفة ، او على الخطوط الحديدية ، نتيجة الرمال مع حركة الرياح وتراكمها فوق هذه الطرق ، كما هو الحال في الطريق الصحراوي بين القاهرة والاسكندرية في مصر ، الذي تتراكم عليه الرمال نتيجة الرياح الشمالية الغربية السائدة ، الامر الذي يتطلب صيانة مستمرة . كما يتعرض الخط الحديدي بين الواحات البحرية و حلوان للاغلاق خلال فترة هبوب رياح الخماسيين المحملة بالرمال ، التي تهب من جنوب الصحراء الغربية ، والتي تستمر حوالي ثلاثة شهور ، لذا يتحول نقل خام الحديد من السكك الحديدية الى النقل بالسيارات الاكثر كلفة ، وكما في الرمال الزاحفة على خط السكك الحديدية ، الذي ينقل الفوسفات من مناجم ابو طرطور بالصحراء الغربية الى ميناء سفاجة على البحر الاحمر للتصدير ،

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات على المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٦٨ .

(٢) نفس المصدر ، ص ١٦٨ .

لذا يطلق على الرياح الشمالية الغربية المحملة بالرمال باسم لعنة الصحراء التي تغطي على الطرق المرصوفة والسكك الحديدية^(١).

يزداد تكرار ظاهرة العواصف الترابية والرملية في منطقة السهل الرسوبي في العراق لاسيما في الجزء الواقع ما بين مدينتي الناصرية والبصرة ، اذ تصل سرعة الرياح في بعض ايام الصيف الى نحو ٦٥ كم/الساعة وتزداد سرعة الرياح بارتفاع درجة الحرارة ، وتسبب انتقال الاتربة فوق المئات من الكيلومترات ، فهي تجلب سنويا ما يقدر سمكه ٢٥% سم من الاتربة ، اي انها تنقل نحو ٢,٢٥ مترا لكل ١٠٠ سنة فترسبها فوق تربة السهل الرسوبي^(٢).

تؤثر العواصف الترابية على النقل من حيث انها تسبب عدم وضوح الرؤية إذ تكون الرؤية محدودة ولمسافة قصيرة جداً ، ويزداد عدم وضوح الرؤية مع كثافة الاتربة والغبار الذي تحمله هذه العواصف ، فتسبب انخفاض سرعة واسطة النقل ، كما تسبب حوادث مرورية ، فضلاً تأخير وصول البضاعة والمسافرين ، وربما تتعرض المواد المنقولة الى التلف لاسيما المواد التي تتطلب نقلا سريعا كالفواكه والخضار الطازجة ، واللحوم ، والحليب والالبان . فضلاً عن ذلك ان تغطية الشوارع والسكك الحديدية بالاتربة والغبار والرمال يتطلب ازالتهما عن الطريق الامر الذي يتطلب جهداً وصيانة مستمرة .

٤: الضباب :

يتكون الضباب fog عندما تنخفض درجة حرارة الهواء فوق سطح الارض الى درجة الندى ، فتتكون قطرات مائية او بلورات جليدية صغيرة الحجم بقطر اقل من ٠,١ ملم ، فتبقى معلقة في الهواء وتقلل من مدى الرؤيا ، اذ ينخفض مدى الرؤيا الى اقل من ٢٠٠ متر ، كما يتكون الضباب ايضا من الغيوم الملامسة لسطح الارض^(٣).

(١) سعيد عبده ، مصدر سابق ، ص ١٤١ - ١٤٢
(٢) سعدي علي غالب ، جغرافية النقل والتجارة ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، الموصل ١٩٨٧ ص ١٠٥ .
(٣) علي احمد غانم ، الجغرافية المناخية ، ط ٢ ، دار المسيرة ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠٧ ، ص ١٨٦ .

نتيجة لمحدودية الرؤية مع تكون الضباب فان وسائط النقل تعمل على تخفيض سرعتها ، وبالتالي فان ذلك يؤدي الى تاخر وصول المسافرين او البضائع في الوقت المحدد للمكان المنشود ، فضلا عن ذلك فان ضعف الرؤية ربما بسبب حصول بعض الحوادث ، المسببة للخسائر المادية والبشرية .

من اجل وضوح الرؤية لاسيما في المطارات وجدت عدة طرق لتشتيت الضباب لاجل تامين عمليات هبوط واقلاع بسلام ، وهي كما يأتي^(١):
أ: عملية التبريد: وتعد من اكثر الطرق شيوعا ، وتتم عن طريق تبريد الضباب ، اذ تؤدي الى انخفاض درجة حرارته الى ما دون درجة الانجماد ، عن طريق طرح كميات من الجليد الجاف ومركبات الفضة وبعض المواد الكيميائية التي تعمل على انخفاض درجة الحرارة وانقشاع الضباب نتيجة تكاثف ونزوله الى السطح ، وتطبق مثل هذه الطريقة في كثير من مطارات العالم لاسيما في الولايات المتحدة الامريكية وروسيا والمانيا .

ب: طريقة الضباب الدافئ: عن طريق اشعال نار في مناطق محيطة بالمطار لغرض توليد حرارة اصطناعية مكونة تيارا هوائيا ساخنا يعمل على تدفئة الضباب وتشتته .

ج: خلق رياح اضطرابية شديدة بواسطة طائرة مروحية ، تعمل على انقشاع الضباب تدريجيا .

د: اختراق طبقة الضباب بموجات كهربائية تعمل على خلق اضطرابات بين قطرات الضباب ، كما تعمل على احتكاكها مع بعضها فتشكل قطرات مائية اكبر تهوي نحو سطح الارض .

هـ: رش قطرات مائية بواسطة الطائرات فوق طبقة الضباب ، مؤدية الى تكاثف عناصره ، فيتشتت الضباب تدريجيا .

يمكن تقسيم الضباب وفق نوعية السطح الذي يتكون عليه الى نوعين^(٢):

أ: **ضباب البر** : ويحصل فوق اليابس خلال فصول الخريف والشتاء والربيع ، في العروض الوسطى والعليا ، ويتكون الضباب في اواخر ساعات الليل ، وخلال الساعات الاولى من الصباح الباكر ، ويصل سمك هذا

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٦٥ .

(٢) سعدي علي غالب ، مصدر سابق ص ١٠١ .

الضباب الى مسافة عمودية نحو ٨٠٠ قدم ، ويكون هذا النوع من الضباب خطراً على حركة النقل داخل المدن .

ب: ضباب البحر: يتكون هذا الضباب عند التقاء تيار دافئ مع تيار بارد ، كما في تيار الخليج الدافئ الذي يلتقي مع تيار لبرادور البارد قرب جزيرة نيوفاوندلاند وينشط مثل هذا الضباب خلال فصل الربيع والصيف ، ولا يزيد سمكه كمتوسط عن ٥٠٠ قدم ، ويختلف سمك هذا الضباب من منطقة الى اخرى اعتماداً على ظروف ذلك المكان لاسيما المناخية . ومن اشهر المناطق لانتشار ضباب البحر هي سواحل جنوب غرب افريقيا كاليفورنيا وبيرو وشيلي وحول الجزر اليابانية ومراكش وربما يمتد اثر هذه الضباب الى المناطق الداخلية من اليابس ولمسافات طويلة ، ويستمر أحياناً لعدة أسابيع .

٥: الأمطار :

للأمطار آثارٌ عديدة على النقل البري سواءً كان ذلك على الطرق المعبدة أو السكك الحديدية، فالأمطار تؤدي الى بلل الشوارع المبلطة فتؤدي الى ضعف احتكاك الاطارات بالاسفلت، أي يكون الطريق زلقاً، وهذا ربما يسبب العديد من الحوادث المرورية. (إذ تبين الاحصاءات ان عدد حوادث السير يتزايد بنحو ١٠% بعد سقوط الامطار، لاسيما في بداية موسم الامطار. وأن ٤٨% من الحوادث تحدث أثناء سقوط الامطار، وأن ٧٦% من الحوادث المتعلقة بالاحوال الجوية تحدث على الطرق المبللة خلال سقوط الامطار^(١)).

ان بلل الشوارع المبلطة يؤدي الى تباطؤ سرعة السير، وهذا يؤدي الى حدوث الاختناقات والازدحامات المرورية التي تسبب الازهاق والتعب للمسافرين، كما تؤدي الى تأخر وصول الافراد والبضائع والمواد. فضلاً عن ذلك ان تأثير الامطار يبرز واضحاً على الطرق الترابية ، إذ تقل عمليات النقل عليها، وقد تتوقف أحياناً، كما في الكثير من الطرقات الترابية في العراق في السهل الرسوبي، وذلك لان بعض هذه الطرقات ذات التربة الطينية أو الغرينية تكون زلقة تسبب تأرجح السيارة وعدم سيطرة السائق عليها، الامر الذي يؤدي الى نجرافها عن الطريق ، فتصاب بالضرر ، فضلاً

(١) علي أحمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٣٩ .

عن وجود المطبات التي تكون مكان لتجمع مياه الامطار فيها والتي تسبب انغراس اطارات السيارة فيها.

للتقليل من أثر الامطار على الطرق المرصوفة والحيلولة دون تجمعها في الطرقات ولكي لا تعيق عملية النقل، لاسيما في الاقاليم المطيرة ، ينبغي تزويد الطرقات بالجسور ، بالمصارف اللازمة لصرف مياه الامطار الغزيرة وتزداد اخطار الامطار في الاقاليم الصحراوية الجافة وشبه الجافة، عندما تتعرض أحياناً لسقوط امطار في شكل زخات شديدة مصحوبة بالعواصف الرعدية، فيتربت عليها حدوث سيول جارفة تعطل حركة النقل على الطرق المرصوفة والسكك الحديدية، كما حدث في المنطقة الجنوبية بالمملكة العربية السعودية عام ١٩٨٤ ، عندما اقتلعت السيول جسراً كبيراً، وفي مصر جرفت السيول التربة ودمرت قضبان السكك الحديدية بين القاهرة واسوان في محافظتي قنا واسوان في شتاء عام ١٩٨٠ ، كما دمرت السيول الطرق المرصوفة في سيناء^(١).

ان الامطار الغزيرة تعيق عمليات الشحن والتفريغ للبضائع في مختلف وسائل النقل، كما تؤدي الامطار الغزيرة الى عدم وضوح الرؤية، فتحد من عملية السير ، فضلاً عن ذلك انها تسبب الفيضانات التي تغطي على الطرق المعبدة والترابية والسكك الحديدية ، فتعمل على اعاقه حركة النقل في الاماكن المعرضة للفيضان وقد تصيب قطاع النقل بالشلل.

٦. الثلوج :

تعيق الثلوج المتساقطة عمليات النقل البري، إذ ان السيارات والقطارات لا تستطيع السير مع تراكم الثلوج، إلا بعد بذل الجهود في إزالتها من فوق الطرقات، وإذا كانت الثلوج تتساقط باستمرار، فيتطلب ذلك عمل مستمر لازالتها.

أما أثر تساقط الثلوج على النقل المائي، فيبرز عن طريق تراكم الثلوج على البواخر، إذ تزداد حمولتها ويختل توازنها، فيؤدي ذلك الى عدم استقرارها. فبسبب الرذاذ الثلجي وانخفاض درجات الحرارة يمكن ان تصل كميات الثلوج المتراكمة في العروض العليا الى نحو ٠,٥٤ طن في الساعة، وفي حالة الضباب الكثيف والهواء البارد تصل كمية الثلوج المتراكمة نحو

(١) سعيد عبده، مصدر سابق ص ١٤٣ .

٠,٢٥ طن/ساعة. لذا يمكن ان يصل مجموع الثلج المتراكم من الثلوج نحو ٥٠ طناً خلال عدة أيام. فضلاً عن ذلك ان تراكمات الثلوج على هيكل الطائرة قد يحصل في حدود درجات حرارة بين -٥°م الى -٢٠°م^(١)، الأمر الذي يسبب ثقلاً على جسم الطائرة ، كما ان الثلوج المتراكمة ربما تكون غير متساوية على جسم الطائرة فتسبب اختلالاً في توازنها.

يمكن استخدام بعض الطرق للتقليل من تأثير الثلوج، لاسيما في النقل البري، منها: إزالة تراكمات الثلوج بواسطة الجرافات، ووضع حواجز على جانبي الطريق، تعمل كمصدات بوجه الرياح الباردة، لمنع تراكم الثلوج على الطرقات، كما يمكن توجيه تيار هوائي ساخن فوق الثلوج لاذابتها.

٧: السحب :

يعد وجود السحب الركامية Cu ، والركامية المظيرة Cb ، من العوائق الجوية الخطرة على عملية الطيران، وذلك لانها تزيد من عملية تراكم الثلوج، إذ ان أكثر التراكمات الثلجية خطورة على الطيران ترصد في وجود هذا النوع من السحب، والتي تسبب نشؤ الحركة الاضطرابية، كما ان الرياح تكون سريعة مع وجود هذا النوع من السحب، فضلاً عن سقوط الامطار وهطول البرد، وحصول عملية التفريغ الكهربائية، لذا كان من الواجب حماية الطائرات من ذلك، لاسيما إذا وقعت ضمن منطقة التفريغ الكهربائي، بوضع أجهزة تحمي الطائرة من خطورة تلك الظاهرة^(٢).

ان حدوث التيارات الصاعدة updraft والتيارات الهابطة Downdraft في الغيوم الركامية المترتبة تسبب فقدان السيطرة على الطائرة. كما ان سقوط البرد ، لاسيما الكبيرة الحجم يحدث اضراراً جسيمة في الطائرة لاسيما في مراوح المحركات. اما الامطار الغزيرة فتسبب تدفق المياه الى الطائرة وغرق محركاتها بالماء. في حين يشكل البرق خطراً كبيراً على المعدات الالكترونية في الطائرة، وان اتلافها يؤدي الى فقدان الاتصال بين الطائرة والمطار، وربما يكون ذلك سبباً في تحطمها. لذا يلجأ الطيارون

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٦٦-١٦٧.

(٢) نفس المصدر، ص ١٦٧.

الى الابتعاد عن مثل هذه الغيوم، لانه يرافقها حدوث العواصف الرعدية
الخطرة على الطائرات^(١).

٨: الضغط الجوي :

يؤثر الضغط الجوي على النقل ، عن طريق تكون المطبات الهوائية التي
تنتج عن تباين نطاقات الضغط الجوي ، والتي تشكل خطرا على الملاحة
الجوية ، لذا ينبغي توفر الخرائط للتعرف على اماكن هذه المطبات لتلافيها
والابتعاد عنها^(٢). كما يؤثر الضغط الجوي على سرعة الرياح ووجود
الحركات الاعصارية العنيفة التي تسبب ارتجاج الطائرة وانقلاب حمولتها ،
وربما يفقد الطيار السيطرة مما يؤدي الى كارثة السقوط او الانفجار^(٣). يقود
الانخفاض الشديد في الضغط الجوي ، الى تكون الاعاصير ، التي تسبب
عرقلة النقل بأنواعه ، وتزداد سرعة الرياح بزيادة قيمة منحدر الضغط
الجوي ، الامر الذي يتطلب تجنب خطر الاعاصير ، وذلك بالحصول على
المعلومات قبل حدوثها ، مع اخذ الاحتياطات اللازمة لمجابهتها ، لانها ربما
تسبب خسائر مادية وبشرية كبيرة .

٩: الصقيع:

يعد الصقيع من الظواهر المناخية المؤثرة سلبيا على عمليات النقل لاسيما
البري منها . اذ تؤدي هذه الظاهرة الى حصول عمليات الانزلاق من قبل
السيارات او الشاحنات وذلك لضعف احتكاك الاطارات بالطريق المعبد ،
فتؤدي الى حصول الحوادث . وللد من تأثير هذه الظاهرة تتبع عدة طرق
منها يتم رش الطرقات بالملح او بعض المواد الكيماوية لمنع حدوثها . او
العمل على تسليط تيار هوائي ساخن يمنع تكون الصقيع .

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٣٦ .

(٢) سعيد عبده ، مصدر ، مصدر سابق ، ص ١٤٠ .

(٣) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ،
ص ١٦٦ .

الفصل السابع
المناخ وعدد من الأنشطة البشرية
المناخ الصناعي
المناخ التجاري
المناخ السياحي
المناخ العسكري

الفصل السابع
المناخ وعدد من الأنشطة البشرية
المناخ الصناعي ، التجاري ، السياحي ، العسكري

Industrial climatology المناخ الصناعي

يؤثر المناخ على الصناعة التي تتم خارج الأبنية بصورة واضحة وذلك لتعرضها المباشر الى الظروف المناخية السائدة ، في حين تتعرض الصناعة داخل الأبنية الى تأثير اقل من قبل عناصر المناخ ، وذلك لان الانسان استطاع عن طريق استخدام أجهزة التكييف والتبريد والتدفئة من التغلب على بعض الصعوبات المناخية ، الا انه رغم ذلك فان استخدام هذه الوسائل والأجهزة يزيد من كلفة المواد المصنعة اذ تضاف كلفة استخدام تلك الأجهزة والوسائل الى كلفة البضاعة فيزيد من سعرها . والبضائع المصنعة لكي تكون مرغوبة في أسواقها ينبغي ان تتحلى برخص سعرها ومتانتها حتى تتمكن من منافسة السلع الأخرى.

ظهرت مجموعة من الأبحاث تدور حول علاقة المناخ بالتوطن الصناعي كما تناول عدد من الباحثين دور عناصر المناخ كل على انفراد في توطن الصناعات المختلفة ومن هؤلاء الباحثين^(١) : G.Grundke ,E.Huntington ,J.H.schultze , ولتوضيح تأثير المناخ على الصناعة يمكن تتبعه عن طريق عناصره وكما يأتي:

١ : الأشعة الشمسية: insolation

تأتي أهمية الأشعة الشمسية من توفيرها الرؤية الواضحة نهارا اذ يمكن الاستغناء عن وسائل الإنارة ، لاسيما الصناعات التي تكون خارج الأبنية وتقلل من كلفة البضاعة المصنعة . كما تأتي أهمية الأشعة الشمسية من كونها استخدمت في توليد الطاقة الكهربائية فهي تعد من مصادر الطاقة المتجددة، وهذا يشكل عامل جذب للصناعات التي تحتاج الى طاقة كهربائية كبيرة لاسيما في المناطق التي يتوفر فيها اشعاع شمسي وفير على مدار السنة كمعظم دول الوطن العربي . ووفقا لصفاء السماء ووفرت الضوء ازدهرت

(١) احمد حبيب رسول ، مبادئ جغرافية الصناعة ، مطبعة الحوادث ، بغداد ، ١٩٨٠ ، ص ١٠٨ .

بعض الصناعات في المناطق المشمسة كصناعة السينما والأفلام في هوليوود في كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية.

٢: درجات الحرارة: Temperature degree

يختلف تأثير درجات الحرارة على الصناعة، وفقا لاعتدالها أو انخفاضها أو ارتفاعها وكما يأتي :-

أ: الاعتدال في درجة الحرارة: تعد درجات الحرارة المعتدلة من انسب الدرجات لقيام صناعات معينة، وذلك لانه في اعتدال درجات الحرارة يمكن ان يستغنى عن استخدام وسائل وأجهزة التكييف، فضلا عن ذلك ان العامل في درجات الحرارة المعتدلة يمكن ان ينتج اكثر مما في درجات الحرارة الأخرى.

ففي الولايات المتحدة تتأثر صناعة الطائرات في موقعها بالمناخ، فصناعة محركات الطائرات تتركز في الشمال الشرقي منها، بينما توجد صناعة هياكل الطائرات وتجميعها النهائي في الجنوب الغربي، لان المناخ معتدل، يسمح بالعمل في العراء، كما يسمح بالطيران طول العام، ويمكن تخزين الآلات في العراء بتكاليف رخيصة، فضلا عن ذلك ان الشتاء المعتدل يقلل من تكاليف التدفئة، وهو امر هام في المصانع الكبيرة الحجم^(١).

ب: انخفاض درجات الحرارة : في المناطق التي تنخفض فيها درجات الحرارة كثيرا تحتاج الى التدفئة في داخل المصانع، اما اذا كان العمل في خارج المبنى فانه يتوقف شتاءً، كما ان رغبات الشعوب في المناطق الباردة يكون طلبها متزايد على استهلاك بضائع صناعية معينة كالملابس الصوفية الثقيلة والبطاطين وأجهزة التدفئة والتسخين ومواد الوقود^(٢).

ان انخفاض درجات الحرارة وتراكم الثلوج يتسبب في انقطاع حركة النقل والمرور، فضلا عن توقف العمل وهذا يؤدي الى اطالة فترة النقل للخامات والمنتجات، وبالتالي زيادة تكاليف النقل فضلاً عن توقف العمل ففي شتاء عام ١٩٦٣ شهدت القارة الأوروبية موسم برد قارص أدى الى إيقاف العمل في معظم قطاعات الاقتصاد، لاسيما في صناعة تعدين

(١) فواد محمد الصفار، الجغرافيا الصناعية في العالم، ط١، وكالة المطبوعات، الكويت ١٩٨٠، ص١٠٨.

(٢) نفس المصدر، ص١٠٨-١٠٩.

الفحم^(١). كما ان صناعة بناء السفن التي تتواجد في الشمال الشرقي من الولايات المتحدة الامريكية تتوقف في فترات البرودة الشديدة^(٢).

ج: ارتفاع درجات الحرارة : بارتفاع درجات الحرارة، تقل مقدرة العامل على الانتاج، الأمر الذي يتطلب توفير وسائل وأجهزة التبريد، التي تقلل من الأثر السلبي لدرجات الحرارة المرتفعة، وربما يتوقف العمل في المناطق ذات درجات الحرارة المرتفعة عندما يكون في العراء، عند حصول تطرف كبير في درجات الحرارة، لانه ربما يصاب الانسان ببعض الأمراض نتيجة المجهود الذي يقوم به كضربة الشمس، والتيفوئيد، فضلا عن النحول والتعب والارهاق الذي يصاب من جراء الارتفاع الحاد في درجات الحرارة.

يزداد الطلب على بضائع وسلع معينة في المناطق الحارة، كما تزدهر فيها صناعات محددة مثل صناعة الثلج وصناعة المياه والمشروبات الغازية، وصناعة الملابس الخفيفة، وأجهزة ووسائل التبريد كالثلاجات والمبردات والمراوح الكهربائية.

يلعب تطرف المناخ في بعض الاحيان دورا غير مشجع لقيام صناعة ما. ففي غانا التي تأتي في مقدمة الاقطار المنتجة للكاكاو في العالم، لا تتم فيها صناعة الشوكولاتة لان المناخ حار لا يلائم هذا النوع من الصناعة، اذ يعد المناخ البارد عنصرا ضروريا في نجاح وتوطن هذه الصناعة^(٣).

٣: الرطوبة الجوية :

يعمل ارتفاع الرطوبة الجوية على توطن الصناعات التي تتطلب موادها الخام ان تكون رطبة، كما في الصناعات القطنية، كما تعمل هذه الصناعات على زيادة استخدام الماء اذا ما أقيمت في مواقع جافة، الامر الذي يزيد من كلفة الانتاج^(٤). وكان اختيار منطقة لانكشير في انكلترا لتكون مركزا رئيسيا للصناعات القطنية مرتبطا بعوامل كثيرة من بينها الفحم والرواسب الملحية وشق القنوات وتوفير الايدي العاملة المدربة واتساع

(١) احمد حبيب رسول ، مبادئ الجغرافية الصناعية ، ج ١، مطبعة دار السلام ، بغداد ، ١٩٧٦، ص ١٠٢ .

(٢) فؤاد محمد الصفار ، مصدر سابق ، ص ١٠٨ .

(٣) احمد حبيب رسول ، مبادئ الجغرافية الصناعية ، مصدر سابق ، ص ١٠٢ .

(٤) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٠١ .

السوق، وتأتي رطوبة الجو على راس العوامل المذكورة، لأنها تساعد في عمليات الغزل وتعطي الخيوط المتانة المطلوبة في هذه العملية^(١).

٤: الرياح:

تأتي أهمية الرياح كونها مصدرا من مصادر الطاقة المتجددة، وحيثما تتوفر الشروط الملائمة لتوليد الطاقة الكهربائية من الرياح، فإنه بإمكان هذا العامل ان يجذب بعض الصناعات اليه، لذا يمكن ان تعد الرياح احدى عوامل التوطن الصناعي.

ان جهة هبوب الرياح يمكن ان تؤثر في عدم توطن صناعات معينة في مكان ما، اذ ان بعض الصناعات التي تطلق الملوثات والغازات السامة الى الجو ينبغي ان تكون بعيدة عن مسار الرياح نحو المناطق السكنية، لأنها اذا اقيمت المصانع مع جهة هبوب الرياح التي تمر على المناطق السكنية فانها تسبب تلوث الهواء وربما تؤدي الى تسمم السكان، لذا اقيمت مصفى الدورة في جنوب بغداد كما اقيمت مصانع الطابوق في النهروان، بعيدة عن مدينة بغداد المكتظة بسكانها، لان الرياح السائدة هي الرياح الشمالية الغربية.

المناخ والتجارة: climate and Trade

ان التجارة قديمة قدم الحضارات التي نشأت في الاراضي ذات الانهار كمصر والعراق وشمال غرب الهند فتلك الحضارات تدين للتجارة بالكثير من تطورها مثلما تدين للزراعة. لانه حتى يمكن انماء وتعزيز المدن في المناطق الطينية كان يلزمها استيراد الأحجار والأخشاب والمعادن. وكان من المستحيل توريد تلك المواد الثقيلة آنذاك وبكميات وافية إلا عن طريق النقل النهري والبحري. ولقد ثبت وجود نظام نقل بحري دولي في الخليج العربي في الالف الثالث ق.م ، وكان واضح التمرکز في جزيرة البحرين، وكانت تقصدها السفن من أور محملة بالبضائع المصنعة من العراق وتلتقي بالسفن القادمة من عمان مشحونة بالخشب والنحاس والديوريت، ومن الهند بالفخار والذهب والفضة والعاج^(٢).

(١) فواد محمد الصفار، مصدر سابق، ص ١٠٩.

(٢) كوبر، جغرافية النقل البحري ، ترجمة محمود ربيع عبد الله الملط ، الاكاديمية العربية للنقل البحري بالاشتراك مع منشأة المعارف ، الاسكندرية ، مصر ، ١٩٧٨ ، ص ١٣.

كما ثبت استخدام السفن في التجارة في مصر خلال الالف الثالث ق.م، وسارت السفن المصرية في النيل، وقام البحارة المصريون برحلات ساحلية الى لبنان لشحن الخشب، لذا بنيت سفنهم من عوارض طويلة من خشب الارز المستورد، وكانت السفن تستعين بالمجاديف أحياناً، في رحلاتها شمالاً، كما تستعين بالرياح الشمالية خلال موسم التجارة الصيفي^(١).

للعوامل المناخية دور في تباين الانتاج الزراعي والصناعي، وبذلك فهي تساهم في قيام النشاط التجاري. وذلك لانه انتاج الاقاليم الموسمية يختلف عن انتاج الاقاليم المدارية، وانتاج اقليم البحر المتوسط يختلف عن انتاج الاقاليم المعتدلة او الباردة، وهذا كان سببا في قيام التبادل التجاري بين الاقاليم. اذ ان ٩٠% من جملة الانتاج من محصول الرز مصدره العالم الموسمي الاسيوي، و ٧٠% من جملة الانتاج العالمي من الشاي يأتي من ثلاثة اقطار هي الهند والصين وسيرلانكا، ونحو ٤٥% من الانتاج العالمي من المطاط الطبيعي يأتي من ماليزيا، وتسهم كوبا بنحو ١٠% من انتاج سكر القصب عالمياً، الامر الذي جعل هناك الحاجة ملحة الى وجود النشاط التجاري بين دول العالم^(٢).

ان المناخ بعناصره المختلفة ربما يؤدي الى تأثير سلبي على الحركة التجارية، كما عند انخفاض درجات الحرارة الشديد والتي تؤدي الى تساقط الثلوج في العروض العليا، الامر الذي يؤدي الى اغلاق الكثير من المحال التجارية، والتي يستمر اغلاقها لفترة طويلة حتى يتحسن الجو. كما ان سقوط الامطار يخفض من عملية التسوق التجاري، وتتناسب هذه العملية عكسياً مع غزارة الامطار واستمرارية تساقطها، اذ تنخفض عملية التسوق التجاري مع شدة وغزارة الامطار وطول مدة استمراريته ومع ذلك فإن تساقط الامطار يزيد من الطلب على بعض البضائع كالمضلات والمعاطف المطرية.

للمناخ دور مهم في تحديد نوع الطلب على البضائع وفقاً لدرجات الحرارة، فمع بدأ ارتفاع درجات الحرارة في فصل الربيع يزداد الطلب على البضائع التي يمكن استخدامها في فصل الصيف كالملابس الخفيفة ووسائل وأجهزة التبريد كالمبردات والمراوح والثلاجات. في حين مع بدأ انخفاض درجات الحرارة في فصل الخريف يزداد الطلب على البضائع التي يمكن

(١) نفس المصدر، ص ١٣-١٤.

(٢) احمد حبيب رسول، النقل والتجارة الدولية، مطبعة الحوادث، بغداد، ١٩٨١، ص ١٥٣.

استخدامها في فصل الشتاء كالملابس الثقيلة الصوفية والقطنية والبطانيات ووسائل وأجهزة التدفئة.

المناخ والسياحة Climate and Tourism

زاد الاهتمام بالجانب السياحي، لاسيما بعد زيادة وقت الفراغ وتقليص عدد ساعات العمل، فاهتمت دول عديدة بالجانب السياحي لها، نتيجة استقطاب السياح إليها. وللمناخ دور مهم في جعل العديد من المناطق مرغوبة من قبل السياح ويبرز ذلك من خلال:

١: المشاتي :

هي تلك المناطق التي تكون أكثر شمسا وحرارة في فصل الشتاء، وتجذب إليها سكان المناطق الباردة التي تنخفض فيها درجات الحرارة شتاء بدرجة كبيرة، ويكون النهار قصيرا، وأشعة الشمس ضعيفة لميلانها. (ومن امثلة المشاتي ، مشاتي اريزونا في الولايات المتحدة الامريكية، والاغوار في فلسطين والاردن. ومع ذلك فإن المناطق الجبلية التي تتراكم عليها الثلوج تزدهر فيها انواع الرياضة الجليدية، كما في جبال الالب في اوربا وجبال كولورادو في الولايات المتحدة الامريكية^(١)).

٢: المصايف :

هي المناطق المعتدلة في حرارتها صيفا، كما في المناطق الجبلية والساحلية (الشواطئ)، فالمناطق الجبلية تمتاز باعتدال درجة حرارة الصيف، كما ان مناخها يسمح بنمو نباتات طبيعية تجذب الانظار إليها ويكون هوائها نقيًا، فضلا عن وجود المساقط المائية (الشلالات) كل ذلك جعل منها مناطق جذب للسياح، كما في مصايف شمال العراق في السليمانية و دهوك واربيل. اما المناطق الساحلية و بسبب موقعها البحري فأنها تمتاز بأعتدال مناخها، وأشراق شمسها صيفا فضلا عن ابتعادها عن اجواء المدن الصاخبة، وهدوئها، لذا فهي تجذب السياح إليها كشواطى الريفييرا الفرنسية والايطالية التي تعد من اكثر مواقع جذب السياح في العالم.

المناخ العسكري: Military climatology

يعد لاستغلال الطقس والمناخ بالصورة الصحيحة في العمليات العسكرية دور مهم في نجاحها، كما يكون للطقس والمناخ دور في فشل

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٥٣-٢٥٤ .

بعض العمليات العسكرية لعدم التعامل مع عناصرها بالصورة المناسبة، وبسبب أهمية الاحوال الجوية في المعارك أخذت قيادات الجيوش تعطي أهمية لتطوير الارصاد الجوية للاستفادة منها وقت الحروب. ولهذا فأن قيادة جيوش الدول العظمى مثل الولايات المتحدة الأمريكية وروسيا والمانيا وفرنسا تحتوي على اقسام تختص بوظيفة اعداد الخرائط الطقسية التي تلزم الجيش، وهي مجهزة بالمختصين وبأحدث تقنيات الارصاد الجوية من اجل الحصول على تنبؤات جوية اكثر دقة يستفاد منها في التخطيط واطماف العمليات العسكرية. ويعد الجيش الامريكي من اكبر القطاعات التي توظف المختصين بالارصاد الجوية، ومهمتهم هي التنبؤ بالاحوال الجوية حول العالم، لاسيما في اماكن حدوث المعارك . فهم موجودون في قطاعات الجيش الامريكي وهم مزودين بأجهزة كمبيوتر فيها احدث برامج التنبؤات الجوية، ويكونون قادرين على الاتصال بالقيادة من أي مكان عبر الاقمار الاصطناعية التي تزودهم بأحدث المعلومات^(١).

ويمكن توضيح تأثير الطقس والمناخ على الجانب العسكري عن طريق عناصرهما وكما يأتي :

١: درجة الحرارة :

لدرجة الحرارة تأثير على راحة العسكري، اذ ان الدرجات المعتدلة هي التي تكون ملائمة لراحته، بينما يؤثر ارتفاع درجات الحرارة وانخفاضها سلبيا على راحته.

كما تؤثر درجات الحرارة على طعام وشراب وملابس العسكريين ، فطعام وشراب وملابس المناطق الحارة ينبغي ان يختلف عن المناطق الباردة . فبينما يحتاج العسكري في المناطق الحارة الى ملابس خفيفة تريح الجسم ، وتعمل على تسرب الطاقة لتبريد الجسم ، كما يحتاج الى مياه باردة لتخفيف وطأة الحر فأن العسكري في المناطق الباردة يحتاج الى ملابس تقيه شدة البرد وانخفاض درجات الحرارة الشديد، كما يحتاج الى مواد غذائية تعطيهِ سرعات حرارية تولد في بدنه الطاقة اللازمة لمواجهة البرد القارص .

ان لدرجات الحرارة دور كبير على العمليات العسكرية، اذ كان لانخفاض درجات الحرارة في الاتحاد السوفيتي وتعرضه الى موجات برد

(١) نفس المصدر ، ص ٢٦١ .

قارص وسقوط الثلوج دور في اندحار نابليون وفشله في السيطرة على الاتحاد السوفيتي وكذلك فشل هتلر من بعده في ذلك.

٢: الرياح :

تعمل الرياح الشديدة على اثاره العواصف الترابية والغبارية فتعيق الرؤية الواضحة، كما انها تؤثر على صحة الجنود، ولاسيما الذين لديهم الحساسية من الاتربة والغبار الدقيق. وقديما في الحرب بين المسلمين والمشركون في معركة الخندق كان هبوب الرياح القوية بوجه المشركون سببا في هزيمتهم.

كما ان للرياح دورها الفعال في انتشار مفعول الاسلحة الكيماوية اذا ما احسن استخدام سرعتها واتجاهها وديمومة ذلك على الموقع. فضلا عن تأثيرها الكبير في دقة تصويب سلاح المدفعية وما تقعله من انحراف لقذائفها. وتؤثر الرياح في الاساطيل البحرية وعرقلة عمليات الانزال على الشواطئ، وذلك من ناحيتان، الاولى : ان المدافع عن الساحل يكتسب قوة مدعومة من الرياح ، والثانية: ان الرياح تشكل عنصرا للمباغته من قبل المهاجم، نظرا لان قوة الدفاع عن الساحل لا تتوقع هجوما بالانزال على الساحل في يوم عاصف، وهذه الحقيقة استخدمها سلاح الغواصات والبوارج الالمانية في هجومهم على مضيق دوفر في يوم عاصف ذو موج هائج ففاجأوا فيه قوة الحلفاء. وكذلك ما فعله الحلفاء من نزولهم في نورماندي في يوم عاصف هائج لمباغته الالمان الذين كانوا يحتلون فرنسا^(١).

٣: الثلوج والجليد :

ان تراكم الثلوج يسهل عملية تمييز المواقع العسكرية من الاعداء، اذ يمكن مشاهدة الاليات والجنود فوق سطح الثلج بسهولة، كما وان الثلوج تقلل من ضرر القنابل لانها تمتص انفجار القنابل فيكون تأثيرها ضعيفا^(٢). اما الجليد فيظهر تأثيره على القوة البحرية، اذ تشكل المواقع المتجمدة كما في المحيط المنجمد الشمالي وبحر البلطيق وبحار العروض العليا وخلقجتها عاملا يضعف حركة الاسطول الروسي، وكثيرا ما ابعده في كثير

(١) عاد سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢١١-٢١٣ .

(٢) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٦٦ .

من الاوقات الى البحار الدافئة في الجنوب، وهذا يعرضه لكلفة اكبر في الامداد والتجهيز، ويعرضه الى ان يكون في متناول الاسطول الامريكي بدرجة اكبر. وقد يشكل تجمد المياه لفترة معينة شتاء حول روسيا حزاما يعرقل اختراقها من قبل القوة البحرية الامريكية، الا انه في الوقت نفسه يمنع هذا الحزام القوة البحرية الروسية من استخدام اراضيها ظهيرا لها^(١).

٤ : الضباب :

يعد الضباب سلاحا ذو حدين للمهاجم والمدافع. فالمهاجم يستخدم الضباب حاجزا يحد من كشف تقدمه، في حين يستخدم المدافع الضباب سترا له عن كشف مواضعه من قبل العدو. كذلك يستخدم الضباب من قبل سلاح الطيران في مهاجمة قواعد ومواقع العدو، لانها تشكل فرصة للطيار في عدم كشف طائرته من قبل العدو، وذلك لان الضباب يتكون ضمن ارتفاعات محدودة تؤثر في الرؤية من الارض بدرجة اكبر من الرؤية من السماء^(٢).

٥ : الامطار :

تؤثر الأمطار على حركة الآليات، فهي تعيق الحركة لاسيما في الطرق الترابية، ويتعاضم اعاقا الآليات اكثر مع التراب الملحية. كما ان سقوط الأمطار يعيق عملية حفر الخنادق، وربما تتسرب مياه الأمطار إلى مواضع الجنود فتغمرها.

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي . المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢١٢ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٢١٢ .

الفصل الثامن

المناخ الطبي Medical climate

الفصل الثامن

المناخ الطبي Medical climate

المناخ الطبي :

المناخ الطبي هو فرع من فروع علم المناخ التطبيقي، كما انه احد فروع الجغرافية الطبية. ووردت اشارات في الحضارات القديمة عن تأثير الأمراض بعوامل طبيعية اهمها العوامل المناخية. (فقد اعتقد هيبو قراط Hippocrates (٣٧٧-٤٦٠ ق.م) ان جميع الأمراض تعود بمنشأها الى عوامل طبيعية ، وان الاوبئة تقترب بالمتغيرات الجوية ، وفي بحثه في القرن الرابع ق.م أكد على اثر المياه والرياح في نشأة الأمراض ، في كتابه الماء والهواء والاماكن^(١)).

وردت في العصر الاسلامي اشارات لبعض العلماء العرب لتأثير عناصر المناخ على راحة الانسان وحالته النفسية كما في مقدمة ابن خلدون والمسعودي وابن سينا، (وفي العصور الوسطى كانت دراسة الجغرافية الطبية medical geography ذات مفاهيم محدودة، ولكنها ظلت القائدة لمفاهيم الجغرافية الطبية في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر. وبعد القرن التاسع عشر جاءت مرحلة أخرى في تطور الجغرافية الطبية لاسيما في الاتحاد السوفيتي، وكان تطورها يرتبط بالظروف الاقتصادية والسياسية في العالم ، وظهرت في هذه الفترة دراسات تهتم بالأطر النظرية للجغرافية الطبية العسكرية بسبب الحروب الاقليمية والحرب العالمية الأولى. وفي سنة ١٩٤٩ شكلت لجنة (IGU) في لشبونة للاهتمام بالجغرافية الطبية ، وإزالة الاختلافات التي أثرت حولها . ثم نشأت جمعية الجغرافية الطبية سنة ١٩٧٢ هدفت من خلال الجغرافية الطبية تحديد المشاكل والحاجة الصحيحة المناسبة لأمريكا الشمالية، والتوجه باصدار بحوث تفصح عن التحليلات المكانية لمشاكل الصحة البشرية. وتقدمت الجغرافية الطبية في الولايات المتحدة الامريكية وبريطانيا والمانيا واليابان وفرنسا بشكل كبير خلال القرن العشرين، وانشأت الجمعية الامريكية قسماً للجغرافية الطبية سنة ١٩٤٤، ووضعت اطالس كثيرة لتوزيع الأمراض المعدية في الاتحاد السوفيتي والمانيا الغربية سنة ١٩٥٤، وفي هذه السنة أسست لجنة الجغرافية الطبية في الجمعية الجغرافية في الاتحاد السوفيتي، وفي الربع الثالث من القرن العشرين

(١) محسن عبد الصاحب المظفر ، الجغرافية الطبية مبادئ واسس ، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية ، المجلد ١٧ ، مطبعة العاني ، بغداد ، ١٩٨٦ ، ص ١١٥

وتحديداً سنة ١٩٦٢ عقد المؤتمر السوفيتي الأول في لينينغراد وناقش المشاكل التي تعالجها الجغرافية الطبية^(١).

ثم تطورت الجغرافية الطبية وخطت خطوات واسعة نهاية القرن العشرين وبداية القرن الحادي والعشرون، نتيجة الاهتمام المتزايد من قبل المستشفيات والدوائر الصحية بالبيانات الخاصة بالمرضى من حيث نوع المرض وعدد المصابين به وفقاً لجنس المصاب وسنة الإصابة وعمر المصاب، وكذلك عدد الوفيات وأسبابها وأماكن الإصابة بالمرض أو الوفيات وغيرها من البيانات والمعلومات التي طورت الجغرافية الطبية. ونتيجة للتطورات الكبيرة التي حصلت في علم المناخ وارتباطه بكثير من العلوم ومنها الطبية ظهر ما يسمى بعلم المناخ الطبي، الذي يمكن صياغة مفهوم بسيط له، على أنه ذلك العلم الذي يعد أحد فروع علم المناخ التطبيقي والذي يعنى بدراسة تأثير عناصر المناخ وظواهره على مختلف الأمراض التي تصيب الإنسان، والتي تؤثر عليه فسيولوجياً أو سيكولوجياً بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

ان المناخ يؤثر على الأمراض بتأثيره على المسبب المرضي أو بتأثيره على الناقل للمسبب المرضي، وبالتالي فهو يؤثر على عدد المصابين بالمرض ونسب الإصابة به ، ويمكن توضيح ذلك من خلال ما يأتي:

المسببات المرضية :

هناك جملة من المسببات المرضية يمكن أيجازها على النحو الآتي :

أولاً : أسباب خارجية : وتشمل :

١. تأثير عناصر المناخ وظواهره المختلفة، ومثال أمراضها الربو والزكام وضربة الشمس.

٢. الملوثات الكيماوية، هنالك الكثير من الملوثات التي تتزايد باستمرار نتيجة نشاطات الإنسان المختلفة لاسيما في مجال الصناعة والنقل، وهذا يؤدي الى زيادة الإصابة بالأمراض المختلفة، كما في زيادة نسبة أول اوكسيد الكربون الذي يعد من الغازات السامة، ومركبات الرصاص وغيرها.

٣. نقص المواد الغذائية التي تسبب نقص في العناصر الغذائية في جسم الإنسان، كنقص عنصر الحديد الذي يؤدي الى فقر الدم ، ونقص فيتامين D الذي يؤثر سلباً على نمو العظام ويؤدي الى الإصابة بمرض الكساح. وكذلك الافراط في تناول الاطعمة يؤدي الى الأمراض مثل تناول المواد

(١) نفس المصدر ، ص ١١٧-١٢٠ .

الغذائية التي تحتوي على نسب عالية من الدهون والتي تؤدي الى الإصابة بمرض السمنة، او آلام المعدة والامعاء الناتجة من استهلاك مادة غذائية معينة.

٤. الكائنات الحية الدقيقة كالتفيليات والفيروسات والبكتيريا.

٥. المسببات الميكانيكية كالفيضانات والحرائق والاعاصير.

ثانياً : اسباب داخلية : يكون مكانها هو جسم الانسان نفسه وتشمل:

١. حدوث خلل واضطراب في عمل اجهزة الانسان الداخلية.

٢. العامل الوراثي ودوره في نقل الأمراض من الالباء الى الابناء.

خلاصة المسببات انه لو أمعن النظر فيها لظهر ان المناخ يحظى بأهمية خاصة من بينها ، فهو يعد عامل خارجي مباشر في وجود المسببات المرضية ، فضلاً عن ذلك ان له دور غير مباشر على بقية المسببات الأخرى.

النواقل :

ان كثيراً من الأمراض الخطرة كالجذري smallpox ، الانفلونزا ، flu ، السل tuberculosis ، الملاريا malaria ، الطاعون plague ، الحصبة measles ، والكوليرا cholera تنتقل من الحيوانات الليفة pets الى الانسان عن طريق النواقل^(١). علماً ان كلاً من المسببات المرضية كالتفيليات والميكروبات وكذلك النواقل تتأثر بصورة او أخرى بالظروف المناخية، اذ لكلٍ منها ظروف مناخية مثلى لنموها وتكاثرها وانتشارها وهناك العديد النواقل للأمراض منها البعوض المسبب لمرض الملاريا، والذباب المسبب لمرض النوم، والقراد والبراغيث المسببة لمرض التيفوس وغيرها من الحشرات الناقلة للمرض، ولو اخذ مرض الملاريا كمثال لظهر ان (الدورة الجنسية للتفيلي المسبب تحدث في داخل جسم البعوضة التي تتغذى على دم المصاب مستغرقة ٧-١٠ ايام، وتقل او تزيد عن ذلك وفقاً لنوع الطفيلي، ونوع البعوض، والظروف البيئية لاسيما المناخية منها كدرجات الحرارة والرطوبة النسبية. اما الدورة اللاجنسية للطفيلي فتتم داخل جسم الانسان عندما ينتقل طفيلي الملاريا من لعاب انثى البعوض الى دم الانسان اثناء اللسع^(٢)).

(١) Elvio angeloni , anthropology , twenty – sixth edition , mc graw- hill / dushkin ,USA , 2003 , p.193 .

(٢) Wensdorfer walther .h , the importance of malaria in the world , academic press , London , 1980 , p.32 .

عناصر المناخ المؤثرة على الأمراض :

لعناصر المناخ وظواهره تأثير على مختلف الأمراض، فقد تختلف الإصابة بالأمراض من سنة الى أخرى، وذلك لأن عناصر المناخ تكون ملائمة في سنة دون غيرها فتكثر الإصابة في بعض السنين وتقل في بعضها الاخر وفقاً لذلك.

فضلاً عن ذلك ان الإصابة بالأمراض تتباين فصلياً ما بين فصول السنة، اذ ان هناك أمراض تزدد في الفصل البارد من السنة كالانفلونزا، في حين هناك أمراض تزدد في الفصل الدافئ من السنة كالتييفويد، كما ان هناك أمراض تنشط في الفصول الانتقاليين الربيع والخريف وتقل في الفصل الدافئ والبارد كأمراض الحساسية. ولتوضيح تأثير عناصر المناخ على الأمراض التي تصيب الانسان كانت الدراسة على النحو الآتي:

١ : الاشعاع الشمسي :

للاشعاع الشمسي انواع عدة وفقاً لطول موجاتها، منها الاشعة فوق البنفسجية Ultraviolet radiation التي يتراوح طول موجاتها بين ٠,٤-٠,١٧ ميكرون، وهي من الامواج القصيرة ، وتشكل نسبة ٩% من مجمل الاشعاع الشمسي. (وتعد سبباً في حدوث سرطان الجلد كمرض الميلانوما Melanoma الذي يحدث نتيجة تعرض جلد الانسان في المناطق المعتدلة والباردة التي سكانها من ذوي البشرة الفاتحة اللون للأشعة الشمسية فوق البنفسجية لمدة طويلة^(١)). وتحمل الاشعة فوق البنفسجية طاقة عالية بسبب صغر موجاتها ، لذا ان سكان المرتفعات العالية يتعرضون الى الإصابة بسرطان الجلد وعممة العين اكثر من سكان المناطق السهلية والمنخفضة وذلك لان شفافية الغلاف الغازي تكون اكثر وضوحاً في المناطق المرتفعة ، في حين تقل شفافية الغلاف الغازي في المناطق السهلية والمنخفضة بسبب عمليات الامتصاص والانعكاس والانتشار بفعل مكونات الهباء الجوي (كالغازات والشوائب وذرات وجزيئات الاتربة والاملاح والغبار والدخان) التي تزدد كميتها بالقرب من سطح الأرض.

اما في حال انخفاض الاشعة البنفسجية عن المستوى الطبيعي والمناسب للانسان فأنها تؤدي الى إصابة الاطفال بمرض الكساح ولين العظام، وذلك لنقص فيتامين D الذي يتواجد في هذا النوع من الاشعة.

(١) محمد مدحت جابر وفاتن محمد البنا ، دراسات في الجغرافية الطبية ، ط ١ ، دار صفاء للنشر والتوزيع ، عمان ، ١٩٩٨ ، ص ١٨ .

٢ : درجة الحرارة :

ان لكل مرض درجة حرارة معينة يعتمد عليها في ظهوره وشدته ، لذا ان الأمراض تباينت في اصابتها للانسان ما بين السنين ، وما بين الفصول. ويمكن ايجاز دور درجة الحرارة في التأثير على الإصابة بالأمراض عن طريق ما يأتي:

١. تؤثر درجة الحرارة على الأمراض عن طريق تأثيرها على بيوض ونمو وانتشار وتكاثر وخمول وموت الناقل المرضي او المسبب المرضي.
٢. طول المدة الزمنية التي يستغرقها الانخفاض او الارتفاع في درجات الحرارة دون او فوق مستوى الدرجات الحرارية المثلى للناقل والمسبب المرضي ، اذ كلما كانت درجات الحرارة غير ملائمة لفترة طويلة تعرضت حياة الناقل والمسبب للخطر وتعرضها الى الموت وقلة الإصابة . في حين هناك بعض الأمراض تنشط مع طول المدة الزمنية لانخفاض درجات الحرارة كالزكام ، والانفلونزا ، والروماتزم ، كما ان هناك بعض الأمراض تنشط مع طول المدة الزمنية لارتفاع درجات الحرارة كضربة الحر والتيفوئيد (فمثلاً سببت البرودة عبر التاريخ خسائر بشرية كبيرة كموت وإصابة اعداد هائلة من جنود حملة نابليون عام ١٨١٣ المكونة من ٢٥٠٠٠٠ جندي ، عاد منهم ٣٥٠ جندي فقط بحالة جيدة ، وفي الحرب العالمية الثانية عالج الالمان حوالي ١٥٠٠٠ جندي من الإصابة بعضة البرد اثناء عملهم في روسيا^(١)).
٣. الفجائية في الانخفاض او الارتفاع في درجات الحرارة ، وتؤدي الى انخفاض الإصابة بالمرض عن طريق موت اعداد كبيرة من ناقل المرض والمسبب المرضي بسبب عدم تأقلمها للظروف المناخية الجديدة المفاجأة في حين تشجع الفجائية في انخفاض او ارتفاع درجات الحرارة أمراضاً أخرى كمرض عضه البرد والزكام والرشح والانفلونزا في حال الانخفاض المفاجي لدرجات الحرارة، في حين تزداد الإصابة بأمراض ضربة الحر والتيفوئيد والكوليرا في حال الارتفاع المفاجي لدرجات الحرارة .
٤. تؤثر درجات الحرارة على الإصابة وفقاً لنوع الناقل المرضي ومدى تأقلمه للبيئة الموجود فيها، اذ ان بعضها يقاوم انخفاض درجات الحرارة ويتأثر بارتفاعها، بينما يقاوم بعضها الآخر ارتفاع درجات الحرارة ويتأثر بانخفاضها.
٥. يتباين تأثير المناخ على الأمراض وفقاً لعمر الانسان، وحضرته، وتغذيته، ونوع ملابسه. اذ ان اكثر الناس تعرضاً للإصابة بالأمراض من

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، ط١ ، دار المسيرة ، عمان ، ٢٠١٠ ، ص ٩١

حيث العمر هم الاطفال، وكبار السن، بينما يبدي الشباب مقاومة اكبر للأمراض. اما من حيث الحضارة فالانسان الذي يعيش في بيئة حضارية متطورة يكون اكثر مقاومة من الانسان الذي يعيش في بيئة متخلفة، ومن حيث التغذية فأن الانسان الذي تكون تغذيته جيدة يكون اكثر مقاومة للأمراض من الانسان الضعيف التغذية ، بينما لنوع الملابس تأثير على مدى الإصابة بالأمراض ، من خلال ان الملابس ينبغي ان تكون ملائمة لدرجات الحرارة ، أي ان الانسان يلبس الملابس الخفيفة والفضفاضة وذات اللون الفاتح خلال الفصل الدافئ من السنة، في حين يلبس الملابس الخشنة والسميكة وذات اللون الداكن خلال الفصل البارد من السنة.

٣ : الضغط الجوي : Atmospheric pressure

هو وزن عامود الهواء المسلط على وحدة المساحة ولتكن سم^٢ ، وهو يعادل ما مقداره ٧٦ سم ، او ٧٦٠ ملم ، او ١٠١٣,٢ ملليميتر ، او ٢٩,٩٢ بوصة . وهذا القياس يؤخذ عند مستوى سطح البحر، وعند دائرة عرض ٤٥° شمالاً او جنوباً، وعند درجة حرارة صفر مئوي. وان أي ارتفاع او انخفاض في الضغط الجوي سيؤدي الى آثار سلبية على صحة الانسان، ومدى اصابته ببعض الأمراض.

من الاعراض الخفيفة التي يشعر بها الانسان على الارتفاعات القليلة عن مستوى سطح البحر اقل من ٢٠٠٠ متر هو قرقرة الاذن اثناء صعود او هبوط الجبال ، وتحدث القرقرة نتيجة لتغير ضغط الهواء ، ولحماية طبلة الاذن تجري مسألة معادلة الضغط بين الاذن الوسطى والخارجية ، فعند الارتفاع يقل الضغط فتندفع الطبلة الى الخارج ، وعند الهبوط يرتفع الضغط فتندفع الطبلة الى الداخل^(١). وفي حال انخفاض الضغط الجوي عند الارتفاع الكبير عن مستوى سطح البحر فأن ذلك يؤدي الى إصابة الانسان ببعض الأمراض كمرض الجبال الحاد Acute mountain sickness ويحصل نتيجة الصعود المفاجي الى منطقة مرتفعة ، ومرض وذمة الرئتين pulmonary edema وهو تجمع السوائل في الرئتين ويحصل عند الارتفاعات التي تزيد عن ٣٠٠٠ متر،

(١) نفس المصدر ، ص ٩٢ .

ومرض وذمة الدماغ وهو تجمع السوائل في الدماغ ويحصل في الارتفاعات التي تزيد على ٤٥٠٠ متر^(١).

ان العديد من الأمراض التي تحصل مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر تعود بأسبابها الى انخفاض الضغط الجوي ، وما يرافقه من نقصان كمية الاوكسجين الضروري لخلايا الجسم لتقوم بفعاليتها والجسم بنشاطه . اذ ان نقص الاوكسجين يؤثر على عمل الرئتين والدورة الدموية والجهاز العصبي ، فكمية الاوكسجين تنخفض على ارتفاع ٢٥٠٠-٣٠٠٠ متر الى حوالي ٤٠% - ٥٠% مما هي عليه عند مستوى سطح البحر . ورغم ان جسم الانسان يحاول التكيف والتعويض عن نقص الاوكسجين اثناء صعوده الى الارتفاعات العالية عن طريق زيادة تكرار التنفس العميق لزيادة حجم الهواء الداخل الى الجسم ، الا انه يتعرض لاعراض خفيفة على ارتفاع اكثر من ٢٥٠٠ متر تبدأ بالصداع ، وقصر التنفس ، والتعب ، والارهاق وتزيد شدة الاعراض على ارتفاع اعلى وكذلك مع تزايد مدة البقاء في المناطق العالية ، وتتحول الى اعراض تحتاج الى عناية طبية سريعة ، ومنها صعوبة التنفس والحمى وتجمع السوائل في الرئتين والاعضاء ولا يستطيع الانسان التكيف على ارتفاع اكثر من ٥٠٠٠ متر حيث يتعرض الى الموت^(٢).

مع انخفاض الضغط الجوي تتعرض العديد من المناطق الى مرور المنخفضات الجوية والاعاصير المدارية والزوابع الرعدية والعواصف الترابية ، ولهذه دورها في حدوث الامطار الغزيرة والفيضانات المدمرة والتي لها اثارها السلبية على حياة الانسان وما يتعرض له احياناً من أمراض قد تكون وبائية كما تزداد حالات الربو مع زياد تكرار العواصف الترابية والغبارية.

اما في حال ارتفاع الضغط الجوي على جسم الانسان والذي يظهر من خلال لجوئه الى سكن المناطق المنخفضة دون مستوى سطح البحر، او الغوص تحت الماء. فإن ارتفاع الضغط يؤدي الى زيادة ذوبان الغازات في الدم لاسيما غاز النتروجين . وعند زوال الضغط يخرج غاز

(١) مهدي حمد فرحان الدليمي ، اثر المناخ على صحة وراحة الانسان في العراق ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية التربية ابن رشد ، جامعة بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ١٦٥ - ١٦٦ .

(٢) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٩٢ .

الننروجين من حالته الذائبة على شكل فقاعات غازية تسد بعض الاوعية الدموية الحيوية، فتسبب آلام شديدة في العضلات تدعى Bendi ، او يسمى بمرض كايسون Caison sickness .

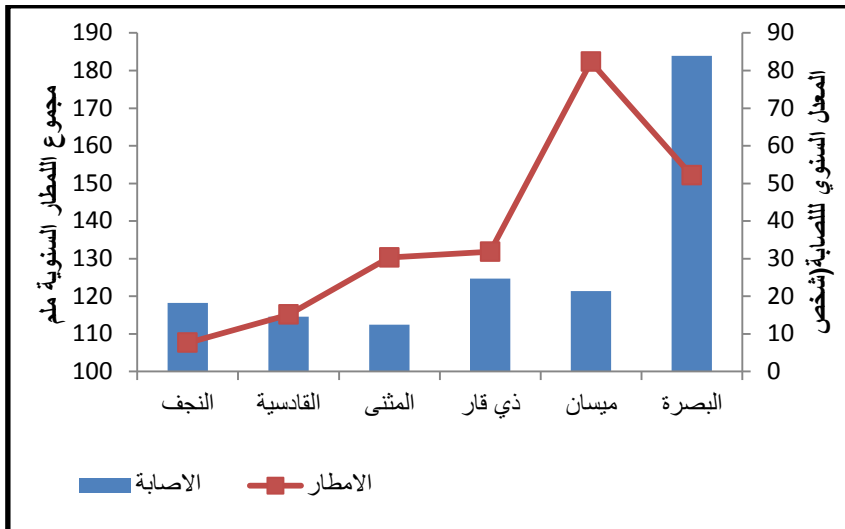
٤ : الامطار : rainfall

ان الامطار تساعد على خروج الحشرات الناقلة للأمراض من اطوارها الساكنة كطور البيضة والعذراء ، عن طريق التأثير الميكانيكي للماء على اغلفتها ، مما يؤدي الى امتصاص الماء بكميات كبيرة ، الامر الذي ينبه الجنين ، او الطور الساكن ويسرع في النمو^(١). كما تؤدي الامطار الغزيرة والفيضانات الناتجة عنها الى تكون البرك والمستنقعات التي تشكل بيئة ملائمة في العروض الدافئة المشمسة لنمو وانتشار العديد من الأمراض ، اذ يمكن ان تعد بيئة مثالية لنمو وانتشار نواقلها ومسبباتها^(٢). ومن دراسة قام بها الباحث سلام هاتف الجبوري عن مرض الملاريا في المنطقة الجنوبية من العراق وجد ان المحافظات التي كانت فيها كمية الامطار اكبر كانت الاكثر إصابة بمرض الملاريا ، في حين كانت المحافظات الاقل مطراً هي اقل إصابة يلاحظ شكل (٤٠).

(١) عبد الباقي محمد حسين العلي ومولود كامل عبد ومؤيد احمد يونس ، علم بيئة الحشرات ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ١٩٨٧ ، ص ٤٠ .

(٢) Carol r.ember , Melvin ember and peter n.peregrine , anthropology , tenth edition , USA , 2002 , p207 .

شكل (٤٠) تأثير الأمطار على مرض الملاريا في المنطقة الجنوبية من العراق للمدة ١٩٧٢-٢٠٠٢.



المصدر : سلام هاتف الجبوري وسعاد عبد المحسن الشمري ، دور المناخ في التباين المكاني للإصابة بمرض الملاريا في المنطقة الجنوبية من العراق للمدة ١٩٧٢-٢٠٠٢ ، مجلة الاستاذ ، كلية التربية ابن رشد ، جامعة بغداد ، العدد ٩١ ، ٢٠٠٩ ، ص ٢٥٧ .

٥ : الرطوبة النسبية : Relative humidity

تحتفظ الكثير من نواقل الأمراض برطوبة ذات نسبة معينة في اجسامها، لكي تمارس اوج نشاطها من وضع البيض والنمو والتكاثر والانتشار، فاذا ما قلت رطوبة جسمها عن ذلك كان لها اثارها السلبية عليها. ولا يقتصر هذا التأثير على النواقل فقط اذ ان كثير من مسببات المرضية كالفطريات والفيروسات تزداد تكاثراً ونمواً وانتشاراً مع زيادة الرطوبة النسبية، وتقل بانخفاضها.

ان انخفاض الرطوبة النسبية في الجو يزداد اثرها السلبي وضوحاً عند اقترانها بدرجات الحرارة المرتفعة، لأن ذلك يزيد من عملية التبخر من الثغور الموجودة في اجسام الحشرات الناقلة للمرض. وفي حال عدم وجود ما يعوض النواقل عما فقدته من رطوبة فأن ذلك يعرضها لخطر الموت، وبالتالي تقل الإصابة بالمرض. وهذا يوضح سر ارسال العرب قديماً ابناهم الى البادية لتصح ابدانهم، كما يوضح سر انتشار الكثير من الأمراض في البيئات الدافئة الرطبة.

٦ : الرياح : wind

تعد الرياح عاملاً مهماً في نقل العديد من نواقل ومسببات الأمراض والوبئة ، اذ ان الهواء يعد احد الوسائط في انتقال العدوى من شخص مصاب الى اخر سليم ، ومن منطقة موبوءة الى أخرى سليمة. والرياح عند اشتدادها تقوم بنقل ذرات الاتربة والغبار والاملاح فتؤدي الى حدوث الخدوش والجروح في المجاري التنفسية وفي العيون، وان بعض هذه الجزيئات والذرات الدقيقة تدخل المجاري التنفسية وتصل الى الرئتين وقد تنتقل الى الدم فتسبب أمراضاً خطيرة للانسان، ويعد مرض الربو من اهم الأمراض الذي تزداد حالات الإصابة به مع زيادة تكرار العواصف الترابية والغبارية التي تنشأ حال اشتداد سرعة الرياح لا سيما في البيئات الجافة.

ان الرياح بما تحمل من صفات حرارية تؤدي الى بروز أثارها السلبية او الايجابية على الانسان، فاذا كانت ملطفة للاجواء فانها تسبب شعوراً بالراحة للانسان كالرياح الشمالية التي تهب على العراق اثناء الصيف الحار. اما اذا غلبت عليها صفات التطرف في ارتفاع درجات الحرارة كما في رياح الفوهن والسيروكو التي تهب على اوربا والشينوك على امريكا الشمالية التي تسبب اجواء مضايقة تصيب الناس بعدم الراحة وتسبب الصداع، وقد تؤدي الى حالات الاكتئاب وتزايد حالات الجريمة والانتحار. اما عند هبوب الرياح الباردة كالبورا والمسترال في اوربا فتزداد حالات البرد والروماتزم وآلام العضلات والمفاصل.

بعض الأمراض ذات الصلة بعناصر المناخ :

هناك العديد من الأمراض ذات الصلة بعناصر المناخ وظواهره المختلفة منها:

١ : مرض الملاريا : Malaria

مرض فيروسي ، ينتشر في المناطق ذات الهواء الفاسد الناتج عن وجود المستنقعات والمياه الراكدة التي تتكون بعد هطول الامطار الغزيرة وحدوث الفيضانات الكبيرة او نتيجة استخدام مياه الري في الزراعة ، لاسيما

مياه ارواء مزارع الرز. وينتقل مرض الملاريا بواسطة بعوض الانوفلس الذي يتغذى على دم الانسان عن طريق اللسع^(١).

٢ : الزكام : cold

الزكام أو البرد ينتشر في الفصل البارد من السنة حيث انخفاض درجة الحرارة، وهو مرض فيروسي، ينتقل مسببه عبر الهواء الى الشخص السليم عن طريق انتقال رذاذ المصاب.

٣ : الانفلونزا : Influenza

مرض تسببه انواع عديدة من الفيروسات لذا يصعب وضع علاج واحد له، فوجدت انفلونزا الخيول وانفلونزا الكلاب وانفلونزا الطيور وانفلونزا الخنازير وانفلونزا الانسان وغيرها. وتنشط فيروسات هذا المرض في الاجواء الباردة لاسيما في فصل الشتاء حيث انخفاض درجة الحرارة ، واعراضه اشد من الزكام.

٤ : الحمى الصفراء : Yellow fever

مرض فيروسي تكثر فيروساته في القروء التي تعد حاضنة لها، وتعيش القروء في الغابات المطيرة في افريقيا وامريكا الجنوبية والوسطى. وينتشر المرض بالعدوى عن طريق البعوض الحامل للفيروس، وينشط تكاثر البعوض في البيئات الرطبة الدافئة ومناطق المياه الراكدة وحيث الامطار الغزيرة^(٢).

٥ : الطاعون : Plague

هو مرض تسببه البكتيريا وهو معدٍ وقاتل، ويعرف بمرض الفئران، وينتقل المرض الى الانسان بواسطة البراغيث flea، اذ تعد الوسيط في نقل بكتريا الطاعون من الفئران الى الانسان. وينتشر المرض اكثر في البيئة ذات درجات الحرارة ٢٠م - ٣٢م ، مع توفر رطوبة عالية^(٣).

٦ : التيفوس : Tefus

كلمة تيفوس تعني الكسل، وينتشر في اوقات البرودة في فصل الشتاء، وفي المناطق المزدحمة بالسكان ذات النظافة القليلة والاحياء الفقيرة واوقات

(١) سلام هاتف الجبوري وسعاد عبد المحسن الشمري ، دور المناخ في التباين المكاني للاصابة بمرض الملاريا في المنطقة الجنوبية من العراق للمدة ١٩٧٢ - ٢٠٠٢ ، مجلة الاستاذ ، كلية التربية ابن رشد ، جامعة بغداد ، العدد ٩١ ، ٢٠٠٩ ، ص ٢٥٦ .

(٢) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٠١ .

(٣) نفس المصدر ، ص ١٠٢ .

الحروب، تسببه بكتريا، تتطلب بيئة تتصف بارتفاع درجة الحرارة والرطوبة، وتعيش هذه البكتريا في القوارض، وينتقل المرض بواسطة الهواء (الرياح) والحشرات الحاملة لبكتريا المرض كالقمل والبراغيث، كما يصيب الانسان عن طريق التنفس^(١).

٧ : النكاف : Mumps

مرض فيروسي حاد، يعيش الفيروس المسبب جيداً في درجة الحرارة المنخفضة، ويتأثر بارتفاع درجات الحرارة والاشعة فوق البنفسجية، لذا ان اصابته تكثر في الشتاء والربيع^(٢).

٨ : السعال الديكي : Pertussis

مرض جرثومي حاد يصيب القصبات الهوائية، تسببه جرثومة تتأثر مناخياً بالاشعة فوق البنفسجية والجفاف^(٣).

٩ : السحايا المخية النخاعية : Cerebrospinal meningitis

مرض جرثومي يصيب الاغشية التي تحيط بالمخ والنخاع الشوكي ، وينتشر المرض في الربيع والشتاء في المناخ المعتدل ، اما في المناخ الحار فيكثر المرض في فصل الصيف الجاف قبل سقوط الامطار^(٤).

١٠ : التدرن الرئوي :

مرض جرثومي بكتيري واسع الانتشار يصيب الجهاز التنفسي وتكون نسب الإصابة به في المناطق الرطبة اكثر من المناطق الجافة، وينمو ميكروب التدرن في ظروف حرارية مثلى ما بين ٣٧°م – ٣٥°م ، ويموت في ظروف حرارية عالية عند درجة ٦٠°م، كما يقتل الميكروب حال تعرضه لضوء الشمس خلال ساعتين تقريباً^(٥).

١١ : التيفوئيد : Typhoid

مرض جرثومي معدٍ ينتقل بواسطة الطعام والماء الملوث الحامل للجرثومة، وللجرثومة مقاومة عالية لدرجات الحرارة، اذ تتحمل درجة

(١) نفس المصدر ، ص ١٠٤ .

(٢) نخبة من اساتذة الجامعات في العالم العربي ، طب المجتمع ، بيروت ، لبنان ، ١٩٩٩ ، ص ٥٦٨ .

(٣) نفس المصدر ، ص ٥٨٩ – ٥٩٠ .

(٤) نفس المصدر ، ص ٥٩٢ - ٥٩٣ .

(٥) فراس فاضل مهدي البياتي ، المناخ والامراض ، رسالة ماجستير غير منشورة ، كلية التربية ، جامعة الانبار ، ٢٠٠٠ ، ص ٢٢ .

حرارة تصل الى ٦٦° م لمدة ١٢ دقيقة، و ٥١° م لمدة ٨٧ دقيقة، وهذا يفسر النسب العالية للإصابة في فصل الصيف في العراق^(١).

١٢ : مرض النوم :

ينتشر بواسطة ذبابة تسي تسي Tse Tse التي تتكاثر في البيئات الدافئة الرطبة، ويكثر انتشاره في افريقيا المدارية، لاسيما في الفصل الدافئ الرطب، ويزيد نشاط الذبابة عند درجات حرارة اكثر من ١٥° م ، وينتقل المرض من لسع الذبابة وامتصاصها دم الانسان^(٢).

١٣ : سرطان الجلد :

ان زيادة كمية الاشعة فوق البنفسجية (UV) الواصلة الى الارض بسبب تآكل طبقة الاوزون بفعل الملوثات الجوية تعد سبباً لانتشار أمراض العيون وضعف المناعة وسرطان الجلد ، وسجلت زيادة في الاصابات بسرطان الجلد في مناطق كثيرة من العالم خاصة في دول العروض العليا لتعرضها لنقص اكبر في كمية الاوزون . ويعتمد انتشار سرطان الجلد على عوامل منها : نوعية الجلد والعمر والجنس ومدة التعرض للأشعة الشمسية^(٣).

١٤ : الربو : Astham :

تحدث حالات الربو حال الانتقال من الاجواء الدافئة الى البرد المفاجئ او من الاجواء الرطبة الى الجفاف المصحوب بالعواصف الترابية والغبار المتصاعد والغبار العالق، كما تزداد حالات الربو مع زيادة ملوثات الغلاف الغازي.

١٥ : أمراض المفاصل : ان بعض الناس باستطاعتهم التنبؤ باحوال الجو القادمة اعتماداً على توقيت وقساوة الألم في المفاصل والعضلات لديهم. ونفس الاعراض والحالات لوحظت عند أشخاص آخرين لديهم كسور وتمزق في العضلات، والتهاب العصب، وداء الشقيقة. وبدون شك إن التهاب المفاصل الروماتيزمي مستوطن في المناطق الباردة ذات المناخات غير المستقرة، وان العلاج الشائع لهؤلاء المرضى هو الرحيل الى مناطق ذات مناخ دافئ جاف وهادئ نسبياً^(٤).

(١) نفس المصدر ، ص ٨٤ .

(٢) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٠٥ .

(٣) نفس المصدر ، ص ١٠٥ - ١٠٦ .

(٤) عبد علي الخفاف وثعبان كاظم خضير ، المناخ والإنسان ، ط ٢ ، عمان ، الأردن ،

٢٠١٠ ، ص ٦٩ - ٧٠ .

الفصل التاسع
المناخ وراحة الانسان
Climate and Comfort

الفصل التاسع

المناخ وراحة الانسان Climate and Comfort

المناخ وراحة الانسان :

شعر الانسان بتأثير عناصر المناخ وظواهره المختلفة منذ ان وجدَ على سطح البسيطة، لذا لجأ الى تلافي خطر أشعة الشمس الشديدة بالجوء الى الظل، او الاحتماء من الامطار الغزيرة، والابتعاد عن خطر الفيضان، وتحاشى السيول الجارفة، وعمل على التخفيف من درجة الحرارة الشديدة ، واتقاء البرد القارس. وقد خطى الانسان خطوات كبيرة في التغلب على الكثير من الصعوبات المناخية التي كانت تجابهه في العيش في البيئات المختلفة، لاسيما البيئات الصعبة العيش كالبيئة الصحراوية الشديدة الجفاف، والبيئة الجليدية ذات المناخ القارس البرودة، والمناطق الاستوائية ذات الامطار الغزيرة والاشعة الشمسية العمودية والرطوبة العالية، اذ ان الانسان سكن مناطق واسعة من تلك البيئات لم يكن في السابق يسكنها بكثافته الحالية ، وذلك لأستخدامه الملابس التي تلائم كل بيئة، فضلاً عن استخدام البيوت الملائمة وفق نمط واسلوب معين، واستعمال وسائل التبريد في البيئات والفصول الحارة ، ووسائل التدفئة في البيئات والفصول الباردة، وذلك من اجل المحافظة على شعور الانسان بالراحة وتوازن درجات الحرارة والماء داخل جسمه، لكي يمكنه العيش في البيئة التي فيها ما يضايقه ويشعره بعدم الراحة ولو لفترة معينة او فصل معين، وكذلك في حال الانتقال الى بيئة غير بيئته التي تكيف فيها.

التوازن المائي داخل جسم الانسان :

يحتاج الانسان الى الماء اكثر من حاجته الى الطعام، اذ ان مدة تحمله بدون طعام تستغرق وقتاً اطول من مدة تحمله بدون ماء، لأن جسم الانسان شأنه شأن الكائنات الحية الاخرى يتكون اكثره من الماء، وفي حال حدوث خلل في التوازن المائي داخل جسم الانسان فإنه يعرضه للاصابة بالامراض التي قد تؤدي الى موته حال زيادة الخلل في التوازن المائي وزيادة فترة عدم شرب الماء لتعويض ما يفقده الجسم من رطوبة بواسطة التعرق او الزفير، ويبرز اثر الماء بصورة واضحة في المناطق ذات المناخ الصحراوي الجاف

والمناخ شبه الجاف حيث يتميز بارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية لاسيما صيفاً.

هناك علاقة وثيقة بين التوازن المائي في جسم الانسان وارتفاع درجات الحرارة ففي حال ارتفاع درجة الحرارة اكثر من 30°C ، والرطوبة النسبية اكثر من 50%، فإن فقدان الحرارة يكون عن طريق التنفس اكثر من فقدها عن طريق التعرق. اما اذا كان الهواء مشبعاً ببخار الماء ودرجة الحرارة تزيد على 33°C فإن فقدان الحرارة يكون معظمه عن طريق التعرق، ولكن اذا ازدادت درجة الحرارة عن 37°C فإن الانسان يتضايق منها، ويكون الزفير ذا رطوبة نسبية تقارب 80% - 90%، لذا لا بد هنا من استخدام وسائل صناعية لتلطيف الجو ، تجنباً لحدوث انهيار جسمي، وربما يعقبه الموت، لأن ارتفاع درجة الحرارة في الجسم تسبب حدوث اختلال مائي مما يسبب تلف خلايا الدماغ. وبما ان جسم الانسان العادي المتوسط الوزن يحتوي على ثلثي وزنه ماء فإن أي نقصان او زيادة عن هذه النسبة بمقدار 1% يسبب اضطراباً جسيماً، ولو نقصت بحدود 10% فإن الجسم يعجز عن المشي، ويتعرض للموت اذا نقصت الكمية 20%، ولم ينقذ الانسان بأمداده بسرعة بالماء اللازم^(١).

وجد بعض الباحثين ان معدلات التعرق تكون في الظروف الصحراوية ضمن الحدود الآتية^(٢):

(غم/ساعة) من جسم الانسان الاعتيادي :

١ : ٧٢٠ + ٤١ (درجة حرارة الهواء - 33°C) في حالة المشي في الشمس .

٢ : ٤٠٠ + ٣٩ (درجة حرارة الهواء - 33°C) في حالة المشي في الليل.

٣ : ٣٠٠ + ٣٦ (درجة حرارة الهواء - 33°C) في حالة الجلوس في الشمس ويرتدي ملابسه .

٤ : ١٨٠ + ٢٥ (درجة حرارة الهواء - 33°C) في حالة الجلوس في الظل ويرتدي ملابسه .

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار الفكر ، دمشق ، ١٩٨٢ ، ص ٩٥ .

(٢) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٨٢ .

التوازن الحراري داخل جسم الانسان :

ان درجة حرارة الجسم هي ٣٧°م مع ملائمة عناصر المناخ وظواهره المختلفة لهذه الدرجة ، وفي حال حدوث تغير في عناصر المناخ نحو الارتفاع او نحو الانخفاض فأن درجة حرارة جسم الانسان سوف تتغير، الا انه ينبغي ذكر ان جسم الانسان يحاول ان يتغلب على هذه التغيرات بسرعة من اجل المحافظة على درجة الحرارة المذكورة، اما في حال التطرف الكبير كأن يكون انخفاض شديد في درجات الحرارة، او ارتفاع شديد فيها، فأن الجسم لا يستطيع مجاراة ذلك، فيصاب بأختلال حراري يعرضه للإصابة بضربة الشمس حال الارتفاع في درجات الحرارة والتعرض لأشعة الشمس الشديدة ، وحالات البرد والانجماد في انخفاض درجات الحرارة.

يمكن صياغة التوازن الحراري لجسم الانسان على شكل معادلة تكتب بالصورة الآتية^(١):

$$R^+ + Cd^+ + CV^+ + M = R^- + Cd^- + CV^- + E = 0$$

اذ ان :

انتقال الطاقة بالأشعاع ايجابياً او سلبياً.	Radiation = R
انتقال الطاقة بالحمل ايجابياً او سلبياً.	Convection = CV
انتقال الطاقة بالتوصيل ايجابياً او سلبياً.	Conduction = cd
الطاقة المولدة في الجسم من الغذاء .	Metabolism = M
فقدان الطاقة عن طريق التبخر .	Evaporation = E

يمكن توضيح مكونات المعادلة على النحو الآتي :

١ : الاشعاع : Radiation

تحدث عملية اكتساب الحرارة بواسطة الاشعاع R^+ من الاجسام التي درجة حرارتها اعلى من درجة حرارة جلد الانسان وهي ٣٣°م، كالأشعة الشمسية ووسائل التدفئة والانارة. اما عملية فقدان الحرارة من الجسم بواسطة الاشعاع R^- الى البيئة المجاورة له عندما تكون درجة حرارة البيئة اقل من ٣٣°م ، لذا يلجأ الانسان في فصل الصيف لتقليل عملية الاشعاع بالجوء الى الظل، او بأستخدام وسائل التبريد ، في حين يلجأ في فصل الشتاء لأكتساب الحرارة بالأشعاع من وسائل التدفئة او بالتعرض المباشر لأشعة الشمس.

(١) نفس المصدر ، ص ١٨٣ .

٢ : الحمل : convection

تعد عملية الحمل العملية الثانية التي عن طريقها يتم اكتساب الحرارة ، او فقدانها ، وذلك عن طريق الهواء المحيط بجسم الانسان ، فأذا كانت درجة حرارة الهواء اعلى من درجة حرارة جلد الانسان فإن جسم الانسان يكتسب الحرارة CV^+ ، في حين اذا كانت درجة حرارة الهواء اقل من درجة حرارة جلد الانسان فإن جسم الانسان يفقد الحرارة الى الهواء المحيط به CV^- ، لذا يستعمل الانسان المراوح ووسائل التبريد صيفاً لخلق نوع من حركة الهواء التي تعمل على تخفيض درجة حرارة جسم الانسان ، بينما يتجنب حركة الهواء شتاءً لانه يعد عامل تبريد .

٣ : التوصيل : Conduction

ان عملية اكتساب الحرارة لجسم الانسان بعملية التوصيل Cd^+ تحدث عن طريق لمس او مسك الاشياء او الاجسام المادية الاخرى مباشرة ، وذلك عندما تكون درجة حرارتها اعلى من درجة حرارة جلد الانسان 33°C . بينما تحدث عملية فقدان الحرارة من جسم الانسان بعملية التوصيل Cd^- عن طريق لمس او مسك الاجسام او الاشياء المادية مباشرة عندما تكون درجة حرارتها اقل من درجة حرارة جلد الانسان 33°C . ان عملية التوصيل تصل ذروتها عند الانسان العاري من الملابس والجالس على الارض ، اما عند ارتداء الانسان للملابس فإن هذه العملية تصبح ضعيفة. كما ان الانسان يمكن ان يكتسب الحرارة من سطح الارض عند ملامسة القدمين الحافيتين له لاسيما في فصل الصيف ، في حين يفقد جسم الانسان الحرارة عند ملامسة القدمين الحافيتين لسطح الارض شتاءً. فضلاً عن ذلك ان جسم الانسان عند ملامسته للماء الساخن فإنه يكتسب منه طاقة حرارية لاسيما شتاءً ، في حين يفقد الطاقة الزائدة في جسمه عند استحمامه في الماء البارد صيفاً .

٤ : الطاقة المولدة في الجسم : Metabolism

يقوم الانسان بالانشطة الجسمية والعقلية المختلفة اعتماداً على الطاقة المتولدة من الطعام، اذ ان الطعام يتحول عن طريق الهضم الى مواد تزود الجسم بالطاقة، التي تعد المصدر الاساس لحرارة الجسم. وتوظف الطاقة (كالوري) المولدة في عمليات نمو وتجديد خلايا الجسم والقيام بالانشطة اليومية المختلفة. ويبلغ معدل كمية الطاقة التي يحتاجها الشخص الناضج

١٢٠٠-١٨٠٠ كالوري في اليوم وان حوالي ٨٠% منها تستخدم في الاعمال الجسمية الضرورية للحياة كالتنفس وعمل القلب والدورة الدموية وتجديد الخلايا وتنظيم درجة حرارة الجسم، بينما يُستعمل الباقي ٢٠% للقيام بالأنشطة اليومية المختلفة. وتختلف كمية الطاقة المولدة في الجسم وفقاً للعوامل الآتية^(١):

أ- نوع الطعام :

تتأثر كمية الطاقة المولدة في الجسم وفقاً لنوع الطعام، فالاطعمة الغنية بالدهون تعطي طاقة اكبر من الاطعمة الأخرى، فالغرام الواحد من الكربوهيدرات او البروتينات يعطي طاقة بمقدار ٤ كالوري، بينما يعطي الغرام الواحد من الدهون طاقة تقدر بنحو ٩ كالوري. ويستخدم الجزء الأكبر من الطاقة المولدة في بناء الجسم وتنفيذ الأنشطة اليومية المختلفة، اما الطاقة الزائدة فتخزن في الجسم على شكل دهون تزيد من وزن الجسم.

ب : النشاط الجسدي :

تزداد الطاقة المولدة في الجسم مع تزايد النشاط الجسدي. والجدول (٦٦) يوضح معدل الطاقة المولدة اثناء القيام ببعض النشاطات والتي تكون ادناها نحو ٤٠-٦٠ كالوري / ساعة في حالة النوم ، والجلوس بهدوء ، ومراقبة التلفزيون ، والاكل ، وتزداد مع تزايد الجهد المبذول حتى تصل نحو ٩٠٠ كالوري / ساعة في الركض بنحو ٢٠ كم / ساعة .

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار المسيرة ، عمان ، ٢٠١٠ ، ص ٤٨-٥٢ .

جدول (٦٦) معدل الطاقة المولدة اثناء القيام ببعض النشاطات (كالوري / ساعة).

النشاط	الطاقة
النوم ، الجلوس بهدوء ، مشاهدة التلفزيون ، الاكل	٦٠-٤٠
العمل المكتبي اثناء الجلوس	٨٠
القراءة	٩٠
الطباعة ، الكلام	١٢٠
التسوق	١٤٠
قيادة السيارة	١٥٠
الطبخ ، غسل الصحون	١٦٠
خلط الاسمنت	١٩٠
تنظيف المنزل ، كوي الملابس ، حمل طفل صغير	٢٠٠
الرقص	٢٤٠
عمل في الحديقة	٢٨٠
تنس فردي	٣٦٠
كرة السلة	٧٠٠
المصارعة	٨٥٠
الركض ٢٠ كم / ساعة	٩٠٠

المصدر: علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، ط١، دار المسيرة، عمان، ٢٠١٠، ص ٥٠.

ج : تركيب الجسم :

تعتمد الطاقة المولدة على تركيب الجسم من حيث كمية العضلات بالمقارنة مع المواد الدهنية الموجودة في الجسم، فكلما زادت العضلات وقلة كمية الدهن في الجسم زادت كمية الطاقة المنتجة والتي تتوقف على عوامل عدة أهمها:

الجنس: تزداد الدهون عند الإناث مقارنة بالذكور ، بينما تزداد كمية العضلات لدى الذكور مقارنة بالاناث وهذا جعل الطاقة المتولدة لدى الذكور اعلى منها في الاناث .

العمر: ان معدل الطاقة المولدة لدى الصغار والشباب اكبر مما هي عند كبار السن لأن الصغار والشباب هم في مرحلة نمو لاسيما للعضلات والعظام والدم، فضلاً عن ذلك ان الحركة لدى الاطفال والشباب هي اكثر من كبار

السن. ويقدر معدل نقصان الطاقة مع تقدم العمر بنحو ٢% لكل ١٠ سنوات بعد سن العشرين.

حجم الجسم (الوزن والطول): تزداد الطاقة المولدة في الجسم مع زيادة الطول والوزن ، لاسيما عند الشباب ، مع الأخذ بعين الاعتبار ان زيادة الوزن بسبب تراكم الدهون يقلل من الطاقة المولدة في الجسم .

الحالة الصحية: ان الانسان المريض ينتج كمية من الطاقة اكبر من الانسان السليم لاسيما اذا كان الانسان مصاباً بالحمى اذ يؤدي ذلك الى ارتفاع درجة حرارته.

الحالة الجوية: ينتج الجسم كمية من الطاقة في الاحوال الجوية المتطرفة كأوقات حدوث موجات الحر اكثر من الاحوال الجوية الاعتيادية .

٥ : التبخر: Evaporation

يعبر عن التبخر من جسم الانسان بالتعرق، ويحدث حال شعور الانسان بالضيق والانزعاج من عوامل عدة اهمها:

أ- ارتفاع درجات الحرارة .

ب- الملابس التي يرتديها الانسان : اذا صادف ارتفاع درجات الحرارة، وارتداء الانسان لملابس سميكة او ذات الوان غامقة فأنها تعمل على زيادة امتصاص الاشعاع وتحويله الى حرارة، وبالتالي يؤدي الى زيادة عملية التعرق ، ولتقليل ذلك يتم ارتداء ملابس خفيفة فظفاظة ، ذات الوان فاتحة، لعكس اكبر كمية من الاشعاع الشمسي، وتكون اكثر تأثراً بحركة الهواء.

ج البيئة المحيطة بالانسان : ان الانسان الذي يسكن البيئة الصحراوية ذات المناخ الجاف يتصف بأنه يتعرق اكثر من الشخص الذي يسكن البيئات الاخرى ذات المناخ المعتدل، او البيئات ذات المناخ البارد، وذلك لجفاف الهواء، وصفاء السماء، وارتفاع درجات الحرارة. وكذلك ايضاً يرتفع مقدار التعرق بالاقتراب من الدائرة الاستوائية، لان الشمس تكون عمودية تؤدي الى ارتفاع درجات الحرارة.

مؤشرات الراحة وقوانينها :

في الحقيقة لا يوجد قانون رياضي يجمع عناصر المناخ المؤثرة على راحة الانسان بأجمعها لاسيما درجة الحرارة والاشعاع والرطوبة والرياح،

ومع ذلك هناك قوانين جمعت بين اثنين من عناصر المناخ او اكتفت بعنصر واحد وكما يأتي:

١ : درجة الحرارة الفعالة(*) : The Effective temperature

يمكن قياس درجة الحرارة الفعالة كقانون رياضي يدل على راحة الانسان كما يأتي^(١):

$$ق = ح + \frac{٥}{٩} (ض - ١٠)$$

اذ ان :

ض = ضغط بخار الماء (كيلو باسكال) .

ح = درجة الحرارة (°م) .

ق = قرينة الحرارة .

يمكن وضع جدول (٦٧) كدليل على درجة الحرارة الفعالة وحالة الانسان .

جدول (٦٧) درجة الحرارة الفعالة وحالة الانسان

درجة الحرارة	الحالة	درجة الحرارة الفعالة	الحالة
٢٩ - ٢٠	راحة	٤٦ - ٣٤	عدم راحة
٣٤ - ٣٠	تباين الشعور بالراحة	اكتر من ٤٦	توقف العمل

مثال : جد درجة الحرارة الفعالة لشعور الانسان بالراحة وفق بيانات جدول (٦٨).

(*) أستخدم مصطلح درجة الحرارة الفعالة كأسلوب من اساليب قياس درجة الحرارة وكذلك كأسلوب من الاساليب المستخدمة في التصنيف البشرية ، وهنا يُستخدم كقانون رياضي يدل على راحة الانسان .
(١) نفس المصدر ، ص ٦٩ .

**جدول (٦٨) معدلات الحرارة الاعتيادية (°م) ، والرطوبة النسبية % ،
والامطار (مم) ، وضغط بخار الماء (كيلو باسكال) ، وسرعة الرياح م/ثا ،
وسرعة الرياح كم / ساعة في محطة الناصرية**

الشهور	٢ ك	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل
الحرارة	١١,٩	١٤,٤	١٩,٢	٢٥,٢	٣١,٨	٣٥,٦	٣٧,٥	٣٦,٨	٣٣,٥	٢٧,٤	١٩,١	١٣,٣	٢٥,٥
الرطوبة النسبية	٦٩,٧	٥٩,٣	٤٩,٥	٤١,١	٣٠,٥	٢٢,٩	٢١,٩	٢٣,٥	٢٧,٦	٣٨,٦	٥٤,٤	٦٦,٩	٤٢,٢
الامطار	٢٦,٦	١٦,٩	٢٠,٢	١٢,٩ ٧	٣,٦	٠,١	٠,٠	٠,٠	٠,٩	٧,٨	١٥,٢	٢٠,٣	١٢٤,٦
ضغط بخار الماء	٨,٤	٨,٩	١٠,١	١٢,٣	١٣,٥	١٢,٧	١٣,١	١٣	١٢	١١,٥	١٠,٥	٨,٩	١١,٢
الرياح م / ثا	٢,٦	٣,١	٣,٢	٣,٢	٣,٤	٤,٣	٤,٢	٣,٦	٢,٩	٢,٧	٢,٥	٢,٦	٣,٢
الرياح كم/ساعة	٩,٢	١١,٠١	١١,٤	١١,٤	١٢,١	١٥,٣	١٤,٩	١٢,٨	١٠,٣	٩,٦	٨,٩	٩,٢	١١,٤

المصدر : الهيئة العامة للأتواء الجوية والرصد الزلزالي ، قسم المناخ ، بيانات غير منشورة.

الجواب : يلاحظ جدول (٦٩) .

جدول (٦٩) درجة الحرارة الفعالة وحالة الانسان.

الشهور	٢ ك	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل
درجة الحرارة الفعالة	١١,٠١	١٣,٨	١٩,٣	٢٦,٥	٣٣,٧	٣٧,١	٣٩,٢	٣٨,٥	٣٤,٦	٢٨,٢	١٩,٤	١٢,٧	١٧,٠

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٦٨).

من تحليل جدول (٦٨) يظهر ان المعدل السنوي وشهور كانون الثاني وشباط واذار وتشرين الثاني وكانون الاول درجتها دون ٢٠°م ، لذا فهي شهور عدم راحة بسبب انخفاض درجات الحرارة ، اما شهري نيسان وتشرين الاول فهما الشهران الوحيدان اللذان تقع درجتاهما بين ٢٠ – ٢٩ وهما يمثلان شهور الراحة ويقعان الاول منهما في فصل الربيع والثاني منهما في فصل الخريف ، بينما كانت درجة شهر مايس بين ٣٠ – ٣٤ وهو شهر يتباين فيه الشعور بالراحة ، في حين كانت شهور الصيف المتبقية حزيران وتموز واب ذات درجة تقع بين ٣٤ – ٤٦ فتعد شهور عدم راحة .

٢ : دليل الحرارة الرطبة : Temperature humidity index (THI)

توجد ثلاثة قوانين عن دليل الحرارة الرطبة تعتمد على درجة الحرارة والرطوبة وكما يلي^(١) :

$$\text{THI} = 0.4 (\text{TW} + \text{Td}) + 4.8$$

المعادلة الاولى :

اذ ان :

TW = درجة حرارة المحرار الرطب .

Td = درجة حرارة المحرار الجاف .

$$\text{THI} = 0.55 \text{ Td} + 0.2 \text{ Tdp} + 5.3$$

المعادلة الثانية :

اذ ان :

Td = درجة حرارة المحرار الجاف .

Tdp = درجة نقطة الندى .

$$\text{THI} = \text{T} - 0.55 (1 - \text{RH}) (\text{T} - 14)$$

المعادلة الثالثة :

اذ ان :

T = درجة حرارة المحرار الجاف .

RH = الرطوبة النسبية .

ان جميع هذه المعادلات دلت اذا كان الناتج اكثر من ٢٥ فأن معظم الناس يشعرون بعدم الراحة ، اما اذا كانت النتيجة بين (٢٠ - ١٥) فأن معظم الناس يشعرون بالراحة .

طبقت المعادلة الثالثة على بيانات محطة الناصرية في جدول (٦٧) فكانت النتائج كما في جدول (٧٠).

جدول (٧٠) دليل الحرارة الرطبة وفقاً للمعادلة الثالثة .

الشهور	٢٤	شباط	آذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	١٠	١١	المعدل	
THI	١٢,٣	١٤,٣	١٧,٨	٢١,٦	٢٥,١	٢٦,٥	٢٧,٤	٢٧,٣	٢٥,٨	٢٢,٩	١٧,٨	١٣,٤	٢١,٨

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٦٨) .

من تحليل جدول (٧٠) يتبين ان الشهور التي يشعر الناس فيها بالراحة في مدينة الناصرية هي اذار وتشيرين الثاني ، اذ كانت قيمة THI تبلغ نحو ١٧,٨ لكلاهما ، أي انها تقع بين ٢٠ - ١٥ .

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٢٥ ،

٣ : عامل التبريد الريحي : Wind chill factor

تعتمد معادلة عامل التبريد الريحي على درجات الحرارة (°م) ، وسرعة الرياح م / ثا وتكتب بالصيغة الآتية^(١) :

$$K = (33 - T) (10 \sqrt{V}) + 10.5 - V$$

اذ ان :

K = قيمة عامل التبريد الريحي (كالوري / م^٢ / ساعة) .

T = درجة الحرارة (°م) .

V = سرعة الرياح (م / ثا) .

أما النتائج التي تم الحصول عليها من المعادلة فيمكن توضيحها بالجدول (٧١)

جدول (٧١) العلاقة بين معامل تبريد الرياح (K) والحالة الجوية التي يشعر بها الانسان.

الشعور	K	الشعور	K
بارد	٨٠٠ - ٦٠٠	حار	اقل من ٥٠
بارد جداً	١٠٠٠ - ٨٠٠	دافئ	١٠٠ - ٥٠
قارص البرودة	١٢٠٠ - ١٠٠٠	لطيف (منعش)	٢٠٠ - ١٠٠
يتجمد جلد الانسان المكشوف	١٤٠٠ - ١٢٠٠	مائل للبرودة	٤٠٠ - ٢٠٠
يتجمد الجلد المكشوف في دقيقة	٢٠٠٠ - ١٤٠٠	اميل للبرودة	٦٠٠ - ٤٠٠
لا يطاق	اكتر من ٢٠٠٠		

ويمكن ان تصل قيمة عامل التبريد (K) الى ١٤٠٠ ضمن الحالات الآتية :

أ : اذا كانت درجة الحرارة - ٧°م ، وسرعة الرياح ٧٠ كم / ساعة .

ب : اذا كانت درجة الحرارة - ١٢°م ، وسرعة الرياح ٣٠ كم / ساعة .

ج : اذا كانت درجة الحرارة - ٢٣°م ، وسرعة الرياح ١١ كم / ساعة .

د : اذا كانت درجة الحرارة - ٤٠°م ، وسرعة الرياح ١٣ كم / ساعة .

من تطبيق معادلة التبريد الريحي على بيانات محطة الناصرية تم

التوصل الى النتائج في جدول (٧٢) .

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٩٢ - ٩٤ .

جدول (٧٢) عامل التبريد الريحي والحالة الجوية لشعور الانسان في محطة الناصرية

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل
k	٥٠٦,٩	٤٦٥,١	٣٤٧,٦	١٩٦,٥	٣٠,٧	٧٠,٠٤-	١٢٠,٦-	٩٨,٣-	- ١٢,٣	١٣٥,٧	٣٣٠,٩٨	٤٧٣,٣	١٨٨,٩

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٦٨) .

من تحليل جدول (٧٢) يتبين ان المدة من شهر مايس الى شهر ايلول كانت دون ٥٠ كالوري /م^٢/ساعة ، لذا فهي شهور حارة . اما المعدل السنوي ١٨٨,٩ ، وشهور نيسان ١٩٦,٥ ، وتشرين الاول ١٣٥,٧ كالوري /م^٢/ساعة ، فكانت ذات شعور مناخي لطيف (منعش) . اما شهري اذار ٣٤٧,٦ ، وتشرين الثاني ٤٧٣,٣ كالوري/م^٢/ساعة ، فكان الشعور فيها بأنه مائل للبرودة . اما بقية الشهور شباط ٤٦٥,١ ، وكانون الاول ٤٧٣,٣ ، وكانون الثاني ٥٠٦,٩ كالوري/م^٢/ساعة ، فكان الشعور فيها اميل للبرودة .

٤ : درجة الحرارة المكافئة : Equivalent Temperature

يمكن الحصول على درجة الحرارة المكافئة من المعادلة التي طورها National weather service عام ٢٠٠١ وهي^(١) :

$$E T = 13 - 12 + 0.6215 T - 11.37V^{0.16} + 0.3965 T V^{0.16}$$

اذ ان :

ET = درجة الحرارة المكافئة .

T = درجة الحرارة (م°) .

V = سرعة الرياح (كم / ساعة) .

طبقت معادلة الحرارة المكافئة على بيانات محطة الناصرية وكانت النتائج في جدول (٧٣) .

جدول (٧٣) درجة الحرارة المكافئة لمحطة الناصرية .

الشهور	ك٢	شباط	اذار	نيسان	مايس	حزيران	تموز	اب	ايلول	ت١	ت٢	ك١	المعدل
ET	١١,٠٣	١٣,٨	١٩,٥	٢٦,٨	٣٤,٧	٣٩,٥	٤١,٨	٤٠,٨	٣٦,٧	٢٩,٤	١٩,٦	١٢,٧	٢٧,١

المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على جدول (٦٨) .

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٧٤ .

جدول (٧٣) يبين ان درجة الحرارة المكافئة تزداد مع زيادة سرعة الرياح وارتفاع درجات الحرارة وتقل بانخفاضها في محطة الناصرية ، رغم ان درجة الحرارة المكافئة تعد من الطرق الهامة التي تعبر عن دور سرعة الرياح في تخفيض درجة الحرارة .

٥ : دليل الاجهاد : The strain Index

ان دليل الاجهاد هو مقياس للراحة يُحدد من خلال النسبة بين كمية العرق الذي يمكن ان يتبخر من الجلد للمحافظة على راحة حرارية ، والكمية العظمى للتبخر التي يمكن ان تحدث تحت ظروف خاصة . والعلاقة التي وضعت قامت على أساس معدل الحرارة المتولدة ذاتياً لشخص يمشي بمعدل ٣,٢ كم / ساعة ، ويلبس لباساً خفيفاً في حال وجود نسيم خفيف سرعته ٥,٥ م / ثا .

ان احسن ادلة الاجهاد الحديثة ما وضعه العالمان لي وهنشل وفق الصيغة الاتية^(١) :

$$R.S = 10.7 + 0.74 (ta - 35) (44 - pa)^{-1}$$

اذ ان :

$R.S =$ دليل الاجهاد .

$Ta =$ درجة حرارة الهواء (°م) .

$Pa =$ الرطوبة الجوية (ملم) .

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٠٣ - ١٠٤

الفصل العاشر المناخ والعمارة

الفصل العاشر المناخ والعمارة

المناخ والعمارة :

عندما لم يستطع الانسان القديم بناء بيت له، يقيه من تأثير عناصر المناخ ، والحيوانات المؤذية، لجأ الى سكن الكهوف والحفر الطبيعية، باعتبارها توفر له مسكناً طبيعياً وملاًذاً امناً. ثم لجأ الى استخدام الاحجار والطين والاشباب لبناء مساكنه من اجل حمايته من قساوة المناخ سواء كان ذلك من تطرف درجات الحرارة نحو الارتفاع او الانخفاض، او من شدة الاشعاع الشمسي، او من تأثير الرياح الشديدة والعواصف الترابية والغبارية، او للاحتماء من الامطار المتساقطة او لغيرها من الظروف المناخية التي تحتم على الانسان أتقائها.

ان الانسان استخدم بعض الجوانب المناخية في بناء مسكنه منذ القدم، ففي المناطق الحارة، كان يراعي استخدام الطاقة التبريدية للرياح قدر الامكان ، فضلاً عن التقليل من شدة الاشعاع الشمسي، للتخفيف من تأثير درجات الحرارة المرتفعة. اما في المناطق الباردة، فكان الانسان يراعي امكانية الحصول في بناء مسكنه على اكبر قدرٍ من الاشعاع الشمسي للتدفئة، فضلاً عن جعل فتحات التهوية قليلة وصغيرة من اجل الحفاظ على اكبر قدرٍ من الحرارة داخل المسكن. كما استخدم البدوي الخيمة المصنوعة من الصوف او من الشعر في البيئة الصحراوية، لكونها تلائم تلك الظروف الصحراوية، كما انه بالامكان حملها معه حال تنقله من مكان الى اخر.

اما في الوقت الحالي وبحكم التطور العلمي والتكنولوجي الذي بلغه الانسان واستخدامه لمواد في البناء تختلف في طبيعتها عما كان مستخدماً في السابق، كما استخدم اجهزة التبريد صيفاً، واجهزة التدفئة شتاءً، جعل الانسان بإمكانه ان يستغني عن مراعاة الظروف المناخية عند تصميم المساكن. الا انه في الحقيقة بحكم ان تلك الاجهزة لا تعمل الا بوجود الطاقة الكهربائية، وان معظم الطاقة الكهربائية المولدة هي ناتجة عن استخدام مصادر الطاقة المعرضة للنضوب كالفحم والنفط والغاز الطبيعي واليورانيوم، فضلاً عن مشكلة التلوث التي يعاني منها العالم من جراء استخدامها، جعل امر الرجوع الى مراعاة الظروف المناخية عند تصميم وبناء المساكن لا بد منه، لاسيما ونحن في القرن الواحد والعشرين، ولا تزال مناطق من دول العالم لا يوجد

فيها طاقة كهربائية، او انها بسبب الحروب دمرت طاقتها الكهربائية وتحتاج الى وقت كبير واموال ضخمة لبنائها.

مواقع المناطق السكنية :

لكي تكون المناطق السكنية ذات مواقع مثالية ، ينبغي توافر بعض الشروط التي يجب مراعاتها وهي:

١. يجب ابتعادها عن مناطق حدوث الفيضانات كالمناطق المنخفضة التي تتعرض الى الغمر بمياه الفيضان نتيجة غزارة الامطار الساقطة وذوبان الثلوج.

٢. الابتعاد عن المناطق الموبوءة بالامراض، والتي تتواجد فيها الحشرات الناقلة للمرض ، كمناطق المستنقعات والمياه الراكدة.

٣. تجنب المناطق ذات التربة والصخور غير المستقرة، والتي يتعاضم خطرهما بعد سقوط الامطار.

٤. في المناطق الحارة ينبغي جعل المساكن قريبة بعضها من بعض، كما ينبغي التقليل من عرض الطرقات لتوفير الظل لها والتخفيف من تأثير الاشعاع الشمسي الشديد ودرجات الحرارة العالية، في حين ينبغي ان تكون المساكن في المناطق الباردة متباعدة بعضها عن بعض، فضلاً عن اتساع الطرقات بينها للحصول على اكبر قدر ممكن من الاشعاع الشمسي.

٥. عند تصميم الشوارع وصفوف المساكن ينبغي مراعاة اتجاه الرياح لانه الشوارع المتعرجة تعيق حركة الرياح.

٦. احاطة المناطق السكنية بالحدائق المزروعة بالنباتات ، التي تعمل على تنقية الهواء من جهة ، فضلاً عن كونها تخلق مناخاً محلياً يختلف عن مناخ المدينة الصاخب ، الذي تسود فيه ظاهرة الجزيرة الحرارية Heat Island.

انواع المساكن وفقاً للظروف المناخية :

تختلف المساكن في انواعها ما بين العروض وفقاً لأحوالها المناخية السائدة ، كما تختلف في نوعية المواد المستخدمة في البناء ، اعتماداً على ما هو متوفر محلياً ، لذا يمكن ذكر انواع المساكن على النحو الاتي:

١. **المناطق الحارة الرطبة :** بحكم ارتفاع درجات الحرارة والرطوبة النسبية في هذه المنطقة صممت المساكن بأن تكون مناسبة للحصول على أعلى تبريد للرياح ، فضلاً عن ذلك تكون هذه المساكن مرتفعة عن سطح الأرض لحمايتها من الأمطار الغزيرة والحيوانات المؤذية والحشرات الضارة.

٢. **منطقة السفانا :** نتيجة لارتفاع درجات الحرارة ، وسقوط الأمطار في فصل الصيف ، مع جفاف فصل الشتاء بنيت المساكن من الطين واغصان الأشجار مع نوافذ وفتحات صغيرة للمسكن لتوفير الحماية من شدة الأشعاع الشمسي ، والتخفيف من درجات الحرارة العالية ، حتى أن السكان يستظلون بالأشجار نهاراً.

٣. **المنطقة الحارة الجافة :** يستخدم الطين كمادة أساسية في البناء، لأنه مادة عازلة للحرارة ، فهو يمنع تسرب حرارة البيت شتاءً إلى الخارج، كما يقي داخل البيت من حرارة الهواء في الخارج صيفاً، فضلاً عن ذلك أن المنازل تكون متقاربة للتقليل من تأثير شدة الأشعاع الشمسي بتوفيرها الظل لبعضها البعض الآخر، كما أنها تظل للطرق بينهن . وكما تحتوي البيوت على نوافذ صغيرة. أما سقوفها وجدرانها فتطلى باللون الأبيض لعكس الأشعاع الشمسي وتوفير الإضاءة الطبيعية نهاراً في داخل المسكن، فضلاً عن التخفيف من درجات الحرارة.

٤. **منطقة البحر المتوسط :** يتكون مسكن هذه المنطقة من ساحة داخلية تحيط بها غرف المسكن، تدخل الشمس إلى الساحة وتضيء الغرف عندما تكون الشمس عمودية، لذا فهي تصل بمقادير قليلة تفي بمتطلبات الإضاءة الطبيعية نهاراً. ونتيجة لجفاف فصل الصيف، فإن سكان المنزل بإمكانهم الجلوس والنوم في ساحة المسكن لاسيما ليلاً.

٥. **المنطقة الصحراوية :** تستعمل الخيمة المصنوعة من الصوف والشعر في الظروف الصحراوية ، والتي بالامكان رفع جوانبها لتمرير الهواء إلى داخلها ، كما يمكن اسدالها حال هبوب العواصف الترابية والغبارية ، فضلاً عن ذلك أنه بالامكان حملها أثناء التنقل من مكان إلى آخر.

٦. **المنطقة المعتدلة :** تصمم مساكن هذه المنطقة على أساس الاحتفاظ بدرجات الحرارة ، لذا تستخدم مواد العزل الحراري في البناء كالفلين ، كما تكون نوافذها متوسطة الحجم تسمح للأشعاع الشمسي بالدخول إلى المنزل ،

فضلاً عن ان سقوفها فيها بعض الانحدار الذي يمنع تراكم مياه الامطار والثلوج الساقطة.

٧. **المنطقة الباردة :** يستعمل الخشب في بناء مساكن هذه المنطقة لانه عازل جيد، وتكون نوافذها صغيرة الحجم وعلى ارتفاعات مناسبة للرؤية، اما سقوفها فتكون منحدره بقدر يكفي لتصريف مياه الامطار المتساقطة صيفاً كما تمنع تراكم الثلوج شتاءً.

٨. **منطقة الاسكيمو :** يبنى مسكن الاسكيمو من مادة الثلج لأنه موصل غير جيد للحرارة ، ويكون ذو شكل دائري يبطن المسكن بجلود الحيوانات للحفاظ على حرارة داخل المسكن ، ويكون الدخول الى المسكن بممر ملتوي لحمايته من تأثير الرياح القارصة الباردة ، اما ارضية البيت فتتكون من مصطبة مغطاة بجلود الحيوانات ، كما توجد فتحة في اعلى المنزل لتصريف الهواء .

المناخ ومواد البناء :

تؤثر مواد البناء على المحيط الداخلي للمبنى ، فخواص المواد الانشائية المتعلقة بقابليتها على العزل الحراري ، او عكس الاشعة ، او خزن الحرارة ، واكتسابها وفقدانها ، الى غير ذلك من الخصائص تعمل على تشكيل الجو الداخلي للبنية وتحديد مواصفاته النهائية بعد اكمال البنية^(١) .

ان مناخ البنية الداخلي لاسيما من حيث درجات الحرارة والرطوبة يعتمد على مواد البناء ، وفقاً للسعة الحرارية لهذه المواد ، والتي تعني تلك الطاقة التي تعمل على رفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة . فمادة الحديد تصل سعتها الحرارية نحو ٣,٩٣ جول / م^٣ / كغم (بالمليون) ، لذا فهي مادة عالية التوصيل للحرارة ، اذ تبلغ نحو ٥٣,٣ واط / م^٢ / م . ويستعمل الحديد وبعض المعادن الاخرى في بناء المساكن والمنشآت والبنائات العالية المتكونة من عدة طوابق ، ونتيجة لقابليته العالية على التوصيل تستخدم بعض المواد ذات السعة الحرارية الاقل والتوصيل الحراري غير الجيد في سقوف البناء والجدران كالفلين والخشب . يلاحظ جدول (٧٤) .

(١) عبد علي الخفاف و ثعبان كاظم خضير ، مصدر سابق ، ص ١٠٩

جدول (٧٤) الخصائص الفيزيائية لبعض مواد البناء.

مواد البناء	الكثافة كغم/م ^٣ × ١٠ ^٣	السعة الحرارية جول/م ^٣ /كغم (بالمليون)	التوصيل الحراري واط/م ^٢ /م
الاسفلت	٢,١١	١,٩٤	٠,٧٥
الاسمنت	٢,٤٠	٢,١١	١,٥١
الحجر	٢,٦٨	٢,٢٥	٢,١٩
الأجر	١,٨٣	١,٣٧	٠,٨٣
الطين	١,٩٢	١,٧٧	٠,٨٤
الخشب	٠,٥٢	٠,٩٠	٠,٢٠
الحديد	٧,٨٥	٣,٩٣	٥٣,٣
الزجاج	٢,٤٨	١,٦٦	٠,٧٤
الجبس	١,٢٨	١,٤٠	٠,٤٦
البوليسترين	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٣
الفلين	٠,١٦	٠,٢٩	٠,٠٥

المصدر : علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار المسيرة ، عمان ، الاردن ، ٢٠١٠ ، ص ١١٤ .

في دول الوطن العربي كان استعمال مادة الطين والخشب هي المادة السائدة في بناء البيوت الى وقت قريب ، اذ تتميز هذه المواد بسعة حرارية منخفضة ، مع توصيل حراري منخفض لذا كانت المساكن ذات درجات حرارية معتدلة تخفف من درجات الحرارة المرتفعة صيفاً ، كما انها تحافظ على درجة حرارة البيت شتاءً وتحول دون تسربها الى الخارج ، او انها تمنع انتقال درجات الحرارة المنخفضة في الجو الخارجي المحيط بالبيت الى داخله .

اما الان وقد انتشر استخدام الحجر ومواد الاسمنت في معظم دول الوطن العربي والشرق الاوسط جعل ذلك مناخ المسكن يختلف ، اذ اصبحت المساكن اكثر حرارة في فصل الصيف ليلاً ونهاراً ، كما انها اقل حرارة في فصل الشتاء ليلاً ونهاراً مقارنة بالبيوت الطينية ، وذلك لأن هذه المواد ذات سعة حرارية وتوصيل حراري اعلى من الطين . الامر الذي تطلب استخدام

وسائل واجهزة التدفئة شتاءً ووسائل واجهزة التبريد صيفاً ، والا فأن مناخ
البناية الداخلي لا يلائم راحة الانسان .

تأثير عناصر المناخ على الابنية :

تتباين عناصر المناخ في تأثيرها على الابنية ، ويمكن توضيح ذلك كما يأتي:

١. الاشعاع الشمسي :

تعد الاضاءة الطبيعية الناتجة عن الاشعاع الشمسي بأعتبار الاشعة
الضوئية احد انواعه، على درجة من الاهمية في البناية والمكان، وذلك لأنها
تبعث شعوراً بالراحة لدى الانسان، كما تعمل على الاستغناء او التقليل من
استخدام وسائل الانارة الصناعية في البناية او المسكن، الامر الذي يقلل من
كلفة الطاقة الكهربائية المستعملة، كما تعمل على توفير الطاقة للاستخدام في
مجالات اخرى، فضلاً عن عمليات الاقتصاد في استهلاكها.

ان جدران المسكن تختلف فيما بينها من حيث حصولها على الاشعاع
الشمسي ، فبينما تحصل الجدران المواجهة للجنوب على الاشعاع الشمسي
معظم النهار، فأن الجدران المواجهة للشمال تقع في الظل. وبينما تحصل
الجدران المواجهة للشرق على الاشعاع الشمسي من وقت شروق الشمس الى
الظهيرة فأن الجدران المواجهة للغرب تحصل عليه من الظهيرة الى الغروب
ولذا فأن مواضع نوافذ البيت من ابواب وشبابيك تختلف وفقاً لما يصل من
اشعاع شمسي، كما تختلف وفقاً لدوائر العرض والتضاريس. اذ ان السفوح
الجنوبية المواجهة لدائرة الاستواء في النصف الشمالي من الكرة الارضية
تتعرض للاشعاع الشمسي اكثر من تعرض السفوح الشمالية المواجهة للقطب
والتي تكون في الظل، لذا ان السفوح الجنوبية تتعرض للأضاءة المباشرة
والمبعثرة بينما تتعرض السفوح الشمالية للاشعاع المبعثر فقط، والعكس
صحيح بالنسبة لنصف الارض الجنوبي.

ان رغبة الانسان في الحصول على الاشعاع الشمسي تزداد في فصل
الشتاء وذلك لأنخفاض درجات الحرارة ، بينما يعمل الانسان على تقليل
الاشعاع الشمسي النافذ الى البيت خلال فصل الصيف لأرتفاع درجات
الحرارة .

من الطرق المستخدمة في التحكم بدخول الاشعة الشمسية الى المسكن ، هي استخدام حواجز مظلمة فوق الشبابيك، أو امتداد السقف لمسافة فوق الشبابيك، من اجل منع الاشعاع الشمسي من الدخول الى البيت وقت الظهيرة حيث تكون الشمس عمودية او قريبة منها، في حين تسمح للاشعاع الشمسي بالدخول في بقية النهار لأن الشمس تكون مائلة. فضلاً عن ذلك يمكن زراعة حديقة المسكن او المنطقة المحيطة به بالاعشاب لتقليل نسبة الاشعاع المنعكس الى داخل البيت فالرمال تمتلك عاكسية اعلى من الاعشاب، كما يمكن زراعة النباتات النفضية في حديقة المسكن لكي تسمح في فصل الشتاء بدخول الاشعة الشمسية الى البيت من النوافذ عند تساقط اوراقها في حين لا تسمح بدخول الاشعة الشمسية صيفاً عند نموها.

٢. درجات الحرارة :

بما ان المسكن يكون ذو شكل مربع او مستطيل فأن درجة حرارة الجدران تختلف فيما بينها، اعتماداً على مواجهتها للشمس، وبالتالي لهذا تأثيره على درجة حرارة المسكن. كما ان للون الجدران والسقوف تأثير على درجة حرارة المسكن فألوان الطلاء الغامقة تمتص نسبة كبيرة من الاشعاع الشمسي، فتؤدي الى ارتفاع درجة حرارة المسكن، في حين تعكس الالوان الفاتحة نسبة كبيرة من الاشعاع الشمسي فتخفض من درجة حرارة المسكن مقارنةً بالالوان الغامقة.

ان كمية كبيرة من درجة حرارة المنزل تأتي عن طريق السقف، وان للون السقف اهمية كبيرة ، فدرجة الحرارة تحت السقف الابيض هي اقل بـ ٦°م عن درجة الحرارة تحت السقف الرمادي^(١). وما يقال عن الوان السقف يمكن قوله عن الوان الجدران في دورها على تباين درجات الحرارة.

يعد ارتفاع السقف ذو تأثير على درجة حرارة المسكن فكلما ارتفع السقف، كلما كان له دور في التخفيف من درجات الحرارة العالية، في حين كان الارتفاع القليل له دور في ارتفاع حرارة المسكن، اذ ان جزء من حرارة المسكن يأتي عن طريق السقف.

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢٦٩

ان المنطقة المحيطة بالمسكن لها تأثير كبير على حرارة المسكن ، وذلك اذا كانت تلك المنطقة معبدة بالأسفلت او الكونكريت ، فأنها تعمل على رفع درجة الحرارة لسعتها الحرارية، فهي تعمل على انبعاث اشعاع حراري كبير الى داخل المنزل.

فضلاً عن ذلك ان زراعة تلك المنطقة بالاعشاب يخفف من درجات الحرارة، لأن جزء من الحرارة يستخدم في عمليات النتج، وكذلك تعمل الاشجار النفضية على التخفيف من درجة حرارة الصيف، بمنعها للأشعاع الشمسي من الدخول الى المسكن حيث يكون موسم نموها وكثافة اوراقها، في حين تسمح للأشعاع الشمسي بالدخول الى المسكن شتاءً فترفع من درجة حرارته لأنها تنفض اوراقها.

ان للنوافذ دور كبير في التأثير على حرارة المسكن ، فالنوافذ الزجاجية عندما تكون مغلقة تسمح بدخول الاشعاع الشمسي القصير الموجه ، ولا تسمح للأشعاع الارضي الحراري الطويل الموجه بالخروج ، فيؤدي ذلك الى ارتفاع درجات الحرارة داخل المسكن نتيجة لأحتباس الاشعاع الحراري . ويمكن ان تستعمل تلك العملية شتاءً لرفع درجة حرارة المسكن ، في حين في فصل الصيف وحيث ارتفاع درجة الحرارة يمكن فتح هذه النوافذ لمرور الهواء وفسح المجال امام الاشعاع الحراري بالخروج من البيت نحو الفضاء.

٣: الرياح:

تعد الرياح احد عناصر المناخ التي ينبغي مراعاتها عند بناء المساكن والبنائيات ، ففي المناطق الحارة تعد الرياح عامل تبريد وتلطيف للجو ، لذا ينبغي عند تصميم المساكن مراعاة ان تكون موضع النوافذ في الجهة المناسبة لدخول الهواء الى المسكن حتى يخفف من تأثير الحرارة المرتفعة ، واذا ما احكم استغلال الرياح جيداً في بناء المساكن ربما يعوض ذلك عن استخدام اجهزة التبريد المنزلية اما في المناطق الباردة ، فإن الرياح الهابة تسبب شعوراً بالبرودة اكثر لذا ينبغي الاهتمام ببناء المساكن التي تقلل من دخول الرياح اليها للحفاظ على درجة حرارتها الداخلية، ومنع تأثير الرياح عليها.

٤ : الرطوبة:

يظهر اثر الرطوبة في المناطق الحارة الرطبة، عن طريق شعور الانسان بارتفاع درجات الحرارة بمقدار أعلى مما يسجله المحرار الامر الذي يؤدي الى الشعور بالضيق وعدم الراحة في المسكن اذ ان تأثير درجات الحرارة يتعاظم مع ارتفاع الرطوبة. لذا يلجأ الانسان الى ازالة الهواء المشبع بالرطوبة واحلال هواء اقل رطوبة منه.

اما في المناطق الباردة فإن استخدام الانسان لوسائل التدفئة في المساكن يجعل هواء المسكن ذو رطوبة نسبية منخفضة لدفع هواء المسكن في حين تكون الرطوبة خارج المسكن اكثر ارتفاعاً ، الامر الذي يؤدي الى اصابة الساكنين بأمراض الزكام والانفلونزا عند خروجهم من البيت الدافئ القليل الرطوبة الى الهواء المنخفض الحرارة الاكثر رطوبة.

٥ : التساقط:

ينبغي الاهتمام عند بناء المساكن بالمواد التي تبني منها الجدران والسقوف بحيث تكون من المواد التي تمنع تسرب مياه الامطار الى داخل المسكن، فضلاً عن ذلك ينبغي ان تكون النوافذ والابواب في مواضع من المسكن تحول دون دخول مياه الامطار والثلوج عبرها الى المسكن، لاسيما في حال مرافقة ذلك لهبوب الرياح، والعواصف الثلجية. كما ان سقوف المنزل ينبغي ان يكون فيها بعض الانحدار بدرجة اكبر يحول دون تجمع مياه الامطار المتساقطة، وله القدرة على تصريفها رغم كثرتها وغزارتها، كما ان انحدار سقوف المسكن في العروض الباردة ينبغي ان تكون بزاوية تمنع تراكم الثلوج المتساقطة عليها شتاءً، كما لها القدرة على تصريف مياه الامطار صيفاً.

٦ : البرق:

تشكل الصاعقة خطراً كبيراً على البنايات العالية، ولتفادي اخطارها تتم حماية المنشآت المرتفعة بموانع الصواعق ، وهي عبارة عن قضيب من المعدن يمتد فوق البناية وينتهي في الارض. وعند تعرض البناية للصاعقة يقوم قضيب المعدن بامتصاص الشحنات الكهربائية وحملها وتفرغها في الارض. ويجب ان يكون ارتفاع قضيب المعدن فوق البناية مناسباً، بحيث

يشكل منطقة محمية تقع ضمن زاوية ٤٥° من طرف القضيب العلوي، ويجب ان ينتهي القضيب المعدني في تربة رطبة ليتم توصيل الطاقة الكهربائية عبر التربة بدون الحاق ضرر بالبنية^(١).

المناخ والعمل البنائي :

يتأثر العمل البنائي بعناصر المناخ ، ففي حال ارتفاع درجات الحرارة كثيراً يؤدي الى قلة نشاط عمال البناء ، وربما يصاب العمال بضربة الشمس ، نتيجة شدة الاشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة ، لاسيما اذا تجاوزت ٤٠°م وكان العمل في العراء . كما ان انخفاض درجات الحرارة الشديد يؤثر سلباً عن اداء العمال ، لاسيما اذا انخفضت دون الصفر المئوي وكان هناك تساقط في الثلوج . وكما يتعطل العمل مع سقوط الامطار والثلوج الغزيرة لاسيما اذا كان يرافق ذلك سرعة شديدة للرياح .

ان سقوط الامطار يعرقل وصول العمال الى مكان عملهم ، كما يؤدي الى تلف بعض مواد البناء كالاسمنت والجص في حال عدم اخذ الاحتياطات اللازمة لصيانتها من التلف ، فضلاً عن ذلك انها تؤخر جفاف البنية ، كما تمنع اتمام بعض الاعمال التي تتطلب اجواء جافة.

اقترح بعض الباحثين في الاقطار التي تتصف بتساقط مطري غزير وموزع طول العام، بأن كمية امطار يوم العمل البنائي يجب ان لا تزيد على ٦ ملم، كما ان درجة حرارة الهواء يجب ان لا تزيد على ٩°م، وتكون سرعة الرياح اقل من ١٣ م / ثا، وسمك الثلوج المتساقطة لا يزيد عن ١٥٠ ملم^(٢).

(١) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٢٠ .
(٢) فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، اساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٩٦ .

الفصل الحادي عشر

المناخ والسكان

Climate and People

الفصل الحادي عشر

المناخ والسكان Climate and People

المناخ والوطن الأصلي للإنسان :

إنقسم رأي العلماء في الموطن الاول للإنسان، فمجموعة منهم نادى بأن الإنسان أول ما نشأ في آسيا، ومجموعة ثانية ذهبت الى ان القارة الافريقية هي الوطن الاول، أما المجموعة الثالثة فنادى أصحابها إن الوطن الاصلي للإنسان يحتل جزءاً من القارة الآسيوية وجزءاً من القارة الافريقية، أي إن الوطن الاصلي يشمل وسط وجنوب غرب آسيا وشمال أفريقيا، وكانت كل مجموعة تحاول أن تبرهن صحة فرضيتها على أساس من حقائق علوم الاحياء القديمة والجيولوجيا والجغرافيا. وعلى أي حال عند البحث عن الموطن الاصلي للإنسان الاول يجب أن يؤخذ إعتباران^(١):

- ١- إن الاقليم الذي نشأ فيه الإنسان الاول لا بد وأن يكون ملائم لطبيعة جسمه بمعنى إن البيئة التي نشأ فيها الإنسان يجب أن تتمتع بمناخ معتدل بين الحرارة والبرودة ، والامطار كافية لقيام حياه شجرية ليس بالكثيفة.
- ٢- إن هذا الوطن لا بد وأن يلائم الهجرات المختلفة، أي يكون ذو موقع متوسط بالنسبة لسطح الارض.

وفقاً للإعتبارين المذكورين إستبعدت الأمريكتين ، لأنها لم تسكنها إلا مجموعة واحدة وهي الهنود الحمر، في حين إستبعدت كل من استراليا وجنوب شرق آسيا لموقعها المتطرف ، بينما إستبعدت كل من المناطق الاستوائية في أفريقيا لصعوبة العيش في غاباتها من قبل الإنسان الاول ، ومنطقة جنوب أفريقيا لوجود العوائق كالتضاريس الوعرة التي تعيق إنتشار الإنسان منها الى بقاع العالم الاخرى ، أما أوربا فكانت قد تعرضت أبان نشأة الإنسان الاول الى فترات جليدية ، كما إن شمال اسيا ووسطها إستبعدا لضروفهما المناخية القاسية ، لذا كان الرأي الأرجح هو الرأي الثالث الذي ينادي بأن الموطن الاول للإنسان كان في منطقة متصلة تقع جنوب غرب آسيا وشمال أفريقيا وتحديداً هو الوطن العربي الذي يعد المكان المناسب من

(١) يسري الجوهري ، الجغرافية العامة ، مكتبة ومطبعة الاشعاع الفنية ، مصر ، ١٩٩٨ ، ص ١٨٧ .

حيث ظروفه المناخية الملائمة ، فضلاً عن موقعه المتوسط بين بقاع سطح الارض ومنه إنطلق الإنسان الى مختلف أرجاء الارض.

ان الاعتقاد السائد بين عدد كبير من الاثاريين المؤرخين وعلماء الانثروبولوجيا إن الوطن العربي يعد الموطن الأول للإنسان ، وإن الظروف المناخية التي كانت سائدة فوق الكرة الارضية خلال تلك العصور السحيقة في القدم تختلف عنها في الوقت الحالي . اذ سادت البرودة الشديدة خلال فترات عصر البلايوسين وتقدم الجليد من مناطق القطبية مغطيا المناطق الشمالية والوسطى من اوربا وآسيا وكذلك أمريكا الشمالية . وكان من نتيجة ذلك ان تراجعت الاقاليم المناخية المعروفة حالياً نحو الجنوب وسادة البرودة النسبية والامطار اقليم البحر المتوسط . وأصبحت الصحراء وشبه الجزيرة العربية تتمتعان بالدفئ والامطار ، فكثر فيها الاشجار والحشائش ومصادر المياه مما جعلها اكثر المناطق ملائمة لحياة الانسان وتطوره الحضاري .وعندما تراجع الجليد باتجاه القطب وقلت الامطار وحصل تغير في المناخ ، ادى بالانسان الى الهجرة ، فضلاً عن هجرة الحيوان نحو المناطق المجاورة^(١).

إن مما يدل على إن الوطن العربي كان موطن الإنسان الاول ومهد حضارته الاولى ، هو وجود الوديان الكثيرة في الصحراء ، فضلاً عن بقايا النباتات والحيوانات المتحجرة ، التي تدل على سكن هذه الارض من قبل الانسان الاول ، لانها كانت عامرة بنباتها وكثرة حيواناتها. وقد اشارت المصادر الى إن ادم أبو البشر (عليه السلام) قد سكن ارض الجزيرة العربية والعراق، وهذا ما يعطي دليلاً آخر على قدم سكنى هذه الارض من قبل الإنسان.

المناخ وتكيف الجسم البشري :

إن جسم الإنسان له القدرة على التكيف مع بيئته الطبيعية ، لذا فإن الإنسان ذو البشرة السوداء له القابلية على السكن في البيئات الحارة ، في حين إن الإنسان ذو البشرة البيضاء له القدرة على العيش في البيئات المعتدلة.

(١) خطاب صكار العاني وابراهيم عبد الجبار المشهداني ، جغرافية الوطن العربي ، مطابع التعليم العالي ، الموصل ، ١٩٩٠ ، ص ١٦٣ .

إن تمكن الإنسان ذو البشرة السوداء من العيش في البيئات الحارة يعود الى تكيفه ، إذ إن لون بشرته الغامقة يشكل نوعاً من الستارة التي تضعه في الظل ، وهي تسمح له بالعمل عارياً ، ومن ثم تقلل من كمية فقدان الأملاح من جسمه عن طريق التبخر ، كما إن كثرة الغدد العرقية ، تمنحه قدرة أعظم على التعرق، فضلاً عن ذلك إن كثرة الشعيرات الدموية تحت البشرة القابلة للتمدد وزيادة الدورة الدموية عند سطح الجسم ، كل ذلك يسمح له بالمحافظة على توازنه الحراري بسهولة كبيرة^(١).

كما يمكن أن تكون هناك تكيفات أخرى ، كما في الجسم البشري الذي يمتلك القوة لتنظيم درجة حرارته التي تمكنه من المحافظة على درجة داخلية ثابتة للحرارة رغم التبدلات الخارجية الكبيرة . كما يستطيع الفرد الالبي عن طريق الممران المنظم من التغلب على مرض الجبال الذي يحصل بسبب انخفاض الضغط الجوي مع الارتفاع ، لذا فهو يستمر في وجوده على ارتفاعات تزيد عن ١٠,٠٠٠ قدم بصورة طبيعية جداً ، بينما يمكن ان يحصل التكيف عن طريق الوراثة ، كما في القابلية التي يحصل عليها الهندي الأحمر للسكن في جبال الانديز^(٢) .

رغم قابلية التكيف لجسم الانسان ، إلا إن الإنسان الذي يعيش في بيئة حارة يلاقي صعوبة عند انتقاله للعيش في بيئة باردة ، وكذلك الحال بالنسبة للإنسان الذي يعيش في بيئة باردة فانه يلاقي صعوبة عند انتقاله للعيش في بيئة حارة كما ان الإنسان الذي يعيش في السهول والذي يكون تحت ضغط جوي معين لايمكنه العيش بسهوله في المرتفعات وذلك لأن الضغط الجوي الجوي سينخفض ويتعرض الهواء الى التخلخل ، الأمر الذي يصيبه ببعض الامراض التي لا يستطيع تحملها .

عناصر المناخ وتوزيع السكان وكثافته :

رغم إن الإنسان استطاع أن يخطوا خطوات كبيرة في مجال العلم والتكنولوجيا واستطاع صناعة أجهزة التدفئة لمقاومة البرودة ، وأجهزة التبريد لمقاومة الحرارة العالية . إلا إن المناخ لايزال يعد العامل الأساسي من بين

(١) جاكليين ب غارنيه ، جغرافية السكان ، ترجمة حسن الخياط ومكي محمد عزيز ، مطبعة العاني ، بغداد ، ١٩٧٤ ، ص ٤٦ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٤٧ .

العوامل الاخرى المؤثرة في توزيع السكان وكثافتهم على سطح الكرة الارضية . فبسبب عناصره تركز الإنسان في مناطق حتى أصبحت الكثافة فيها عالية جداً ، في حين إنخفض في مناطق اخرى الى أدناها حتى بدت خاليه منه . ولتوضيح ذلك يمكن تتبع عناصر المناخ الآتية :

١: درجات الحرارة :

تؤثر درجات الحرارة على توزيع السكان وكثافتهم بصورة واضحة من خلال إن أفضل المناطق ملائمة للسكن هي المناطق ذات درجات الحرارة المعتدلة ، لا هي بالمتطرفة نحو البرودة ، ولا هي بالمتطرفة نحو الحرارة ، ويمكن توضيح ذلك من خلال ماياتي:-

أ-درجات الحرارة المعتدلة :

إن الاعتدال في درجات الحرارة يعد العامل المناسب لوجود الإنسان ، فمنذ القدم كان المواطن الاول للإنسان يتصف بالاعتدال في درجات الحرارة ، وأما حالياً فلا يزال المناخ ذو الحرارة المعتدلة يستقطب الإنسان ويكون المناخ المفضل لديه ، فقارة اوربا عبارة عن شبه جزيرة تحيط بها البحار والمحيطات من معظم جهاتها . فمن الشمال يحيطها المحيط المنجمد الشمالي ، ومن الغرب المحيط الاطلسي ، ومن الجنوب البحر المتوسط ومضيق البوسفور والدردنيل ، وبحري مرمرة والاسود ، اما من الشرق فتتصل بيباس قارة آسيا ويفصلها عنها جبال اورال ، وهذا جعل معظم أراضيها تقع في المنطقة المعتدلة الشمالية ، عدا شريط ضيق في شمالها يقع ضمن المنطقة الباردة .

هذا الإعتدال في المناخ لأوربا جعلها منطقة مكتضة بالسكان مقارنة بغيرها من المناطق التي هي اقل سكاناً منها والتي تقع في نفس العروض . فنصف مناطق اوربا المكتضة بالسكان تقع في عروض مماثلة للعروض التي تقع فيها كندا القليلة بكثافتها السكانية . كما ان الشتاء في اوربا يكون معتدلاً ، فمعدل حرارة كانون الثاني في لندن تكون مشابها تقريبا لمعدل حرارة ريجموند في ولاية فرجينيا في الولايات المتحدة الامريكية رغم ان الثانية تكون ابعد الى الجنوب من الاولى بنحو ١٥٠٠ كم . كما ان ريكيا فيك عاصمة ايسلندا في شهر كانون الثاني تكون مشابهة لدرجة حرارة سانت لويس في الولايات المتحدة ، رغم ان المدينة الثانية تقترب من دائرة الاستواء

بنحو ٢٢٨٠ كم عن المدينة الاولى . فضلاً عن ذلك ان مدينة ترومسر الواقعة على ساحل النرويج الى شمال الدائرة القطبية الشمالية بثلاث دوائر عرض تكون ذات درجة حرارة ادفأ بقليل من مدينة شيكاغو في شهر كانون الثاني علماً ان مدينة شيكاغو تقع عند دائرة عرض ٤٣ شمالاً تقريباً ، علماً ان ما ذكر من مدن في حقيقتها تقع على ارتفاعات متساوية عن سطح البحر^(١) .

ان اعتدال مناخ اوربا كان سببه يعود لعوامل عده اهمها صغر مساحتها ، واحاطتها بالبحار من معظم جهاتها ، وتأثير تيار الخليج الدافئ عليها لاسيما في الاقسام الغربية والشمالية الغربية منها ، فضلاً عن قلة امتدادها وفقاً لدوائر العرض مقارنة بقرارة اسيا وافريقيا او كل من الامريكيتين فهي تمتد على مدى ٣٦ درجة عرض ، اي بين ٣٥° - ٧١° شمالاً .

ب : درجات الحرارة المرتفعة :

كما ان اعتدال درجات الحرارة يكون عامل جذب للسكان ، فأن ارتفاع درجات الحرارة يكون عامل طرد للسكان ، لاسيما اذا اقترن ذلك الارتفاع بارتفاع الرطوبة النسبية ، اذ تشكل بيئة مناسبة لنمو المسببات والنواقل المرضية كما في منطقة الغابات الاستوائية في افريقيا وفي امريكا الجنوبية ، لذا يلجأ السكان الى سكن المرتفعات لانها اقل حرارة ورطوبة من المناطق السهلية المجاورة لها كما في كيوتو عاصمة الاكوادور التي تقع على الدائرة الاستوائية ، وكما في لاباز عاصمة بوليفيا والتي تعد اعلى عاصمة في العالم ، (وكما في كولومبيا اذ يعيش اكثر من ثلث مجموع سكانها في منطقة جبال كورديليرا الشرقية التي يبلغ طولها ٢٢٠ كم وارتفاعها نحو ٢٠٠٠ متر فوق سطح البحر وذلك للابتعاد عن المناطق المنخفضة ذات الحرارة المرتفعة والرطوبة العالية ، اذ ان معدل درجة الحرارة في هذه المرتفعات لايزيد عن ٢٠ درجة مئوية خلال ايام السنه ، لذا جذبت هذه الجبال السكان منذ وجود الهنود فأجتمعت عليها مراكز حضارية هندية قديمة وأسبانية حديثة^(١) .

^(١) محمد احمد عقله المومني وعبد علي الخفاف ، جغرافية القارات ، ط١ ، دار الكندي ودار طارق للنشر والتوزيع ، الاردن ، ١٩٩٨ ، ص ٤٨ .

^(١) محمد حامد الطائي وعلي حسين الشلش ووفيق حسين الخشاب ، مصدر سابق ، ص ٣٤٣-٣٤٤ .

من المناطق ذات الحرارة المرتفعة هي الصحارى الواسعة لاسيما الصحراء الكبرى في شمال افريقيا وصحراء شبه الجزيرة العربية التي لاتزيد الكثافة السكانية فيها عن الشخص الواحد للكيلو متر المربع ، اذا ان درجة الحرارة تسجل ذروتها فيها فقد بلغت نحو ٥٨ درجة مئوية في منطقة العريزية في ليبيا في الصحراء الكبرى ، ويتعاضم تأثير درجات الحرارة مع قلة الامطار فيها ، فتكون هذه البيئة بيئة طاردة للسكان لايسكنها الا البدو ويكاد يتجمع السكان فيها حول الواحات .

اما الان فقد اقيمت مدن جذبت السكان اليها للعمل في هذه المناطق لانها قامت على وجود بعض المعادن ومصادر الطاقة كالبترول والغاز الطبيعي وقد زودت بوسائل التبريد والراحة للتغلب على ارتفاع درجات الحرارة الشديدة . كما ان بعض المناطق المرتفعة الحرارة سكنها الانسان لوجود الانهار فيها وبالتالي ممارسته للنشاط الزراعي فتركز السكان حول مجاري الانهار كما في السكان المنتشرين على جانبي نهر النيل في مصر ونهري دجلة والفرات في العراق .

ج :درجات الحرارة المنخفضة :

يعد عامل انخفاض درجات الحرارة من اكثر العوامل الطاردة للسكان من حيث الاهمية ، فبسبب انخفاض درجات الحرارة الشديد اصبح شمال كندا شبه خالياً من السكان ، وان انخفاض درجات الحرارة كان له صبغه مهمه في توزيع سكانها ، فهم يتجمعون في عدة مستوطنات سكانية تفصل الواحدة عن الاخرى مساحات شاسعة تكاد تكون خالية من السكان ، لذا ان اهم مناطق تجمع السكان في كندا هي المنطقة الممتدة على طول الحدود الجنوبيه الشرقية للبلاد اي على طول نهر سانت لورنس والبحيرات العظمى الخمس ، لانها ادفاً من غيرها فضلاً عن تركيز النشاط البشري فيها . وتقل كثافة السكان بالابتعاد عن هذه المنطقة باتجاه الشمال والغرب حتى جبال الروكي لانخفاض درجات الحرارة^(١).

مع انخفاض درجات الحرارة الى الشمال من الدائرة القطبية لا يوجد الا اعداد قليلة ومبعثرة من السكان في عدد قليل من المستوطنات قامت على الخلجان البحريه ، او في المناطق التي تصل اليها المؤثرات البحرية الدافئة .

(١) نفس المصدر ، ص ٥٠ .

وتقع معظم هذه المدن في الاتحاد الروسي مثل مورمانسك وكيروفسك وبعض المحطات العلمية القطبية . وذلك لان جسم الانسان يتأثر بوضوح بأنخفاض درجات الحرارة الشديدة ، اذ تنخفض درجة حرارته عن طريق فقدان طاقته الحرارية وتسربها منه ، فيتأثر دوران الدم في الجسم وتتعرض الاجزاء البارزة منه الى التجمد والخدر المستمر وقد يؤدي الى الموت^(١).

فأنخفاض درجات الحرارة الشديدة في وسط وشمال اسيا جعل كثافة السكان فيها قليلة جداً ، فأسيا كانت تمثل قطب البرد حتى وقت قريب عندما انتقل قطب البرد هذا من النصف الشمالي للكرة الارضية وهو محطة فرخويانسك الى النصف الجنوبي وهو القارة القطبية الجنوبية ، الا انه مع ذلك ان شمال اسيا يسجل اخفض درجات الحرارة في نصف الكرة الشمالي . فمتوسط حرارة شهر كانون الثاني يتدنى الى اقل من درجة التجمد في قرابة ثلثي مساحة القارة في اجزائها الوسطى والشمالية ، وتزداد الفتره التي تنخفض فيها الحرارة دون الصفر من الجنوب الى الشمال ، فاذا كانت الحرارة تنخفض دون الصفر لمدة شهر واحد في طشقند فأنها تصل الى قرابة ستة اشهر في توبولسك . وفي شمال اسيا ينخفض معدل حراره كانون الثاني الى اقل من -٣٦ درجة مئوية ، وفي فرخويانسك تصل الى (-٤٦،٨- درجة مئوية)^(٢).

فالالاتحاد الروسي الذي تبلغ مساحته نحو (١٧,٠٥٧,٢٠٠ كم^٢)، وعدد سكانه نحو (١٤٤,٩٧٨,٥٧٥) نسمة^(٣) بأن كثافة سكانه فيه تبلغ نحو (٨,٥) نسمة لكل كم^٢ وهي كثافة قليلة جداً وذلك بسبب إنخفاض درجات الحرارة الشديدة .

إن قلة كثافة السكان في وسط وشمال أسيا يعود الى انخفاض درجات الحرارة بسبب مجموعة من العوامل منها: الامتداد الكبير لقارة أسيا عبر دوائر عرض مختلفة فهي تمتد بين دائرتي عرض ١٠ درجة جنوباً و ٨١

(١) مكي محمد عزيز ورياض ابراهيم السعدي ، جغرافية السكان ، مطبعة جامعة بغداد ، بغداد ، ١٩٨٤ ، ص ١٠٦ .

(٢) علي موسى ومحمد الحمادي ، جغرافية القارات ، دار الفكر المعاصر ، بيروت ، لبنان ، ٢٠٠١ ، ص ٢٠٢-٢٠٣ .

(٣) مازن مغايري ، موسوعة اطلس العالم ، دار الرضوان ، حلب ، سوريا ، بلا تاريخ ، ص ٩١ .

درجة شمالاً ، اي عبر ٩١ دائرة عرض ، لذا فهي تعد اكبر قارات العالم مساحة . (كما يوصف قلب آسيا ووسطها ، بالقارية لانه يبتعد كثيراً عن السواحل البحرية الجنوبية والشمالية بنحو ٢٥٠٠ كم)^(١) .

يعد الاسكيمو واللامب من اهم سكان العروض القطبية الباردة اللذين كيفوا أنفسهم ومساكنهم لتلائم تلك الظروف المناخية القاسية، اذ إن درجات الحرارة تنخفض لمدة تصل نحو تسعة شهور دون الصفر المئوي، اما أعلى درجة حرارة لادفاً شهر فهي لا تتجاوز (١٠°م) وذلك في منطقة التندرا، اما المناطق المتجمدة فان درجة الحرارة فيها هي دون الصفر المئوي دائماً لذا كانت شبه خالية من السكان كما في القارة القطبية الجنوبية ومعظم جزيرة كرنبلاند إذ تبدو كصحرا جليدية باردة.

٢- الاشعاع الشمسي:

تزداد شدة الاشعاع الشمسي في العروض الدنيا، لان أشعة الشمس تكون عمودية او قريبة من العمودية، فتقطع مسافة قصيرة فيكون ما يتعرض منها للضياء قليلاً . بينما تقل شدة الاشعاع الشمسي بالاقتراب من القطبين، وذلك لأن أشعة الشمس تكون مائلة، فتقطع مسافة طويلة، وبذلك فان ما يتعرض منها الى الضياء يكون كبيراً . ولهذا فإن العروض الدنيا والعروض العليا تكون ذات كثافة سكانية قليلة . في حين تكون العروض المعتدلة ذات كثافة مرتفعة لأن الاشعة الشمسية تكون فيها حالة معتدلة لاهي بالشديدة المؤذية للإنسان، ولاهي بالضعيفة التي لا تلبي حاجة الإنسان اليها. فضلاً عن ذلك إن المناطق الصحراوية وبسبب شدة الاشعاع الشمسي الساقط عليها والنتائج عن صفاء السماء، وجفاف الهواء والذي يرافقه إرتفاع درجات الحرارة الشديدة ، جعل منها مناطق طرد للسكان. وذلك إن إرتفاع شدة الاشعاع الشمسي يصيب الإنسان بضربة الشمس، كما ان ضعف الاشعاع الشمسي كثيراً يؤدي الى عدم حصول الجسم على متطلباته بسبب نقص فيتامين D في الجسم، وقد يصيبه بمرض لين العظام، كما في العروض الباردة.

(١) محمد احمد عقلة وعبد علي الخفاف ، مصدر سابق ، ص ١٨ .

٣. الامطار :

تعد الامطار مصدر المياه على سطح الارض وفي باطنها ، كما إن النبات ينمو إذا توافرت كمية الامطار المناسبة له . وينمو النبات والاعشاب يمكن للحيوانات أن ترعى عليها ، وبذلك فإن الارض تنتشر عليها المجتمعات البشرية وبإمكانها ممارسة نشاطها الزراعي وتربية الحيوانات ، كما قد تجذب صناعات معينة نحوها .

فسقوط الامطار الموسمية لها دور كبير في إنتشار السكان ، حيثما توفرت الامطار المناسبة للزراعة ، لاسيما زراعة الرز في دول جنوب وجنوب شرق اسيا . لذا إن عدد السكان في الصين والهند و اندونيسيا واليابان وباكستان وبنغلادش يشكلون قرابة نصف سكان العالم وفيها ترتفع كثافة السكان كثيراً . فالصين التي تعد من أكثر دول العالم سكاناً والذي يبلغ نحو (١,٢٨٤,٣٠٤,٠٠٠) نسمة ، واللذين يعيشون على مساحة تبلغ نحو ٩,٥٩٧,٠٠٠ كم^٢ ، تبلغ الكثافة السكانية فيها نحو ١٣٣,٨ نسمة / كم^٢ أما الهند ذات عدد السكان البالغ ١,٠٤٥,٨٤٦,٠٠٠ ، والمساحة البالغة ٣,٢٨٧,٦٠٠ فأن كثافتها السكانية قد بلغت نحو ٣١٨,١ نسمة / كم^٢ لذا تعد هذه الدول مزدحمة بسكانها .

فضلاً عن ذلك إن الامطار المتساقطة طول العام مع قمة لها في فصل الشتاء بحكم طبيعة المناخ البحري وهبوب الرياح الغربية على شمال غرب اوربا كانت سببا في جذب السكان اليها وإرتفاع كثافة هذا الجزء من العالم ، فهي في هولندا تبلغ نحو ٣٨٦,٩ نسمة / كم^٢ ، وفي بلجيكا نحو ٣٣٦,٨ نسمة / كم^٢ ، وفي فرنسا نحو ١٠٩,٢ نسمة / كم^٢ .

مثلما كانت الامطار الغزيرة وراء تركيز السكان فان إنخفاضها كان سبباً في طرد السكان فكثير من المناطق الجافة وشبه الجافة تنخفض فيها الامطار دون ٢٥٠ ملم ،حتى إن بعضها لا يستلم من الامطار شيئاً ولعدة سنوات كبعض محطات الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا وتعد هذه الصحراء من أكبر صحاري العالم ، إذ تمتد من سواحل أفريقيا الشمالية الغربية المطلة على المحيط الاطلسي الى سواحل أفريقيا الشمالية الشرقية المطلة على البحر الاحمر ، وهي تحتل مساحة كبيرة من قارة افريقيا ، وهي بيئة طاردة للسكان ، لاسيما ان قلة الامطار المتساقطة وتذبذبها يرافقها شدة

الاشعاع الشمسي ، وارتفاع كبير في درجات الحرارة . وكذلك الحال بالنسبة الى صحراء شبه الجزيرة العربية وصحراء استراليا وصحراء ثار في الهند وصحراء لوط في ايران ووادي الموت في الولايات المتحدة الامريكية وصحراء سينورا في المكسيك . اما المناطق المدارية الحارة الرطبة ، التي تمتاز بارتفاع رطوبتها وارتفاع كمية الامطار الساقطة عليها فضلاً عن شدة الاشعاع الشمسي فيها وارتفاع درجات الحرارة ، فإن هذه الظروف جعلتها بيئة غير ملائمة للسكن وذلك لانها بيئة مناسبة لنمو مسببات ونواقل الامراض والتي سرعان ماتنتشر بين السكان ، فضلاً عن ذلك وبسبب غزارة الامطار فان الترب الزراعية تتعرض لظاهرة الغسل المستمر لمواد التربة فتكون فقيرة ، كما ان ارض الغابات التي قطعت وبعد مرور اربع الى خمس سنوات تنمو فيها الاشجار من جديد ، لذا فان النشاط الزراعي يكون فقير في هكذا بيئات ، الامر الذي يجعل انتشار السكان فيها محدودا كما في حوض الامزون . الا انه (في حوض الكونغو رغم وقوعه عند الدائرة الاستوائية فان كثافة السكان ترتفع فيه وذلك لاكتشاف واستغلال الثروة المعدنية كالنحاس و اليورانيوم وغيرها من المعادن^(١)).

يفضل السكان في بعض الدول المرتفعات كما في المكسيك وذلك لغزارة الامطار مع الارتفاع ، فضلاً عن عوامل اخرى ، تتمثل بوجود الثروة المعدنية وضعف تأثير الامراض المدارية على المصاطب العالية ، فضلاً عن وجود التربة البركانية الخصبة^(٢).

٤. الضغط الجوي :

يتناقص الضغط الجوي بالارتفاع ، وذلك لقلة عمود الهواء المسلط على وحدة المساحة وليكن على سم^٢ ، فيؤدي ذلك الى اصابة الانسان بامراض معينة ، لذا فهو يبتعد عن السكن في الاماكن المرتفعة .

يعد مرض الجبال احد الامراض المؤثره على بعض الافراد عند ارتفاع ٦٠٠٠ قدم ، ويؤدي الى الوفاة اذا ما تجاوز الارتفاع ٢٥٠٠٠

(١) محمد السيد غلاب ومحمد صبحي عبد الكريم ، السكان ديمغرافياً وجغرافياً ، ط٤ ، مكتبة الانجلو المصرية ، ١٩٧٨ ، ص ٢١٥ .

(٢) جاكليين ب غارنيه ، مصدر سابق ، ص ٥٣ .

قدم^(١)، كما يؤدي انخفاض الضغط الجوي الى تخلخل الهواء وصعوبة التنفس والامراض الرئوية واختلال ضغط الدم وشدة الضغط على القلب والخفقان^(٢).

(١) نفس المصدر ، ص ٥٠ .
(٢) محمد السيد غلاب ومحمد صبحي عبد الحكيم ، مصدر سابق ، ص ٢١٦ .

الفصل الثاني عشر
المناخ والنبات الطبيعي
Climate and Vegetation

الفصل الثاني عشر

المناخ والنبات الطبيعي Climate and Vegetation

أهمية المناخ للنبات الطبيعي:

النبات الطبيعي هو ذلك النبات من أشجار وشجيرات وأعشاب، والذي ينمو دون تدخل الإنسان ، ويعد صورة واقعية لاحوال المناخ السائدة ، لاسيما من درجات حرارة وأمطار . فالمناخ يحدد نوع النبات الطبيعي ، وشكله ، وكثافته ، وتوزيعه . فهو يحدد توزيع الأقاليم النباتية أفقياً ، كما يحدد توزيعها عمودياً ، وفقاً للإرتفاع عن مستوى سطح البحر.

إن أولى المعلومات التي وردت فيها إشارات عن تأثير المناخ على النبات الطبيعي ، كانت في كتابات اليونانيين ، وذلك قبل الميلاد ، بعد أن تعرف اليونانيون على الغطاء النباتي لمناطق مختلفة ، نتيجة غزوات الإسكندر المقدوني الذي وصل بها الى الهند ٣٣٤-٣٢٧ ق.م ، وكان أول عمل يعود الى ثيوفراستس Theophrastus تلميذ أرسطو الذي جمع أنواعاً نباتية من مناطق مختلفة أثناء رحلة الإسكندر المقدوني ، وقارنها مع بعضها ، وأشار الى تأثير المناخ والتربة عليها^(١).

أما في العصر الحديث فربط العديد من العلماء بين توزيع النبات الطبيعي وبين المناخ ، وظهر ذلك في كتابات همبولت الذي نشر آراءه في أوائل القرن التاسع عشر سنة ١٨١٧ في كتاب أفكار في جغرافيا النبات ، الذي كان ثمرةً لرحلاته المتعددة ، والتي دامت خمس سنوات في أمريكا وسيبيريا وأسيا الوسطى وبحر قزوين وغيرها من المناطق ، والتي مكنته من الإطلاع على نباتات مختلفة ، وقام بجمع العديد منها^(٢) .

يعد شو عام ١٨٣٣م أحد تلامذة همبولت ، أول من وضع قوانين تحدد تأثير كل من عوامل الضوء ، والرطوبة ، ودرجة الحرارة ، على توزيع الأنواع النباتية . وفي عام ١٨٥٥م جاء العالم دي كاندل ونشر نتائج دراسته ، التي ركز فيها على عامل درجة الحرارة باعتباره المسيطر على توزيع النبات . ثم توالى بعد ذلك المحاولات لربط التوزيع بعامل واحد من العوامل

(١) محمد عبده العودات وعبد السلام محمود عبدالله وعبدالله محمد الشيخ ، الجغرافيا

النباتية ، ط٢ ، جامعة الملك سعود ، السعودية ، ١٩٩٧ ، ص ٣-٤ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٤ .

المناخية^(١) . واطهاران النبات الطبيعي ماهو في الحقيقة الا مرآة عاكسة للأحوال المناخية السائدة في كل منطقة من المناطق على سطح الكرة الارضية.

الأقاليم النباتية :

وزع الجغرافيون منذ زمن بعيد النباتات الطبيعية فوق سطح الارض على أساس إختلاف المناخ وفقاً لدوائر العرض الى أربع مناطق رئيسة على جانبي دائرة الإستواء هي:

١- المنطقة القطبية: Polar Zone

٢- المنطقة المعتدلة : Temperate Zone

٣- المنطقة شبه المدارية : Subtropical Zone

٤- المنطقة المدارية : Tropical Zone

وقسمت النباتات وفقاً لما تتطلبه من رطوبة ومياه الى^(٢):

١- النباتات المائية (Hygrophytes): هي تلك النباتات التي تعيش في الماء أو في المناخات الرطبة جداً .

٢- النباتات الجافة (Xerophytes) : هي تلك النباتات المتكيفة مع ظروف الجفاف .

٣- النباتات المعتدلة (Mesophytes) : هي نباتات تحتاج الى كمية معتدلة من الماء .

٤- النباتات المتقلبة (Tropophytes) : هي نباتات يمكنها أن تتكيف مع أي ظروف . فهي تتحمل الجفاف كما تتحمل وفرة المياه .

(١) عبد الخالق صالح مهدي وعبد الوالي احمد الخليوي ، الجغرافية النباتية ، ط ١ ، دار صفا للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن ، ١٩٩٩ ، ص ١١ .

(٢) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٦٤-٦٥ .

٥- النباتات الهوائية (Epiphytes) : هي نباتات تستمد حاجتها من الماء من رطوبة الهواء ، لذا فإنه من الضروري أن تكون الرطوبة النسبية مرتفعة حتى تتمكن هذه النباتات من النمو .

كما تقسم النباتات وفقاً للبيئة التي تعيش فيها الى قسمين :

- **البيئة المائية (Water Ecology)** : تنوعت النباتات التي تنمو في المياه وفقاً لتنوع بيئاتها إذ تشمل البيئة المائية على بيئة المياه العذبة Fresh Wate Ecology ، وبيئة البحيرات والبرك Lakes And Ponds ، وبيئة البحار والمحيطات Marine Ecology ، وتعد عناصر المناخ المتمثلة بضوء الشمس ودرجات الحرارة والرياح من اهم العوامل تأثيراً على نمو النباتات في هكذا بيئات.

- **بيئة اليابسة Terrestrial Ecology** : تنمو على اليابسة مجموعات نباتية كبرى قسمت الى أقاليم وكل إقليم ظروفه المناخية الخاصة به وهي كالتالي :-

أولاً : نباتات المناطق الحارة :

وتشمل :

١- إقليم الغابات الاستوائية :

وتمثلها منطقة الامزون في أمريكا الجنوبية وتعرف باسم سلفاس Selvas، وفي أفريقيا ويمثلها حوض الكونغو وتوجد في زائير وغينيا وموزمبيق ونيجيريا ، أما في آسيا فتوجد في ملقا وسومطرة وجاوه وكاليمنتان وغرب سيرلانكا وفي غينيا وأقصى شمال إستراليا . وتتميز غابات هذا الاقليم بالمناخ الاستوائي ، إذ ترتفع درجة الحرارة طوال العام ويصل معدلها نحو ٢٠ درجة مئوية ، ويكون المدى الحراري قليل ، ويمتاز مناخها بقوة الاشعاع الشمسي، وشدة التبخر، النتج ، وتبلغ كمية الامطار المتساقطة بين ١٥٠٠-١٧٠٠ ملم سنوياً، وتصل أحياناً الى ٣٠٠٠ ملم . وتتميز الغابات الاستوائية بتنوع اشجارها الكبيرة ففي حوض الامزون يوجد ٢٥٠٠ نوع نباتي ، وفي الجزر الماليزية ٢٠٠٠٠ نوع ، أما في الغابات الاستوائية الرطبة البرازيلية فيصل الى ٤٠٠٠٠ نوع . وتضم الغابة الاستوائية عائلات وأجناس وأنواع متعددة من النباتات أهمها عائلة النخيل

وعائلة المطاط وعائلة القصب وعائلة القهوة وعائلة الكاكاو وعائلة الكافور وعائلة روتاسي . وتتميز نباتات هذا الأقليم بوجود الطبقات النباتية التالية^(١) :

أ. طبقة الاعشاب: وتظهر بشكل متقطع أو كثيف وأهم أنواعها النجيليات والمتسلقات والفطريات . وتعد هذه الطبقة أضعف الطبقات تطوراً لغياب الضوء وكثرة الرطوبة .

ب. طبقة الشجيرات السفلى: لايتعدى إرتفاعها عشرة أمتار ، وهي ذو نمو بطيء بسبب قلة الضوء .

ج. طبقة الاشجار الوسطى: يتراوح إرتفاع أشجارها بين ١٠-٣٠ متراً ، وتتصارع اشجار هذه الطبقة للوصول بتيجانها الى الضوء مع الطبقة العليا .

د. طبقة الاشجار العليا: ويتراوح إرتفاع أشجارها بين ٤٠-٥٠ متراً ، وتكون سيقانها مستقيمة بمحيط يقدر بمترين

٢- إقليم الغابات الموسمية :

يكون مناخ هذا الاقليم ذو صيف طويل حار غزير الامطار ، وشتاء قصير دافئ جاف ، عملت هذه الظروف على نمو نباتات أقل كثافة وحجماً من الغابات الاستوائية ، وأهم نباتاتها الصندل والكافور والخيزران والتوابل . وتتواجد غابات هذه الاقاليم في الهند والصين الهندية وجزر الفلبين وجنوب شرق الولايات المتحدة وحول خليج المكسيك وشرق أمريكا الوسطى وجزر الهند الغربية وشرق البرازيل وهضبة الحبشة ومدغشقر وساحل موزمبيق وشمال شرق إستراليا^(١) .

٣- إقليم الحشائش الحارة (السفانا):

يمتد هذا الاقليم بين دائرتي عرض ٨ درجة مئوية و١٨ درجة مئوية شمالاً وجنوباً ، ويكون في أفريقيا أوسع منه في أي قارة أخرى. يقع الأقليم في هضبة البحيرات الأفريقية والسودان وروديسيا ، أما في أمريكا الجنوبية فينتشر في حوض نهر الاورونوكو وتسمى بأعشاب اللانوس وكذلك في هضبة البرازيل وتسمى كامبوس ، ويوجد في جنوب هضبة المكسيك وغرب

^(١) حسن أبو سمور ، مصدر سابق ، ص ١٨٣-١٨٥ .

^(٢) يسري الجوهرى ، مصدر سابق ، ص ١٦٠ .

أمريكا الوسطى . ومناخ الاقليم ذو صيف حار ممطر وشتاء دافئ جاف ، وأمطاره أقل من الغابات الموسمية . ونباتاته أما سفانا كثيفة وطويلة ذات مناخ رطب تتخللها أشجار وغابات ، أو سفانا مكشوفة تتخللها الاشجار المتوسطة الطول كالسنط والتمر الهندي والصمغ العربي ، أو سفانا قصيرة تنمو على حافة الصحراء^(١).

٤- إقليم الصحاري الحارة :

يمتد هذا الاقليم بين دائرتي عرض ١٨-٣٠ درجة شمالاً وجنوباً ، ويعتبر كثير من الجغرافيين إن كمية الامطار المتساقطة نحو ٢٥٠ ملم حداً يفصل بين الصحاري الحارة والمناطق المجاورة الأغزر مطراً . إن قلة الامطار الساقطة وارتفاع درجة الحرارة مع شدة الاشعاع الشمسي ، وارتفاع معدلات التبخر جعلت القيمة العقلية للامطار منخفضة رغم قلة هذه الامطار ، الامر الذي انعكس على نمو الاعشاب الحولية التي تنمو في موسم سقوط الامطار ، ثم تموت في فصل الجفاف تاركَةً بذورها لتنمو في الموسم القادم من السنة الاخرى حال ملائمة الظروف المناخية لها، فضلاً عن نمو بعض الشجيرات القصيرة التي كيفت نفسها لظروف الجفاف وتمتاز هذه الشجيرات ببعض الصفات كأن يكون بعضها شوكي أو تُكسى أوراقها بطبقة شمعية أو شعرية ، كما تمتاز أوراقها بصغرها ، وتكون سيقانها وأغصانها ذات لحاء سميك ، فضلاً عن إمتلاكها لجذور غليظة وعميقة من أجل الوصول الى رطوبة الماء الجوفي ، أو إن بعض نباتاتها تخزن الماء داخل أوراقها وهذه الصفات تجعل النباتات الصحراوية تحافظ على رطوبتها قدر المستطاع وتقلل من عملية فقدانها عن طريق النتح.

من أنواع النباتات والأعشاب الحولية الحلبة والبابونك والشعير البري ، في حين يعد كل من الاثل والقيصيوم والشيخ والشوك من الشجيرات الصحراوية المعمرة^(٢).

(١) نفس المصدر ، ص ١٦١ .

(٢) محمد ازهر سعيد السماك وآخرون ، العراق : دراسة اقليمية ، ج ١ ، دار الكتب ، جامعة الموصل ، ١٩٨٥ ، ص ٤٣ .

ثانياً:-نباتات المنطقة المعتدلة الدفينة :

تقع نباتات هذه المنطقة بين دائرتي عرض ٣٠-٤٥ درجة شمالاً وجنوباً وتنقسم الى :-

١ - إقليم نباتات البحر المتوسط :

تسود نباتات هذا الأقليم في اقليم البحر المتوسط المناخي ومناطق غرب القارات ، الذي يتميز بالشتاء الدافئ الممطر ، والصيف الحار الجاف ، ومن خصائص هذا الاقليم إن الفصل الممطر لا يتوافق مع فصل النمو ، كما إن جفاف الصيف الشديد يعطل نمو الاشجار . ونتيجة لذلك يوجد فصلان رئيسيان ينشط فيهما نمو النبات وهما الربيع والخريف . وعموما إن معظم نباتات الاقليم هي من النوع الذي يقاوم الجفاف ، إذ تكون الاشجار صغيرة ، تقاوم التبخر الزائد بجذورها الطويلة ، كما في الكروم . أو يكون لها لحاء سميك كالبلوط الفليني ، أو إن أوراق الاشجار تكون صغيرة ملساء ناعمة كأوراق الزيتون ، أو إبرية الشكل كأشجار الصنوبر وهذا يجعل الأشجار لا تنفض أوراقها في فصل الجفاف . ونظراً للتنوع في المناخ الخاص من منطقة الى أخرى بين اقليم البحر المتوسط وجدت أنواع قليلة من الاشجار تسود فيها جميعاً ، ففي نصف الكرة الشمالية تكثر أشجار عائلة البلوط ، وفي إستراليا تسود أشجار الكافور ، وفي شيلي تسود عائلة أشجار الورد ، ويوجد هذا الاقليم في دول البحر المتوسط وجنوب غربي أستراليا وفي كاليفورنيا ووسط شيلي ^(١).

٢-إقليم نباتات جنوب الصين :

يشغل الاقليم مناطق شرق القارات في جنوب شرق الصين وجنوب اليابان وجنوب كوريا وجنوب شرق إستراليا وجنوب شرق الولايات المتحدة وجنوب شرق البرازيل وفي إقليم ناتال بجنوب شرق أفريقية . وهو يتميز بصيف حار وشتاء معتدل ، إذ تهبط درجات الحرارة شتاءً عن ٦٤° ف، وإذا أزداد انخفاض الحرارة عن ٤٣° ف فإن الاشجار تنفض أوراقها شتاءً ، ونتيجة لوفرة الامطار في هذا الاقليم وعدم وجود نقص في المياه في اي

^(١) علي البنا ، اسس الجغرافية المناخية والنباتية ، دار النهضة العربية للطباعة والنشر ، بيروت ، لبنان ، ١٩٧٠ ، ص ٣٣٧-٣٤٠ .

فصل فأن النباتات ليست في حاجة الى موائمة نفسها بخصائص معينة لمقاومة الجفاف كالذي تكيفت له نباتات إقليم البحر المتوسط .لذا إمتازت أشجار إقليم جنوب الصين بان بعض منها دائمة الخضرة كالزان والبتولا والاسفندان والجوز^(٢).

٣-إقليم المراعي المعتدلة الدفينة:

يسود هذا الاقليم بين دائرتي عرض ٣٠-٤٠ درجة شمالاً و جنوباً في وسط القارات بين اقليمي جنوب الصين شرقا والبحر المتوسط غرباً ، والاقليم الصحراوي جنوباً ، والغابات المعتدلة والباردة شمالاًوتقسم الى قسمين^(٣):-

أ . البراري : prairies:

البراري حشائش طويلة وعميقة الجذور ، وهي اطول من الاستبس إذ يصل ارتفاعها عند تمام نموها من (٨-١٠) أقدام . ولهذه الحشائش خاصية مقاومة الجفاف فهي توجد في مناطق ذات مطر قليل وتتعرض لفترات جفاف طويلة والأعشاب تجف وتموت في فصل الشتاء ، بينما تنمو في فصل الربيع حيث تساقط الامطار ، ويزداد نموها صيفاً مع زيادة الامطار إذ ينمو غطاء عشبي كثيف.

تتواجد البراري في أمريكا الشمالية في السهول العظمى الممتدة من ولايتي البيرتا وسكوتشوان ومانيتوبا في كندا حتى تكساس بالولايات المتحدة ، كما توجد في أمريكا الجنوبية وتسمما بالبمباس في حوض نهر لابلاتا الاعلى في شرق الارجننتين وباركواي واوركواي وفي أفريقيا تتواجد في إقليم الفلد وفي هضبة جنوب أفريقيا ، أما في أوربا فتنتشر في نطاق صغير يمتد من رومانيا شمالاً ثم شرقاً عبر اوكرانيا حتى الطرف الجنوبي لجبال الاورال وكلما توغلنا نحو الشرق تُولف البراري شريطاً متصلاً حتى أعالي نهر ينسي . وفي آسيا توجد البراري في شمال الصين .

(٢) نفس المصدر ، ص ٣٣٦

(٣) نفس المصدر ، ص ٣٦٣-٣٦٧ .

ب:-الاستبس(Steppes):

وهي أعشاب أقصر طولاً وأقل كثافة من البراري رغم وقوعها معها في نفس العروض المعتدلة الدفيئة ، لكن الاستبس تشغل الجهات الأقل مطراً ، ويتراوح طول أعشاب الاستبس بين ٣-٥ أقدام عند تمام نموها ويزداد طولها في السنوات الغزيرة المطر . وهي عادةً ما توجد في مناطق لايزيد فيها المطر عن ٥٠٠-٦٣٥ ملم ، يكون سقوط المطر في فصل الربيع وأوائل الصيف ، أما في أواخر الصيف وفي الشتاء تجف الأعشاب ، لاسيما إنه في الشتاء تنخفض درجات الحرارة كثيراً ، إذ تهبط الى ما دون درجة التجمد فتتغطى الأرض بثلوج حتى إذا قدم فصل الربيع وبدأت درجات الحرارة بالارتفاع والمطر بالسقوط نمت جذورها من جديد . وأهم نطاقات الاستبس تتمثل في منطقة مستطيلة عبر أوراسيا من منشوريا شرقاً حتى الجانب الشمالي من البحر الاسود غرباً وتعد هذه المناطق من أكبر أقاليم الاستبس في العالم . وأما في أفريقيا فيوجد شريط ضيق من الاستبس يجاور الصحراء الكبرى ، كما يوجد في جنوب القارة . وفي أمريكا الشمالية توجد الاستبس في السهول العظمى ما بين إقليم البراري في الشرق والإقليم شبه الجاف في الغرب . وفي أمريكا الجنوبية توجد الاستبس على طول سفوح هضبة بتاكونيا وفي إستراليا توجد في حوض نهري مري ودارلنك .

ثالثاً:-نباتات المنطقة المعتدلة الباردة:

وتمثلها الاقاليم الاتية :

١-إقليم الغابات النفضية :

يمتد الإقليم في المنطقة المعتدلة الباردة ، وأهم مناطق تواجدته هي في غرب ووسط أوربا وشرقها ، أما في آسيا فتوجد في شرق الصين واليابان وكذلك في الاجزاء الشرقية للولايات المتحدة الامريكية ومناخ الإقليم بارد قاري ، ذو شتاء بارد وصيف دافئ مع مدى حراري يصل نحو ٢٠ درجة مئوية ، وتبلغ كمية الامطار نحو ٥٠٠ ملم ، وربما تتراوح بين ٧٠٠-١٥٠٠ ملم ، كما في أوربا وتسقط معظمها في فصل الصيف ، أما في

الشتاء فالتساقط يكون على شكل ثلوج . وأهم أشجار هذه الغابات هو الزان والسندان والبلوط والصنوبر^(١).

إن أشجار هذا الاقليم تنفض أوراقها في فصل الشتاء حيث انخفاض درجات الحرارة وسقوط الثلوج وتوقف فصل النمو ، إذ تنخفض درجات الحرارة دون ٦ درجة مئوية، بينما تنمو هذه الاشجار مع فصل الربيع حيث تبدأ درجات الحرارة بالارتفاع متجاوزة العتبة الحراري للنمو ، ويستمر النمو في فصل الصيف لاسيما إنه فصل سقوط الامطار.

٢- إقليم الغابات الصنوبرية (المخروطية):

في هذا الاقليم يكون الشتاء طويل والصيف قصير ، والنباتات كبيرة الحجم يصل ارتفاعها الى ٤٠ م ، ويتميز الاقليم بانخفاض التنوع الحياتي وسيادة تجمع الاشجار الصنوبرية كما يمتاز بعدم ظهور طبقة سفلية من الاشجار . ويصل طول الشتاء الشديد البرودة بين ٧-٨ شهور ، وتنخفض فيه درجة الحرارة الى تحت الصفر المئوي ، أما الصيف فهو قصير يتراوح بين ٤-٥ شهور ، ودرجة الحرارة فيه تصل الى ١٠ درجة مئوية ، وطول ساعات نهاره تتراوح بين ١٥-٢٠ ساعة ، لذا إن معدل النمو يكون في أعلى معدلاته في هذا الفصل . أما التساقط فيتراوح بين ٢٦٠-٧٦٠ ملم ويكون في الشتاء على شكل ثلوج ، أما في الصيف فيكون على شكل أمطار . ويشغل الاقليم أجزاء رئيسية من ألاسكا وكندا وأسكندنافية وسيبيريا بين دائرتي عرض ٥٠-٦٠ درجة شمالاً وأهم أشجار الاقليم التنوب والصنوبر والسرو ، وقد تكيفت نباتات الاقليم للظروف المناخية الباردة وذلك عن طريق^(٢) :-

أ- تتخذ الأشجار الشكل المخروطي والتماسك لان ذلك يساعد على إنزلاق الثلوج وعدم تراكمها فوق الأشجار.

ب- تتسم الاوراق بشكلها الابري الصغير المغطى بقشرة صلبة لمقاومة البرودة والجذوع تكون مغطاء بلحاء صمغي سميك .

ج- الجذور ضحلة بسبب ظروف التربة الضحلة وتوفر الرطوبة في الطبقة العليا من التربة .

(١) حسن ابو سمور ، مصدر سابق ، ص ١٦٧-١٦٨ .

(٢) عبد الخالف صاح مهدي وعبد الوالي أحمد الخليوي ، مصدر سابق ، ص ٧٧-٧٨ .

د- تتحمل درجات الحرارة المنخفضة شتاءً بسبب القدرة على تحويل النشاء الى سكروز وبذلك يمنع التجمد ، إذ إن شجرة التنوب تتحمل إنخفاض درجات الحرارة حتى ٤٠ درجة مئوية تحت الصفر .

هـ- عدم سقوط الاوراق يساعد الاشجار على البدء فوراً بعملية التمثيل الضوئي عندما تتحسن الظروف مباشرة في بداية فصل الصيف القصير نسبياً.

٣- إقليم المراعي المعتدلة الباردة :

تنتشر أعشاب هذا الاقليم في وسط القارات بين دائرتي عرض ٤٥- ٦٠ درجة مئوية شمالاً وجنوباً بين الغابات النفطية غرباً والصنوبرية شمالاً وشرقاً وتلتحم في نصف الكرة الشمالية بالمراعي المعتدلة الدفيئة التي تقع في جنوبها ، ومناخ هذا الاقليم معتدل في فصل الصيف وقارص البرد في الشتاء ، والامطار تتساقط في فصلي الربيع والصيف حيث يمثلان فصل النمو لأعشاب هذا الاقليم ، لذا تكون الحشائش نضرة في الربيع والصيف كحشائش السوس والخزامي ذات الازهار الجميلة التي تجف في الشتاء حيث يغطيها الجليد ثم تعود الى الحياة عند ذوبانه في الربيع التالي^(١).

رابعاً:- إقليم نباتات التندرا :

يمتد إقليم التندرا في شمال قارة أمريكا الشمالية وأوروبا وآسيا ، إذ تحده من الجنوب الغابات المخروطية ، وتكون درجة الحرارة في فصل الشتاء الطويل دون درجة التجمد ، بحيث تتجمد التربة ، وتتساقط في هذا الفصل الثلوج ويتكون الجليد على سطح الارض . أما خلال فصل الصيف القصير البارد ، فإن درجة الحرارة لا ترتفع أكثر من (٥٠ درجة ف) أو ١٠ درجة مئوية ، وفيه تذوب الثلوج وتنمو أنواع معينة من الحشائش التي تكون جذورها ضحلة لان التربة لعمق معين لا تزال متجمدة .

إن نباتات التندرا تنمو في ظروف شديدة القساوة ، وهي نباتات قليلة ، اذ تسود بعض الحشائش النجيلية وحشائش البحر القصيرة كالحزازيات ويختلط بها عدد كبير من الطحالب والاشنات . وقد تنمو بعض الشجيرات

(١) يسري الجواهري ، مصدر سابق ، ص ١٦٩ .

القصيرة التي لا يزيد إرتفاعها عن قدمين في الاودية المحمية حول المجاري المائية ، وتكبر هذه الشجيرات كلما اتجهنا جنوباً مكونة منطقة إنتقالية بين التندرا والغابات الصنوبرية . وتمتد نباتات التندرا في المنطقة القطبية الشمالية إمتداداً كبيراً نحو الشمال ، إذ سجل وجود نباتات زهرية عند دائرة عرض ٧٠ درجة شمالاً ، وذلك عكس المنطقة القطبية الجنوبية ، إذ لا توجد أي نباتات إطلاقاً عن هذه الدائرة بقارة انتاركتيكا^(١) .

خامساً : الغطاء النباتي على المرتفعات :

يتباين النبات الطبيعي مع الارتفاع ، وذلك لان عناصر المناخ تختلف من مستوى الى اخر وكما يلي :

١. تنخفض درجات الحرارة مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر نحو ٠,٦٤ م للهواء الرطب و ١ م للهواء الجاف لكل ١٠٠ متر .

٢. يتناقص الضغط الجوي بالارتفاع .

٣. تستلم السفوح الشمالية طاقة من الاشعاع الشمسي اقل من السفوح الجنوبية في النصف الشمالي من الارض ، والعكس صحيح في النصف الجنوبي .

٤. تزداد كمية الامطار المتساقطة بالارتفاع عن مستوى سطح البحر الى ارتفاع معين ، وبعده تبدأ بالتناقص .

٥. يزداد تساقط الثلوج وسمكها بالارتفاع .

٦. تستلم السفوح الشمالية من الثلوج اكثر من السفوح الجنوبية في النصف الشمالي من الارض وبالعكس في النصف الجنوبي .

٧. تستلم السفوح المواجهة للرياح الرطبة كمية من الامطار اغرز من السفوح الواقعة في ظل المطر .

وفقاً لما ذكر اعلاه لابد ان يكون لهذه المنطقة الجبلية خصائص نباتية معينة تختلف حسب مستويات الارتفاع وموقع الجبال واتجاه انحدار

(١) علي البنا ، مصدر سابق ، ص ٣٧٥ .

السفوح . وعلى هذا تتمثل ظاهرة التناطقات الرأسية Vertical Zonation وهي ظاهرة وجود نطاقات نباتية على سفوح الجبال تتباين في خصائصها النباتية تبعاً لمنااسيب الارتفاع ، وبذلك يشبه هذا الاختلاف الى حد ما الاختلافات النباتية التي تحدث بالنسبة لاختلاف الاقاليم المناخية . ويمكن توضيح هذه الظاهرة على جبل يقع في المنطقة المدارية عند دائرة عرض ٢٠ درجة شمالاً أو جنوباً ، وهذا الجبل بالارتفاع يرتفع ٢٠٠٠٠ قدم فوق سطح البحر ، وقمته تغطي بالثلوج ، وتتناقص درجات الحرارة فيه بالارتفاع بمعدل ٣ درجة فهرنهايت لكل ١٠٠٠ قدم تقريباً ، وتبعاً لذلك تنتوع النباتات على مختلف إرتفاعات الجبل ، فإذا كانت الظروف المناخية عند حضيض الجبل رطبة فتتواجد غابات مدارية كثيفة في ظروف حرارية تتراوح بين ٧٠-٧٨ درجة فهرنهايت . وعند الارتفاع الى ٣٠٠٠ قدم وتحت حرارة ٦٠ - ٧٠ درجة فهرنهايت فتتواجد غابات شبه مدارية تعلوها غابات نفضية من أنواع غابات المناطق المعتدلة ، فأذا زاد الارتفاع الى ٦٠٠٠ قدم تتواجد أشجار الغابات المخروطية (الصنوبرية) وهذه تسود الى ارتفاع ١٠٠٠٠ قدم وتحت ظروف حرارة تبلغ نحو ٥ درجة فهرنهايت للمعدل الشهري وهذا الحد يمثل خط الاشجار Tree line ، وهو يمثل الحد العلوي لنمو الاشجار ، وبذلك تحل محلها الحشائش التي تشبه حشائش التندرا ويطلق عليها إسم المروج الالبية Alpine Meadow ، وهذه تغطي الجبل حتى إرتفاع يتراوح بين ١٢٠٠٠-١٣٠٠٠ قدم وهو الحد النهائي للحياة النباتية على مثل هذا الجبل ، إذ إن درجات الحرارة حتى في أدفأ الشهور تكون أقل من الحد اللازم لجميع النباتات تقريباً واعلى من هذا الحد النهائي للنبات تمتد الصخور العارية حتى إرتفاع ١٥٠٠٠ قدم حيث تكون درجة حرارة أدفأ الشهور أقل من ٣٢ درجة فهرنهايت وهو خط الثلج الدائم Snow line^(١).

إن هذا التناطقات الرأسية يختلف على الجبال باختلاف دوائر العرض ودرجة الحرارة وكمية المطر عند أسفل الجبل . ففي العروض الوسطى كما في أقليم البحر المتوسط تتدرج النطاقات النباتية على الجبال من نباتات البحر المتوسط على السفوح الدنيا الى غابات نفضية تليها غابات صنوبرية الى نباتات البية يعلوها الجليد الدائم . وكلما إتجهنا نحو الشمال قل تمثيل النطاقات النباتية وكلما زاد إنخفاض خط الثلج الدائم ، فأذا كان هذا الخط على إرتفاع

(١) نفس المصدر ، ص ٣٧٧-٣٧٩.

١٥٠٠٠ قدم في المناطق الاستوائية فإنه ينخفض الى منسوب ١٠٠٠ قدم عند جبال الالب ، ويقل إنخفاضه كلما كانت الجبال تقع ناحية القطب ، حتى يصبح خط الثلج الدائم عند منسوب سطح البحر في المناطق المتجمدة^(١) .

(١) نفس المصدر ، ص ٣٨٠ .

الفصل الثالث عشر

المناخ والمياه

Climate and Water

الفصل الثالث عشر

المناخ والمياه Climate and Water

أهمية المياه:

يُكون الماء نسبة كبيرة من وزن أجسام الكائنات الحية بأختلاف أنواعها ، ويدل على ذلك قول الله جل وعلى (وجعلنا من الماء كل شيء حي*) . (إذ يكون الماء نسبة تتراوح بين ٧٠%-٨٠% من وزن الانسان والحيوان ، كما يكون نسبة تبلغ نحو ٩٠% أو أكثر من وزن النبات ، لاسيما النباتات الورقية كالخس واللهاية (وقد أثبت ذلك عند تحليل أجسام هذه المخلوقات الى عناصرها الاولية ، إذ تبين إن غالبية وزنها من الماء^(١) .

في حالة إنخفاض نسبة المياه في أجسام الكائنات الحية وجب تعويض مايفقده الجسم من تلك الرطوبة ، وعند عدم توفر المياه فأن نقص الرطوبة في الجسم يعرض بعض فعالياته الى الخلل (فألانسان إذا فقد ١٠% من ماء جسمه يكون غير قادر على السير ، وإن فقدان ٢٠% منه يجعله غير قادر على الاستمرار في البقاء الا إذا تم تعديل نسبة الماء في جسمه^(٢))، كما إن النبات إذا تعرض الى نقص الرطوبة ولم يعوض فأنه يصاب بالذبول، ويؤدي إستمرار ذلك الى الموت .

إن حاجة الكائنات الحية للمياه تختلف من وقت لآخر ومن مكان الى اخر ، وذلك وفقاً لعناصر المناخ السائدة . فعند المناطق والاحوال المناخية الحارة الجافة تكون حاجة الانسان الى المياه أكثر من حاجته في المناطق والاحوال المناخية الباردة الرطبة،الانه على العموم رغم استطاعة الانسان تحمل عدم تناول الطعام لايام ، فأن تحمله لعدم شرب المياه لا يكون كذلك .

*القران الكريم ، سورة الانبياء ، اية ٣٠ .

(١)عبد الرحمن الطيب عبد الحفيظ ، المقتنات المائية لبعض المحاصيل البستانية وأشجار الفاكهة في السودان، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والاشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة ، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية ، الامانة العامة، بغداد، ١٩٨٨، ص١٤١ .

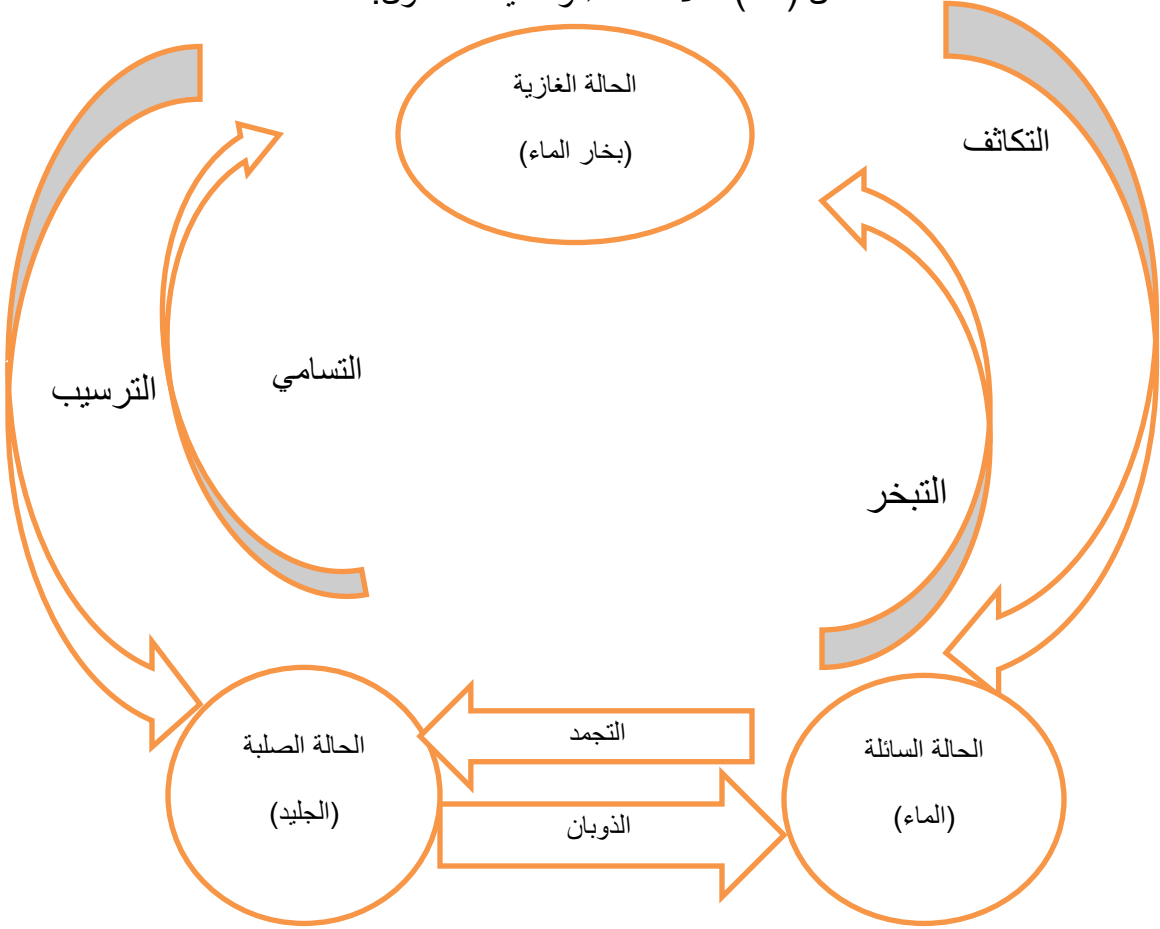
(٢)فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص١٨٢

Water states: حالات الماء

يتواجد الماء في حالات ثلاثة هي : الحالة الغازية (بخار الماء) Water Vapour ، والحالة السائلة (الماء) Water والحالة الصلبة (الجليد) ice . ويتحول الماء من حالة الى أخرى وفقاً لدرجات الحرارة عبر ستة عمليات ، يلاحظ شكل (٤١) ، وهي:

١. التكاثف Condensation : هو تحول بخار الماء الى ماء .
٢. التبخر Evaporation : هو تحول الماء الى بخار .
٣. التجمد Freezing : هو تحول الماء الى جليد .
٤. الذوبان Melting : هو تحول الجليد الى ماء .
٥. التسامي Sbmilation : هو تحول الجليد الى بخار الماء.
٦. الترسيب Deposition : هو تحول بخار الماء الى جليد .

شكل (٤١) حالات الماء وعمليات التحول.



المصدر: من عمل المؤلف.

الدورة الهيدرولوجية: Hydologic Cycle

تعد الشمس بما تصدره من إشعاعات شمسية المحرك الأساسي للدورة الهيدرولوجية ، فبحكم إمتصاص الماء للإشعاع الشمسي الذي يعد المصدر الرئيس للطاقة في الغلاف الغازي وعلى سطح الأرض ، فإنه يتم تحوله من الحالة السائلة الى الحالة الغازية ، أي الى بخار الماء الذي يتصاعد في الغلاف الغازي ليصل الى مستويات تنخفض فيها درجات الحرارة ليتكاثف مكوناً الغيوم التي يحدث التساقط منها بأشكاله الثلاثة وهي المطر والبرد والثلج .

في حال حدوث التساقط فإن البعض منه يتعرض الى التبخر قبل وصوله الى سطح الأرض، والبعض الآخر يحتجز من قبل النبات فيتعرض

الى التبخر ويسمى بالماء المحتجز **Interception**، وأما ما يصل الى سطح الارض فأن قسماً منه يجري على سطح الارض لينتهي الى المسطحات المائية ويتعرض الى التبخر، وقسم يتسرب داخل التربة فيكون في متناول جذور النبات ويفقد عن طريق عملية التبخر / نتح، والقسم الاخر يجري عبر مسامات التربة لينتهي الى المسطحات المائية فيتعرض الى التبخر، وأما القسم الاخر فيتسرب داخل التربة بعيداً ليكون المياه الجوفية.

فضلاً عن ذلك هناك كميات من التساقط تكون على هيئة ثلوج متراكمة لا تستطيع حرارة الشمس إذابتها لأنخفاض درجات الحرارة ، وإرتفاع نسبة الالبيدو، مشكلة بذلك الجليد الدائم الذي يشغل مساحات شاسعة من القطبين ، وقمم الجبال حيث يوجد خط الثلج الدائم ، الذي يختلف من منطقة الى أخرى وفقاً لاختلاف دوائر العرض .

أثبتت الدراسات الحديثة إن متوسط كمية المياه التي تتحرك سنوياً بفعل الدورة الهيدرولوجية تصل الى نحو ٥٢٠ ألف كم^٣ ، وهذه الكمية تمثل نسبة محدودة من مجموع الماء في كوكبنا ، الا إن هذه الكمية هي التي تبقى الماء ، وتبقى الحياة تسير على الارض^(١) .

إن ما يتساقط على المحيطات يبلغ نحو ١٠٧ سم/سنة ، في حين تبلغ كمية المياه المتبخرة منها نحو ١١٧ سم/سنة ، أي إن ما يتساقط عليها أقل مما يتبخر منها. وهذا عكس اليابسة الذي يبلغ مقدار مايتساقط عليها نحو ٧٤ سم/سنة في حين تبلغ كمية المياه المتبخرة منها نحو ٤٩ سم/سنة، أي إن مايتساقط عليها أكثر مما يتبخر منها . يلاحظ جدول (٧٥) .

(١) حسن أبو سمور وحامد الخطيب ، جغرافية الموارد المائية ، ط١ ، دارصفاء للنشر والتوزيع ، عمان ، الاردن ، ١٩٩٩ ، ص ١٤ .

جدول (٧٥) دورة الماء

العمليات	سم/سنة	أنج/سنة
التساقط على المحيطات	١٠٧	٤٢
التبخر من المحيطات	١١٧	٤٦
التساقط على اليابسة	٧٤	٢٩
التبخر من اليابسة	٤٩	١٩
تصريف (الانهار والمياه الجوفية الى المحيطات)	٢٥	١٠

المصدر: K.K. singh , global warming in 21st century (causes, effects and future), MD publications pvt ltd, New Delhi, 2008, p.190.

من تحليل جدول (٧٥) يتبين إن ما يتم تساقطه على المحيطات وما يتبخر منها أكثر في كلا الحالتين من التساقط على اليابسة وما يتبخر منها ، بسبب سعة المسطحات المائية التي تبلغ نسبة تقدر بنحو ٧١% من مساحة الارض ، بينما تبلغ اليابسة النسبة المتبقية نحو ٢٩% . ويقدر إن ما ينصرف من أنهار وماء نحو المحيطات هو بنحو ٢٥سم/سنة .

مصادر المياه :

يتوزع الماء على سطح الارض وفي داخلها وفي الغلاف الغازي بنسب مختلفة ، إن المياه المالحة المتمثلة بالبحار و المحيطات تشكل النسبة الأكبر ، في حين تمثل المياه العذبة النسبة الأقل ، وهي تتواجد في الانهار ، والمياه الجوفية ، والبحيرات ، والغطاءات الجليدية ، والغلاف الغازي ، يلاحظ جدول (٧٦) .

جدول (٧٦) مصادر الماء

مصادر الماء	الحجم $\times 10^6 \text{ km}^3$	النسبة المئوية من الكل
جميع الاشكال	١٤٠٨,٧	١٠٠
ماء البحار والمحيطات	١٣٧٠,٠	٩٧,٢٥
الانهار والبحيرات	٠,١٢٧	٠,٠٠٩
الماء الجوفي	٩,٥	٠,٦٨
بخار الماء	٠,٠١٣	٠,٠٠١
الجليد	٢٩,٠	٢,٠٥

المصدر : K.K. singh , global warming in 21st century (causes, effects and future), MD publications pvt ltd, New Delhi, 2008, p.191.

لمعرفة مصادر المياه المختلفة وضحت على النحو الاتي :-

١. مياه المحيطات والبحار : oceans and seas

تشغل مياه المحيطات والبحار نحو ٧١% من مساحة سطح الارض ، كما تبلغ نسبتها من مجموع مياه الارض والغلاف الغازي نحو ٩٧,٢٥% (ومعدل ملوحة مياهها تبلغ نحو ٣,٥% أي ٣٥ غم في اللتر^(١)). وتختلف ملوحة مياه البحار والمحيطات وفقاً لوجود الخلجان فيها فضلاً عن إختلافها ما بين دوائر العرض ، إذ إن ملوحة مياه المحيطات في المنطقة الاستوائية تكون أقل نسبياً وذلك بسبب الامطار الغزيرة وعدد الانهار الكبيرة الذي يصب فيها ، كما تقل ملوحة مياه البحار والمحيطات بالاقتراب من العروض العليا وذلك لانخفاض درجات الحرارة التي تؤدي الى إنخفاض التبخر ، في حين تزداد الملوحة في مياه المحيطات والبحار المحيطة بالمناطق الحارة الجافة وشبه الجافة لإرتفاع معدلات التبخر وقلة الأنهار التي تصب فيها .

تأتي أهمية البحار والمحيطات من كونها مصدراً كبيراً يزود الغلاف الغازي ببخار الماء الضروري لحصول التساقط ، كما إن البحار والمحيطات تعد بيئة لكثير من الاحياء ومنها الاسماك ، فضلاً عن ذلك فأن النقل البحري يعد من أرخص طرق النقل ، كما إن أهميتها تأتي من نقطة أخرى وهي إنها

(١) عبد القادر عابد وآخرون ، اساسيات علم البيئة ، ط٢ ، دار وائل للطباعة والنشر ، عمان ، الاردن ٢٠٠٤ ، ص٢٠١ .

بالامكان تحويلها الى مياه عذبة عن طريق تحليتها ، وكلما كانت تكاليف التحلية أقل كلما زادت أهميتها في سد حاجات الانسان المتزايدة من المياه العذبة. فضلاً عن ذلك إن البحار والمحيطات تعد مصدراً مهماً يضم بعض المعادن ومصادر الطاقة .

٢. الجليديات : Glaciers

تبلغ نسبة المناطق المنجمدة ما مقداره ٢,٠٥% من مجموع مياه الارض والغلاف الغازي وهي مياه عذبة ، إلا إنه صعبة الاستغلال وذلك لصلابة جليدها من جهة وبعدها عن المناطق السكنية من جهة أخرى ، فضلاً عن انخفاض درجات الحرارة من جهة ثالثة ، إذ تتواجد فوق قمم المرتفعات العالية ، وكذلك في المناطق القطبية حيث القارة القطبية الجنوبية (انتركتيكا) وكرنيلاند .

إن الجليد الذي يغطي جزيرة كرنيلاند وجزءاً كبيراً من القطب الجنوبي يشغل مساحة تقارب ١٠% من مساحة سطح اليابسة ، والجليد في جزيرة كرنيلاند يغطي ٨٠% من مساحتها بكمية قدرها ١,٦ مليون كم^٣ ، وبمتوسط سمك يبلغ ١٥٠٠ متر ، وبمقارنة جليد كرنيلاند مع جليد القارة القطبية الجنوبية فأن كميته تبدو صغيرة للغاية . وقد أشارت بعض الدراسات الى إن عمر بعض من جليد كرنيلاند يصل الى ٢٥٠٠ سنة. أما جليد القطب الجنوبي فيمثله ٨٠% من جليد العالم ، ومقداره يبلغ ثلثي مياه الكرة الارضية العذبة ، وأذا ما ذابت كل هذه الكمية فأن مياه البحار سترتفع ما بين ٦٠-٧٠ متراً عن منسوبها الحالي مما يؤدي الى غمر مناطق ساحلية شاسعة أهلة بالسكان^(١).

٣. المياه الجوفية : Ground Water

تحتل المياه الجوفية نسبة تبلغ نحو ٠,٦٨% من مجموع مياه الارض والغلاف الغازي وتتكون المياه الجوفية من مياه الامطار المتساقطة والثلوج إعتماًداً على عدة عوامل كإنحدار سطح الارض ، وخصائص التربة لاسيما من حيث المسامية والنفاذية ، فضلاً عن نوع الغطاء النباتي وكثافته وكمية التساقط وغازاته.

(١) ادوارد تاريوك وفردريك لوتجنز ، الارض ، ترجمة عمر سليمان حموده والبهلول علي اليعقوبي ومصطفى جمعة سالم ، ١٩٨٤ ، ص ٢٩١-٢٩٣ .

تدعى الطبقات الحاضنة للمياه الجوفية بالخران الجوفي Aquifer ، وهو نوعان وفقاً للعلاقات الطباقية الصخرية وطريقة التغذية وهما^(١) :

أ. الخزان الجوفي غير المحصور: Unconfined Aquifer

يتغذى هذا الخزان من مياه الامطار الراشحة من جميع سطح المنطقة التي يقع الخزان تحتها ، كما ان الضغط على المياه في هذا النوع من الخزانات يساوي ضغط الهواء الجوي ، لانه لا توجد طبقات كتيمة بين سطح الماء فيه وبين الهواء الجوي .

ب. الخزان الجوفي المحصور: Confined Aquifer

هو ذلك الخزان الذي تكون فيه الطبقات الحاملة للمياه محصورة بطبقات كتيمة من فوقه ومن أسفل منه ، ولا يتغذى الا من أماكن محددة غالبا ما تتكشف في المناطق الجبلية .

إن المياه الجوفية لها أهميتها الكبيرة لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة ، كما في العديد من دول الوطن العربي ، حيث تبرز الحاجة اليها بصورة كبيرة ، وذلك لقلة الانهار الجارية ، أو إنعدامها ، فضلاً عن قلة الامطار المتساقطة وتذبذبها.

٤. الانهار والبحيرات : Rivers and Lakes

تكون الانهار والبحيرات نسبة تبلغ مقدارها نحو ٠,٠٠٩% من مجموع مياه الكرة الارضية والغلاف الغازي ، ومصدرها الامطار والثلوج المتساقطة والمياه الجوفية ، ولها أهمية كبيرة في مختلف مجالات الحياة البشرية ، ولولا وجودها لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة لاصبحت الكثير من المناطق المأهولة بالسكان والمناطق الزراعية خالية من سكانها فقيرة بنباتها ولتعذر على الانسان القيام بأي نشاط فيها.

تعد الانهار شريان الحياة في البيئات الجافة وشبه الجافة ، إذ تتعدد استخداماتها من كونها توفر المياه العذبة للشرب ، كما إن مياهها تستخدم لري المزروعات ، وقد تجذب بعض الصناعات التي تتطلب لقيامها وفرة

(١) عبد القادر عايد واخرون ، مصدر سابق ، ص ٢٠٢-٢٠٣ .

المياه ، فضلاً عن ذلك يمكن إستخدام الانهار في عملية النقل النهري ، كما إن بالامكان إنشاء السدود والخزانات عليها والاستفادة منها في توليد الطاقة الكهرومائية ، كما يمكن أن يستفاد من الاسماك التي تعيش فيها كغذاء للسكان.

٥. الغلاف الجوي :

تبلغ نسبة الماء في الغلاف الجوي نحو ٠,٠٠١% من مجموع مياه الكرة الارضية والغلاف الغازي ، وهي من النوع العذب . (ويتخلص الغلاف الغازي من محتواه من الرطوبة عن طريق التساقط ، اذ ان دورة الماء في الغلاف الغازي والتي ترتبط بعمليتي التبخر والتساقط لاتزيد على عشرة أيام^(١) .

المياه العذبة: Fresh Water

اذا ما استثنينا مياه البحار والمحيطات لملوحتها ، وأستثنينا الجليد في المناطق المتجمدة لبعدها عن التجمعات البشرية ، فإن مايتبقى وهو أقل من ٠,٥% تشغله المياه العذبة والتي تأتي من الانهار والبحيرات والمياه الجوفية والغلاف الغازي . ولأن سكان العالم في زيادة مستمرة ، وهو قد تجاوز الـ ٧ مليارات نسمة خلال سنة ٢٠١٢ ، فإن هذا يتطلب توفير المياه لهذه الاعداد المتزايدة ، لاسيما إن مجالات إستخدام المياه في زيادة لتعدد الاغراض .

الا إنه مايؤخذ على توزيع المياه العذبة إنها لاتوزع بانتظام على سطح الارض ، اذ ان هناك مناطق فيها وفرة في المياه العذبة ، في حين هناك مناطق تعاني من شحة في المياه العذبة ، ويعود ذلك الى إختلاف كميات الثلوج والامطار المتساقطة على سطح الكرة الارضية ، وفقاً للاقاليم المناخية .

إن للمناخ تأثير كبير على وفرة المياه العذبة في أي أقليم على الارض ، فالمناخ الرطب يتمتع بموارد مائية متنوعة ومستقرة كما في المناخ الاستوائي والموسمي ومناخ غرب القارات في العروض المعتدلة والمناخ الصيني في شرق القارات، إذ تتواجد الانهار الدائمة الجريان والكثيرة

(١)فاضل الحسني ومهدي الصحاف ، أساسيات علم المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٦٠ .

التصريف كما في أنهار الامزون والكونغو ونهر الالب والدانوب واليانكتسي والميسيسيبي . كما إن مياهها الجوفية غزيرة بحيث إنها تنتقل خلال الطبقات الصخرية الحاملة للماء لتزويد المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية البعيدة ، كما في منطقة الواحات الواقعة في غرب مصر مثل واحات الداخلة والخارجة والفراة إذ تعتبر أفريقيا الاستوائية مصدر مياهها . وعلى النقيض من ذلك نجد ان المناخ الصحراوي شحيح بموارده المائية السطحية والباطنية ، ويدل على ذلك قلة كثافة شبكة التصريف النهري فبدت الانهار على إنها دخلية تنبع من أقاليم رطبة كنهر دجلة والفرات والنيل وكولورادو ومري دارلنك والسند أو تكون أنهار وقتية تجري فيها المياه خلال زخات الامطار الغزيرة ، كما في وديان الهضبة الغربية من العراق^(١)

إن الماء العذب الصالح للاستهلاك البشري تتراوح درجة حموضته ما بين ٦,٥-٨,٥ ، وينبغي أن يكون خالياً من الموارد العالقة والكائنات الدقيقة أو المواد الضارة أو السامة أو المشعة^(٢) . أما ملوحة المياه والتي هي نتاج مجموع المواد الذائبة فيه فأنها في مياه البحر تصل الى ٣٥٠٠٠ جزء من المليون ، في حين تختلف الملوحة في المياه العذبة فهي في مياه الامطار تكون على أقلها لاسيما عندما يكون الجو نظيفاً غير ملوث ، إذ لا تزيد مجموع المواد الذائبة (الاملاح) عن ٦٥ جزء من المليون ، الا انه عندما تصل مياه الامطار الى الارض فأنها تذيب بعض المواد فتزداد ملوحتها مما يؤدي الى زيادة الاملاح في مياه الانهار المنصرفة اليها . وتعد المياه الجوفية ذات ملوحة أكثر من الانهار بسبب مكثها الطويل بين الصخور . أما البحيرات فتختلف ملوحتها وفقاً للموقع من دوائر العرض واختلاف عناصر المناخ فيها وعموماً كلما كانت ملوحة المياه العذبة أقل كانت هي الافضل . إذ قد تشرب المياه التي بها ١٠٠٠ جزء من المليون ، الا انها اذا بلغت المواد الذائبة فيها نحو ٢٠٠٠ جزء من المليون أصبحت غير قابلة للشرب ، لكن بالامكان إستعمالها في الكثير من الاغراض الزراعية والصناعية^(٣) .

(١) وافيح حسين الخشاب وأحمد سعد حديد وماجد السيد ولي محمد ، الموارد المائية في العراق ، مطبعة جامعة بغداد ، بغداد ، ١٩٨٣ ، ص ١٣-١٤ .

(٢) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عودة ، علم البيئة ، دار الكتب الحديث ، القاهرة ، ٢٠٠٨ ، ص ٤٣ .

(٣) عبد القادر عابد وآخرون ، مصدر سابق ، ص ٢٠٥-٢٠٦ .

مشكلة المياه العذبة :

أشار تقرير البرنامج البيئي التابع للأمم المتحدة UNEP الى إنه نضراً للزيادة السكانية المطردة فأن كمية المياه المتاحة لسكان الارض تتناقص ، إذ قلت عام ١٩٧٠ من ١٢٩٠٠م^٣ سنوياً لكل شخص الى ٩٠٠٠ م^٣ عام ١٩٩٥ ، وأنها وصلت الى ٧٠٠٠م^٣ عام ٢٠٠٠ . كما يفيد التقرير إن هناك ٤٥٠ مليون نسمة في ٢٩ دولة يعانون نقص المياه ، وإن ٣ بليون نسمة سيقعون تحت خط الفقر المائي أو الندرة المائية water scarcity بمقدار ١٠٠٠م^٣ لكل شخص سنوياً وذلك بحلول عام ٢٠٢٥ . وقد أشارت الدراسات إن المواطن الأمريكي يستهلك أكثر من ٦٠٠ لتر من المياه يومياً ، أما المواطن الاوربي فيستهلك نحو ٣٠٠-٤٠٠ لتر يومياً ، بينما يتراوح نصيب المواطن الافريقي بين ٢٠-٣٠ لتراً فقط يومياً . وإن أكثر المناطق معاناة والتي ستزداد مشكلاتها مع المياه مستقبلاً هي أفريقيا والشرق الاوسط وجنوب غرب الولايات المتحدة الامريكية ، والمكسيك ، وواجهة المحيط الهادي في أمريكا الجنوبية ، وأسيا الوسطى ، وإيران والهند . ولا تقتصر مشكلة المياه عند هذا الحد إذ إن ٥٠% من سكان العالم النامي يتعرضون لمصادر مياه ملوثة يموت على أثرها الالاف يومياً ، فقد أشار تقرير مكتب الامم المتحدة للمستوطنات البشرية في أفريقيا خلال المؤتمر الذي عقد في نيروبي بكينيا عام ٢٠٠٢ ، إن هناك أكثر من خمسة ملايين حالة وفاة سنوياً في أفريقيا منهم مليوناً طفل بسبب الامراض المرتبطة بالمياه أما لنقصانها أو تلوثها^(١) .

مشكلة المياه العربية العذبة :

تعاني المياه العربية من مشاكل عديدة منها :

١ . الانخفاض المستمر لحصة الفرد من المياه العذبة في البلدان العربية (إذ اكد التقرير الصادر عن المنتدى العالمي للمياه في مارس ٢٠٠٣ في كيوتو باليابان ، إن معظم البلدان العربية تعاني من انخفاض نصيب الفرد من الموارد المائية) . إذ سينخفض نصيب الفرد من الماء عن ٨٠٠م^٣ بحلول عام ٢٠١٥ ، وهو مايعادل ١٠% من حصة الفرد على المستوى العالمي ،

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عودة ، مصدر سابق ص ١٤٥-١٤٦ .

- وإن نصيب الفرد العربي سيتناقص الى أقل من ٥٠٠ م^٣ في السنة بحلول عام ٢٠٢٥ ، علماً إن حد الفقر المائي للفرد هو ١٠٠٠ م^٣ في السنة^(١) .
٢. قلة الامطار في بلدان الوطن العربي وتذبذبها لوقوع معظم أراضيها في المناطق الجافة وشبه الجافة لاسيما إن الصحاري فيه تغطي مساحة واسعة مثل الصحراء العربية الكبرى في شمال أفريقيا ، وصحراء شبه الجزيرة العربية في جنوب غرب آسيا .
٣. إرتفاع معدلات التبخر بسبب إرتفاع درجات الحرارة ، الامر الذي يزيد من ملوحة المياه العذبة لاسيما في الانهار والبحيرات .
٤. الافراط في إستخدام المياه لمختلف المجالات ، لاسيما في الجانب الزراعي.
٥. الزيادة المستمرة في عدد السكان ، والسعي لتلبية متطلباتهم المائية.
٦. تدهور نوعية مياه الانهار وزيادة ملوحتها بسبب توجيه المبازل أو مياه المجاري والمخلفات البشرية نحوها .
٧. تدهور نوعية المياه الجوفية وزيادة ملوحتها ، بسبب دخول مياه البحر اليها ، أو إختلاطها بالمياه الجوفية المالحة القريبة منها .

تلوث المياه : Water Pollution

يعرف تلوث الماء بأنه تغير الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه ، الامر الذي يجعل نوعيتها غير ملائمة للاستخدام^(٢) . ويحدث التلوث من مصادر متعددة منها^(٣) :

١. المياه الملوثة المنزلية : وتنتج من إستعمالات المنازل ، وتحتوي على كميات هائلة من البكتريا والفطريات والفيروسات .
٢. المياه الملوثة الصناعية : وهي المياه المستعملة في الصناعة كمادة خام ، أو في الانتاج وفي أغراض التبريد ، وتحتوي هذه المياه على مواد كيميائية ضارة وسامة ومواد عالقة ومواد ذائبة وحوامض سامة ، فضلاً عن إرتفاع درجة حرارتها .

(١) نفس المصدر، ص ١٤٨ .

(٢) عبد القادر عابد وآخرون . مصدر سابق . ٢١٧ .

(٣) حسن ابو سمور وحامد الخطيب ، مصدر سابق ، ص ٢٢٨ - ٢٣٠ .

٣. المياه الملوثة الزراعية : وتكون ناتجة عن تصنيع علف للحيوانات وتحتوي على مواد مثل حامض الخليك ومركبات النتروجين ، كما إن إستعمال المبيدات يؤدي الى نقل هذه المواد عن طريق مياه الري الى الماء السطحي المجاور للحقول الزراعية أو الى المياه الجوفية .

٤. التلوث بالنفط : يزداد تلوث مياه البحار والمحيطات بأزدياد ناقلات النفط سواءً كان من حيث العدد أو من حيث الحجم ، وينتج ذلك التلوث من غرق ناقلات النفط ، كما حدث عندما غرقت سفينة كانيون في بحر المانش عام ١٩٦٧ وتسرب منها ١١٧٠٠٠ طن من النفط الخام الى البحر ، كما إن كثير من السفن تقوم بغسل صهاريجها وتفرغها في البحر ، كما تحدث عملية تلوث مياه البحار عند إستغلال آبار النفط الموجودة في البحار ، كما في تسرب النفط من حقل نوروز الايراني عام ١٩٨٣ والذي عمل على تلوث مياه الخليج العربي . كما قد يحصل تسرب للنفط من حقوله على اليابسة باتجاه الماء الجوفي .

٥. الامطار الحامضية : وتحصل على وجه الخصوص في الاقاليم الصناعية لاحتواء هواءها على أكاسيد النتروجين وأكاسيد الكبريت كما في الدول الأوروبية وكندا والولايات المتحدة الامريكية .

كيفية الحفاظ على الموارد المائية :

يمكن اعطاء عدد من المقترحات من شأنها الحفاظ على الموارد المائية :

١. نشر الوعي الثقافي بأهمية المياه ، وعدم الافراط فيها .
٢. إعطاء المحاصيل الزراعية والنباتات الماء وفقاً لمقننتاتها المائية .
٣. إستخدام طرق الري الحديثة كالري بالتنقيط والري بالمرشات والاستغناء عن طرق الري القديمة التي تسبب الهدر في إستخدام المياه.
٤. عدم توجيه مياه الميازل الى الانهار الجارية .
٥. إستخدام مكافحة البايولوجية لتقليل الاعتماد على المبيدات الكيماوية الملوثة للتربة والمياه .
٦. معالجة المياه الملوثة المنزلية والصناعية قبل توجيهها الى الانهار والمنخفضات .
٧. العمل على تحلية المياه المالحة وإستعمالها لمختلف المجالات .

٨. التقليل من إستخدام المخصبات الكيماوية والصناعية في الزراعة ، وإستخدام الازمدة العضوية بدلا منها .
٩. إستخدام طرق الحصاد المائي في مختلف المجالات .
١٠. إستنباط سلالات جديدة من المحاصيل الزراعية لها متطلبات قليلة من المياه .
١١. إيجاد الطرق العلمية التي تكفل معالجة البقع النفطية الناشئة من تسرب النفط من الناقلات في البحار والمحيطات .
١٢. سن القوانين التي تمنع توجيه المياه الملوثة نحو الانهار والبحيرات .

الحصاد المائي: Hydro Harvest

يعرف الحصاد المائي بأنه عملية جمع أو حجز مياه الأمطار أو المياه الجارية والاستفادة القصوى منها مع الحفاظ عليها نظيفة خالية من الملوثات ، وينبغي أن تكون مشاريع الحصاد المائي مجدية إقتصادياً . وإن إستخدام مصطلح الحصاد المائي حديث ، الا إن عمليات تجميع المياه قديمة تعود الى بداية الزراعة منذ عهد الحضارات القديمة كالحضارة الهندية والصينية وحضارات ما بين النهرين والانباط ، وفي صحراء النقب في عهد الإمبراطورية الرومانية . أما الان فأن مناطق الحصاد المائي هي المناطق التي تعاني من نقص في المياه المتاحة للاستخدامات البشرية ، وأكثرها يقع في المناطق القليلة الامطار أو الاقاليم الحدية الواقعة على هامش الصحراء وتقل فيها الامطار السنوية عن ٦٠٠ ملم، أما إذا قلت الامطار عن ٨٠ ملم ، فأن عملية الحصاد المائي تكون غير مجدية إقتصادياً^(١) .

أهداف الحصاد المائي :

للحصاد المائي عدد من الاهداف التي يمكن تحقيقها :

١. توفير مياه الشرب للسكان .
٢. إستخدام مياه الحصاد المائي لري المزروعات .
٣. الحفاظ على رطوبة التربة .
٤. لها دورها في نمو المراعي الطبيعية لرعي الحيوانات .
٥. مكافحة التصحر .

(١) علي أحمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ١٩٩-٢٠٠ .

٦. توفير مورداً مالياً من خلال توفيرها للمياه في المناطق الجافة وشبه الجافة .
٧. تعد مصدراً للمياه الجوفية .
٨. لها دور في درأ أخطار الفيضانات في الاراضي المنخفضة والوديان ، لانه من صفات مناخ المناطق الجافة وشبه الجافة هو سقوط أمطار غزيرة خلال مدة قصيرة .
٩. انها تؤدي الى جمع المياه وعدم تبديدها أو ضياعها.
١٠. توليد الطاقة الكهرومائية من إندفاع المياه من السدود المقاومة .

طرق الحصاد المائي :

يمكن تقسيم طرق الحصاد المائي الى مجموعتين وهما طرق حجز وجمع المياه الجارية ، وطرق حصاد مياه الامطار وكما يأتي^(١):

أولاً : طرق حجز المياه الجارية :

١. بناء السدود لحجز مياه الانهار والاودية ، ويعتمد حجم السد على كمية التصريف النهري .
٢. تحويل مجاري الجداول والاودية جزئياً أو كلياً بقنوات لتخزينها في خزانات صناعية معدة لتجميع المياه .
٣. ضخ مياه الانهار والاودية ، لاسيما في فصل الشتاء لملئ الخزانات المنشأة في منطقة مرتفعة وعادة تستخدم هذه المياه في المنازل .

ثانياً : حصاد مياه الامطار :

١. جمع مياه الامطار عن أسطح المنازل بتوجيهها نحو خزانات أو أبار محفورة لهذا الغرض .
٢. عمل حفر وسدود ترابية لجمع مياه الامطار ، وتتم معاملة سطحها بتسويته وكبس تربته لتصبح غير منفذة للماء .

(١) نفس المصدر ، ص ٢٠٢-٢٠٤ .

٣. إتباع الزراعة الشريطية ، إذ يتم تحويل مياه الامطار من شريط زراعي مرتفع الى آخر أقل إرتفاع.
٤. عمل المدرجات الزراعية ببناء سلاسل حجرية على طول خطوط الكنتور ، و ثم تسوية الارض لعمل أراضٍ منبسطة تستطيع الاحتفاظ بمياه الامطار فتزداد رطوبتها لدرجة تسمح بزراعتها.
٥. تغطية التربة بأوراق النبات أو القش أو الأغصان المقطعة ومخلفات النبات أو بالحصى والحجارة للتقليل من تبخر الماء من التربة الى أدنى حد ممكن للحفاظ على رطوبة التربة .

المشاكل التي تعاني منها طرق الحصاد المائي :

إن طرق الحصاد المائي تعاني من بعض المشاكل التي تقف بوجهها ، فأرتفاع درجات الحرارة يعرض المياه إلى التبخر ، وهذا يقلل من كمية المياه المتجمعة ويزيد من ملوحتها ، فضلاً عن ذلك هناك مشكلة التلوث التي تعاني منها مصادر المياه في الوقت الحالي بسبب توجيه المياه الملوثة نتيجة إستخدامات الانسان المنزلية والصناعية نحو المجاري المائية أو نحو المياه المتجمعة .

رغم هذه المشاكل التي تواجه طريقة الحصاد المائي إلا إنه بالإمكان تلافيها ، فارتفاع التبخر يمكن أن يتم تقليله بزرع الاسيجة النباتية حول الخزان لتوفير الظل له فضلاً عن التخفيف من أثر سرعة الرياح ، كما إن استخدام بعض المواد العاكسة للأشعة الشمسية على سطح الماء يقلل من درجات الحرارة ، فيقل التبخر فضلاً عن ذلك يمكن تغطية سطح الخزان بأغطية تقيه من الإشعاع الشمسي والحرارة العالية فتتخفض معدلات التبخر منه . وأما التلوث فيمكن سن القوانين التي تمنع توجيه المياه الملوثة نحو مشاريع الحصاد المائي ، كما ينبغي إتباع الطرق العلمية في معالجة هذه المياه والاستفادة منها بدلاً من جعلها مشكلة يصعب حلها .

الفصل الرابع عشر
المناخ والتربة
Climate and Soil

الفصل الرابع عشر المناخ والتربة Climate and Soil

تعريف التربة : Soil

التربة تكوين طبيعي في تطور مستمر ، صنعتها الطبيعة بعمليات فيزيائية ، وبتفاعلات كيميائية وحياتية ، بين الغلاف الصخري ، والغلاف الغازي ، والمجال الحياتي للنبات والحيوان ، وهيات فيها مطالب المسكن والماء والهواء والغذاء اللازمة لحياة كل انواع النبات ، وبعض من انواع الحيوان . كما جعلتها الوسط الملائم لانتاج الغلات الاقتصادية التي يستخدمها الانسان لغذائه او لكسائه او لبعض مصنوعاته . وتغطي سطح اليابس كله ، باستثناء التي يغطيها جليد دائم ، او حجارة كما في الصحاري ، او على سفوح المرتفعات حادة الانحدار^(١).

العوامل المؤثرة في تكوين التربة :

وضع العلماء الكثير من المفاهيم والمعادلات لتكوين التربة كان اهمها المعادلة الاولى للعالم الروسي الشهير المسمى بأبي علم التربة دوكتشيف Dockuchaev في نهاية القرن التاسع عشر ، والتي كانت صيغتها على النحو الآتي^(٢) :

$$S = F(C, V, O, P, R) T$$

إذ ان :

S = التربة Soil

F = الفعل المشترك Function

C = المناخ Climate

V = النبات Vegetation

O = كائنات حية Organisms

P = المادة الاولى Parent Material

R = التضاريس Relief

T = الزمن Time

(١) ابراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مصدر سابق ، ص ٧ .

(٢) حسن ابو سمور ، الجغرافية الحيوية والتربة ، مصدر سابق ، ص ٢١٦-٢١٧ .

في حقيقة الامر ان اهم هذه العوامل هو المناخ ، وذلك لتأثر كل عامل من العوامل المذكورة بصورة ، او بأخرى به . وليبيان اهمية كل عامل من العوامل ودوره في تكوين التربة سيوضح على النحو الاتي :

١ : المادة الوالدة (الصخر الام) : Parent Material

هي المادة الاصلية التي تستمد منها التربة ، وهي اما تكون على شكل صخور ، او تكون طبقة من الرواسب غير المتصلبة . فتسمى التربة المتكونة فوق الصخور بالتربة الموضعية . اما التربة المتكونة من الرواسب غير المتصلبة فتسمى بالتربة المنقولة . وكان يعتقد سابقاً بأن المادة الاصلية هي العامل الاساس الذي يسبب الفوارق بين انواع التربة ، ألا انه اتضح لعلماء التربة ، بأن هناك عوامل اخرى اكثر اهمية كالمناخ . وذلك لأنه وجدت انواعاً متشابهة من التربة تنتج من مواد اصلية مختلفة ، كما وجدت انواعاً مختلفة من التربة تنتج من نفس المادة الاصلية^(١) .

٢ : الزمن : Time

اذا استمرت التجوية لمدة قصيرة نسبياً ، فإن طبيعة المادة الاصلية تنعكس الى حد كبير في اوصاف التربة المتكونة . وكلما استمرت التجوية كلما تغلب تأثير العوامل الاخرى المكونة للتربة على تأثير المادة الاصلية ، ولهذا فإن الزمن يعد عاملاً مهماً في تكوين التربة . وليس من الممكن تحديد فترة زمنية معينة لتكوين كل نوع من انواع التربة ، وذلك لأن عمليات التكوين تسير بمعدلات متباينة تحت الظروف المختلفة^(٢) ، فالتربة الجيرية او تربة الرماد البركاني يمكن تكونها خلال عدة سنوات ، بينما يتطلب تكوين تربة البودزول مدة تتراوح ما بين ١٣٠٠-١٨٠٠ عام^(٣) .

٣ : المناخ : Climate

يعد المناخ من اكثر العوامل المتحكم في تكوين التربة وتطورها ، اذ ان معظم انواع التربة الرئيسة المتطورة على سطح الارض ترتبط بالاقاليم المناخية ارتباطاً وثيقاً ، فتسميتها مأخوذة من اسماء تلك الاقاليم كالتربة

(١) ادوارد تاربولك وفردريك لوتجنز . مصدر سابق ، ص ١٥٥ .

(٢) نفس المصدر ، ص ١٥٥ .

(٣) مخلف شلال مرعي وابراهيم محمد حسون القصاب ، مصدر سابق ، ص ٦١ .

المدارية ، وتربة حشائش السفانا ، وتربة حشائش الاستبس ، والتربة الصحراوية وغيرها . وتعد درجات الحرارة وكميات التساقط اهم العناصر المناخية تأثيراً في تكوين التربة وتطورها ، ويظهر اثر هذين العنصرين في دورهما النشاط في عمليات التجوية الميكانيكية والكيميائية التي تتعرض لها الصخور ، وتحويلها الى عناصرها الاولية ، فضلاً عن تأثير المناخ على نوعية الغطاء النباتي وعمل الكائنات الحية في التربة^(١).

ان المناخ بحكم اختلافه زماناً ومكاناً ، ادى الى اختلاف خصائص التربة من منطقة الى اخرى ، كما في التربة المدارية التي تتصف بفقرها بالمواد المعدنية والعضوية بسبب تعرضها لعملية الغسل (الترشيح) ، نتيجة الامطار الغزيرة المستمرة ، بينما ادى قلة الامطار الساقطة في المناطق الصحراوية الى نشوء تربة فقيرة بموادها العضوية ، لكنها غنية بالمواد المعدنية .

٤ : النباتات والحيوانات : Organisms and Vegetation

تساهم الكائنات الحية من احياء دقيقة ونباتات ميتة وحيوانات ، بأضافة المادة العضوية Organic Matter للتربة ، ودخولها في دورة التغذية . اذ ان النباتات تأخذ الغذاء المعدني من التربة وتعيده اليها عند موتها . وتقوم الاحياء الدقيقة المجهرية Micro Organisms في التربة مثل البكتريا والفطريات بتحلل المادة العضوية الميتة ، ثم تقوم الاحياء الاكبر منها كالنمل والديدان بخلطها بمكونات التربة^(٢).

ان خصوبة التربة تعتمد على كمية المواد العضوية الموجودة بها ، كما ان تحلل بقايا النباتات والحيوانات ينتج عنه عدة احماض عضوية تعمل على الاسراع في عملية التجوية ، فضلاً عن ذلك ان للمواد العضوية قدرة عالية على تخزين الماء فتساعد بذلك على حفظه في التربة ، كما ان الكائنات الدقيقة كالفطريات والبكتريا والاوليات وحيدة الخلية تلعب دوراً فعالاً في انتاج الدبال الناجم عن تحلل بقايا النباتات والحيوانات بواسطة تلك الاحياء الدقيقة والذي هو مادة شبه جلاتينية لاتشبه النباتات والحيوانات التي استمدت

(١) نفس المصدر ، ص ٥٩

(٢) Arthur getis , Judith Gotis and jerome d.fellmann , introduction to geography , published by mc graw - hill , New york , USA , 2008 , p.107 .

منها ، كما ان بعض الكائنات الدقيقة تساعد على خصوبة التربة لقدرتها على تغيير النيتروجين الجوي الى نيتروجين التربة^(١).

٥: التضاريس : Relief

تكون التربة الناشئة على المنحدرات الشديدة ضعيفة التكوين تتخللها مياه قليلة لا تكفي لنمو النباتات ، ونظراً للتعرية المتزايدة على المنحدرات الشديدة فإن التربة تكون ضحلة او غير موجودة في بعض الحالات . اما التربة المتكونة في السهول والاراضي المنخفضة فإنها تكون مشبعة بالمياه لردائة الصرف ، وتكون التربة فيها سميكة وغامقة اللون لأحتوائها العالي على المواد العضوية التي تراكمت بفعل حالات التشبع الناجمة من تحلل المواد النباتية . لذا فإن احسن الترب عندما تكون فوق سطح مرتفع مستوي او متموج فيه صرف جيد للمياه ، وحيد ادنى من التعرية ، فضلاً عن ذلك انه يسمح بتسرب كمية مناسبة من المياه الى التربة . اما وجهة المنحدر فيمكن توضيح تأثيره عن طريق علاقته بضوء الشمس ، وعناصر المناخ الاخرى ، اذ تحصل المنحدرات المواجهة للجنوب على كمية من ضوء الشمس اكبر بكثير مما تحصل عليه المنحدرات المواجهة للشمال ، حتى ان الاسطح الشديدة الانحدار المواجهة للشمال ربما لا تحصل على اي كمية مباشرة من ضوء الشمس ، علماً ان الفرق في كمية اشعة الشمس المستقبلية تسبب فروقاً في درجات الحرارة وكمية الرطوبة ، وهذا يؤثر على الغطاء النباتي وفي خصائص التربة^(٢).

عمليات تكوين التربة :

يزيد الارتفاع في درجات الحرارة من قدرة التجوية الكيميائية ، كما ان وجود الرطوبة يعد عامل اخر مهم لاتمام هذا النوع من التجوية ، لان وجود الماء يساعد على تحريك الايونات لكي يتفاعل بعضها مع البعض . وهناك خمس عمليات تؤدي الى تحلل الصخور وتساهم في تكوين التربة وهي ^(٣) :

١. التحلل المائي : Hydrolysis : هي عملية تفاعل الماء مع المعدن ، اذ ينحل الماء الى انيون سالب وكاتيون موجب ، وكذلك ينحل المعدن الى

(١) ادوارد تاريوك وفردريك لوتجنز ، مصدر سابق ، ص ١٥٧.

(٢) نفس المصدر ، ص ١٥٧.

(٣) عدنان باقر النقاس ومهدي محمد علي الصحاف ، الجيومورفولوجي ، جامعة بغداد ، ١٩٨٩ ، ص ١٨١-١٩٠.

- انيون سالب وكاتيون موجب ، فيتحد انيون الماء مع كاتيون المعدن ،
وكاتيون الماء مع انيون المعدن مكوناً معادن جديدة .
٢. التأكسد : oxidation : هي اتحاد الاوكسجين مع العناصر او المركبات.
٣. التكرين : carbonation : هي عملية اتحاد حامض الكربونيك مع بعض القواعد او مع كربوناتها ، لاسيما اكاسيد وكربونات الكالسيوم والمغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم فتتكون كربونات او بيكربونات.
٤. التميؤ : Hydration : هي عملية اتحاد الماء مع بعض المعادن مكوناً ما يسمى بالمعادن المائية ، كما في معادن الاكاسيد التي تتحول بهذه العملية الى سليكات واكاسيد مائية .
٥. الذوبان : Solution : هو ذوبان المعادن المكونة للصخور في المياه الجوفية او في مياه الامطار ، كما يذوب الملح او السكر في الماء ، علماً ان المعادن القابلة للذوبان في الماء النقي قليلة جداً ، الا ان معظم المعادن يمكنها ان تذوب بدرجات متفاوتة في الماء اذا كان الماء يحتوي على بعض المواد الكيميائية النشطة .
- لا يقتصر تكوين التربة وتغيير خصائصها على العمليات المذكورة انفاً ، بل هناك عمليات لها ارتباط قوي بالمناخ يمكن ايجازها على النحو الاتي ^(١):
١. البذرلة : Podzolization : هي عملية ازالة اكاسيد الحديد والالمنيوم وبعض المواد العضوية من الطبقة السطحية وتركيزها في الطبقة السفلى من التربة . وتنتشر هذه العملية على احسن وجه في تربة البودزول الحقيقية في الغابات الصنوبرية في العروض الباردة .
٢. التكلس : Calcification : هي عملية اغناء التربة بالكالسيوم ، او اغناء طبقة من طبقاتها ، وتوجد في الاقاليم شبه الجافة ، اذ يكون مقدار المطر قليل ، والتبخر كثير ، فلا يستطيع المطر القليل من غسل الاملاح في التربة ، والتي غالباً ما تتكون بسبب صعود الماء الشعري وتبخره تاركاً الاملاح فيها.
٣. التملح : Salinization : هي عملية اغناء التربة بالاملاح ولاسيما املاح الصوديوم ، وتوجد في الاقاليم الاكثر جفافاً من تلك التي تحدث فيها عملية التكلس ، اذ لا يستطيع المطر القليل غسل الاملاح من التربة ، التي تراكمت نتيجة تبخر الماء الشعري مخلفاً الاملاح الذائبة فيه عند السطح .
٤. اللترتة : Laterization : هي عملية غسل المواد العضوية والاملاح والسليكا من الطبقة العليا للتربة ، ونقلها للأسفل ، فتبقى الطبقة العليا

(١) علي صاحب طالب الموسوي وعبد الحسن مدفون ابو رحيل ، علم المناخ التطبيقي ، ط ١ ، دار الضياء للطباعة ، النجف الاشرف ، ٢٠١١ ، ص ١٦٣-١٦٦ .

تحتوي على مركبات الحديد والالمنيوم ذات اللون الاحمر والاصفر غير القابلة للذوبان مكونة تربة اللاترايت .

٥. الجلي Gleization : هي عملية تكوين ترب بلون رمادي باهت واحياناً مبقعاً بألوان اكاسيد الحديد ، ويغطي سطحها طبقة عضوية متخمرة او شبه متخمرة ، وتجري هذه العملية في ترب سيئة التصريف بصورة دائمية او فصلية .

ان تكوين التربة لا يتم بتأثير عامل واحد وبمعزل عن بقية العوامل ، وانما يتم عن طريق تفاعل هذه العوامل مع بعضها ، لاسيما المناخ الذي يفوق تأثيره تأثير بقية العوامل الاخرى .

مكونات التربة :

تتكون التربة من^(١) :

١. المواد المعدنية : هي مفتتات صخرية معدنية تختلف من حيث الحجم والشكل والتركيب مثل الكوارتز Quartz ، الذي يشكل الجزء الاكبر من التربة الرملية ، وسليكات الالمنيوم التي تعد المكون الاساسي للتربة الطينية ، وكربونات الكالسيوم التي تشكل الجزء الاكبر من التربة الجيرية .
 ٢. الماء : يكون على شكل محلول داخل التربة ، يحتوي على كمية من الاملاح المذابة الضرورية لنمو النبات ، وفيه يذوب الغذاء الذي يعتمد عليه النبات ، اذ يتم عن طريقه نقل المواد الغذائية من التربة الى النبات . ويتأثر بمناخ المنطقة ، والصرف ، وامتصاص الجذور للعناصر الغذائية .
 ٣. الهواء : هو الذي يملأ الفراغات البينية بين الذرات ، ويعتمد عليه النبات والكائنات الحية الموجودة في التربة في عملية التنفس . وتختلف نسبة وجود الهواء تبعاً لمدى اتساع المسافات البينية ، فهو يزيد في التربة الرملية الواسعة المسام ، ويقل في التربة الطينية او الصلصالية الصغيرة المسام .
 ٤. المواد العضوية : هي بقايا النباتات والحيوانات المتحللة ، او في طريقها الى التحلل ، ولها اهميتها في تكوين غذاء النبات . ويختلف حجم المواد العضوية من تربة الى اخرى ، فهي اذ تزيد في المناطق الرطبة ، فأنها تقل في المناطق الصحراوية الجافة .
- للمواد العضوية دور كبير في تحسين خواص التربة ، اذ تزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء ، وتخفف من تماسك التربة الثقيلة ، وتساعد على تحسين

(١) علي احمد هارون ، مصدر سابق ، ص ١٠٥-١٠٦

تهوية التربة ، وتمد النبات بعناصر غذائية مفيدة ، كما تعد وسطاً لنمو الكائنات الدقيقة في التربة^(١)

تُعد التربة مثالية عندما تتكون من ٤٥% من مواد معدنية ، و ٥% من مواد عضوية و ٢٥% من ماء و ٢٥% من هواء^(٢) .

قطاع التربة :

هو مقطع رأسي فيها ، يمتد من سطحها الى موادها الاولية تحتها او الى الصخور الاصلية . ولكل تربة قطاعها الخاص بها ، فهو في الترب الناضجة يتكون من افقين رئيسيين ويرتكزان على مواد اولية او على صخور اصلية ، ويشار الى الافق العلوي بالحرف A ويسمى بالتربة العليا او السطحية Surface soil ويشار الى الافق التحتي بحرف B ويسمى بالتربة التحتية او دون السطحية Sub surface soil ، ولا يوجد حدود فاصلة بين الافقين وانما يوجد تدرج بينهما ، كما يوجد تدرج من افق B الى المواد الاولية الناتجة من تجوية الصخر الام ويسمى بالافق C ، وكذلك الى الصخور الاصلية التي يشار اليها بحرف D وهي الافق الرابع . ويعد العالم الروسي دوكتشيف اول من درس قطاعا للتربة في اقليم التربة السوداء Chernozem في روسيا وميز بين أفاقه بالرموز الحرفية . فأصبح رمز A يعني الافق الذي يفقد مكوناته الذائبة والعالقة بالغسل بالماء المتسرب خلاله الى الافق تحته . كما اصبح رمز B يمثل الافق الذي تتراكم فيه المواد المغسولة من افق A ، ثم اضيف حرف O ليمثل الطبقة العضوية الموجودة على السطح والتي لا تزال منفصلة عن جسم التربة . وفي الدراسة التفصيلية تقسم الافاق الثلاثة الرئيسة الى أفاق ثانوية بأضافة ارقام صغيرة الى رموزها ، وقد تضاف اليها حروف صغيرة للأشارة الى وجود خاصية معينة كما في جدول (٧٧)^(٣) .

(١) خير شواهين ، علوم الارض والبيئة للهواة ، ط٢ ، دار المسيرة ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠٩ ، ص ٢٩ .

(٢) علي احمد هارون ، مصدر سابق ، ص ١٠٦ .

(٣) ابراهيم ابراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مطبعة جامعة بغداد ، بغداد ، ١٩٨٥ ، ص ١٠٢-١٠٥ .

جدول (٧٧) آفاق التربة الرئيسة والثانوية لقطاع من التربة وخصائصها

الافق	الخاصية
O1	طبقة المادة العضوية الحديثة او التي جرى لها بعض الانحلال (C)
O2	طبقة المادة العضوية المتخمرة ، او شبه المنحلة (F)
O3	طبقة المادة العضوية المنحلة (H)
A1	طبقة معدنية غنية بالمادة العضوية .
A2	طبقة تفقد الكثير من موادها بالغسل
A3	طبقة انتقالية الى افق B
B1	طبقة انتقالية الى افق A
B2	الطبقة التي تتراكم فيها معظم المواد المغسولة من افق A
B3	طبقة انتقالية الى افق C
a	طبقة باهتة اللون غسل منها الصلصال والاكاسيد الثلاثية الملونة
b	طبقة مدفونة تحت رمل مثلاً او تحت لويس
ca	تراكم لكربونات الكالسيوم
CN	تراكم متحجر من الحديد او من الحديد والمغنسيوم او من الحديد والفوسفات
CS	تراكم لكبريتات الكالسيوم (الجبست)
f	طبقة متجمدة
g	طبقة كلي Gley
h	تراكم كبير لمادة عضوية
ir	تراكم للحديد
m	طبقة صماء Hard pan من تراكم للسليكا والالمنيوم
P	طبقة متأثرة بعمليات الحرارة
sa	تراكم الاملاح القابلة للذوبان
t	تراكم للصلصال
X	طبقة صماء هشّة Fragipan

المصدر : ابراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مطبعة جامعة بغداد ، بغداد ، ١٩٨٥ ، ص ١٠٢-١٠٥ .

المناخ وماء التربة :

يعد التساقط المصدر الرئيسي للماء في التربة ، ويضاف له في بعض الاقاليم ماء الري ، او الماء الارضي المتصاعد بالخاصية الشعرية . فالماء اساس الحياة ، والمكون الرئيس لأجسام الكائنات الحية . وتعد قدرة التربة على الامساك به متيسراً لأمتصاص الجذور معياراً لقيمتها الزراعية ، ومحدداً لأنواع النبات التي يمكن ان تنمو فيها ، وهو العامل الفعال في تكوين

قطاعها من طبقات متميزة ، وفيه مباشرة وبواسطته تحدث العمليات الكيميائية التي تؤدي الى تحليل وتركيب العناصر المعدنية والعضوية في التربة . ومياه الامطار ليست نقية تماماً ، وذلك لأنه عند سقوطها تنقل معها من الجو شوائب على شكل املاح واحماض ومواد كيميائية . وعند دخول الامطار جسم التربة ترتفع فيه نسبة الحموضة . بما ينقله معه من احماض موادها العضوية . وان زيادة محتوى المياه من الاحماض يزيد من قدرتها على اذابة كثير من المواد وحملها . ويتغير تركيب الماء في التربة بصورة مستمرة بسبب العمليات الكيميائية المرتبطة به ، وكذلك بسبب العمليات الحيوية المرتبطة بأحياء التربة ، كما ان مقدار الماء في التربة في تغير مستمر بسبب عاملين مناخيين هما : ما يضاف الى التربة من ماء باستمرار عن طريق الامطار ، وما يفقد من ماء التربة باستمرار عن طريق التبخر / النتج^(١).

عندما يسقط المطر على سطح تربة جافة ، فإنه يفقد منه مباشرة بالتبخر وفقاً لعناصر المناخ السائدة كما يفقد قسم آخر بالجريان السطحي surface runoff اعتماداً على طبيعة السطح ، أي درجة انحداره ، ومدى اكتسائه بالغطاء النباتي ، ونمط حراثة الارض على السطوح المنحدرة ، ونسيج التربة وبنيتها ومساميتها ودرجة نفاذيتها . اما الباقي فيترشح Infiltrate الى داخل التربة ويكون متيسر لامتصاص الجذور ، ويفقد بالنتج ، وقد يتسرب قسم منه Percolate الى ما تحت التربة ، او الى الماء الارضي ويفقد ايضاً^(٢).

عند مقارنة مياه الامطار الساقطة على تربة اقليمين مختلفين نجد ان الماء يدخل في ترب الاقاليم الجافة (الاستبس والصحاري) ويتبقى فيها الى ان يفقد اما بالتبخر او بالتبخر / نتج ، تاركاً خلفه في جسم التربة الاملاح والمعادن التي كانت فيه ، وهذا السبب يفسر ملوحة ترب المناطق الجافة . اما في الاقاليم الرطبة فإن كمية الامطار تزيد عن كمية التبخر / نتج ، لذلك فإن قسماً من الماء يستمر نزولاً الى الماء الجوفي او ينصرف الى الاراضي المنخفضة المجاورة مشكلاً المستنقعات . ويكون الماء الخارج من التربة

(١) حسن ابو سمور ، مصدر سابق ، ص ٢٢٤ .

(٢) ابراهيم ابراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مصدر سابق ، ص ٥٠ .

خطراً عليها ، لأنه ماء غير نقي ، يكون على شكل محلول يحتوي على كثير من المواد التي تستخدم لتغذية النبات Plant nutrients واملاح التربة ، ومع فقدانها يتحول تفاعل التربة الى حموضة متزايدة ، وهذا يقلل من وجود الكائنات التي تقوم بحل المواد العضوية الخام وتحويلها الى مواد اخرى يتغذى عليها النبات^(١) .

بعدما يدخل الماء جسم التربة ، فإنه يتخلل مساماتها الشعرية ومساماتها غير الشعرية ، وتتخصص المسامات الشعرية بنقل الماء لأمتصاص الجذور ، بينما يكون دور المسام غير الشعرية هو نقل الماء الزائد عن سعة المسام الشعرية . وعندما يدخل الماء الى المسام غير الشعرية فإنه يزيح الهواء منها ، وبعد انصراف الماء منها يعود الهواء لملىء المسام غير الشعرية . وتكون حركة الماء داخل التربة سريعة في البداية ثم تقل بعد ذلك تدريجياً ، كما تكون في الترب المحروثة اسرع منها في الترب غير المحروثة ، كما تكون في الترب الجافة اسرع منها في الترب الرطبة . وبشكل عام فإن حركة الماء في الترب الرملية ، تكون اسرع من الترب الصلصالية ، وذلك بسبب ارتفاع عدد وحجم المسام غير الشعرية في الترب الرملية وارتفاع عدد المسام الشعرية في الترب الصلصالية^(٢) .

يخضع الماء في التربة لتأثير ثلاث قوى هي : قوة الادمصاص Adsorbtion او تسمى بقوة الالتصاق Adhesion ، وقوة الخاصية الشعرية Capillarity او تسمى بقوة التماسك cohesion ، وقوة الجاذبية الارضية Earthe gravity . وتأثير هذه القوى يوجد الماء في التربة في ثلاث حالات^(٣) :

١ : ماء الادمصاص او ماء الالتصاق :

يعرف بالماء الهيكروسكوبي Hygroscopic ، ويتأثر بقوة الادمصاص ويوجد في كل انواع الترب ، ويتمثل بأغلفة رقيقة تحيط دائماً بسطوح الجسيمات ، وهو غير قابل للحركة او التبخر ، كما لاتستطيع جذور النباتات من امتصاصه . ويختلف مقداره باختلاف نسيج التربة ، لذا فهو

(١) نفس المصدر ، ص ٥٠ .

(٢) حسن ابو سمور ، مصدر سابق ، ص ٢٢٥-٢٢٦ .

(٣) ابراهيم ابراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مصدر سابق ، ص ٥٤-٥١ .

يكون اكبر ما يكون في الترب الصلصالية نحو ١٣% من سعة التربة الحقلية ، واقل ما يكون في التربة الرملية نحو ٢% .

٢: الماء الشعري او ماء التماسك :

يعرف بالماء الشعري ، لأنه يتحرك في المسام الدقيقة بالخاصية الشعرية . ويعرف بماء التماسك لأن جزيئاته تتماسك بعضها ببعض بأواصر هيدروجينية لها قوة اكبر من قوة جاذبية الارض . ويمكن تحديده بالماء الممسوك في التربة بين سعتها الهيكروسكوبية وسعتها الحقلية . وتكون حركته بطيئة بسبب ضيق المسام التي يتحرك خلالها ، ولأنه لايتحرك جسيمة حتى يرطب كل اجزاء سطحها . وهو يتحرك نزولاً في التربة مع سقوط المطر واوقات الري ، كما يتحرك صعوداً فيها ضمن اوقات الجفاف . ويكون اينما يتحرك في مجال امتداد الجذور ومتيسراً لأمتصاصها ، لذا يسمى بالماء المتيسر Available ومقداره يختلف باختلاف نسيج التربة واحوال المناخ السائدة ، واختلاف محتوى التربة من الدبال ، وطبقات التربة .

٣: ماء الجاذبية :

هو الماء الذي يخضع لجاذبية الارض وحدها . ويسمى بالماء المنصرف حراً free-draining water ، لانه حر الحركة لا يخضع لقوة الادمصاص او لقوة الخاصية الشعرية ، كما يمكن تسميته بالماء الزائد عن الحاجة او لقوة الخاصية الشعرية ، او الزائد عن السعة الحقلية field capacity ، ويتمثل بالماء الذي يتحرك نزولاً في المسام غير الشعرية ويطرد الهواء منها . وتكون حركته سريعة نسبياً للأنساع النسبي للمسام التي يتحرك خلالها من جهة ، وخضوعه لقوة جاذبية الارض وحدها من جهة اخرى . ثم تبطء حركته مع العمق لمقاومة فقاعات الهواء الصاعدة في المسام ، وما يرسب من جسيمات دقيقة في المسام . ويكون وجود هذا الماء مؤقتاً في التربة يقتصر على الاوقات التي تسقط فيها امطار غزيرة ، او تكون التربة مشبعة بماء الري . ثم ينصرف بعد يومين من توقف المطر او الري الى الطبقة السفلى من التربة في الاقاليم الجافة ، والى الماء الجوفي في الاقاليم الرطبة . وما يبقى منه في الطبقة السفلى يخلف فيها ما ينقله معه من الطبقة العليا ، ويكون مورداً اضافياً للجذور مع الماء الشعري ، اما ما يخرج منه الى الماء الجوفي فإنه يفقد التربة كثيراً من موادها الغذائية ، وقد يؤدي الى رفع مستوى الماء الارضي الى مجال امتداد الجذور فيقللها بحرمانها من الاوكسجين وارتفاع نسبة الاملاح فيه .

المناخ وتصنيف التربة :

تصنف التربة على اساس الخصائص الرئيسية لقطاعاتها الى ثلاث مجموعات^(١) :

اولاً : الترب النطاقية : zonal soils

تتميز هذه الترب بأنها حسنة التصريف ، ذات ارض بطيئة الانحدار ، ولها قطاعات متطورة بأفاق ثلاثة واضحة ، وتكونت بتأثير كل عوامل التكوين ولكن تأثير المناخ وما يرتبط به من احوال حياتية يعد الاقوى في تكوينها ، لذا يرتبط توزيعها بدرجة كبيرة بتوزيع الاقاليم المناخية الحياتية .

ثانياً : الترب بين النطاقية : Intrazonal soils

تتميز بأن لها قطاعات متطورة ، كما انها تكونت بتأثير عوامل التكوين كلها ، الا ان العامل الاقوى ليس المناخ وما يرتبط به من احوال حياتية ، وانما عامل اخر اضفى عليها خصائص فيزيائية وكيميائية وحياتية ميزتها عن الترب الاخرى النطاقية المجاورة لها في نفس النطاق ، وقد يكون هذا العامل هو سوء التصريف ، او المادة الاولى .

ثالثاً : الترب غير النطاقية : Azonal soils

لهذه الترب ميزتين الاولى انها لا ترتبط بنطاق معين ، وانما يحتمل وجودها في كل النطاقات من العروض الاستوائية الى العروض العليا . والثانية انها تربة بدون قطاعات متطورة . فهي تخلو من افق B ، وتتكون من افقي A,C فقط ، حتى ان افق A يكون رقيقاً ، ولا يكاد يتميز عن الافق الاخر الا بلونه الذي يشير الى احتوائه على مادة عضوية ، لذا تسمى بالترب غير الناضجة immature soils ، كما تسمى بالترب الحديثة young soils .

اولاً : الترب النطاقية : zonal soils

تتضمن الترب النطاقية الانواع الاتية :

١ : ترب غابات العروض الحارة :

يكون لون هذا النوع من الترب هو الاحمر والاصفر ، وتنتشر في العروض المدارية ، حيث تكون درجات الحرارة لا تقل عن ١٨ م° في أي

(١) نفس المصدر ، ص ٢٠١

شهر من الشهور ، والرطوبة الجوية عالية ، مع تساقط غزير للأمطار طول العام ، ربما يصل ٣٠٠٠ ملم. وان هذه الظروف المناخية جعلت ظاهرة غسل مواد التربة العضوية والمعدنية من الهيومس والسيليكا من التربة اسرع من تكونها، الامر الذي جعل هذا النوع من التربة فقيرة بموادها. وتنتشر هذه التربة في مناطق الغابات الاستوائية في شمال شرق امريكا الجنوبية حيث حوض نهر الامزون، وفي حوض نهر الكونغو في افريقيا، وفي اجزاء واسعة من جنوب شرق اسيا، وتسمى هذه التربة بتربة اللاترايت.

٢: ترب حشائش العروض الحارة :

تنقسم ترب حشائش العروض الحارة الى نوعين :

أ : تربة حشائش السفانا :

نشأت هذه التربة تحت ظروف مناخية متمثلة بصيف مطير، وشتاء جاف مع ارتفاع درجات الحرارة طيلة السنة، فتكونت تربة اغنى بموادها العضوية والمعدنية من تربة غابات العروض الحارة، لأن انخفاض كمية الامطار الساقطة مقارنة بتربة غابات العروض الحارة مع حصول فصل جفاف اعطى فرصة لتكون المواد العضوية والمعدنية، أي ان عملية الغسل هي اقل من نوع التربة الاولى، فأستخدمت هذه التربة في الزراعة لعدد أطول من السنين الا انه بعد استنفاد موادها الغذائية يصبح من الضروري اضافة الاسمدة والمخصبات اليها لزيادة قدرتها الانتاجية. وتنتشر هذه التربة الى شمال وجنوب تربة غابات العروض الحارة ، في كل من امريكا الجنوبية وافريقيا، ويكون لون التربة احمرأ او بنياً غامقاً.

ب : تربة حشائش الاستبس القصيرة :

تنتشر تربة هذا الاقليم بعد تربة السفانا باتجاه القطبين ، وتقل الامطار فيها الى نصف كمية الامطار الساقطة في اقليم السفانا ، فهي تبلغ بحدود ٢٠٠-٣٠٠ ملم سنوياً ، ولقلة امطارها فأن عملية غسل العناصر المعدنية لا تحدث في هذه التربة . ومن اهم صفات هذه التربة هو غناها بالمواد الجيرية والكلسية والمعادن السريعة الذوبان في الماء ، كما انها تتجمع بالقرب من سطحها مركبات الكالسيوم ، ويتدرج لونها من الكستنائي والبنّي في المناطق الاكثر مطراً الى اللون الرمادي الفاتح بالاقتراب من الصحراء ، وهي ذات خصوبة عالية ، وتكون جيدة التركيب وسهلة الحراثة ، وتحتاج دائماً للري .

وتنتشر في افريقيا ووسط غرب وشرق استراليا والى الغرب من تربة السفانا في امريكا الجنوبية^(١).

٣: ترب غابات العروض الوسطى :

تنقسم ترب غابات العروض الوسطى الى نوعين :

أ : تربة العروض الوسطى شبه المدارية :

تتميز الطبقة العليا من هذه التربة باللون الاحمر والبنى الغامق ، وذلك لخضوعها لعملية اللترتة Laterization التي تتم بواسطتها اذابة وازالة السيليكا من الطبقة العليا وبقاءها غنية بمركبات الحديد والالمنيوم . ويرتبط توزيع هذه التربة بتوزيع الغابات النفضية في جنوب شرق القارات ، او في مناطق المناخ الصيني ، وتنتشر جغرافياً في جنوب شرق امريكا الشمالية ، وجنوب الصين ، وبعض جهات العالم الاخرى . وتعد هذه التربة ذات حموضة اقل من تربة البودزول الحقيقية ، وسبب ذلك الاوراق العريضة الغنية بالاملاح . وفضلاً عن ذلك ان هذه التربة هي من اغنى ترب الغابات في العروض الوسطى بالمواد العضوية (الدبال) ، الا انها فقيرة نسبياً بالجير . ان هذه التربة جيدة التركيب والنسيج ، لذا فهي ذات قدرة انتاجية جيدة ، الا انها تقل بعد زراعتها المستمرة ، فيقتضي الامر اضافة الاسمدة والمخصبات التي تستجيب لها التربة بشكل جيد^(٢).

ب : تربة البودزول البنية - الرمادية :

تتكون هذه التربة في المناخات الرطبة ، وهي تختلف عن تربة البودزول الحقيقية في ان عملية الغسل leaching فيها اقل شدة ، ولون التربة هو البنى ، وفيها تتنوع افاق التربة ، فأفق A1 يتكون من طبقة من الدبال humus الحامضي ، وافق A2 يكون رمادي - بني وهو افق توصيل ، ويكون اقل في شدة التوصيل من البودزول الحقيقي ويكون لونه براق . اما افق B فيكون سميك ذو لون بني مصفر الى بني محمر براق^(٣).

عندما تعالج التربة بأضافة الجير lime والمخصبات فأنها تكون ذات انتاجية عالية لعلال الحقل والغلل المستخدمة في انتاج الالبان . وتنتشر هذه

(١) نفس المصدر ، ص ١٨٥ .

(٢) حسن ابو سمور ، مصدر سابق ، ص ٢٨٠ .

(٣) Arthur N.strahler , introduction to physical geography , third printing , john wiley and sons , inc , USA , 1965 , p.180 .

التربة في الجزء الاوسط الشرقي من الولايات المتحدة الامريكية ذات الامطار الساقطة بنحو ٩٠-١٠٠سم سنوياً في المناخ القاري الرطب في جنوب ولاية وسكانسن وجنوب ميشغن وانديانا واوهايو وكنتاكي ونيويورك وبنسلفانيا ومري لاند وجنوب نيو انكلاند ، كما تتواجد في بعض مناطق جبال روكي من الجهة الشمالية الغربية المطلة على المحيط الهادي . كما تنتشر هذه التربة في غرب اوربا في الساحل الغربي البحري ، والمناخ القاري الرطب ، ومساحات صغيرة في المناخ القاري الرطب في شمال الصين وشمال اليابان^(١).

٤: ترب حشائش العروض الوسطى :

تسود في مناطق حشائش العروض الوسطى ثلاثة انواع من الترب هي :

أ: تربة البراري **Prairie soil**

تعد تربة البراري تربة انتقالية بين ترب غابات العروض الوسطى الرطبة من جهة ، وترب الاقاليم الجافة من جهة اخرى . وهي تربة خصبة ذات لون اسود بسبب تكونها تحت غطاء نباتي كثيف من الحشائش الطويلة نسبياً ، وتطورها تحت ظروف مناخية شبه رطبة ، ويصل مقدار الـ PH فيها الى اقل من ٧ ، لذا فهي تميل الى الحامضية ، وتتميز بعدم وجود طبقة واضحة تتراكم فيها المواد الجيرية ، وهي جيدة البناء ، غنية بالمواد العضوية (الدبال) ، وتعتبر من اكثر انواع الترب ملائمة لانتاج الذرة . وتنتشر هذه التربة في امريكا الشمالية ، وبعض جهات روسيا ، وامريكا الجنوبية وافريقيا^(٢).

ب: تربة الجرنوزم **Chernozem soil**

لا تختلف تربة الجرنوزم عن تربة البراري كثيراً ، فهي تربة سوداء اللون ، توجد على الاطراف الجافة من تربة البراري ، وتكثر بهذه التربة المواد العضوية ، لذا فهي تتميز بالخصوبة العالية ، وتنمو بها حشائش اقل طولاً من حشائش البراري ، واصبحت هذه التربة حالياً اهم مناطق انتاج القمح في العالم ، كما تصلح التربة لزراعة القطن اذا توافر الماء اللازم لها . وتنتشر هذه التربة في العروض الوسطى شبه الرطبة ، كما في السهول

(١) I bid, p.182.

(٢) علي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، ط٢ ، مطبعة جامعة البصرة ، البصرة ، ١٩٨٥ ، ص١٣٦-١٣٧ .

العظمى في امريكا الشمالية ، كما تمتد في اوراسيا بين دلتا نهر الدانوب في الغرب وشمال الصين في الشرق ، كما تتواجد في اقليم البمباس في امريكا الجنوبية ، وفي حوض استراليا الداخلي (١).

ج: التربة الكستنائية والبنية : Chestnut and brown soil

ينتشر هذا النوع من التربة عند الجانب الجاف من نطاق تربة الجرنوزم ، وهي تشغل اراضي الاستبس في العروض الوسطى شبه الجافة في شمال امريكا واسيا ، لذا تسمى بتربة الاستبس الكستنائية والبنية . ويشبه مقطع التربة الكستنائية مقطع الجرنوزم كثيراً ، لكنه يحتوي على دبال اقل ، لقلة الحشائش النامية مقارنة بتربة الجرنوزم ، ولهذا السبب فهي ليست معتمدة في لونها . والتربة الكستنائية تكون خصبة اذا توفرت المياه من الامطار او الري . تتناوب على هذا النوع من التربة ظروف مناخية تتمثل بسنوات جافة ، واحياناً امطار وافية ، لذا ان التربة الكستنائية في الولايات المتحدة الامريكية تغوي المزارعين على التوسع في زراعة القمح ، ففي بعض السنين الرطبة تجلب ريحاً عالياً في هذا الحزام الهامشي ، ولكنها في سلسلة السنين الجافة تؤدي الى فشل المحصول ، والاصابة بالفقر . وان هذا النوع من التربة تكون كستنائية بالاقتراب من تربة الجرنوزم ، ولكنها بالاتجاه نحو المناطق الجافة تكون بنية اللون (٢)

تنتشر هذه التربة على اطراف مناطق الجرنوزم في الاجزاء الاكثر جفافاً كما في الولايات المتحدة الامريكية الى الشرق مباشرة من جبال الروكي ، وفي الارجننتين الى الشرق من جبال الانديز في امريكا الجنوبية ، كما تنتشر في اسيا على شكل نطاق يمتد من بحر قزوين الى بحيرة بلكاش ، وتغطي هذه التربة الجزء الاكبر من الاقليم السوداني في افريقيا ، واطراف صحراء كلهاري في جنوب القارة ، فضلاً عن وجودها في جزء من قارة استراليا (٣).

هـ : تربة غابات العروض الباردة (البودزول الحقيقية) :

تسود تربة البودزول الحقيقية الرمادية اللون في العروض الشمالية الباردة في منطقة الغابات الصنوبرية ، وخضعت تربة البودزول خلال فترة

(١) علي احمد هارون ، مصدر سابق ، ص ١١١-١١٢ .

(٢) Arthur N. strahler , op.cit , p.187.

(٣) علي احمد هارون ، مصدر سابق ، ص ١١٢ .

تطورها الى عملية البودزوليزيشن Podzolization أي عملية ازالة اكاسيد الحديد والالمنيوم وبعض المواد العضوية من الطبقة السطحية وتركيزها في الطبقة السفلى من التربة . وينتج عن هذه العملية تربة حامضية قليلة الخصوبة. وسبب الحموضة في التربة يرجع الى ان اشجار الغابات الصنوبرية تنمو جيداً في الترب الحامضية ولايتطلب نموها كميات كبيرة من المواد الجيرية ، لذا فأن ما ترجعه الغابات الصنوبرية الى التربة من المواد القاعدية قليلاً جداً قياساً بالغابات النفضية العريضة الاوراق، او بالحشائش التي بطبيعتها تستمد كمية كبيرة من المواد الجيرية من التربة خلال نموها وتعيدها اليها مرة ثانية عند موتها وتحلل بقاياها ومخلفاتها. لذا يبقى التوازن مفقوداً بين وجود المواد القاعدية في تربة الغابات في العروض العليا وبين نسبة الحوامض التي فيها والناجمة عن اذابة مياه الامطار لثاني اوكسيد الكربون في الجو، وعن تحلل المواد العضوية المتراكمة على السطح والتي هي اساساً حامضية^(١).

تتميز عملية تحلل بقايا ومخلفات الاشجار الصنوبرية في العروض العليا الباردة ببطنها الشديد بسبب انخفاض درجة الحرارة وضعف نشاط البكتريا. وتشكل المواد المتراكمة على سطح التربة طبقة من المخلفات النباتية اشبه ما تكون بالاسفنج عندما يمشي الشخص عليها، وعند اختراقها من قبل مياه الامطار فأن حموضة التربة تزداد بسبب مرورها بالمواد المتخمرة، لذا ان محلول التربة الناتج يصبح قادراً على اذابة مركبات الحديد والالمنيوم فيعمل على ازلتها من الطبقة A وترسيبها في الطبقة B . ورغم فقر تربة البودزول بكثير من مقومات الانتاج المعدنية والعضوية الا ان هناك بعض المحاصيل التي يمكن زراعتها كالبطاطس والشوفان والشيلم واللهانة وغيرها من المحاصيل التي تتحمل الحموضة العالية ، وتتطلب فصل نمو قصير، الا انه لايمكن الاستمرار بزراعتها دون اضافة مستمرة لكميات كبيرة من الجير والمخصبات الكيماوية . وتحتل تربة البودزول مساحات واسعة من العروض العليا الشمالية في كل من امريكا الشمالية واوربا واسيا ، اذ تمتد على شكل نطاق واسع من الغرب الى الشرق بأمّتداد غابات التايكا الصنوبرية^(٢).

(١) علي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مصدر سابق ، ص ١٢١.

(٢) ابراهيم ابراهيم شريف وعلي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مصدر سابق ، ص ١٩٥-١٩٦.

٦ : تربة التندرا: Tundra soil

تمتد الى الشمال من تربة البودزول الحقيقية ، اوالى الشمال من خط الحرارة المتساوي لأدفىء شهر ٥٠°ف (١٠°م) الفاصل بين الغابات الصنوبرية في الجنوب وحشائش التندرا في الشمال . وتحتل هذه التربة مساحات شاسعة من شمال امريكا الشمالية واوربا واسيا . ونتيجة لأنخفاض درجة الحرارة الى ما دون درجة التجمد لأكثر ايام السنة فأن الطبقة السفلى من تربة التندرا تبقى متجمدة طول العام ، وترتكز عليها طبقة رخوة اسفنجية من مخلفات الطحالب والاشنات المتحللة ، ويميل لون الطبقة العليا الى اللون البني الغامق ، بينما يميل لون الطبقة السفلى الى اللون الرمادي . وتتميز تربة التندرا بضخالتها ورداءة تصريفها ، اذ تتشبع الطبقة العليا منها بالمياه في وقت ذوبان الجليد لعدم استطاعة المياه من التوغل نحو الاسفل لوجود الطبقة المتجمدة ، الامر الذي يؤدي الى انتشار المستنقعات خلال فصل الصيف القصير ، لذا فأن تربة التندرا غير صالحة للإنتاج الزراعي ، ولكنها صالحة لنمو بعض الاعشاب القصيرة من فصيلة الطحالب والاشنة التي تكون مراعي صالحة لغزال الرنة^(١).

٧ : التربة الصحراوية : Desert soil

تتكون التربة الصحراوية تحت ظروف مناخية تتسم بقلة الامطار الساقطة وتذبذبا وارتفاع معدلات التبخر نتيجة ارتفاع درجات الحرارة ، وانخفاض الرطوبة النسبية . الامر الذي انعكس على قلة او انعدام المادة العضوية بسبب قلة او انعدام الغطاء النباتي ، مع وفرة في المواد المعدنية من الاملاح القاعدية ، نتيجة عدم حصول عملية غسل لها ، بسبب قلة الامطار . لذا تميزت التربة باللون فاتحة ، الا ان هذا لا يعني عدم وجود ألوان اخرى للتربة منها الحمراء والصفراء والرمادية والبنية ، وفقاً لطبيعة الصخور المحلية التي أشتقت منها . لذا انتشرت هذه التربة في جميع القارات كأفريقيا واسيا واستراليا وامريكا الشمالية وامريكا الجنوبية وفي جزء صغير من اوربا في الجزء الجنوبي الغربي ، وتكاد لا تخلو منها قارة الا القارة القطبية الجنوبية ، لأن المناطق الجافة تشكل ١٧% من مساحة الكرة الارضية ، ونحو ٣٥% من مساحة اليابس .

(١) نفس المصدر ، ص ١٩٦-١٩٧

من مميزات التربة الصحراوية هي كثرة الاملاح ، فأذا كانت التربة متكونة من املاح الكالسيوم فأنها تكون اصلح للزراعة من التربة التي تحتوي على املاح الصوديوم ، وبسبب كون التربة فقيرة بموادها العضوية والنيتروجين ، فإن ذلك يتطلب تزويدها بالمواد العضوية عن طريق السماد العضوي للتعويض عن ذلك النقص .

تعد تربة السيروزم من اكثر انواع الترب الصحراوية انتشاراً ، وتوجد في العروض المدارية والوسطى ، وهي تربة تتميز الطبقة العليا منها A بلونها الرمادي المائل الى البياض ، وهي تتركز على الطبقة B ذات اللون الرمادي الفاتح وفي بعض المواقع من الجهات الصحراوية يؤدي التصريف الرديء والتبخر السريع ، لاسيما في المناطق المروية الى ما يعرف بعملية تملح التربة Solization ، التي ينتج عنها تركيز مرتفع لأنواع مختلفة من الاملاح ، ففي حالة وجود تركيز مرتفع لأملاح الكالسيوم تتكون التربة المسماة بتربة الصولنجاك Solonchack . واذا كانت الاملاح المتجمعة تحتوي على نسبة عالية من املاح الصوديوم فتتكون التربة المعروفة بأسم تربة الصولنتنز Solontez ، وهي تربة متصلبة ذات لون ابيض واحياناً اسود داكن . وتتركز المواد الملحية في بعض التربات الصحراوية الى درجة مكونة طبقة صماء تعرف بالقلالي Caliche^(١) .

ثانياً : الترب غير النطاقية : Azonal soils

تصنف الترب غير النطاقية الى ثلاث مجموعات هي^(٢) :

١. **الترب الفيضية Alluvial** : وتتكون من ترب المواد التي تحملها مياه الانهار في اوقات الفيضان .
٢. **ترب حجرية حصوية Lithosols** : وهي ترب ذات قطاع ضحل مكوناتها مفتتات حجرية مع قليل من المفتتات الناعمة والمادة العضوية ، وتوجد هذه الترب حيث وجود الصخور الصلبة التي تسود فيها تجوية بطيئة ، او توجد حيث تكون مفتتات التجوية معرضة لتعرية قوية تزيل المواد الناعمة ، او توجد في مناطق المناخ الرطب في المناطق الجبلية شديدة الانحدار .

(١) علي حسين الشلش ، جغرافية التربة ، مصدر سابق ، ص ١٤٢-١٤٣ .

(٢) حسن ابو سمور ، مصدر سابق ، ص ٢٨٧ .

٣. **ترب الريجوسول Regosole** : وتتكون من مواد اولية متجددة وعميقة وذات نفاذية عالية ، ويكون ترسبها حدث بعامل غير الماء ، مثل الكثيب الرملي او الرماد البركاني او تراكمات عند قواعد الجبال.

ان الترب غير النطاقية لم يتوفر لها الوقت الكافي لتطور آفاقها ، لذا لا يمكن تحديد تلك الآفاق . وفقاً لذلك من النادر ان توجد علاقة بين تلك الترب وبين الاحوال المناخية . رغم ان ترب الريجوسول واللويس تتواجد في مناطق معينة دون سواها . فتربة اللويس تتشكل بفعل انتقال جزيئات التربة من منطقة الى اخرى بواسطة الرياح حيث يتم ترسيب تلك الجزيئات المنقولة مع سقوط المطر ، فتكون منطقة الترسيب بعيدة عن المصدر المنقول منه . ايضاً الترب الطموية التي تتشكل على طول جوانب الانهار هي من الترب اللانطاقية ، ويحدد امتداد هذه الترب وعمقها ، كمية الماء الجاري ، وسرعة تدفقه وتبدل احواله بين الشحة والفيضان ، والتي ترتبط نفسها بالدورة المائية ولاسيما علاقتها بالامطار المتساقطة ^(١).

ثالثاً : الترب بين النطاقية : Intrazonal soils

رغم ان اعتماد الترب بين النطاقية على المناخ يكون محدوداً جداً ، الا ان العلاقة بين تلك الترب والمناخ تبدو واضحة في كثير من الاحيان . فالترب الملحية والقلوية halomorphic soils غالباً ما تتكون في المناطق الجافة ، اذ يؤدي التبخر الشديد الى تبخر الماء السطحي وبقاء الاملاح التي تزداد مع مرور الزمن ، والناجمة اما من تحلل الصخور الرسوبية الحاوية على الاملاح ، او من تصاعد الاملاح مع الماء الشعري من تحت السطح ، او من ري التربة بماء يحتوي على الاملاح . وتتصف الترب الملحية و القلوية بعدم صلاحيتها للزراعة ما لم يتم غسل املاحها . ومن الترب بين النطاقية التي يظهر بين تشكلها والمناخ علاقة واضحة هي الترب المائية التي تتواجد في المناطق الفقيرة التصريف كالمستنقعات التي توجد حيثما يتجمع ماء المطر المنساب فوق المرتفعات تجاه المنخفضات ، والماء المترشح من الاراضي المجاورة ليشكل في تلك المناطق المائية ترب غدقة . وفي هذه الترب تلعب التضاريس دوراً مهماً ^(٢)

(١) علي موسى ، الوجيز في المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٦٢.

(٢) نفس المصدر ، ص ٦١.

المناخ عامل بناء وهدم :

كما ان المناخ يمكن ان يعد عامل بناء للتربة ، وهذا ما تم توضيحه ، الا انه يعد عامل هدم ايضاً ويمكن ايجازه على النحو الاتي :

١. يعد عامل جرف للتربة عن طريق الامطار المتساقطة ، لاسيما على المرتفعات وخصوصاً بعد قطع الغابات ، وكشف التربة لعامل الانجراف .
٢. يعد عامل تعرية من قبل الرياح ، اذ يؤدي الى تجريد مناطق من تربتها الخصبة .
٣. حدوث تدفق ترابي بفعل الامطار الغزيرة في المناطق المرتفعة مما يجردها من تربتها .

الفصل الخامس عشر
المناخ ومصادر الطاقة المتجددة
**Climate and Renewal
Energy**

الفصل الخامس عشر المناخ ومصادر الطاقة المتجددة Climate and Renewal Energy

الكلمة (Energy) تعني النشاط وهي مشتقة من الكلمة اليونانية Energos التي تعني نشيط ، وهي مكونة من مقطعين هما en ومعناها (في) و ergon ومعناها شغل^(١) . ويعد اكتشاف الفحم سبباً في إنطلاق الثورة الصناعية في بريطانيا ومنها الى دول أوروبا والعالم ، ثم كان إكتشاف النفط والغاز الطبيعي خطوة نحو التطور الاكثر ، الا إن طموح الانسان في الحصول على مزيد من مصادر الطاقة ذلك الحد ويعود ذلك لجملة من الأسباب :

١. إن مصادر الطاقة التقليدية (الوقود الاحفوري) كالفحم والنفط والغاز الطبيعي يمكن أن تتعرض الى النضوب.
٢. أن مصادر الطاقة التقليدية لا تتوزع بصورة متساوية في كل بقاع الارض، إذ إن بعض البلدان يتوفر فيها النفط والغاز الطبيعي ، بينما يتواجد الفحم في دول أخرى، كما إن بعضها يوجد لديه أنواع الوقود الاحفوري الثلاثة ، في حين بعضها الآخر تخلو أراضيها منها.
٣. التلوث الكبير لاسيما للغلاف الغازي نتيجة إستخدام مصادر الوقود الاحفوري بعد الثورة الصناعية.
٤. بروز مشاكل مناخية مهمة سببها زيادة نسبة الملوثات الجوية كمشكلة الاحترار العالمي والتعقيم الشمسي.
٥. الطلب المتزايد على مصادر الطاقة للاستخدام في مختلف مجالات الحياة، لاسيما إن سكان العالم في زيادة مستمرة وحاجاته أيضاً متزايدة.
٦. الحاجة الى تأمين الوقود الرخيص الذي لايتأثر بالحروب والازمات السياسية.
٧. نجاح إستخدام بعض مصادر الطاقة النظيفة منذ القدم وعلى نطاق محدود.

(١) عبد المنعم عبد الوهاب ومحمد ازهر السماك وازاد محمد أمين ، جغرافية النفط والطاقة ، دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، ١٩٨١ ، ص ٢٣ .

نتيجة للأسباب التي ذكرت توصل الانسان الى مصادر للطاقة البديلة لها صفة التجدد ، لاسيما التي كان للمناخ إرتباطاً كبيراً بها كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة المائية والطاقة الحيوية والطاقة الحرارية في البحار والمحيطات وطاقة المد والجزر وطاقة الامواج البحرية وطاقة البرق والتي ستوضح كما يأتي:-

أولاً: الطاقة الشمسية: Solar Energy:

الطاقة الشمسية :

عرف الانسان الشمس منذ القدم بأنها مصدر الحياة والقوة فأخذها الهأ يعبد ، كما في اليمن ، وفي مصر القديمة كانوا يرمزون اليها بالاله رع ، وفي الدولة الرومانية رمزوا لها بالاله ميتر . وكان سكان أمريكا الجنوبية في القدم يضعون المرايا فوق قمم الجبال لتجميع أشعة الشمس وإشعال النيران . وأستعمل العالم الاغريقي أرخميدس المرايا الحارقة لاحراق اسطول العدو الروماني . وفي القرن السابع عشر قام العالم بوفون بعمل تجربة أمام لويس الرابع عشر ملك فرنسا ، فجمع أشعة الشمس المنعكسة من مائة وأربع وأربعين مرآة في بؤرة واحدة تبعد ستين متراً عن المرايا فحرق كمية كبيرة من الاخشاب الموضوعة في هذه البؤرة . وجاء لافوازييه العالم المشهور خلال الثورة الفرنسية فأخترع جهازه المصنوع من عدد كبير من العدسات ، ووضع في عدسة كبيرة في مقدمة الجهاز كحولاً ، لجعل تركيز أشعة الشمس على أشد مايكون ، فأستطاع الحصول على درجات حرارة عالية كافية لصهر الحديد والبلاتين^(١).

في عام ١٨٧٥ اخترع موشو الة بخارية تتكون من غلاية اسطوانية من النحاس طليت باللون الاسود ، تسع مائة لتر ، وتحيط بها مرآة معدنية مخروطية الشكل ، وكانت مساحة سطحها الذي يعكس أشعة الشمس على الغلاية عشرين متراً مربعاً ، فترفع حرارة الماء الى درجة الغليان ، ثم إستعمل البخار الناتج في ادارة آلات صغيرة . وأقام شومان جهازاً لتوليد القوى الشمسية عام ١٩١١ في فيلادلفيا ، وفي عام ١٩١٣ أقام جهازاً آخر في مصر أدخل عليه بعض التحسينات على جهازه الاول لكي تستطيع المرايا

(١) محمد رأفت إسماعيل رمضان وعلي جمعان الشكيل ، الطاقة المتجددة ، ط ٢ ، دار الشروق ، القاهرة ، ١٩٨٨ ، ص ٣١-٣٢ .

المقكرة متابعة دوران الشمس . ثم واصل المهندسون والعلماء في كثير من الدول بحوثهم وتجاربهم لاستغلال الطاقة الشمسية بأجهزة تجمع بين الاقتصاد في النفقات والحصول على أكبر قدر ممكن من الطاقة ، فعقدت المؤتمرات الدولية وكان أولها عام ١٩٥٣ في ولاية اريزونا الامريكية للاطلاع على أحدث طرق إستغلال الطاقة الشمسية وغيرها من بدائل الطاقة المتجددة^(١) .

تصدر من الشمس إشعاعات على شكل أمواج كهرومغناطيسية تحمل في طياتها طاقة حرارية ، (لذا إن المصدر الرئيسي للطاقة للغلاف الغازي ، وللمحيطات ، وللحياة على الارض هو الاشعاع الشمسي^(٢)) .

رغم إن الشمس نجم صغير الحجم ، إلا إنها تمثل كرة كبيرة من الغازات الملتهبة ، التي يقدر حجمها بنحو ١,٣٠٠,٠٠٠ كرة أرضية^(٣) . وهي أقرب النجوم الى الارض ، وذات حرارة تصل في باطنها الى ٢٠,٠٠٠,٠٠٠ درجة مئوية ، وحرارة سطحها نحو ٥٧٠٠ درجة مئوية ، ومساحتها تقدر ب ١١,٧٣٠ مرة مقارنة مع مساحة الارض^(٤) . وتمتلك الشمس قطراً يبلغ نحو أكثر من ١٠٠ مرة مقدار قطر الارض ، وتخرج من الشمس طاقة إشعاعية هائلة من كل ياردة مربعة من سطحها بما يساوي ١٠٠,٠٠٠ قوة حصانية . وبحكم إن المسافة ما بين الشمس والارض تبلغ نحو ٩٣,٠٠٠,٠٠٠ ميل ، فأن ما يصل الى أعلى الغلاف الغازي هو أقل من (٢,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ / ١) جزء من الاشعاع الشمسي الخارج من الشمس ، إلا ان هذه الكمية تعطي طاقة تبلغ نحو ٢٣,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠,٠٠٠ قوة حصانية^(٥) . رغم هذه النسبة القليلة الواصلة له الى أعلى الغلاف الغازي ، والتي تنخفض مع إجتياز الاشعاع الشمسي للغلاف الغازي ، إلا إنها تعد مسؤولة عن الكثير من العمليات الطبيعية والحيوية والظواهر الموجودة على الارض . فطاقة الشمس هي المحرك للرياح والمحيطات ، والمولدة للطقس ، كما جعلت الارض مكاناً ملائماً للوجود البشري . فالخشب والفحم وطاقة الماء والبتترول ، قوة يحركها ضوء الشمس والقاطرات والسفن والسيارات

(١) نفس المصدر السابق ، ص ٣٢-٣٣ .

(٢) Herbert , Riehl , op . cit , p.31.

(٣) مهدي محمد علي الصحاف وفاضل الحسني ، الجغرافية الطبيعية ، بغداد ، ١٩٩٠ ، ص ٢٩ .

(٤) ابراهيم العرود ، التغير المناخي في الميزان ، ط ١ ، عمان ، الاردن ، ٢٠٠١ ، ص ٢٥ .

(٥) Glenn T.Trewartha , An Introduction to climate , op.cit , p.7 .

والطائرات ، وكل عجلات المصانع تتحرك وتدار بالاعتماد على طاقة الشمس^(١).

Solar Collectors: المجمعات الشمسية

للاستفادة من الطاقة التي يحملها الاشعاع الشمسي لابد من تحويلها من موجات كهرومغناطيسية الى أحد أشكال الطاقة الحرارية أو الكهربائية أو الفوتوكيميائية لاستخدامها في سد حاجات الانسان ، ويتم ذلك عن طريق المجمعات الشمسية ، وأهم أنواعها^(٢) :

١. **المجمعات الشمسية الحرارية** : تقوم بتحويل الطاقة الشمسية الى طاقة حرارية من خلال خصائص الاجسام المادية المتعلقة بالقدرة على إمتصاص الاشعة الشمسية .

٢. **المجمعات الشمسية الكهربائية (الخلايا الفوتوفولطية)** : هي الأجسام التي تقوم بتحويل طاقة الاشعاع الشمسي الى طاقة كهربائية بشكل مباشر دون الدخول في عمليات التحويل . إذ إنه بالإمكان إنتاج طاقة كهربائية بواسطة الحرارة الناتجة عن إستعمال المجمعات الحرارية وهو الامر الذي يحتاج الى وسائل وسيطة مثل التوربينات والمبخرات والمكثفات ، أي ضرورة الدخول في عملية تحويل الطاقة الحرارية الى طاقة كهربائية . أما في حالة المجمعات الشمسية الكهربائية فإن إنتاج الكهرباء يتم بصورة مباشرة ، كما إنه يمكن إنتاج الطاقة الكهربائية مباشرة والحصول على بعض الطاقة الحرارية أيضاً من المجمع نفسه .

٣. **المجمعات الفوتوكيميائية** : وهي تستعمل الطاقة الشمسية للقيام بتفاعلات كيميائية وإنتاج المواد الكربوهيدراتية كما في حالة أوراق النبات ، أو إنتاج الهيدروجين كما في حالة بعض الطحالب .

Solar Cell : الخلية الشمسية

هي مادة بلورية تصنع من مواد مختلفة كالسيلكون وزرنيخ الجاليوم وكبريتيد الكادميوم، وتتم زراعتها بالشوائب لتكوين مواد ذات شحنة موجبة وإخرى ذات شحنة سالبة ويفصل بينهما أو يلتقيان عند نقاط اتصال ، وينتج

(١) I bid (7) (١)

(٢) (سعود يوسف عياش ، تكنولوجيا الطاقة البديلة ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والاداب ، الكويت ، ١٩٨١ ، ص ١٧٩-١٨٠ .

التأثير الفوتوفولطي حين تقوم الاشعة الممتصة بتأمين ذرات في منطقة قريبة من الموصل ، أي بتحرير الكنترونات . فإذا كانت طاقة الاشعاع الممتصة أكبر من طاقة ربط الالكترتون بالذرة فأن ذلك يؤدي الى تحرير الالكترونات وتكوين أزواج من الالكترونات والفجوات . ويؤدي هذا بدوره الى إحداث قوة حركة كهربائية يمكنها إحداث سريان تيار كهربائي ، وتصبح الالكترونات المحررة في المنطقة ذات الشحنة السالبة بينما تصبح الفجوات في المنطقة ذات الشحنة الموجبة ، وبذلك يتولد فرق جهد كهربائي ، ويسير التيار الكهربائي في دائرة خارجية اذا تم ربط طرفي المنطقتين بسلك موصل^(١) .

البرك الملحية الشمسية

هي بحيرات طبيعية أو صناعية ، يمكن تخزين الطاقة الشمسية بها ، وتقوم فكرتها على أساس وضع سائل ملحي في بركة بعمق مترين ، ثم تغطيته بطبقة من الماء العذب ، وما يلاحظ هو بقاء الماء العذب طافياً منفصلاً عن الماء المالح . وعند تعريض البركة لأشعة الشمس ، فأن الماء المالح يسخن ، وتبقى كثافته عالية ، مما يسمح بارتفاع درجه حرارته ، وبقائه معزولاً عن الجو الخارجي . وحيث لاتوجد تيارات حمل توزع الحرارة في البحيرة فأن درجة حرارة الطبقة السفلى من الماء يمكن أن تصل الى درجة الغليان . وبتمرير هذا الماء الساخن على توربين يمكن توليد الكهرباء^(٢) .

بالامكان إنتاج طاقة من البرك الملحية الشمسية خلال الليل وفي فصل الشتاء ، كما في ساعات النهار ، وقد بلغت الطاقة المنتجة في المشروع الامريكي المقام في كاليفورنيا والذي يعتمد هذه التقنية نحو ٥٠٠ مليون واط /ساعة ، وهي طاقة تكفي لمليون من البشر . علماً إن فكرة البرك الملحية معروفه منذ عدة سنوات ، إذ كتب أندرسون سنة ١٩٥٨ عن بركة في أروفييل بولاية واشنطن تبلغ درجة الحرارة فيها نحو ٥٠ درجة مئوية عند عمق مترين . كما كتب ويلسون ويلماني سنة ١٩٦٢ عن بحيرة فاندرا بانترانتيكا ، التي بلغت درجة الحرارة فيها قرب القاع على عمق ٧٠متراً

(١) نفس المصدر ، ص ٢٣٤ .

(٢) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عودة ، مصدر سابق ، ص ١٠٧ .

نحو ٢٥°م ، في حين كانت درجة حرارة الجو -٢٠°م ، وكان الثلج يغطي سطح البحيرة^(١) .

إستعمالات الطاقة الشمسية :

إستعملت الطاقة الشمسية في مجالات متعددة منها : التدفئة ، وتسخين المياه ، وتجفيف الفواكه والخضروات ، والتقطير الشمسي وتحلية المياه ، كما تستخدم في توليد الطاقة الكهربائية ، وتوليد الطاقة الحرارية والحركية الضرورية للصناعة ، فضلاً عن إستخدام الطاقة الشمسية في تكييف الهواء والتبريد الشمسي ، كما يمكن إستخدامها في طهي الطعام .

مزايا الطاقة الشمسية :

للطاقة الشمسية مزايا عديدة زادت من أهميتها منها^(٢) :

١. إنها تشكل مصدراً هائلاً من الطاقة الكامنة ، إذ تستلم الأرض يومياً ما يعادل $163,8 \times 10^{11}$ كيلو واط /ساعة من الطاقة الشمسية ، أو ما يعادل $10,4 \times 10^{11}$ برميل نفط ، وهذا العدد مساو لمجموع إحتياطي النفط العالمي . وإن الطاقة الشمسية التي تستلمها الأرض كبيرة جداً فهي تعادل ٥٠٠٠ ضعف كمية الطاقة التي تعطى من قبل جميع مصادر الطاقة الأخرى في العالم مجتمعة .
٢. إن الطاقة الشمسية تعد من مصادر الطاقة الدائمة التي لا تنتضب ، إذ يرى العلماء إن الشمس تفقد من طاقتها أقل من (١/١٠٠٠٠) خلال مليار سنة .
٣. إنها من مصادر الطاقة التي يمكن الاعتماد عليها والشعور بالأمان إتجاهها بسبب ديمومتها وإستمراريتها .
٤. إنها تشكل مصدراً مجانياً للطاقة ، لا تحتاج الى رؤوس اموال لشرائها . كما في الفحم والنفط والغاز الطبيعي ، واليورانيوم .
٥. إنها مصدر نظيف للطاقة لا تسبب أي تلوث للبيئة .
٦. إمكانية تحويل الطاقة الشمسية الى أشكال نافعة أخرى من الطاقة بطرق التحويل التكنولوجي .

(١) محمد رأفت اسماعيل رمضان وعلي جمعان الشكيل ، مصدر سابق ، ص ٨٣ .

(٢) عبد المنعم عبد الوهاب ومحمد أزهر السماك وإزاد محمد أمين ، مصدر سابق ، ص ٤٧٨ .

صعوبات الطاقة الشمسية :

- هناك العديد من الصعوبات التي تعترض إستغلال الاشعاع الشمسي في توليد الطاقة منها :-
١. تحتاج الى تكنولوجيا متقدمة ، وهذا لايتوافر في جميع دول العالم .
 ٢. تتطلب مواد مالية تنفق على مشاريع الطاقة الشمسية .
 ٣. إن الاشعاع الشمسي الواصل الى سطح الارض لايتوزع بصورة متساوية عليها ، إذ يكون تركيزه كبيراً مابين دائرتي عرض ٣٠ درجة شمالاً وجنوباً ، وفيها تنتشر معظم الدول النامية ، في حين تقع معظم دول العالم المتقدم بعد دائرة العرض المذكورة .
 ٤. إنقطاع الاشعاع الشمسي أثناء الليل ، الامر الذي يتطلب وسائل ل تخزين الطاقة وهذا يزيد من الكلفة .
 ٥. تشتت وتبعثر الاشعاع الشمسي ، الامر الذي يتطلب مرابا مقعرة أو بلاستيكية لتجميع وتركيز الاشعاع .
 ٦. حصول بعض الظواهر المناخية التي تؤثر سلبيا على تركيز الاشعاع الشمسي والطاقة المتولدة عنه مثل الغيوم والضباب والعواصف الترابية والغبارية.

الطاقة الشمسية في الوطن العربي :

يتصف مناخ معظم أراضي الوطن العربي بصفاء السماء وجفاف الهواء لاسيما صيفاً ، وفيه تقع أكبر صحاري العالم الممتدة من ساحل المحيط الاطلسي غرباً الى ساحل الخليج العربي شرقاً . كما تمتد أراضيها جنوباً لتكون على مقربة من الدائرة الاستوائية ، وفي حين تمتد شمالاً الى دائرة عرض ٣٧،٥ درجة . وهذا. يجعل معظم أراضي الوطن العربي تقع في منطقة ذات تركيز عالي للاشعاع الشمسي .

فالمتوسط السنوي للاشعاع الشمسي الكلي الساقط على المستوى الافقي يبلغ نحو خمسة كيلو واط /ساعة لكل متر مربع في اليوم الواحد . وهذا يعني إن الدول العربية تتلقى طاقة شمسية مقدارها نحو 110×685 كيلو واط /ساعة ، وهذا يعادل $10 \times 34,25$ ميكاواط /ساعة من الطاقة الكهربائية إذا إستخدمت خلايا شمسية ذات كفاءة ٥٠ % ، وهذا بالتالي يكافئ ٣٨٣٠٧٥ مليون برميل نفط يومياً ، أي ما يعادل ٢٠ضعفاً من إنتاج النفط

لدول الاوبك مجتمعة^(١) . وهذا إن دل على شيء أنما يدل على ضخامة الطاقة التي يمكن توليدها من الاشعاع الشمسي الواصل الى أرض الوطن العربي ، وإعتبار الطاقة الشمسية مصدراً يضاف الى مصادر الطاقة المتجددة والنظيفة ، والتي يمكن أن توفر للبلاد العربية مورداً مالياً كبيراً بدلاً من إعتتمادها على النفط والغاز الطبيعي في سد حاجاتها لاسيما في توليد الطاقة الكهربائية .

ثانياً : طاقة الرياح Wind Energy

إن إستغلال الانسان طاقة الرياح قديم جداً قدم إستخدامه للسفن والزوارق الشراعية ، كما فعل المصريون القدماء في عهد الفراعنة ، والرومان والهنود والعرب المسلمون ، فضلاً عن ذلك إستخدمت طاقة الرياح في إدارة طواحين الهواء التي كانت تستعمل لأغراض عدة تمثل بطحن الحبوب كالفحم ، ورفع الماء ، وتزويد الاراضي الزراعية بمتطلباتها من المياه ، ودرأ فيضانات البحر على الاراضي المنخفضة .

مع مرور الزمان حصل تقدم في إستغلال طاقة الرياح ، ليس فقط كطاقة حركية وإنما إستغلت لتوليد الطاقة الكهربائية ، لاسيما في الدول التي تكون سواحلها مفتوحة أمام هبوب الرياح ، وتطل أراضيها على البحار والمحيطات كهولندا والدانمارك ، وخصوصاً إذا ما علمنا إن دولة كهولندا لا تمتلك أي من مصادر الطاقة التقليدية كالفحم والنفط والغاز الطبيعي ، فوجدت في طاقة الرياح بديلاً مناسباً عنها .

مع دخول الانسان عصر الكهرباء وإختراعه للمولدات الكهربائية والمحركات التي تعمل على الطاقة الكهربائية أصبح بالإمكان إنشاء محطة توليد الكهرباء في مكان ما ، وتغذية منطقة بأكملها بأحتياجاتها من الطاقة عبر الاسلاك الكهربائية . ويعد البروفسور الدانماركي لأكور العالم الرائد في مجال توليد الطاقة الكهربائية بواسطة طواحين الهواء ، إذ كان فيها نحو ٣٠٠٠٠ طاحونة هوائية تعمل في الاغراض الزراعية والصناعية وتنتج مايعادل ٢٠٠ ميكاواط من الطاقة الكهربائية . وأثار توليد الكهرباء بأستخدام طاقة الرياح إهتمام العلماء وشركات الطاقة في الدول الاخرى ، ففي عام ١٩٢٢ كان هناك ٥٤ شركة أمريكية تصنع طواحين هوائية لأغراض ضخ

(١) محمد رافت اسماعيل رمضان وعلي جمعان الشكيل ، مصدر سابق ، ص ٣٧ .

المياه وتوليد الكهرباء ، أما في الاتحاد السوفيتي السابق فتم بناء أول طاحونة هواء لتوليد الطاقة الكهربائية في عام ١٩٣١ ، وبعد الحرب العالمية الثانية تم بناء طاحونتين في بريطانيا قوة كل منها ١٠٠ كيلو واط^(١) . ونجح العلماء في كل من أمريكا وروسيا في تصميم أجهزة تعمل في كل أنواع الرياح سواء كانت ضعيفة أم قوية جداً تبلغ حد العواصف العنيفة، كما أدخل عليها العلماء الاجهزة الالكترونية لتقوم بعملها في الاماكن البعيدة عن العمران^(٢)

ما هي طاقة الرياح وما هي مسبباتها :

طاقة الرياح هي طاقة مستمدة من طاقة الشمس وهي نتيجة حتمية لها ، إذ يصرف جزء من طاقة الشمس لتوليد طاقة الرياح . ونتيجة لاختلاف التسخين الشمسي فيما بين العروض اعتماداً على عوامل أهمها زاوية السقوط وطول النهار ، فإن العروض الدنيا (الدائرة الاستوائية) تسخن بدرجة أكبر من العروض العليا (القطبين) ، وذلك بسبب تعامد زاوية السقوط على الدائرة الاستوائية وميلانها عند القطبين ، الامر الذي يجعل الهواء متمدداً ذو كثافة قليلة وضغطٍ منخفض عند الدائرة الاستوائية ، في حين يكون الهواء ثقيل من ضغط ذو كثافة كبيرة وضغط مرتفع عند القطبين ، وهذا يؤدي الى هبوب رياح من القطبين باتجاه الدائرة الاستوائية ، وتحمل هذه الرياح معها طاقة يمكن أن تستغل كطاقة حركية وطاقة كهربائية لها أهمية في مختلف المجالات.

العوامل المؤثرة في استخدام الرياح مصدراً للطاقة :

١. سرعة الرياح Wind Speed :-

تختلف الطواحين الهوائية في إرتفاعها وطول أذرعها ، الا إنها وفقاً لما صممه العالم الدانماركي لاکو فأنها تتكون من برج حديدي يصل إرتفاعه الى نحو ٨٠ قدم ، تتصل به في أعلاه عجلة مثبت عليها ثلاثة أو أربعة أذرع طول كل منها ٧٥ قدم ، ولهذه الاذرع مع العجلة حرية الحركة وفقاً لسرعة الرياح ، إذ تزداد حركة العجلة مع الاذرع بزيادة سرعة الرياح ، وتنتقل هذه الحركة عبر سلك توصيل الى مولدات تقوم بإنتاج الطاقة الكهربائية .

(١)سعود يوسف عياش ،مصدر سابق ،ص٣٨-٤٠

(٢)محمد رافت اسماعيل رمضان وعلي جمعان الشكيل ، مصدر سابق ،ص١٠٦ .

بما أن سرعة الرياح لا تكون على وتيرة واحدة ، بل تكون متذبذبة ، فأن هذا يجعل الطاقة الكهربائية المتولدة غير منتظمة ، أي إن التيار كهربائي الناتج يكون ذو ترددات أو ذبذبات مختلفة ، وهذا لا يصلح لعمل الأجهزة والآلات والمصابيح الكهربائية ، الأمر الذي يتطلب وضع الحلول لذلك ، ومن هذه الحلول هو تصميم أجهزة تحويل تقوم بإنتاج تيار كهربائي ثابت الترددات .

٢. اتجاه الرياح Wind Direction

تهب الرياح من اتجاهات متعددة ، إلا إنه لا بد من وجود اتجاهاً معيناً يكاد أن يسود على بقية الاتجاهات الأخرى ، كما في سيادة الرياح الشمالية الغربية على القطر العراقي ، وتأتي أهمية تحديد جهة هبوب الرياح ، من أجل أن يكون مكان وموضع برج الطاحونه مواجهاً للرياح الهابة حتى يتم الاستفادة من الرياح القادمة قدر الامكان . وتستخرج نسبة الاتجاه من خلال تطبيق المعادلة الآتية^(١):

عدد ساعات الرياح في اتجاه معين

$$\text{نسبة اتجاه الرياح} = \frac{\text{عدد ساعات الرياح في اتجاه معين}}{100 \times \text{الزمن}}$$

الزمن

مثال: إذا كان عدد ساعات هبوب الرياح الشمالية الغربية على مكان معين نحو 7000 ساعة سنوياً فأن نسبة الاتجاه تكون:

$$100 \times 7000$$

$$= \frac{7000}{100} = 70\%$$

$$12 \times 30 \times 24$$

كيفية حساب طاقة الرياح :

يمكن حساب القوة المتولدة من حركة الهواء عن طريق المعادلة الآتية^(٢):

$$P = (1/2) D V^3$$

إذ إن :

$$P = \text{power} = \text{طاقة الرياح (واط watts)}$$

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ٢٩٥ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٢٩٦ .

Density=D كثافة الهواء ، ويمكن جعلها قيمة ثابتة نحو 1.29
Kg/m
Velocity=V سرعة الرياح

مثال : جد القوة التي يمكن توليدها في مكان ما اذا كانت سرعة الرياح فيه
تبلغ نحو ٦ متر / ثانية .
الجواب :

$$P = (1/2) \cdot 1,29 \cdot 6^3$$

$$=139.32 \text{ watts}$$

تحويل الطاقة و تخزينها :

نتيجة لان الطاقة الكهربائية التي يتم الحصول عليها من الرياح
تكون متذبذبة متأثرة بسرعة الرياح واتجاهها ، كما ان حاجة الانسان للطاقة
الكهربائية متغير على مدى ساعات اليوم ، لذا برزت الحاجة هنا الى
ضرورة أن يتم تزويد السكان بكهرباء متولدة مستقرة ذات ترددات ثابتة ،
فضلاً عن ذلك يتم إستعمالها حسب حاجة الانسان وتلائم مختلف إستخداماته .
ومن الطرق المفتوحة هو تزويد الطواحين الهوائية بأجهزة تحويل تعمل على
تنظيم التيار الكهربائي . فضلاً عن ذلك إستخدام بطاريات كبيرة لخرن الطاقة
وإستعمالها وقت الحاجة ، الا ان هذه البطاريات تحتاج الى الشحن وبشحنها
لعدة مرات تفقد كفاءتها ، لذلك ينبغي إستخدام وسائل خزن أكثر كفاءة .
من الطرق المقترحة هو إستعمال الطاقة الزائدة عن الحاجة ، أو
حتى كل طاقة الطاحونة الهوائية لضغط الهواء في خزانات كبيرة تحت
الارض على ضغوط عالية تصل الى مئات الارطال على البوصة المربعة ،
ثم إستعمال هذا الهواء المضغوط لتشغيل توربينات موصولة مع مولدات
كهربائية ، وحيث ان سعة خزان الهواء تكون كبيرة فإنه يمكن ضمان أن
يكون هناك مخزون من الهواء كافٍ لتشغيل التوربين ومولد الكهرباء لفترة
طويلة نسبياً تصل الى اسبوع^(١) .

(١) سعود يوسف عياش ، مصدر سابق ، ص ٥٢ .

ثالثاً: الطاقة المائية water Energy

هي تلك الطاقة المتولدة اما طبيعياً من سقوط المياه من المنحدرات والمرتفعات العالية كالشلالات والمسايط المائية ، او صناعياً من المياه المتدفقة من الخزانات والسدود . وللمناخ دور مهم في وفرة هذا النوع من مصادر الطاقة ، إذ ليس كل دول العالم تتوافر فيها الشلالات ، كما إنه ليس كل الدول بإمكانها أن تبني الخزانات والسدود ، إذ إن ذلك يرتبط بعوامل متعددة أهمها طبيعة التساقط الغزير الذي يزود الانهار والشلالات بالمياه المتدفقة فيها .

إستغل الانسان طاقة المياه قبل إستغلاله أنواع الوقود الاحفوري ، إذ إستخدم طاقة الماء الساقط دون تحويلها الى طاقة كهربائية في تشغيل منافع أفران الحديد ورشه ، وفي تحريك أنوال النسيج ، وفي طواحين طحن الحبوب ، وإدارة العجلات الخشبية لرفع الماء من الانهار للري الا إن هذا الاستخدام المباشر للطاقة المائية كان يجابه ببعض المشاكل منها^(١) :-

١. ضرورة إنشاء الطواحين والمعامل حيث توجد المسايط المائية أو الانهار السريعة الجريان وهذه كثيراً ما توجد في مناطق غير مناسبة كان تكون مناطق وعرة بعيدة عن السهول وعن مناطق الزراعة وتركز السكان وصعوبة الوصول .
 ٢. كانت تلك الطواحين والمصانع لاتعمل وقت حدوث الفيضانات الشديدة ، ووقت إنخفاض درجات الحرارة لاسيما دون الصفر المئوي .
 ٣. كانت تلك الطواحين والمصانع لاتعمل وقت إنخفاض منسوب المياه لعدم وجود المياه الكافية لادارتها .
 ٤. لم يكن بالامكان إستغلال المجاري ذات المسايط المائية القوية عن طريق بناء سدود صخرية أو خشبية .
- وفقاً لذلك إضمحلت قيمة الطواحين والمصانع التي تعتمد على قوة المياه بعد إختراع الآلات والمكائن التي تسير بقوة البخار أو الاحتراق الداخلي بأستعمال الفحم ، الا إن الطاقة المائية أخذت تستعيد مكانتها في أواخر القرن التاسع عشر وبداية القرن العشرين بعد أن أمكن تحويلها الى طاقة كهربائية بمساعدة عدة عوامل أهمها^(٢) :

(١) عبد المنعم عبد الوهاب ومحمد ازهر السماك وازاد محمد أمين ، مصدر سابق ، ص ٤٤٥ .

(٢) نفس المصدر ، ص ٤٤٦-٤٤٧ .

١. صناعة السمنت الذي يستعمل في بناء السدود والخزانات الضخمة ،
اذ أمكن بواسطته رفع المياه في الانهار الى إرتفاع كبير ، مما أدى الى
تكوين شلالات إصطناعية ، فضلاً عن إنها تقوم بخزن المياه
وإستخدامها وقت إنخفاض منسوب الماء في الانهار .
 ٢. إختراع التوربينات Turbines : التي ساعدت عن إستغلال الضغط
المتولد نتيجة سقوط الماء على أسفل المجرى المائي بدلاً من إستغلال
ثقل الماء فقط ، وهذا جعل في الامكان إستغلال أي كمية من المياه
تسقط من إرتفاع بسيط.
 ٣. إستخدام المولد الكهربائي Generator : الذي يدار بواسطة التوربين
ويساعد على تحويل الطاقة الحركية الناتجة عن سقوط الماء الى طاقة
كهربائية .
 ٤. صناعة الدينامو Dynamo: الذي يحول الطاقة الكهربائية الى طاقة
حركية مرة ثانية لإدارة المحركات والالات في المعامل والمصانع .
 ٥. إستخدام الاسلاك المعدنية شديدة المقاومة لنقل التيار الكهربائي بسرعة
فائقة الى مسافات بعيدة حيث مراكز الاستهلاك ، وهذا حرر المصانع
والمعامل من ضرورة إنشائها حيث تواجد المساقط المائية والشلالات
والمجاري السريعة التي توجد في مناطق غير مناسبة .
- رغم أن العديد من دول العالم تسقط عليها أمطار غزيرة وتضاريسها
أوجدت مساقط مائية أو شلالات أو أنهار ذات مياه وفيرة ، الا إن ما يستغل
منها في توليد الطاقة الكهرومائية يكاد يتركز معظمه في الدول المتقدمة
كأمريكا الشمالية وأوروبا واليابان . أما قارتي أفريقيا وآسيا فرغم إنها تعدان
من أكبر القارات في توفير مصادر الطاقة المائية الا إن ما يستغل فيها فهو
محدوداً جداً ، بسبب الاعتماد الرئيسي على النفط والغاز الطبيعي في توليد
الطاقة الكهربائية .
- أما بالنسبة الى الوطن العربي فإنه وبسبب وفرة النفط والغاز
الطبيعي في كثير من دوله ، وصفة الجفاف التي تلازم مناخه ، وقلة المساقط
المائية والانهار الجارية فيه ، جعلته فقيراً في إنتاج الطاقة الكهرومائية ، التي
تكاد تنحصر حيث توجد الانهار الكبيرة الدائمة والتي أقيمت عليها السدود
والخزانات وبشكل محدود كما في العراق ومصدر والسودان وسوريا .

رابعاً : الطاقة الحيوية Bioenergy

هي تلك الطاقة التي يمكن الحصول عليها من أنواع معينة من النباتات والمخلفات الزراعية النباتية والحيوانية فضلاً عن القمامة . واصل الطاقة الحيوية يعود الى ضوء الشمس الذي يدخل في عملية التركيب الضوئي للنباتات ، ومن النباتات تنقل الطاقة الى الحيوانات والانسان ، إذ تحتوي المخلفات الحيوانية مثلاً على بعض المواد العضوية التي يستفاد منها في إنتاج الميثان .

تمثل الطاقة الحيوية في الوقت الحاضر نسبة تبلغ نحو ١٤% من إجمالي العالم من الطاقة ، وتصل نسبتها في النيبال وأثيوبيا وتنزانيا الى أكثر من ٩٠% من مجموع الطاقات المستعملة فيها^(١) . وتوجد الطاقة الحيوية على أنواع منها:

١. طاقة الخشب :

الخشب مادة عضوية يتكون من السليلوز بنسبة ٤٠%-٥٠% ، واللجنات ٢٠%-٣٠% من وزنه وهناك طرق عديدة لإنتاج الطاقة من الخشب منها: الطريقة الحرارية عن طريق حرق الخشب مباشرة ، واستخدام الحرارة الناتجة في مجالات مختلفة . أما الطريقة الثانية فهي طريقة التقطير الاتلافي للخشب ، أي تسخين الخشب وتقطيره بمعزل عن الهواء ، واستخدام ماينتج من غازات وسوائل ، فضلاً عن الفحم النباتي كمصدر للحرارة . بينما تعد الطريقة الكيميائية طريقة ثالثة . إذ يتم تعريض الخشب أو نشارته الى بعض المواد الكيميائية تحت ضغط مرتفع ودرجة حرارة عالية ، فيتم الحصول على زيوت قابلة للاشتعال ، يمكن إستخدامها كوقود سائل^(٢).

٢. طاقة الكحول:

نشأت فكرة إستخدام الكحول كوقود من قصب السكر في البرازيل منذ ثلاثينات القرن العشرين ، كما تعد الولايات المتحدة من أوائل الدول التي بدأت بإنتاج الكحول الاثيلي وإستخدامه كوقود للسيارات من محصول الذرة ، وانتشرت هذه الفكرة بعد ذلك في العديد من دول العالم ، لاسيما بعد أزمة

(^١)Frederick p.stutz and Anthony R.desouza , world economy , third edition , USA , 1998 ,p.143 .

(^٢)عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عودة ، مصدر سابق ، ص ١١٤ .

الطاقة عام ١٩٧٣ عندما إرتفعت أسعار البترول . وعادة يستخدم خليط من الكازولين ومن الكحول الايثيلي كوقود للسيارات ويسمى بأسم الكاز هول ، ويمتاز بقيمته الحرارية العالية ، فضلاً عن إنه من أنواع الوقود النظيفة . كما يضاف الكحول الميثيلي الى الكازولين ، فينتج وقوداً أقل قيمة حرارية من الوقود الاول^(١) .

٣. طاقة القمامة والنفايات :

تشمل القمامة والنفايات على بقايا الطعام ، والعبوات الفارغة بكافة أنواعها المعدنية والزجاجية والبلاستيكية ، وبقايا الملابس ، وبقايا الاخشاب ، والاثاث المستهلك ، والمخلفات الصناعية ، وبقايا الاجهزة الكهربائية المستهلكة ، والمخلفات الزراعية ومخلفات الحيوانات... الخ . ويمكن الحصول على الطاقة من القمامة والنفايات عن طريق الطرق الآتية^(٢) :-

أ. الحرق المباشر : عن طريق حرق المخلفات الصلبة في أفران خاصة ، ثم الاستفادة من الطاقة الحرارية الناتجة في التدفئة ، أو تسخين المياه ، أو إنتاج بخار الماء الذي يستخدم في إدارة التوربينات لتوليد الكهرباء .
ب. التخمر اللاهوائي : عندما تتراكم القمامة فإنها تتخمر بفعل أنواع من البكتريا بغياب الاوكسجين ، فيؤدي هذا التخمر الى التحليل الى المواد العضوية ، ويتحول أغلبها الى غاز الميثان المسمى البيوجاز ويستخدم في أغراض التسخين والطهي .

ج. التحلل الحراري : وفي هذه الطريقة يتم تجفيف النفايات وتقطيعها الى قطع صغيرة ، ثم توضع في إناء محكم الغلق لايدخله الهواء ، ثم تسخن النفايات الى ٥٠٠°م تقريباً ، وينتج عن هذه العملية الفحم وأنواع معينة

من الزيوت والغازات القابلة للتخزين والاستخدام عند الحاجة .

خامساً: الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات Ocean Energy

ترتبط الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات بالاشعاع الشمسي الساقط عليها ، والذي يستنفذ جزء منه في تسخين المسطحات المائية ، وبالتالي يؤدي الى إرتفاع درجة الحرارة هذه المسطحات ، وكلما توغل

(١) نفس المصدر ، ص ١١٤-١١٥ .

(٣) نفس المصدر ، ص ١١٥-١١٦ .

الاشعاع الشمسي في هذه المسطحات المائية فإنه يؤدي الى تسخينها ، ولكن بدرجة أقل من طبقات الماء فوقها مما يؤدي الى وجود تدرج حراري أي إن درجة حرارة البحار والمحيطات تنخفض بالعمق وتزداد بالاقتراب من السطح . وهذا الفارق في درجات الحرارة هو الذي يمكن أن يستغل في توليد الطاقة .

يعد وجود الفارق في درجة الحرارة بين مياه السطح ومياه الاعماق شرط اساسي لإمكان استغلال الطاقة الحرارية في البحار والمحيطات، بحيث لا تقل عن ١٥°م، وتعد المناطق البحرية الواقعة بين المدارين ٢٣,٥° شمالا وجنوبا من اكثر المناطق ملائمة لإنشاء المحطات ، وذلك لان كمية الاشعاع الشمسي الساقطة في هذه المنطقة تكون أعلى من المناطق الاخرى ، كما إن بعد هذه المنطقة عن القطبين جعلها أقل تأثراً بالبرودة الشديدة، فضلاً عن ذلك وجود فارق حراري فيها يمكن أن يستغل لإنشاء محطات على مدار السنة. فدرجة الحرارة على سطح البحار المدارية تبلغ نحو ٢٥-٢٧°م ضمن طبقة سمكها يتراوح بين ٥٠-١٠٠ متر، ثم تنخفض سريعا الى ١٠°م، وعلى عمق ٢٠٠ متر، ويسمى هذا الانخفاض السريع بالانحدار الحراري، وبعد ذلك تنخفض درجات الحرارة ببطيء لتصل نحو ٧°م على عمق ٧٠٠ متر، والى ٥°م عند عمق ١٠٠٠ متر، وتكاد لاتنخفض درجة الحرارة في مثل هذه المناطق حتى على اعماق اكبر عن ٤°م، وإن شرط هذا التدرج الحراري هو عدم وجود أية مصادر حرارية في قعر البحر كمصادر الطاقة الجيوحرارية مثل البراكين^(١) .

الطاقة الحرارية في الخليج العربي:

يقع الخليج العربي بين دائرتي عرض ٢٤°-٣٠° شمالاً ، مما يعني إن كميات الاشعاع الشمسي الساقط على الخليج كبيرة ، الا إن ضحالة مياه الخليج العربي النسبية لاتسمح بوجود فوارق حرارية كبيرة بين مياه السطح ومياه الاعماق . وقد جرت عدة دراسات عن مياه الخليج من حيث درجات الحرارة والملوحة والتركيب الجيولوجي والكائنات البحرية الموجودة فيه . منها دراسة ايمري ، الذي وجد فيها إن أعلى درجة حرارة للمياه كانت في شهر آب عام ١٩٤٨ بلغت نحو ٣٢,٢°م قرب شواطئ الكويت ونحو ٣٣,٤°م في خليج البحرين ، ونحو ٣٢,٣°م عند مضيق هرمز . وكان

(١)سعود يوسف عياش ، مصدر سابق ، ص ٦٠-٦١ .

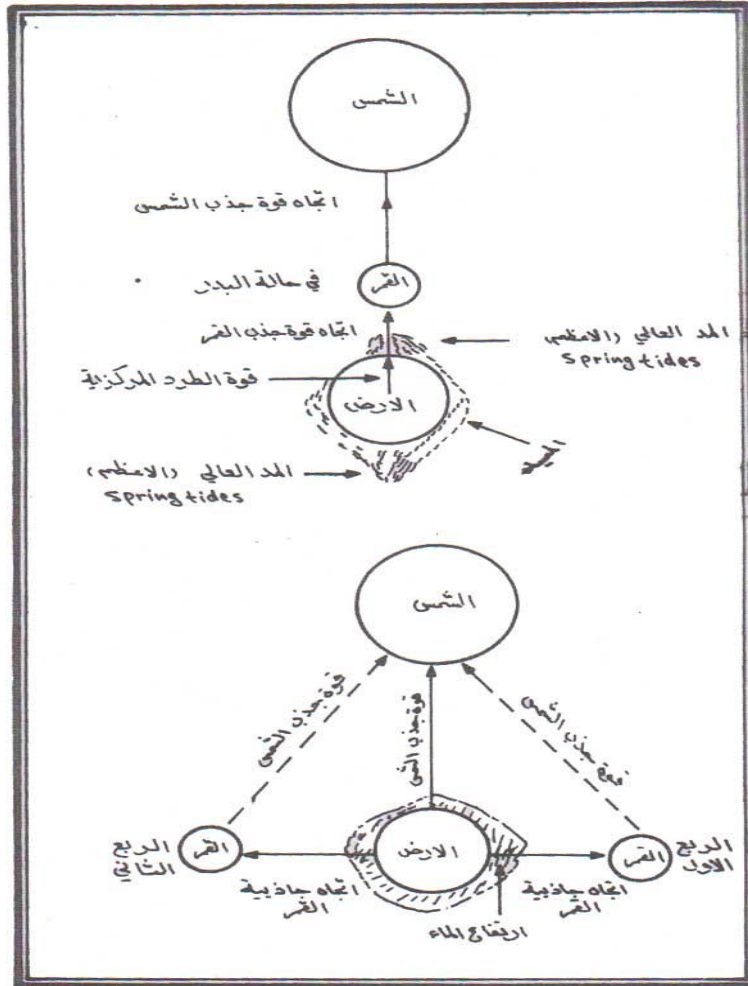
الفارق بين درجة حرارة مياه السطح والمياه على عمق ٥٠ متراً عند مضيق هرمز نحو ١٠° م ، وهو أعلى الفروق الممكنة في الخليج العربي . لذلك فإنه من الصعب إستغلال مياه الخليج لتوليد الطاقة^(١) .

سادساً: طاقة المد والجزر Tides Energy

المد هو إرتفاع مؤقت لمياه البحار والمحيطات عن مستواها الطبيعي ، والجزر هو إنحسار المياه ورجوعها الى وضعها الطبيعي . ويحدث المد والجزر يومياً نتيجة لتغير موقع القمر بالنسبة الى الارض والشمس . وهناك مد عالي Spring Tides يحدث عندما تكون الشمس والقمر والارض على إستقامة واحدة ، أي تكون جاذبية الشمس والقمر معاكسة لجاذبية الارض ، ويحدث هذا عندما يكون القمر في حالة البدر والمحاق . أما المد المعتدل فيحدث عندما يكون القمر في حالة التربيع الاول والثاني ، إذ تضعف جاذبيته للارض لعدم إتفاقها مع جاذبية الشمس كما في الشكل (٤٢) .

(١) نفس المصدر ، ص ٧٢-٧٣ .

شكل (٤٢) علاقة دوران القمر بظاهرة المد والجزر



المصدر : عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مطابع دار الحكمة للطباعة والنشر ، الموصل ، ١٩٩٠ ، ص ٢٩٩ .

إن قدرة القمر على رفع مياه البحار والمحيطات أكثر من قدرة الشمس ، رغم إن كتلة الشمس هي أكبر من كتلة القمر إلا إن الاختلاف لا يعود في الحقيقة إلى اختلاف كتلة الجسمين فقط بل (مقسوماً على مربع المسافة^(١)) .

إن طاقة المد والجزر تحتل حصة غير قليلة من مجموع إحتياطي العالم من مصادر الطاقة الحديثة ، إذ تقدر القوة الموجودة في المد والجزر

(١) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ٢٩٨ .

بنحو ٨ × ١٠^{٢١} كيلو واط ، أو ما يعادل أكثر من ١٠٠ ضعف ماتولده جميع محطات الكهرباء في العالم^(١) .

طاقة المد في الخليج العربي

لا تتعرض شواطئ الجانب الغربي من الخليج العربي الى حركات مد عالية جداً كتلك الموجودة في بعض الشواطئ الاوروبية والامريكية والتي تصل ١٠ أمتار فأكثر ، لكن مع ذلك فإن إرتفاع المد في الخليج أو بعض مناطقه يصل الى مستويات تسمح باستغلاله . فأرتفاع المد في الخليج يزداد بالاتجاه شمالاً فهو يصل الى اربعة أقدام عند سواحل قطر ، ويرتفع الى أكثر من أحد عشر قدماً عند شواطئ الكويت ، واثبت العلماء الروس من خلال محطة الطاقة في منطقة كسلاياغوبا ، إنه بالامكان الاستفادة من طاقة المد ولو كان إرتفاعه أقل من ١١ قدم ، إذ يبلغ المعدل الوسطي لارتفاع المد في تلك المنطقة حوالي ٨ أقدام ، ويتغير ما بين ٣-١٣ قدم^(٢) .

متطلبات استغلال طاقة المد :

١. لكي يتم إستغلال طاقة المد لابد من توافر بعض الشروط^(٣) :
١. تتطلب المحطة الكهربائية بناء عدة أحواض متتالية وذات مستويات مختلفة لجمع المياه.
٢. يتطلب بناء المحطة الكهربائية المدية وصول مياه المد الى إرتفاع معين .
٣. إتجاه حركة المياه في المد وبعكسها في الجزر تتطلب تصميم ووضع توربينات تتحرك دائرياً مع تغير إتجاه حركة المياه أوتوماتيكياً .
٤. ملائمة المكان لبناء الاحواض الكبيرة من ناحية ، وهل إن جوانب النهر (عند مصبات الانهار) أو الخليج صخرية وقوية تستطيع الامساك بجوانب السد ، او هل إن عمق المياه في الخليج يسمح بإنشاء هذه الاحواض بحيث لا تؤثر على المستوى العالي لمياه المد .

(١) عبد المنعم عبد الوهاب ومحمد ازهر السماك وازاد محمد امين ، مصدر سابق ، ص ٩٤ .

(٢) سعود يوسف عياش ، مصدر سابق ، ص ٩٣-٩٤ .

(٣) عبد المنعم عبد الوهاب ومحمد ازهر السماك وازاد محمد امين ، مصدر سابق ، ص ٩٤-٩٥ .

٥. ينبغي توفر الاموال الكافية لبناء المحطات الكهربائية المدية ، فالمحطة الكهربائية التي انشأتها فرنسا عام ١٩٦٦ كلفت نحو ١٠٠ مليون دولار ، رغم ان طول السد المبني لم يتجاوز ٧٥٠ متراً وإرتفاعه نحو ٢٧ متراً .

سابعاً: طاقة الامواج البحرية: Wave Energy

تعد الرياح مصدر طاقة الامواج البحرية ، إذ إنه عند حركة الرياح بسرعة أقل من ٣ كم/ساعة ، تحدث أمواج صغيرة لا تلبث أن تختفي بهدوء الرياح ، وعند زيادة السرعة عن ٣ كم/الساعة تتكون أمواج أكبر متقدمة مع إتجاه الرياح . وتوصف الامواج بان نهاياتها العليا تسمى قمم ، ويفصل بين كل قمتين متجاورتين ما يسمى بالقاع . ويطلق على المسافة العمودية بين القمة والقاع بارتفاع الموجة ، أما المسافة الافقية بين قمتين متتاليتين فتسمى طول الموجة . وزمن الموجة هو الوقت اللازم لمرور قمتين متتاليتين بنقطة ثابتة . ويعتمد إرتفاع الموجة وطولها وزمنها على ثلاثة عوامل تتعلق بالرياح هي سرعة الرياح ، ومدة هبوب الرياح ، والجهد أو المسافة التي قطعتها الرياح عبر جسم مائي مفتوح . وكلما زاد تحول الطاقة من الرياح الى الماء كلما زاد إرتفاع الموجة . وفي المحيطات المفتوحة يصل إرتفاع الموجة بين المتر الى الاربعة أمتار ، وبعد أمراً مألوفاً جداً . إلا ان العواصف تنتج أمواجاً أعنى من هذه بكثير^(١) .

من خلال ذلك يتضح ان حركة الامواج ترتبط بحركة الرياح ، وكلما كانت الرياح سريعة كلما كانت حركة الامواج أقوى ، وبالتالي يمكن أن تستغل طاقة الامواج المتولدة عن طريق حركتها في توليد الطاقة الكهربائية . إذ إستغلت حديثاً حركة الامواج في توليد الطاقة الكهربائية ، وبشكل إقتصادي ، (كما في البرتغال التي إقيم فيها مشروع كبير يعد من أكبر مشاريع توليد الطاقة الكهربائية المعتمدة على حركة الامواج البحرية)^(٢) .

ثامناً: طاقة البرق: Lightning Energy

البرق هو الوميض الناتج عن عملية التفريغ الكهربائي في الغلاف الغازي ، ويحدث بين أعلى الغيمة وأسفلها ، أو بين الغيمة وبعض الظواهرات

(١) ادوارد تاريوك وفريدريك لوتجنز ، مصدر سابق ، ص ٣٥١ .

(٢) علي احمد غانم ، المناخ التطبيقي ، مصدر سابق ، ص ٢١٩ .

على سطح الارض كان تكون شجرة أو بناية أو كائن حي ، ويحصل البرق مع وجود الغيوم الركامية المزنية ، التي تتكون عندما يسخن الهواء الرطب الملامس لسطح الارض ، فيصعد على شكل تيارات هوائية الى الاعلى ، وإذا كانت عملية التسخين والصعود سريعة فإنه ستتكون غيوم ركامية مزنية ذات شحنة سالبة في أعلاها ويحدث تفريغ كهربائي مع أسفل الغيمة أو مع الاجسام ذات الشحنة الموجبة مسببة ذلك الوميض الذي يسمى بالبرق . ويتخذ التفريغ الكهربائي أشكالاً متعددة إذ قد يكون على شكل خطٍ متعرج zigzage أو شوكي Forked أو على شكل قطعة Sheet أو كرة ball .

إن ومضة البرق الواحدة تستمر نحو ٠,٠٠٠,٠٠٢ من الثانية ، ويتولد منها مامقدار ١٠٠,٠٠٠ فولت بسرعة ٣٣٠,٠٠٠ كم في الثانية . وهي قوة كهربائية كبيرة جداً ، إذ إنه لو إستمرت الشحنات الكهربائية لمدة ثانية ، فأن مقدار القوة المتولدة ستصل الى نحو ٥٠٠,٠٠٠,٠٠٠ فولت/ثانية^(١) .

يواجه إستغلال طاقة البرق عدة عقبات منها :

- ١ . يحتاج توليد الطاقة الكهربائية من البرق الى تكنولوجيا عالية ومتطورة .
- ٢ . توفر مصادر أخرى للطاقة أرخص ثمناً وأيسر إستعمالاً .
- ٣ . عدم إستمرارية البرق بانتظام ، وصعوبة توقع حدوثه .
- ٤ . تحتاج الطاقة المتولدة الى وسائل لخزن الطاقة الهائلة .

مزايا مصادر الطاقة المتجددة :

لمصادر الطاقة المتجددة مزايا عديدة منها :-

- ١ . إنها طاقة نظيفة في أغلبها غير ملوثة للبيئة .
- ٢ . تتصف بديمومتها وعدم نضوبها .
- ٣ . إنها ذات مصادر طبيعية معظمها مرتبط بالاشعاع الشمسي .
- ٤ . بعض مصادر الطاقة المتجددة تمتلك طاقة كبيرة جداً اذا ما توافرت إمكانيات إستغلالها ، كما في طاقة البرق وطاقة المد والجزر .
- ٥ . إنها مصدر طبيعي مجاني ، لايمكن شرائها من الدول الاخرى وإنما لكل دولة ما وهبه الله سبحانه لها .

(١) عادل الراوي سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي ، مصدر سابق ، ص ٣٠٢ .

٦. يمكن تحويلها الى أشكال نافعة كالطاقة الحركية والحرارية والكهربائية ، لذا يمكن إستخدامها في مجالات مختلفة .
٧. هي مصادر لا تتأثر بالازمات الدولية والمشاكل السياسية كتأثر إنتاج البترول والفحم والغاز الطبيعي .

صعوبات إستغلال مصادر الطاقة المتجددة :

رغم المزايا التي ذكرت ، الا ان استغلال مصادر الطاقة المتجددة ينتابه بعض الصعوبات هي :-

١. إنها تحتاج الى تكنولوجيا متقدمة جداً ، لذا إن معظم مشاريع إستغلالها تتواجد في الدول المتقدمة تكنولوجياً .
٢. تتطلب رؤوس أموال كبيرة تنفق على المحطة الكهربائية والمشاريع المرتبطة بها ، كما في محطات الكهرباء المدية (التي تعتمد على المد والجزر) ، والمحطات الكهرومائية المعتمدة على طاقة المياه الجارية والشلالات .
٣. لا تتوافر بعض مصادر الطاقة المتجددة على مدار اليوم ، فهي تتوافر نهاراً وتنقطع ليلاً كما في الاشعاع الشمسي ، كما إن الرياح لها أوقات تشتد سرعتها فيها ، وأوقات أخرى تضعف فيها ، وكما إن البرق يحدث في أوقات معينة وسريعة وهذا يتطلب وسائل لحزن الطاقة والاستفادة منها وقت الحاجة .
٤. لا تتواجد مصادر الطاقة المتجددة في كافة المناطق والبلدان ، فأفضل المناطق لاستغلال الطاقة الشمسية وطاقة حرارة البحار والمحيطات تقع ما بين دائرتي عرض ٣٠° شمالاً وجنوباً ، كما إن طاقة الأمواج لا يمكن استغلالها إلا في البلدان البحرية ، وأما طاقة المد والجزر فلا يمكن استغلالها الا في بعض البلدان البحرية لأنها تتطلب ارتفاع معين للماء في حالة المد .

الفصل السادس عشر

المناخ والتلوث الجوي

Climate and Atmospheric pollution

الفصل السادس عشر

المناخ والتلوث الجوي Climate and Atmospheric pollution

التلوث الجوي Atmospheric pollution :

هو زيادة نسب الغازات والشوائب في الغلاف الغازي عن حدها الطبيعي، الأمر الذي جعلها مضرّة بالحياة البشرية والحيوانية والنباتية على سطح الكرة الأرضية، وقد ساهمت في ذلك مصادر بشرية، فضلا عن مساهمة المصادر الطبيعية.

إن الأرض تتميز عن جميع كواكب المجموعة الشمسية بوجود غلاف جوي قادر على جعل الحياة عليها ممكنة ومستمرة. إذ إنه ليس في جو الكواكب الأخرى أوكسجين حر بكميته الموجودة في جو الأرض. إلا أن تركيب الهواء لم يكن كما هو معروف اليوم عبر تاريخها الطويل. فقد بدأ جو الأرض مكونا من غازي الهيدروجين والهليوم كما هو الحال في الشمس على اعتبار إن نشأتها كان من سديم واحد. ومع بدأ النشاط البركاني على سطح الأرض أضيفت غازات جديدة كبخار الماء وثاني أكسيد الكربون والنيتروجين وثاني أكسيد الكبريت، وفي نفس الوقت صعد غاز الهيدروجين والهليوم من جو الأرض إلى الفضاء الخارجي، وقد أدت عملية التمثيل الكيميائي Chemosynthesis بمساعدة الأشعة فوق البنفسجية إلى تكون غازات أخرى كالأكسجين الحر الذي كان يستهلك مباشرة من الغازات الأخرى المختزلة. وقد ظهرت كائنات وحيدة الخلية كالبكتريا الزرقاء المخضرة قادرة على التمثيل الضوئي Photosynthesis قبل قرابة ٣٥٠٠ مليون سنة. فبدأت تطلق كميات أكبر من الأكسجين الحر إلى أن أصبح جو الأرض مؤكسدا، أي به فائض من الأكسجين قبل قرابة ١٨٠٠ مليون سنة مضت، واستمر الأمر كذلك إلى أن أصبحت مكونات الهواء كما نعرفها اليوم^(١).

إن ٩٩% من حجم الهواء الجاف يشغله غازي النيتروجين ٧٨،٨٠%، والأكسجين ٢٠،٩٥%، وأما باقي الغازات فتحتل الحجم المتبقي وهو ١%، في حين يحتل النيتروجين ٧٦،٩%، والأكسجين ٢٠،٧% وبخار الماء

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ١٦٢.

١٤،٤% من حجم الهواء الرطب، وباقي الغازات تحتل ١%. يلاحظ جدول (٧٨).

إن النسب المئوية للغازات التي كانت قبل الثورة الصناعية، جعلت الحياة ممكنة ومستمرة رغم ما تسببه المصادر الطبيعية من عملية مد الغلاف الجوي بالملوثات، لأن عناصر المناخ والطبيعة عملت على حدوث توازن طبيعي، فهي تعمل على التقليل من نسب هذه الملوثات، فالأمطار تغسل الغلاف الغازي من كثير من هذه الملوثات، كما إن النبات والمياه لها دور مهم في حصول مثل هذا التوازن. إلا أن تدخل الإنسان، لاسيما بعد الثورة الصناعية كان له دوره في ارتفاع نسب الغازات الملوثة والشوائب الصلبة، الأمر الذي أدى إلى حدوث خلل في الموازنة الطبيعية، مما جعل العالم يعاني من مشاكل مناخية خطيرة. إذ تفيد التقديرات أن نسبة غاز ثاني أكسيد الكربون مثلا كانت في الهواء ٢٦٠ جزءا في المليون نهاية القرن الثامن عشر، ثم زادت حتى وصلت إلى ٣١٥ جزءا في المليون نهاية عام ١٩٨٤. ويعتقد بعض العلماء انه إذا استمر حرق الوقود وإزالة الغابات كما هو بشكله الحالي فإن غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي ستصل إلى الضعف تقريبا في أوائل عام ٢٠٢٠^(١).

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عوده، مصدر سابق، ص ٣٣.

جدول (٧٨) مكونات الغلاف الجوي الغازية.

مكونات الهواء الرطب			مكونات الهواء الجاف		
الغاز	جزء/مليون	النسبة/الحجم	الغاز	جزء/مليون	النسبة/الحجم
النيتروجين	٧٨٠٨٤٠	٧٨,٨٠	النيتروجين	٧٦٩٠٠٠	٧٦,٩
الأكسجين	٢٠٩٤٦٠	٢٠,٩٥	الأكسجين	٢٠٧٠٠٠	٢٠,٧
الأرغون	٩٣٤٠	٠,٩٣	بخار الماء	١٤٠٠٠	١,٤
ثاني أكسيد الكربون	٣٥٠	٠,٠٣٥	غازات أخرى	١٠٠٠٠	١
النيون	١٨	٠,٠٠١٨			
الهليوم	٥,٢	٠,٠٠٠٥٢			
الميثان	١,٤	٠,٠٠٠١٤			
الكربتون	١	٠,٠٠٠١			
او كسيد النيتروز	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥			
الهيدروجين	٠,٥	٠,٠٠٠٠٥			
الأوزون	٠,٠٧	٠,٠٠٠٠٠٧			

المصدر: علي احمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط٣، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠١١، ص ٢٨.

مصادر التلوث الجوي:

تقسم مصادر التلوث الجوي إلى نوعين:

أولاً: المصادر الطبيعية:

١: ثوران البراكين: تنطلق مع ثوران البراكين طاقة كبيرة وكميات من الغازات وبخار الماء ورماد بركاني لارتفاعات عالية في الغلاف الجوي، ولهذا آثار مناخية مهمة.

فالغازات الخارجة من فوهات البراكين تتنوع من ثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون والميثان والهيدروجين والأكسجين وغازات ذات ضرر شديد كغاز ثاني أكسيد الكبريت وغاز كبريتيد الهيدروجين وغاز كلوريد الهيدروجين. كما تنطلق البراكين كميات ضخمة من الطاقة تكافئ طاقة ناتجة عن قنبلة قوتها ٢ ميكاطن من مادة ثلاثي نيترو الطولون T.N.T، ولهذه الطاقة اثر كبير في الاتزان المناخي للأرض^(١).

(١) نفس المصدر، ص ٣٠.

- ٢: التفريغ الكهربائي: ويحدث في السحب الرعدية، وينتج عنه تكوين بعض اكاسيد النيتروجين الملوثة للهواء^(١).
- ٣: الحرائق الطبيعية: وهذه تؤدي إلى انطلاق عدد من الغازات الملوثة، فضلا عن الرماد.
- ٤: الينابيع والنافورات الحارة.
- ٥: العواصف الترابية والغبارية وما تسببه من تلوث للغلاف الجوي بالغبار والأتربة والأملاح.
- ٦: الأملاح المتطايرة مع قطرات ماء البحار والمحيطات، لاسيما مع الأمواج العاتية والتي يصل تأثيرها المدن الساحلية.
- ٧: الغازات المنبعثة من تحلل أجسام الكائنات الحية الميتة.

ثانيا: المصادر البشرية:

- ١: الاستخدام المتزايد لمصادر الطاقة غير المتجددة، أو ما يسمى بالوقود الاحفوري كالفحم والنفط والغاز الطبيعي.
- ٢: الكثافة السكانية العالية، لاسيما في المدن المليونية كلندن ونيويورك والقاهرة ونيودلهي وكلكتا.
- ٣: الزيادة الكبيرة في عدد وحجم المصانع والمعامل.
- ٤: الزيادة الهائلة في عدد وسائط النقل البري والبحري والجوي، وما تنفثه من ملوثات إلى الغلاف الجوي، لاسيما إن كثير من الوسائط القديمة أصبحت في عداد المواد المستهلكة، وذات تلوث كبير للبيئة، ولا تزال تستخدم في كثير من الدول.
- ٥: الإفراط في إزالة النبات الطبيعي، وتدمير المساحات الخضراء التي زحف عليها النشاط العمراني دون مراعاة أن النبات يعد رئة المدينة، فضلا عن ذلك انه يعمل كمنظم لغاز ثاني أكسيد الكربون الذي تزداد نسبته في الغلاف الغازي باستمرار.
- ٦: الحروب وما تسببه من تلوث هائل للغلاف الجوي، لاسيما بعد التطور الذي حدث في صناعة الأسلحة التدميرية الشاملة كالأسلحة النووية والبايولوجية والكيميائية.
- ٧: محطات الطاقة الكهربائية، لاسيما الكهرباء الحرارية التي تعتمد على الفحم، أو النفط، أو الغاز الطبيعي، أو اليورانيوم.

(١) نفس المكان.

٧: حرق النفايات.

٨: التجارب النووية.

كيفية معالجة التلوث الجوي:

يمكن معالجة التلوث الجوي بعدد من الحلول الناجحة منها:

- ١: التقليل من الازدحام السكاني في المدن، وذلك بتشجيع سكان المدن على الانتقال إلى السكن في الأرياف، عن طريق توفير الخدمات ووسائل الراحة لهم.
- ٢: الحفاظ على المساحات الخضراء في المدن، والحيلولة دون التوسع العمراني على حسابها وحساب الأراضي الزراعية.
- ٣: إبعاد المصانع والمعامل عن المناطق السكنية المكتظة، كما ينبغي أن تكون مواقعها بعيدة عن مهب الرياح المتجهة نحو المدن، لأنها تقوم بنقل الملوثات إلى المدينة.
- ٤: ضرورة إنهاء عمل وسائط النقل المستهلكة والقديمة وذات التلوث الكبير، واستخدام وسائط للنقل تستخدم مصادر الطاقة النظيفة، أو تكون ذات تلوث أقل.
- ٥: استخدام مصادر الطاقة البديلة والنظيفة كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح وطاقة المد والجزر والطاقة الكهرومائية وطاقة البرق في مختلف الأنشطة والاستخدامات البشرية.
- ٦: مكافحة التصحر، لأنه يؤدي إلى زحف المظاهر الصحراوية باتجاه المناطق الزراعية الرطبة، وهذا يهيئ التربة لعملية التعرية، الأمر الذي يزيد من نسب الدقائق والشوائب الصلبة في الغلاف الجوي.
- ٧: سن التشريعات والقوانين التي تكفل حماية البيئة ومنها الغلاف الغازي، وتكون ملزمة للدول والأفراد.
- ٨: تشجيع البحوث والدراسات التي تتناول دراسة مشكلة التلوث، وتحديد أسبابها، وكيفية معالجتها.

المشاكل المناخية للتلوث الجوي:

نتيجة لاستمرار المصادر الطبيعية بتزويد الغلاف الجوي بالملوثات وتنوع المصادر البشرية، وزيادة ما تطلقه إلى الجو من غازات وشوائب،

كان حتما سيختل توازن الطبيعة، بعد دخول الإنسان هذا المجال، الأمر الذي أدى إلى بعض المشاكل، وعلى رأسها المشاكل المناخية المهمة التي برزت في النصف الثاني من القرن العشرين بوضوح ولازالت ذات تأثير مستمر، ويمكن إيجازها على النحو الآتي:

أولاً: الاحترار العالمي Global warming:

هو ارتفاع درجات الحرارة المتواصل نتيجة زيادة نسب غازات ظاهرة الاحتباس الحراري. علماً إن الاحتباس الحراري ظاهرة طبيعية موجودة منذ وجود الحياة على سطح الكرة الأرضية، ولولاها لانخفضت درجة الحرارة إلى -20°C ، ولأصبحت الحياة صعبة إن لم تكن مستحيلة. فظاهرة الاحتباس الحراري جعلت درجة الحرارة على سطح الأرض ذات معدل يبلغ نحو 15°C ، وهي مناسبة لإدامة الحياة على سطح الأرض. إلا إن الذي حصل بعد الثورة الصناعية على وجه الخصوص هو زيادة متواصلة في نسب غازات ظاهرة الاحتباس الحراري، أو كما تسمى بظاهرة الدفيئة، أو البيت الزجاجي Green house، الأمر الذي جعلها تسبب احتراراً عالمياً واضح المعالم، (تمثل ذلك بارتفاع درجة حرارة القرن العشرين الماضي بنحو 0.5°C)^(١)، لأن غازات ظاهرة الاحتباس الحراري تعمل كجسم شفاف يسمح للإشعاع الشمسي القصير الموجة في الوصول إلى سطح الأرض، فيقوم سطح الأرض بامتصاصه وتسخين نفسه، ثم إعادة إشعاعه نحو الفضاء على شكل إشعاع حراري أرضي طويل الموجة، فتتلقاه غازات ظاهرة الاحتباس الحراري في الغلاف الغازي فتعمل على حجزه، لأنها تعد جسماً معتماً له فتقوم بامتصاصه وتسخين نفسها به، وإعادة أشعاعه نحو سطح الأرض، فلا ينفذ منه نحو الفضاء الخارجي إلا جزءاً منه، الأمر الذي سبب ارتفاعاً في درجات الحرارة ما بين سطح الأرض وجزيئات تلك الغازات في الغلاف الجوي.

لإعطاء هذه المشكلة المناخية أهميتها، كان لابد من معرفة غازات ظاهرة الاحتباس الحراري المسببة لظاهرة الاحترار العالمي وكما يأتي:

(١) NASA facts, Global warming, 1998.

١ : غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 Carbon dioxide :

ازداد تركيز ثاني أكسيد الكربون مع بداية عصر الصناعة في الغلاف الجوي بنسبة ٢١%، وذلك من مستوى ٢٨٠ جزءاً من المليون إلى ٣٧٩ جزءاً من المليون في سنة ٢٠٠٥. وبيّنت الدراسات العلمية انه خلال العشر سنوات بين ١٩٩٥ و ٢٠٠٥ قدرت نسبة زيادة ثاني أكسيد الكربون في الجو ١,٩ جزءاً من المليون، أي بزيادة ٢٠% في التأثير الإشعاعي، وهي اعلي نسبة سجلت خلال السنوات ال ٢٠٠ الماضية. ويتأتى ما نسبته ٧٥% من غاز ثاني أكسيد الكربون من احتراق الوقود الاحفوري، أما النسبة المتبقية فترجع إلى تراجع المساحات الغابية، التي أدت إلى تناقص عمليات استبدال ثاني أكسيد الكربون بالأكسجين^(١).

إن غاز ثاني أكسيد الكربون يعد العامل الأساس والرئيس في ظاهرة الاحتباس الحراري، وكذلك في حدوث عملية الاحترار العالمي^(٢). وان زيادته في الغلاف الجوي تؤدي إلى امتصاص الموجات الطويلة للإشعاع الأرضي ذو الحزمة الموجية من ١٣ - ١٧ ميكرون، مما يعمل على رفع درجة الحرارة^(٣). وتدل بعض النماذج الرياضية المستعملة للتنبؤ بما سيكون عليه الوضع عام ٢٠٧٥ بان حرارة الجو سترتفع بين ١,٥°م إلى ٤,٥°م، بسبب إن كمية ثاني أكسيد الكربون ستصبح ضعف ما هي عليه الآن، إذا استمر انبعاث الغاز كنسبة انبعاثه الحالية^(٤). ومما يزيد من خطورة زيادة ثاني أكسيد الكربون هو تعرض النبات الطبيعي لعمليات الإزالة، لاسيما القطع المفرط للغابات المدارية، التي تعد من أكثر أنواع النبات الطبيعي استهلاكاً لغاز ثاني أكسيد الكربون، وان تعرضها للإزالة يعني انبعاث مزيد من ثاني أكسيد الكربون نحو الغلاف الغازي، إذ يصل ما ينبعث من الكربون بسبب إزالة الغابات في البرازيل نحو ٣٣٦ مليون / طن، وفي اندونيسيا نحو

(١) ياسين بن عبد الرحمن الشرعبي، الأسس العلمية للاحتباس الحراري، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨، ص ٢٨.

(2) Alan Strahler and Arthur strahler, introducing physical Geography, third edition, John Wiley and sons, inc. USA. 2003, p. 108.

(٣) أندرو س. جودي، التغيرات البيئية، ترجمة محمود محمد عاشور ونبيل سيد إمبابي، ١٩٩٦، ص ٣١٠.

(٤) عبد القادر وآخرون، مصدر سابق، ص ١٨٠.

١٩٢ مليون / طن، وفي كولومبيا نحو ١٢٣ مليون / طن، يلاحظ جدول (٧٩).

جدول (٧٩) تقدير الكربون المنبعث بسبب إزالة الغابات (مليون / طن).

الدولة	الكمية المنطلقة	الدولة	الكمية المنطلقة
البرازيل	٣٣٦	نيجيريا	٦٠
اندونيسيا	١٩٢	الفلبين	٥٧
كولومبيا	١٢٣	بورما	٥١
تايلاند	٩٥	ماليزيا	٥٠
لاوس	٨٥	دول أخرى	٥١٤

S. K. Agarwal, global warming and climate change, printed at Balaji offset, New Delhi, 2008, p.92.

تأتي أهمية النبات الطبيعي عامة والغابات خاصة في التأثير على نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي من كون أن النبات يستهلك ثاني أكسيد الكربون في عملية التمثيل الكلوروفيلي (التركيب الضوئي) الضرورية لصنع غذاء النبات، في حين تطلق الأكسجين إلى الغلاف الغازي، وفقا لذلك يعد النبات الطبيعي عامل من عوامل موازنة الطبيعة، ويوضح ذلك المعادلة الآتية^(١):



تعد الدول الغنية المساهم الرئيس في انبعاث الغازات الحابسة للحرارة، فالدول الأكثر تقدما تساهم في انبعاث ثاني أكسيد الكربون بما يقارب النصف، بينما لايمثل سكانها إلا ١٥,٣% من مجموع سكان العالم، وفيها تتجاوز كمية ثاني أكسيد الكربون في المتوسط نحو ١٣,١ طن للفرد الواحد في السنة، مع وجود فوارق كبيرة بينها، إذ تصل الكمية نحو ٢٠ طنا للفرد في الولايات المتحدة، و١٨ طنا للفرد في استراليا، مقابل المتوسط العالمي الذي يبلغ نحو ٣,٧ طن للفرد الواحد في السنة. أما الدول الفقيرة التي يصنفها

^(١) Peter A. Furley and other, op. cit. p. 96.

البنك الدولي بدول الدخل الضعيف، فإنها لاتساهم في تلك الانبعاثات الا بنحو ٧,٦%، رغم ارتفاع عدد سكانها^(١).

٢: غاز الميثان CH₄:Methane

ينبعث الميثان من العيد من المصادر الطبيعية والبشرية والذي يبلغ نحو ٥٢٥ مليون طن سنويا، ويمكن إيجازها على النحو الآتي^(٢):

أ: **المصادر الطبيعية:** تساهم بنحو ٢٥٥ مليون / طن سنويا على المستوى العالمي، وتشمل المصادر الآتية:

- الأراضي الرطبة: ومنها يبلغ الانبعاث العالمي السنوي من الميثان نحو ١١٥ مليون / طن.
- التخمر الداخلي للحيوانات: ٨٠ مليون / طن.
- النمل الأبيض: ٤٠ مليون / طن.
- المحيطات: ١٠ مليون / طن.
- الماء العذب: ٥ مليون طن.
- مصادر أخرى: ٥ مليون / طن.
- أ: **المصادر البشرية:** تساهم بنحو ٢٧٠ مليون / طن سنويا على المستوى العالمي، وتشمل المصادر الآتية:

- حقول الرز: ١١٠ مليون / طن.
- حرق النفايات: ٤٠ مليون / طن.
- حقول الفحم: ٣٥ مليون / طن.
- أراضي المياه الآسنة: ٤٠ مليون / طن.
- مصادر أخرى: ٤٥ مليون / طن.

^(١) بالقاسم المختار، كيوتو وخلفيات المواقف الدولية، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨، ص ١١٩.

^(٢) S. K. Agarwal, global warming and climate change, printed at Balaji offset, New Delhi, 2008, p.106.

بلغ تركيز الميثان نحو ٠,٠٧% جزء في المليون قبل عام ١٨٥٠، ارتفع إلى نحو ١,٧٠ جزء بالمليون عام ١٩٨٥، ومن المتوقع أن يصل في تقدير سنة ٢٠٥٠ نحو ٣,١٥ – ٧,٤٥ جزء في المليون، كما في جدول (٨٠).

جدول (٨٠) تركيز الميثان في الغلاف الغازي.

السنة	جزء في المليون بالحجم
قبل عام ١٨٥٠	٠,٠٧%
١٩٧٧	١,٢٥
١٩٨٥	١,٧٠
تقدير ٢٠٣٠	٢,٣٤
تقدير ٢٠٥٠	٣,١٥ – ٧,٤٥

المصدر: سفيان التل، الاحتباس الحراري، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨، ص ٥٥.

رغم ضآلة كمية غاز الميثان في الغلاف الغازي بالنسبة إلى ثاني أكسيد الكربون، إلا انه يساهم بما مقداره ١٨% من تأثير مجموع غازات الدفيئة في احترار جو الأرض، وسبب ذلك يعود إلى قدرته على حبس الحرارة المنبعثة من الأرض بنحو ٢٠ ضعفا مقدار قدرة ثاني أكسيد الكربون^(١).

٣: أكسيد النتروز N₂O: Nitrous oxide

يعد غاز أكسيد النيتروز أحد غازات الدفيئة وينبعث إلى الجو نتيجة تحلل الفضلات النباتية بفعل بكتريا التربة، كما ينبعث من عمليات احتراق الأخشاب، واستخدام الأسمدة الكيميائية، وعمليات احتراق الوقود الحيوي، وهذا الغاز يتميز بقدرته على البقاء في الجو فترة طويلة قبل أن يتحلل، وقدرته على حبس الحرارة في جو الأرض تفوق قدرة ثاني أكسيد الكربون بأكثر من ٣١٠ مرة. وتعد العمليات الزراعية، لاسيما التسميد وإضافة

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ١٧٨.

فضلات الحيوانات إلى التربة الزراعية، واحتراق الفضلات الزراعية من أكبر مصادر انبعاث هذا الغاز، إذ تبلغ نسبة الغاز المنطلق من هذه العمليات نحو ٨٤% من النسبة الكلية المنطلقة للغلاف الجوي^(١). وكانت تقديرات وقياسات أكسيد النيتروز في الجو قبل عصر الصناعة سنة ١٧٥٠ نحو ٢٨٥ جزء لكل مليار، ثم ازدادت حتى وصلت سنة ١٩٩٠ نحو ٣١٠ جزء لكل مليار، ومن المتوقع أن تزداد لتصل سنة ٢٠٥٠ نحو ٣٩٢ - ٤٤٦ جزء لكل مليار من حيث الحجم، يلاحظ جدول (٨١).

جدول (٨١) قياسات وتقدير أكسيد النيتروز في الغلاف الغازي.

السنة	جزء لكل مليار من حيث الحجم
قبل عصر الصناعة ١٧٥٠	٢٨٥
١٩٧٠	٢٨٩
١٩٨٤	٣٠٣
١٩٨٥	٣٠٤
١٩٩٠	٣١٠
تقدير ٢٠٣٠	٣٧٥
تقدير ٢٠٥٠	٣٩٢ - ٤٤٦

المصدر: سفيان التل، الاحتباس الحراري، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨، ص ٥٥.

٤: غازات الكلورو فلورو كربونية CFCs:

هي غازات صناعية مستجدة على النظام البيئي، لم تكن موجودة قبل عام ١٩٣٠، وهي من غازات الدفيئة، كما إنها ذات قدرة تدميرية لطبقة الأوزون

(١) ضاري ناصر العجمي، التغيرات المناخية وأثرها في البيئة، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨، ص ١٦٩.

الستراتوسفيري، وهي مجموعة من الغازات تساهم بنحو ٢٤% من التأثير الصوبي، وتستخدم في كثير من الصناعات، كما تستخدم كغازات تبريد في الثلاجات والمكيفات، وكوسائل تنظيف للآلات الدقيقة وصناعة الفلين الصناعي، وبعضها يستخدم في إطفاء الحرائق، ولها القدرة على البقاء في الغلاف الجوي مدة طويلة تصل نحو ١٥٠ سنة^(١).

٥: سداسي فلوريد الكبريت SF_6 Sulfur Dioxide

لم يكن هذا الغاز موجودا قبل عصر النهضة، وهو يعد من غازات الدفيئة، وبلغت إنبعاثاته السنوية نحو ٥٨٠٠ طن في عام ١٩٩٨، ويدخل في صناعة الأجهزة الكهربائية الضخمة كالمحولات الكهربائية، كذلك الكابلات ذات الجهد العالي، كما ينبعث في أثناء عمليات صهر الألمنيوم، والصناعات التي يدخل فيها المغنيسيوم، وكذلك من صناعة أشباه الموصلات^(٢).

٦: غاز أول أكسيد الكربون CO Carbon Monoxide

هو غاز سام يتكون نتيجة الأكسدة غير الكاملة، أو الاحتراق غير التام للوقود، ونسبته في الهواء ضئيلة جدا تقدر بنحو ٠,٠٠٠٠١%، ويأتي ٩٠% من كميته في الهواء من مصادر طبيعية، أما النسبة الباقية ١٠% فمصادرها صناعية كوسائل المواصلات والنقل، وحرق الغابات، وحرق النفايات، وتوليد الكهرباء من الفحم والبتروول والغاز الطبيعي. ويكثر تركيز هذا الغاز في وسط المدن لاسيما نهارا حيث ذروة الأنشطة البشرية. ويعد هذا الغاز من غازات ظاهرتي الاحتباس الحراري والاحتراق العالمي^(٣).

٧: الأوزون التوبوسفيري O_3 Ozone

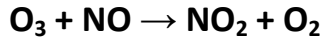
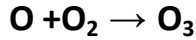
يتكون الأوزون التوبوسفيري نتيجة وفرة الغازات الصادرة من عوادم السيارات والمصانع مثل أكاسيد النيتروجين NO_x ، وبحوث بعض التفاعلات

(١) نفس المصدر، ص ١٧٠.

(٢) نفس المكان.

(٣) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عوده، مصدر سابق، ص ٣٤.

الكيمياء ضوئية يتكون الأوزون في هواء المدن، ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلات الآتية^(١):



يزداد تركيز الأوزون في هواء المدن صيفا لارتفاع كمية الأشعة فوق البنفسجية الواصلة للتروبوسفير وما يرافقها من تفاعلات كيمياء ضوئية، ويعد الأوزون حين ارتفاع نسبته عن حد معين غاز سام له آثار سيئة على صحة الإنسان^(٢). كما انه يعد احد غازات الاحتباس الحراري وحدوث الاحترار العالمي.

٨: البيروفلوروكربونات PFCs Perfluoro Carbons:

عينت هذه الغازات في الغلاف الجوي لأول مرة عام ١٩٧٩، وهي مجموعة من الغازات تستخدم في صناعة صهر الألمنيوم، وتتنحصر مصادر هذه الغازات في الأنشطة الصناعية، لاسيما صناعة منتجات الألمنيوم، وصناعة أشباه الموصلات، كما تدخل بديلا عن الهالونات المستخدمة في إطفاء الحرائق^(٣). وتعد غازات البيروفلوروكربونات من الغازات التي تعمل على حدوث ظاهرة الاحتباس الحراري، وبالتالي حدوث ظاهرة الاحترار العالمي.

٩: غازات الهيدروفلوروكربونات HFCs Hydro Fluoro Carbons:

تعد هذه الغازات من أقوى غازات ظاهرة الاحتباس الحراري وظاهرة الاحترار العالمي تأثيرا رغم ضآلة كمياتها في الغلاف الجوي، كما إن لها دورا سلبيا مهما في التأثير على غلاف الأوزون الستراتوسفيري، فهي تعد ذات تأثير مدمر قوي له. وتعد صناعة الصلب وإنتاج وقود الصواريخ

(١) إبراهيم العرود، التغير المناخي في الميزان، ط١، عمان، الأردن، ٢٠٠١، ص ١٦٧.

(٢) نفس المصدر، ص ١٦٨.

(٣) ضاري ناصر العجمي، مصدر سابق، ص ١٧٠.

مصدرا لانبعاث هذا المواد نتيجة استخدام الفلوروسبار في هذه الصناعات، وتعد الولايات المتحدة الأمريكية اكبر دولة منتجة لهذه المواد^(١).

١٠ : بخار الماء Water vapour :

يعد بخار الماء ركن من أركان الدورة الهيدرولوجية، التي يحركها الإشعاع الشمسي، وبدون الماء لا يمكن ان يحدث التكاثف، ولا التساقط في الغلاف الغازي، وعلى سطح الأرض، ولما كان هناك انهار تجري، وماء ارضي.

لا يقتصر تأثير بخار الماء عند هذا الحد، فبخار الماء يعد من غازات ظاهرة الاحتباس الحراري المهمة، واليه يرجع التأثير بنحو ٦٠% - ٧٠% من تأثير البيت الزجاجي، طبقا لما ورد عن المؤتمر الدولي للتغير المناخي (IPCC)، وان تركيز بخار الماء في الجو يتباين ما بين الأقاليم المهمة، ودوائر العرض. إذ إن بخار الماء يعد أكثر تركيزا من ثاني أكسيد الكربون، وأي من غازات الدفيئة الأخرى. فبخار الماء عموما يتراوح في المتوسط ما بين ١% - ٣% في الغلاف الجوي، ولكنه ربما ينخفض إلى ٠,١%، في الظروف الصحراوية الجافة، وربما ترتفع نسبته إلى نحو ٥% في الظروف الرطبة، كما في المنطقة الاستوائية^(٢).

شواهد الاحترار العالمي:

هناك العديد من الشواهد على ارتفاع معدل درجات الحرارة في العالم، نورد بعضها كما يأتي^(٣):

١ : انهيار كتلة ثلجية تبلغ مساحتها ٢,٧ كم^٢ من المنطقة القطبية الجنوبية.

(١) نفس المكان.

(2) K. K. Singh, Global warming in 21 century (causes, effects and future), MD publications Pvt ltd, New Delhi, 2008, p. 191.

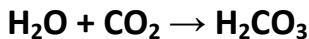
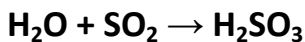
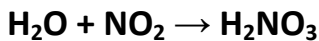
(3) ضاري ناصر العجمي، مصدر سابق، ص ١٦١، ١٦٢.

- ٢: ارتفاع منسوب البحر بمقدار ١٠ - ٢٠ سم، نتيجة تمدد المياه بسبب ارتفاع حرارة الطبقات العليا من المحيطات.
- ٣: تراجع بعض جبال الألب الثلجية (١٩٩٢) كاشفة عن بعض الآثار المدفونة منذ آلاف السنين، مثل إنسان الثلوج الذي دفن منذ ٥٠٠٠ عام، وكان هذا التراجع نتيجة الدفيء الذي يحدث في أوروبا.
- ٤: حدوث ارتفاع في معدل درجة الحرارة لبعض الأقاليم كما في سيبيريا بمقدار ٣ درجة مئوية منذ العصور الوسطى.
- ٥: اختفاء ٨٠% من البلانكتونات خلال العقود الأربعة الأخيرة من القرن العشرين الماضي في ساحل كاليفورنيا، وربط هذا الاختفاء بزيادة درجة حرارة المياه التي تعيش فيها هذه العوالق.
- ٦: وجود تغير في توقيت المواسم ومواعيد الفصول، ووجود علاقة بذلك مع ارتفاع معدل درجة الحرارة في أوروبا.
- ٧: زحزحة أشجار الصنوبر صوب الشمال من المنطقة الشمالية في أوروبا بمعدل ٤٠ مترا في العام، وكان ذلك مصحوبا بارتفاع معدل درجة الحرارة في المنطقة، مما أدى إلى انخفاض الغطاء الثلجي بحوالب ١٠% في نصف الكرة الشمالي، وتناقص الثلوج البحرية وانهار الجليد في المنطقة ذاتها في فصلي الربيع والصيف.
- ٨: زيادة الأمطار في كثير من مناطق العالم، الأمر الذي أدى إلى حدوث فيضانات عارمة، في حين انخفضت كمية الأمطار في مناطق أخرى، وهذا أدى إلى زيادة حالات الجفاف والتصحر فيها.

ثانيا: المطر الحامضي Acid rain:

تقاس الحموضة بمقياس لوغارتمي يمتد من (١) الأكثر حموضة إلى (١٤) الأكثر قلوية، ومتوسطها (٧). والمطر الحامضي هو من أشكال المطر التي تكون حموضتها أقل من ٥,٥، أما مياه الأمطار الطبيعية فتكون ذات حموضة قليلة بين ٥,٥ - ٧. ويتكون المطر الحامضي في المناطق التي ترتفع فيها كمية الغازات الملوثة وأهمها ثاني أكسيد الكربون CO_2 ، وثاني أكسيد الكبريت SO_2 ، وثاني أكسيد النيتروجين NO_2 ، الناتجة من حرق الوقود في المصانع والسيارات، والبراكين، والحرائق. ويتفاعل الماء مع هذه الغازات فتتكون أحماض ضارة مثل حامض الكبريتيك H_2SO_3 ، وحامض

النتريك H_2NO_3 ، وحامض الكربونيك H_2CO_3 ، وكما توضحها المعادلات الآتية^(١):



تمت ملاحظة ظاهرة المطر الحامضي قبل حوالي ٢٥٠ سنة، وتعد من المشاكل الأكثر نقاشاً في موضوع التلوث الجوي، وتعاني المناطق الصناعية الكبيرة من مشكلة المطر الحامضي، وينتشر تأثيره إلى المناطق المجاورة البعيدة عن التلوث الجوي، وذلك لأن الرياح تنقل الغيوم وما تحمله من قطرات مائية حامضية لمئات الكيلومترات، لذلك يتعدى تأثير التلوث النطاق المحلي إلى الإقليمي والعالمي، فأصبحت مشكلة المطر الحامضي مشكلة سياسية^(٢).

للمطر الحامضي آثار عديدة يمكن إيجازها بما يأتي:

- ١: تجعل التربة التي تسقط عليها الأمطار الحامضية تربة ملوثة.
- ٢: تؤدي إلى ضعف النبات واصفرار أوراقه، وبالتالي سهولة مهاجمته من قبل الآفات الزراعية.
- ٣: تؤدي إلى موت النباتات الصغيرة ذات الأوراق والسيقان الطرية الغضة، وفي حال شدة حموضتها ربما تؤدي إلى موت النباتات الكبيرة أيضاً.
- ٤: تؤثر سلباً على الإنسان والحيوان، بتأثيرها السلبي على النبات الذي يمثل غذاء تلك الكائنات.
- ٥: تؤدي إلى تكون بحيرات ملوثة ذات حموضة عالية تؤثر على الكائنات الحية فيها لاسيما من الأسماك.
- ٦: تزيد من حموضة المياه العذبة حال اختلاطها بالأمطار الحامضية.
- ٧: تحول المياه الجوفية من مياه عذبة إلى مياه حامضية نتيجة ترشح مياه الأمطار ووصولها إلى المكامن الماء الجوفي.

(١) علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٣١٨.

(٢) علي احمد غانم، الجغرافيا المناخية، مصدر سابق، ص ٢٨.

٨: للأمطار الحامضية دور مهم في حصول التجوية الكيميائية عن طريق تآكل التماثيل والأعمدة والأبنية المكونة من الرخام والحجر الجيري والبرونز.

أحسن الأمثلة التي توضح ضرر المطر الحامضي هو تحول قرابة ١٨٠٠٠ بحيرة في المنطقة الجبلية في جنوب السويد والنرويج إلى بحيرات ذات مياه حامضية لدرجة أن معظم أشكال الحياة الحساسة للحموضة قد انتهت مثل بيض الأسماك ويرقاتها، والصورة قريبة من ذلك في بحيرات كندا وشرق الولايات المتحدة. أما النباتات فقد كان ٨% من أشجار غابات غربي ألمانيا قد ماتت عام ١٩٨٢ وقد بلغت النسبة ٣٤%، ثم ازدادت إلى ٥٠% عام ١٩٨٥، بحيث بلغت خسارة ألمانيا في تجارة الأخشاب أكثر من بليون ماركا ألمانيا^(١).

ثالثاً: ضباب المدن (الضبخن) Smog:

اشتق مصطلح الضبخن من مصطلحي الضباب Fog، والدخان Smoke، وظاهرة الضبخن تعاني منها المدن الكبرى في العالم والمزدحمة بالسكان، والسبب الحقيقي لحصول هذه الظاهرة هو احتراق الوقود في محركات السيارات ووسائل النقل والمواصلات احتراقاً غير تام، مما يؤدي إلى أن تتأكسد جزيئاته العضوية وتنطلق غازات العادم إلى الغلاف الغازي، التي هي عبارة عن خليط من غاز ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء وبعض الجزيئات العضوية غير المؤكسدة بشكل تام وغاز أول أكسيد الكربون وبعض أكاسيد النيتروجين. ويتعرض هذا الخليط الغازي للأشعة فوق البنفسجية آتية من الشمس، فيحدث بين مكوناته تفاعل كيميائي ينتج عنه الضباب الدخاني الذي يبقى معلقاً في الهواء مغلفاً جو المدينة تماماً. وتزداد خطورة الضباب الدخاني كثيراً عند اختلاطه ببعض الغازات السامة مثل غاز ثاني أكسيد الكبريت، أو كبريتيد الهيدروجين، أو بعض أكاسيد النيتروجين. ومن بين المدن العديدة التي تعاني من ظاهرة الضباب الدخاني لندن ومكسيكو سيتي، ونيويورك، والقاهرة^(٢).

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ١٧٠.

(٢) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عوده، مصدر سابق، ص ٣٨.

هناك نوع من الضبخن يسمى ضبخن لوس انجلس، وينتج من تفاعل بعض الملوثات الهوائية مثل ثاني أكسيد النيتروجين والمركبات العضوية الطيارة وبوجود الأكسجين وبمساعدة الأشعة فوق البنفسجية ينتج الأوزون، وتنتزات البيروكسي أسيتيل PANs، وبعض المركبات العضوية الأخرى، كما في المعادلة الآتية^(١):



يحدث هذا النوع من الضباب الدخاني عندما يكون الهواء ساكنا في المدن الكبرى ذات المناخ الجاف الحار حيث توجد أشعة الشمس اللازمة للتفاعلات السابقة. ويحجب هذا النوع من الضباب الدخاني ٣٠% من ضوء الشمس. غير إن الرياح والأمطار تساعد على التخلص منه. وتتبع خطورة الضبخن الكيميائي الضوئي من وجود ملوثات هوائية خطيرة على جهاز التنفس^(٢).

من أسباب حدوث ضباب المدن هو حدوث الانقلاب الحراري، الذي يعني ارتفاع درجات الحرارة مع الارتفاع عن مستوى سطح البحر. ويتكون الانقلاب الحراري لثلاثة أسباب: الأول منها استقرار طبقة من الهواء فوق ارض باردة أو غطاء ثلجي، والثاني حدوث نسيم الجبل والوادي، والثالث التقاء كتلتين هوائيتين مختلفتين في خصائصهما الحرارية كان تكون أحدهما باردة والأخرى دافئة. ونتيجة لان الكتلة الهوائية الباردة هي الأثقل فإنها تبقى ملازمة لسطح الأرض لفترة زمنية في حين تكون الكتلة الدافئة فوقها، ونتيجة لحدوث التلوث بسبب الملوثات من غازات وشوائب قادمة من الأنشطة البشرية المختلفة فإنها ستبقى ملازمة للكتلة الهوائية الباردة، وربما يحصل التكاثف إلى ضباب دخاني كما حدث (في مدينة لندن عام ١٩٥٥ حين غطت المدينة سحابة كثيفة من الضباب الدخاني لمدة عدة أيام، ونتج عنها وفاة ٤٠٠٠ شخص، وإصابة عدد كبير من السكان بأمراض في الجهاز التنفسي. وكذلك ما حدث في مدينة طوكيو عام ١٩٧٠، حين غطت المدينة سحابة من الضباب الدخاني المحمل بحامض الكبريتوز وحامض الكبريتيك، واستمرت

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ١٦٩.

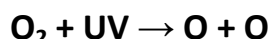
(٢) نفس المكان.

هذه السحابة لخمسـة أيام، وأصابـت نحو ٨٠٠ شخص بالتهابات في العين، وإصابات في الجهاز التنفسي^(١).

رابعاً: تآكل الأوزون في طبقة الستراتوسفير Ozone Depletion:

يتكون غاز الأوزون من أكسجين ثلاثي الذرات O_3 ، وله أهمية كبيرة في وجوده ضمن الطبقة الستراتوسفير، فهو يعمل على امتصاص معظم الأشعة فوق البنفسجية قبل وصولها إلى سطح الأرض، وإن وصول كميات قليلة من الأشعة فوق البنفسجية إلى سطح الأرض له فوائد منها: أنها معقم جيد، كما إنها ضرورية لتكوين فيتامين D في الجسم. أما عند وصول كمية كبيرة من هذه الأشعة إلى سطح الأرض فإنها تسبب سرطان الجلد، كما إنها تدمر الخلايا الحية في النباتات، وتؤثر سلباً على عملية معالجة المياه في محطات التنقية، ويعتقد الكثير من العلماء أن النباتات انتشرت على اليابسة بعد تشكل حزام الأوزون في الجو، وبالتالي فإن وجود الكمية الطبيعية للأوزون ضرورية للحياة بمختلف أنواعها على الكرة الأرضية^(٢).

يتشكل الأوزون في طبقة الستراتوسفير على ارتفاع ٢٠ - ٥٠ كم، وتصل قمة تركيزه على ارتفاع ٢٥ - ٣٠ كم فوق سطح الأرض، لوفرة الأشعة فوق البنفسجية قصيرة الموجات (أقل من ٢،٠ ميكرون)، التي تعمل على تفكيك الأكسجين الجزيئي O_2 إلى أكسجين ذري $O^{(٣)}$:



إن الأكسجين الذري الناتج عن هذا التفاعل هو عنصر شديد التفاعل، أي غير مستقر، وعند وجود الأكسجين الجزيئي، وعنصر مساعد (كان يكون ذرة غبار أو جزيء من غاز النيتروجين M لامتصاص الطاقة الزائدة عن التفاعل) يتكون الأوزون:

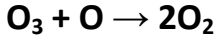


وعند تشكل الأوزون فإنه يتحد مع الأكسجين الذري ليشكل الأكسجين الجزيئي:

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عوده، مصدر سابق، ص ٣٩.

(٢) إبراهيم العرود، مصدر سابق، ص ١٥٨.

(٣) نفس المصدر، ص ١٥٩ - ١٦١.



أو يمتص الأشعة فوق البنفسجية وينتج كل من الأكسجين الجزيئي والذري:



إن الأوزون في الستراتوسفير في توازن طبيعي، بمعنى إن ما يتكون منه يتم تدميره طبيعياً من خلال تفاعله مع مركبات نيتروجينية طبيعية. ويتغير الأوزون مكاناً وزماناً اعتماداً على مصادر الأوزون وحركته بفعل الرياح، إذ أن معظم الأوزون يتكون فوق المناطق الاستوائية والمدارية، وينتقل مع الرياح إلى مناطق العروض الوسطى والعلية ليحافظ على توازن الأوزون في العالم. وفي منتصف الثمانينات من القرن العشرين أكد العلماء على أن كمية الأوزون تتناقص لاسيما فوق القارة القطبية الجنوبية Antarctica، ويقل التناقص باتجاه الدائرة الاستوائية. ويعد الإنسان المسؤول عن مشكلة تآكل الأوزون، وذلك من خلال استعماله لمركب الكلوروفلوروكربون CFCs، وهو المركب الأكثر نشاطاً في تدمير الأوزون، ومن العناصر التي تدمر الأوزون المركبات الهيدروجينية، ومركبات الآزوت، ومركبات الكلور، والمركبات الهالوجينية كالتي تستخدم في مكافحة الحرائق، وكذلك الأسمدة الآزوتية المستخدمة في الزراعة، والطائرات التي تعد مصدراً لأكاسيد النيتروجين، والتفجيرات النووية^(١).

فضلاً عما ذكر من المسببات التي جعلت الإنسان هو المسؤول عن حدوث ثقب الأوزون فوق القارة القطبية الجنوبية، فهناك فرضيتين ذات منشأ طبيعي لتفسير هذا الثقب، الأولى كيميائية، وملخصها أن الانخفاض الشديد لدرجة الحرارة في طبقة الستراتوسفير أثناء الشتاء القطبي الجنوبي، وتشكل الغيوم في هذه الطبقة وما تحويه من حامض النتريك والكلورين ومن خلال سلسلة من التفاعلات المعقدة يتم إنتاج أول أكسيد الكلور CLO الذي يدمر الأوزون، أما في فصل الربيع لتلك القارة ومنذ نهاية شهر أيلول، فإن ازدياد الإشعاع الشمسي الواصل لهذه المنطقة يعمل على تبخير الغيوم الموجودة في طبقة الستراتوسفير. وعندها يتوقف الأوزون وتبدأ نسبته بالازدياد. أما الفرضية الثانية الديناميكية فتتلخص في أن الانخفاض الشديد لدرجة الحرارة

(١) علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٣١٩، ٣٢٠.

في فصل الشتاء القطبي الجنوبي، يؤدي إلى تشكيل دوامة هوائية مغلقة مما لا يتم تبادل للمادة والطاقة مع العروض الدنيا لتعويض نقص الأوزون الناتج عن التفاعلات الكيميائية، وبالتالي يصبح ثقب الأوزون واضح المعالم في هذا الفصل، وعند ارتفاع درجة الحرارة في المنطقة القطبية في فصل الربيع تتلاشى هذه الدوامة الهوائية وينتقل الأوزون في العروض الدنيا لمليء ثقب الأوزون المتكون فوق القارة القطبية الجنوبية^(١).

خامسا: التعتيم الشمسي Solar dimming:

التعتيم الشمسي هو ظاهرة عالمية Global Dimming، تتمثل بانخفاض كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، بسبب زيادة مكونات الهباء الجوي. والهباء الجوي Aerosols هو ما يحمله الغلاف الغازي من جزيئات الشوائب والغازات المتمثلة بالدخان والأملاح والغبار، التي تعمل على عكس الإشعاع الشمسي وتشتته قبل وصوله إلى سطح الأرض.

يتكون الهباء الجوي من جزيئات وقطرات ميكروسكوبية تبقى لفترة طويلة في الغلاف الغازي، بسبب حجمها الصغير الدقيق للغاية. وتتنوع مصادر الهباء الجوي في كونها مصادر طبيعية وبشرية، تنتج عنها مركبات كيميائية معقدة. ويتضمن الأيروسول جزيئات غبار السليكا ومصدره الصحاري، وجزيئات كلوريد الصوديوم ومصدره المحيطات، وجزيئات حامض الكبريتيك الناتجة عن احتراق الكبريت المرتبط بالفحم والنفط، وجزيئات حامض الكبريتيك الذي أصله الثورانات البركانية. فضلا عن ذلك فإن نسبة من الجزيئات الخاصة بالهباء الجوي تتشكل فوق اليابس من تفسخ الأحياء كالحشرات والبكتريا والغبار الطلعي، وجزيئات السخام (النيلج) المتكون من الكربون الموجود في الوقود من الفحم والنفط والخشب والورق عند احتراقها^(٢).

بدأت ظاهرة التعتيم الشمسي منذ خمسينات القرن العشرين، وكان هذا الانخفاض في كمية الإشعاع الشمسي قد بلغت ما بين ٦ - ٩ واط / م^٢، أي ما يعادل ٤% - ٦% خلال مدة ٣٠ سنة من ١٩٦٠ إلى ١٩٩٠، وتم تسجيل

(١) إبراهيم العرود ، مصدر سابق، ص ١٦٥ ، ١٦٦.

(2) K. K. Singh, op. cit, p. 278.

أكبر انخفاض في روسيا بحدود ٢٠% للمدة ١٩٦٠ - ١٩٨٧، وفي الولايات المتحدة الأمريكية وصل الانخفاض إلى ١٩ واط / م^٢، أي ما يعادل ١٠% للمدة ١٩٦١ - ١٩٩٠.^(١)

إن مكونات الهباء الجوي تقوم بوظيفتين فيزيائيتين تؤدي إلى حصول التعقيم الشمسي، يمكن إيجازهما على النحو الآتي:

١: تقوم بعكس الإشعاع الشمسي الواصل إليها إذا كانت أطوال أقطارها أكبر من أطوال أقطار أمواج الأشعة الشمسية الساقطة عليها، وتقوم بهذه العملية الشوائب الصلبة كجزيئات الغبار والأملاح، فضلا عن قطرات الماء وجزيئات الثلج في الغيوم، وينبغي ذكر أن (بعض مكونات الهباء الجوي تعد نوى للتكاثف، ونتيجة لكثرتها فإنها تؤدي إلى زيادة القطيرات الصغيرة في الغيوم، الأمر الذي يزيد من سمك الغيوم ويحولها إلى مرآة عاكسة لأشعة الشمس نحو الفضاء الخارجي، لاسيما أن كثرة القطيرات المائية الصغيرة داخل الغيوم، وخفة وزنها يزيد من فترة بقائها، لان التساقط لا يحدث إلا إذا زاد وزن وحجم القطيرات^(٢)).

٢: تقوم بتشتيت وبعثرة الإشعاع الشمسي إذا كانت أطوال أقطار جزيئاتها أصغر من أطوال أقطار أمواج الإشعاع الشمسي الساقط عليها، وتقوم بهذه الوظيفة الغازات التي تشكل الهباء الجوي، فضلا عن جزيئات الغبار والأملاح.

إن لظاهرة التعقيم الشمسي آثار عديدة أهمها إنها تؤدي إلى خفض كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، علما أن للإشعاع الشمسي فوائد جمة يمكن إيجاز بعضها كما يأتي:

١: يعد الإشعاع الشمسي المسئول الأول عن ظواهر الطقس والمناخ على الكرة الأرضية واختلافها زمانا ومكانا^(٣).

(١) سالار عل خضر الدزي، ظاهرة التعقيم الشمسي وتأثيرها على مناخ العراق، مجلة الأستاذ، كلية التربية ابن رشد، العدد ٦٥، ٢٠٠٧، ص ١١٣٣ - ١١٣٥.

(٢) سلام هاتف الجبوري، التباين السنوي لدرجات الحرارة في مدينة بغداد وعلاقته بالإشعاع الشمسي الواصل إليها للمدة ١٩٧١ - ٢٠٠٠، مجلة كلية التربية، الجامعة المستنصرية، العدد الثاني، ٢٠٠٩، ص ٨٨١.

(3) Herbert Riehl, op. cit, p. 31.

٢: تعد الأشعة الحرارية من الإشعاع الشمسي من أهم أنواع الأشعة في إنتاج الحرارة على سطح الأرض وفي الغلاف الغازي^(١).

٣: يعد الإشعاع الشمسي العنصر المناخي الأول بين العناصر المؤثرة في نمو وصفات وحياة الإنسان والنبات والحيوان^(٢).

٤: يعد الطيف الشمسي (الأشعة الضوئية) مهم جدا للحياة على سطح الأرض، لان النبات يحتاج إليه لإتمام عملية التمثيل الضوئي التي تنتج عنها الكربوهيدرات الضرورية^(٣).

٥: تعد الأشعة فوق البنفسجية إحدى أهم أنواع الأشعة الشمسية وهي ذات طاقة كبيرة، لأنها من الأشعة قصيرة الموجة (فإذا ما وصلت بكميتها القليلة المناسبة فإنها تكون مفيدة للإنسان، لأنها تساعد على علاج بعض الأمراض، لاسيما الكساح، لقدرتها على تكوين فيتامين D، أما إذا وصلت بكميات كبيرة فإنها تسبب أضرارا بالغة على الإنسان وجميع الكائنات الحية^(٤)، أهمها فقدان البصر والاحتراق الشديد والأمراض الجلدية لاسيما السرطانية^(٥).

إن انخفاض مقادير الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، كان لا بد انه سيؤدي تأثيرا واضحا على ظواهر الطقس والمناخ، لاسيما انخفاض درجات الحرارة. كما يؤثر على نمو وصفات وحياة الكائنات الحية والآفات التي تصيبهم، الأمر الذي يؤدي إلى تغير محتمل في سير الحياة على سطح الكرة الأرضية. إلا أن مما يخفف من تأثير انخفاض مقادير الإشعاع الشمسي (التعتيم الشمسي) هي أن مكونات الهباء الجوي تتعرض إلى عمليتين تؤدي إلى انخفاض كميتها ونسبتها في الغلاف الغازي وهما: الجاذبية الأرضية، وسقوط الأمطار. فضلا عن ذلك إن وقت حدوث ظاهرة التعتيم الشمسي تزامن مع حدوث ظاهرة مناخية عالمية أخرى ألا وهي ظاهرة الاحترار

(١) أوستن ملر، علم المناخ، تعريب محمد متولي، المطبعة الفنية الحديثة، مصر، ١٩٧٢، ص ١٥.

(2) Gleen T. Trewartha, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, physical elements of Geography, fifth edition, Mc graw hill book company, USA, 1967, p.49.

(٣) إبراهيم العرود، مصدر سابق، ص ٢٨.

(٤) صباح الراوي وعدنان هزاع البياتي، أسس علم المناخ، مصدر سابق، ص ٤٣، ٤٤.

(5) H. J. DE Blij and Peter O. Muller, physical Geography of the global environment, john Wiley and sons inc, USA, 1996, p. 65.

العالمي بسبب زيادة مكونات ظاهرة الاحتباس الحراري وهذا ما أدى إلى التخفيف من تأثير ظاهرة التعتيم الشمسي.

سادسا: التلوث الإلكتروني Electronic Pollution:

ينشأ التلوث الإلكتروني من استخدام الأجهزة الإلكترونية التي يستعملها الإنسان مثل التلفون، لاسيما الجهاز النقال، والراديو، والتلفزيون، والأقمار الاصطناعية وغيرها من الأجهزة التي يصدر عنها أمواج بأطوال مختلفة تؤثر على الحالة العصبية والسلوكية لدى الإنسان. إذ أن العالم تيسلا Tesla اكتشف في القرن التاسع عشر أن أمواج الراديو بمدى تردد منخفض - 10 Hz، قد تستخدم في تغيير أيونات الجو، وبالتالي فإنها تؤثر على سلوك الإنسان، فالأيونات الموجبة تشعر الإنسان والحيوان بالتعب والكسل، بينما الأيونات السالبة تزيد من النشاط والقوة. كما يمكن أن يكون في ذلك إمكانية التأثير على الأحوال الجوية^(١).

(١) علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٣٢٦.

الفصل السابع عشر
المناخ والتصحر

Climate and Desertification

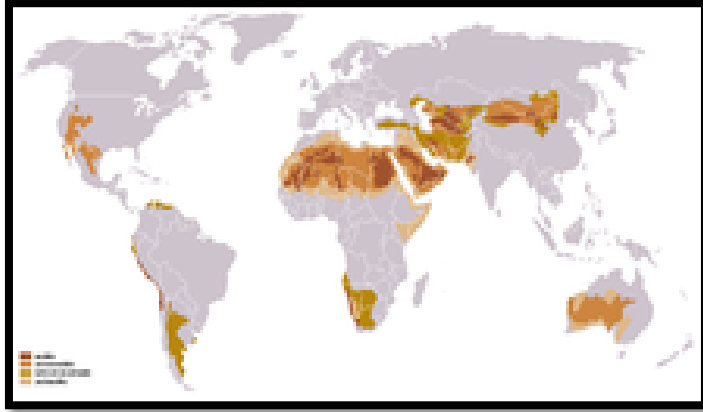
الفصل السابع عشر

المناخ والتصحر Climate and Desertification

الصحراء:

الصحراء هي الأرض الجرداء القاحلة التي تعاني من العجز في الرطوبة. (ولقد اشتقت كلمة صحراء من كلمة المكان المهجور باللغة اللاتينية^(١)). وأسبابها طبيعية بحتة، إذ أن أكبر صحاري العالم تعود إلى أسباب مناخية، لم يكن للإنسان دور في وجودها، يلاحظ خريطة (١). وهي تعود إلى آلاف السنين التي خلت، كالصحراء الكبرى في أفريقيا التي تعد من أكبر صحاري العالم، والتي تبلغ مساحتها ٩,١٠٠,٠٠٠ كم^٢، كما توجد صحاري أخرى تنتشر في قارات العالم المختلفة. يلاحظ جدول (٨٢).

خريطة (١) التوزيع الجغرافي لصحاري العالم.



المصدر: <http://ar.wikipedia.org/wiki>

(١) قصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الرياحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مصدر سابق، ص ٣٠٥.

جدول (٨٢) الصحاري الرئيسية في العالم وفقا للموقع والمساحة.

الصحاري	الموقع	المساحة كم ^٢
الصحراء الكبرى	أفريقيا	٩,١٠٠,٠٠٠
صحراء استراليا	استراليا	٣,٤٠٠,٠٠٠
صحراء شبه الجزيرة العربية	آسيا	٢,٦٠٠,٠٠٠
صحراء تركستان	آسيا	٢,٠٠٠,٠٠٠
صحراء أمريكا الشمالية	أمريكا الشمالية	١,٣٠٠,٠٠٠
صحراء بنكونيا	أمريكا الجنوبية	٦٨٠,٠٠٠
صحراء ثار	آسيا	٦٠٠,٠٠٠
صحراء كلهاري وناميبيا	أفريقيا	٥٧٠,٠٠٠
صحراء كوبي وتكلاماكان	آسيا	٥٢٠,٠٠٠
صحراء إيران	آسيا	٣٩٠,٠٠٠
صحراء اتكاما	أمريكا الجنوبية	٣٦٠,٠٠٠

المصدر: قصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الرياحي، جغرافية الأراضي الجافة، مطابع دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠، ص ٥٥.

تنقسم الصحاري في العالم إلى صحاري حارة وباردة، ويمكن التمييز بينهما على أساس أن الصحاري الحارة يكون معدل حرارتها السنوي ١٨ درجة مئوية فأكثر، بينما يقل في الصحاري الباردة عن ذلك. يلاحظ جدول (٨٣).

جدول (٨٣) توزيع الصحاري الحارة والباردة وفقا لموقعها من القارات.

الصحاري الحارة	موقعها	الصحاري الباردة	موقعها
الكبرى	شمال أفريقيا	تركستان	وسط آسيا
استراليا	وسط وغرب استراليا	نيفادا	غرب الولايات المتحدة
العربية	جنوب غرب آسيا	بنكونيا	الأرجنتين
أريزونا	جنوب غرب الولايات المتحدة	اتكاما	بيرو وشيلي
سنوريا	شمال المكسيك	الغربية	ساحل شمال غرب أفريقيا
ثار	بين الهند وباكستان	ناميبيا	ساحل جنوب غرب أفريقيا
كلهاري	وسط وجنوب أفريقيا	كاليفورنيا	الساحل الشمالي الغربي للمكسيك
بيرو	شمال غرب أمريكا الجنوبية	إيران	المناطق المرتفعة من إيران
لوط	ايران	كوبي وتكلاماكان	جنوب منغوليا وشمال الصين

المصدر: قصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الرياحي، جغرافية الأراضي الجافة، مطابع دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠، ص ٥٦، ٥٨.

من خلال جدول (٨٣) يتبين أن معظم الصحاري الحارة تقع بين دائرتي عرض ٢٠ - ٣٠ درجة شمالا وجنوبا، لاسيما الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا والصحراء العربية في جنوب غرب آسيا، التي تقع تحت تأثير الضغط المرتفع شبه المداري. أما الصحاري الباردة فتقع ضمن مناطق داخلية باردة، أو تقع في غرب القارات حيث تتأثر بمرور التيارات البحرية الباردة.

توجد في الوطن العربي صحاري عديدة، يلاحظ جدول (٨٤)، وهي تشكل مساحة كبيرة من أراضيه، وتكاد تكون متصلة من سواحل المحيط الأطلسي غربا إلى سواحل الخليج العربي شرقا، يلاحظ خريطة (٢).

جدول (٨٤) صحاري الوطن العربي.

الصحراء	الدولة	الصحراء	الدولة	الصحراء	الدولة
الهضبة الغربية	العراق والأردن والسعودية	النقب	فلسطين	أغادين	الصومال
نجد	السعودية	سيناء	مصر	السالمية	ليبيا
الربع الخالي	السعودية	الشرقية	مصر	الغربية	ساحل المحيط الأطلسي
النفوذ	السعودية	الغربية	مصر		
بادية الشام	سوريا	النوبة	السودان		

المصدر: قصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الرياحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مطابع دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠، ص ٦٤.

خريطة (٢) صحاري الوطن العربي.



المصدر: Nathaniel Harris, atlas of the worlds deserts, published by Fitzroy : Dearborn an imprint of the Taylor and Francis group, New York, USA, 2005, p. 26.

مفهوم التصحر:

التصحر Desertification فهي كلمة مأخوذة من كلمة صحراء Desert. ويعني التصحر (بأنه زحف المظاهر الصحراوية باتجاه المناطق الرطبة وشبه الرطبة. كما يعرف بأنه عملية إفقار وتدهور للنظام البيئي. كما يعرفه آخرون بأنه وضوح الظروف الصحراوية من خلال انخفاض أو تدهور حمولة الطاقة الحياتية للبيئة مما يقلل من قدرتها على إعالة استخدامات الأرض^(١)). وهناك تعريف علمي للتصحر يعرفه بأنه التدهور الكلي أو الجزئي الذي يحدث في عنصر أو أكثر من عناصر الأنظمة البيئية الأرضية، والذي يؤدي إلى تراجع خصائصها النوعية، وتدني قدرتها الإنتاجية، التي تصبح فيها هذه النظم البيئية عاجزة عن إعالة ما يعيش فيها من كائنات حية^(٢). وتحدث ظاهرة التصحر في البيئات الجافة وشبه الجافة على وجه الخصوص. كما قد تحدث في المناطق شبه الرطبة والرطبة إذا توفرت أسبابها. ويعود حصول هذه الظاهرة إلى أسباب طبيعية وأخرى بشرية.

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ١٦.

(٢) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٦٠.

التصحّر مشكلة عالمية:

تعد مشكلة التصحر مشكلة عالمية تهدد الكثير من دول العالم، والتي تشهد تزايداً يرافق الزيادة الكبيرة في السكان والتي تتطلب زيادة في توفير الماء والطعام لهذا العدد المتزايد، لاسيما في الدول النامية التي تقع في المناطق الجافة وشبه الجافة التي يهددها خطر التصحر.

من هنا جاء اهتمام دول العالم في عقد المؤتمرات لوضع الحلول الخاصة بالتصحّر كالمؤتمر العالمي للتصحّر المنعقد في كينيا سنة ١٩٧٧، والذي وضع بان حوالي ٦٢٨,٠٠٠,٠٠٠ نسمة، ونحو ١٤% من مجموع سكان الكرة الأرضية، والذين يتوزعون في بيئات جافة يقعون قاب قوسين أو أدنى من خطر التصحر، كما يتأثر ٥٠,٠٠٠,٠٠٠ - ٨٧,٠٠٠,٠٠٠ نسمة من سكان تلك المناطق بشكل مباشر من خلال انخفاض غلة أراضيهم نتيجة لعمليات التصحر الجارية في تلك المناطق، وخير دليل على خطورة انتشار هذه الظاهرة ما يلاحظ على الأطراف الجنوبية للصحراء الكبرى، إذ تحولت ٦٥٠,٠٠٠ كم^٢ من أراضيها المنتجة إلى صحراء، وتبلغ مساحة الأراضي المتصحرة في العالم بحدود ٤٥,٧٠٠,٠٠٠ كم^٢^(١). ويتوقع أن تزداد مساحة الصحاري في العالم نتيجة للأراضي المتصحرة بنحو ١٧% خلال القرن الواحد والعشرون، بسبب ظاهرة الاحترار العالمي. ويقدر التوسع السنوي للصحاري ما بين ٥٠,٠٠٠ - ١٠٠,٠٠٠ كم^٢ من الأراضي التي تصبح غير منتجة. وان مشكلة التصحر تبرز في قارة أفريقيا والدول العربية بشكل خاص حيث تشكل الصحاري نحو ٩٠% من مجمل مساحتها، ويشكل التصحر خطراً مباشراً على أكثر من ٢٥٠,٠٠٠,٠٠٠ نسمة في العالم، وخطراً غير مباشر على نحو ٧٥٠,٠٠٠,٠٠٠ نسمة. ويقدر أن ٧٠% من الأراضي الزراعية في الصحاري قد تعرضت للتصحّر من حيث تدهور التربة والغطاء النباتي. ولأهمية التصحر خصصت الأمم المتحدة اليوم العالمي ضد التصحر في ٦/١٧ من كل عام^(٢).

(١) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ١٦.

(٢) علي أحمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ١٨١، ١٨٣.

أسباب التصحر:

للتصحر أسباب عديدة منها ما هو طبيعي ومنها ما هو بشري، لذا يمكن تقسيمها إلى ما يأتي:

أولاً: الأسباب الطبيعية:

يمكن إيجاز الأسباب الطبيعية التي تلعب دوراً مهماً في حصول ظاهرة التصحر بما يأتي:

١: **قلة الأمطار وتذبذبها وانحباسها:** إن ما تتصف به المناطق الجافة وشبه الجافة هو قلة الأمطار الساقطة، وتذبذبها، وربما تمتنع الأمطار لفترة زمنية طويلة من السقوط، الأمر الذي يجعل المنطقة فقيرة بنباتها الطبيعي، والتربة تكون غير متماسكة لجفافها، وهذا يجعلها سهلة أمام عملية التعرية التي تنتشط في تلك البيئات.

٢: **الفيضانات المفاجئة:** رغم أن قلة الأمطار هي سمة المناطق الجافة وشبه الجافة، إلا أنه أحياناً تسقط أمطاراً غزيرة غير متوقعة تسبب فيضانات مفاجئة تعمل على جرف التربة وهلاك الكثير من الماشية والرعاة.

٣: **ارتفاع درجات الحرارة والمدة الحرارية اليومي والسنوي:** إن معظم الأراضي المتصحرة يتصف مناخها بارتفاع درجات الحرارة، والذي يترتب عليها ارتفاع كمية التبخر من التربة، وقلة فاعلية الأمطار الساقطة، وانخفاض الرطوبة النسبية، وهذا يؤدي إلى قلة أو انعدام النبات الطبيعي. كما إن ارتفاع المدى الحراري اليومي والسنوي تعد صفة مناخية تتصف بها معظم المناطق الجافة وشبه الجافة، وهذا يؤدي إلى تفتت التربة ويضعف من تماسكها.

٤: **سرعة الرياح وجهة هبوبها:** كلما كانت الرياح سريعة وقادمة من جهات جافة، كانت اقدر على انتزاع جسيمات التربة، ونقلها بطرق الزحف للجسيمات الكبيرة مثل الرمال، والقفز للجسيمات الأصغر مثل الرمال الصغيرة، والتعلق للجسيمات الصغيرة جداً من الأتربة والغبار.

تعد التربة المنقولة بالرياح ذات تركيب أفضل وتحتوي على مواد غذائية تفيد النباتات، وينقلها تصبح تربة المناطق الأصلية فقيرة لها، لأن التربة الباقية تكون غير خصبة وفقيرة التركيب، فتقل كثافة الغطاء النباتي لبعض المواقع التي تذر الرياح تربتها. إذ أشارت الدراسات أن الشاطئ الشرقي لأمريكا الشمالية يستقبل سنوياً نتيجة الرياح ما يصل سمكه إلى نصف ملم من

تربة شمال أفريقيا. وان تربة منطقة الجبل الأخضر في ليبيا أغلبها تربة منقولة إليها من شمال مصر، وان سواحل فلسطين الغربية كانت تستقبل سمكا غير قليل من طمي النيل قيل إنشاء السد العالي. كذلك إن الرياح تقوم بردم بعض المناطق المزروعة، أو ما بقي من تربة بالرمال التي تحملها ربما من مئات الكيلومترات، فتغير من خصائص تلك التربة^(١).

٥: شدة الإشعاع الشمسي: مما تتصف به المناطق الجافة وشبه الجافة هو شدة الإشعاع الشمسي بسبب جفاف الهواء وصفاء السماء، وهذا يؤدي إلى ارتفاع درجات الحرارة نهارا، ويقابل ذلك انخفاض كبير في درجة حرارة الليل بسبب سرعة فقدان الإشعاع الأرضي، والذي يبلغ ذروته قبل شروق الشمس، وهذا يؤدي إلى أن يكون المدى الحراري اليومي كبير في تلك المناطق، الأمر الذي يؤدي إلى سرعة تفتت التربة، مما يساهم في عملية التصحر.

٦: ارتفاع معدلات التبخر الممكن: من أسباب التصحر ارتفاع معدلات التبخر الممكن، بسبب شدة الإشعاع الشمسي وارتفاع درجات الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية وسرعة الرياح وجفافها. وان زيادة التبخر يجعل التربة مفككة لقلة رطوبتها، وهذا يهيئ التربة لعملية التعرية بسبب الرياح، كما إن ارتفاع معدلات التبخر تؤدي إلى ارتفاع نسبة الأملاح في التربة، وهذا يمهّد لمشكلة التصحر.

٧: انخفاض الرطوبة النسبية: يعد انخفاض الرطوبة النسبية احد الأسباب الطبيعية التي تؤدي إلى حدوث التصحر، وذلك لان انخفاض الرطوبة النسبية يؤدي إلى قلة التساقط من جهة كما يؤدي إلى زيادة التبخر من جهة ثانية، فضلا عن قلة فاعلية الأمطار من جهة ثالثة، وبالتالي قلة النبات الطبيعي رابعا، وجفاف التربة خامسا، مما يمهّد للتعرية، والتملح التي تعاني منها كثير من المناطق الجافة وشبه الجافة، مسببة تدهور قابلية الأرض الإنتاجية وتصحرها.

٨: التغيرات المناخية: يرافق التغيرات المناخية تغيرات على سطح الأرض ومنها زيادة رقعة التصحر (لان التغير في التساقط والرطوبة يغير من تركيب وتوزيع الأعشاب والشجيرات. فتبدل الأعشاب بشجيرات متباعدة يعرض التربة إلى الكشف، فتزداد درجة حرارة التربة وتعرض إلى

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء ميليجي عودة، مصدر سابق، ص ١٧٠.

الجفاف، مما يعرضها إلى الرياح التي تنقلها بعيدا في الغلاف الجوي كغبار^(١).

ثانيا: الأسباب البشرية:

رغم ما ذكر من أسباب طبيعية ودورها في حدوث التصحر، إلا أن الأسباب البشرية لاتقل عنها شأنًا، لذا يمكن إيجازها على النحو الآتي:

١: **زراعة المناطق الحدية:** المناطق الحدية هي المناطق المتذبذبة الأمطار، التي تصلح كمراع طبيعية، إلا إنها أحيانا تستلم من الأمطار ما يكفي لزراعتها، فتعري الزراع على التوسع الزراعي فيها، وفي بعض السنوات تقل الأمطار عن متطلبات المحاصيل الزراعية، فتصاب بأضرار كبيرة، وربما تحبس الأمطار عن السقوط فتؤدي إلى فشل الزراعة كليا، وهذا يؤدي إلى حرمان المنطقة من نباتها الطبيعي، بعد زراعتها، كما يعرض تربتها للتعرية الريحية، بعد أن تم حراثة تربتها، وفقدت رطوبتها.

٢: **الرعي الجائر:** هو عدم قدرة المرعى على إعالة أعداد الحيوانات التي ترعى فيه، فضلا عن قيام الماعز بقلع نباتات المرعى من جذورها، مما يؤثر سلبيا على المرعى، إذ تقل نباتات المرعى تدريجيا مما يحولها إلى ارض جرداء، لاسيما إذا رافق ذلك قلة الأمطار الساقطة أو انعدامها.

٣: **إزالة النبات الطبيعي:** إن تعرض النبات الطبيعي لعملية الإزالة، لحساب النشاط البشري واستخدامات الإنسان المختلفة، جعل الأرض معرضة لخطر التصحر، وذلك لحرمان التربة من غطاءها الطبيعي الذي كان يوفر لها الحماية من مشكلة التعرية والانجراف. كما إن إزالة الغطاء النباتي الطبيعي يعني تغير الصفات المناخية للمنطقة التي تعرضت إلى الإزالة، إذ أن للغطاء النباتي مناخ محلي خاص به ذو خصائص مناخية تختلف عن مناخ ما يجاورها، كما في مناخ الغابة.

ففي حوض نهر الأمازون بأمريكا الجنوبية قام الإنسان بتدمير مساحة قدرها ١٢٦,٠٠٠ كم^٢، بما يعادل مساحة الدلتا المصرية مرة ونصف بسبب قطع الغابات، وهذا أدى إلى تدميرها، مما فسخ المجال إلى الرياح لتفكيك

(1) John T. Hardy, Climate change, john Wiley and sons Ltd, England, 2003, p. 106, 107.

الجزء العلوي من التربة وحملها بعيدا لتلقي بها في المحيط، فتحولت المنطقة إلى ارض متصحرة^(١).

٤: الحراثة العمودية: يبرز هذا العامل على وجه الخصوص في المناطق المرتفعة، إذ تتعرض التربة إلى عملية التعرية والانجراف، لاسيما بعد سقوط الأمطار، وذلك لان أسلوب الحراثة العمودية يأتي منسجما مع انحدار الأرض، وهذا يمهد لحصول التصحر، بعد تجريد المنطقة من تربتها.

٥: ري المزروعات بأكثر من متطلباتها: لايزال كثير من الفلاحين يحمل فكرة خاطئة وهو أن إعطاء المزيد من الماء للنباتات يعطي إنتاجا أفضل كما ونوعا، والحقيقة عكس ذلك إذ أن إعطاء النباتات أكثر من متطلباتها المائية يزيد من قلوية التربة، ويعرضها للتصحّر، لان هذه المياه الزائدة عن حاجة النبات تتعرض إلى التبخر تاركة ما تحمله من أملاح في التربة، كما إن المياه الكثيرة تسبب تغدق التربة، وضعف التهوية، مما يعود بالضرر على النبات، وهذا يبدو واضحا في المناطق القليلة الانحدار أو المستوية السطح، وكذلك إن كثرة المياه تصيب النباتات بالآفات، لاسيما في منطقة الجذور، كمرض التدهور البطيء والتصمغ وتعفن الجذور، مما يؤثر سلبيا على إنتاجية النباتات من الثمار، بسبب تدني قدرة الأرض الإنتاجية.

٦: الزحف العمراني: هي مشكلة تعاني منها كثير من دول العالم، لاسيما النامية منها، كالعراق. إذ يكون التوسع العمراني على حساب الأرض الزراعية، مما يؤدي إلى حرمان الزراعة من الأراضي الخصبة، فضلا عن ذلك إن الزحف العمراني يرافقه تكون بيوت من الاسمنت والحديد، وشوارع مبلطة بالإسفلت والقيّر، مما يجعل هذه المناطق ذات مناخ محلي يختلف عما كان سائدا قبل الزحف العمراني، حيث يرافق ذلك ارتفاع درجات الحرارة، وانخفاض نسبة الالبيدو، وانخفاض نسبة الرطوبة، وزيادة التبخر، وهذا يزيد من الأراضي المتصحرة على حساب الأرض الزراعية.

٧: النمو السكاني: إن ما تتصف به كثير من مناطق دول العالم الثالث والواقعة ضمن المناطق الجافة وشبه الجافة هو ارتفاع معدلات النمو السكاني، وهذا يستدعي استغلال المزيد من الأراضي سواء في الزراعة أو الرعي أو الصناعة أو التعدين، مما يجعل الإنسان يتجه نحو المناطق الرعوية واستغلالها استغلالا كثيفا للتربة، مما يؤدي إلى فقدان توازنها البيئي الذي كان سائدا، وجعلها ضمن المناطق المتصحرة.

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء ميليجي عودة، مصدر سابق، ص ١٧٠.

٨: التلوث: يعد التلوث من الأسباب البشرية الحديثة والناجمة عن مخلفات الأنشطة البشرية المختلفة ورميها في العراء، مما يفقد التربة خواصها الاعتيادية فيجعلها من المناطق المتصحرة.

مظاهر التصحر:

يوجد العديد من مظاهر التصحر التي تتصف بها المناطق المعرضة لخطر تلك الظاهرة، والتي يمكن إيجازها بالشكل الآتي:

١: حركة الكثبان الرملية باتجاه المناطق الزراعية والرعية: التي تؤدي إلى طمر النباتات والتربة الأصلية وجعلها غير صالحة للزراعة والرعي. وهذا يحصل على وجه الخصوص في المناطق المجاورة للمناطق الصحراوية التي تحتوي على هذه الكثبان الرملية، كما في المناطق الزراعية والرعية للمحافظات المحاذية للهضبة الغربية في العراق. وكما في غزو الكثبان الرملية للمناطق الزراعية في المملكة العربية السعودية، وكذلك الحال فيما تتعرض له الولايات الجنوبية الغربية من الولايات المتحدة الأمريكية. يلاحظ شكل (٤٣).

شكل (٤٣) زحف الكثبان الرملية.



المصدر:

<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/costal-dunes-aeolian-transport-53075552>

٢: انجراف التربة وتعريتها: تحصل هذه الظاهرة على وجه الخصوص في المناطق التي تتعرض لعمليات قطع الغابات وإزالة النبات الطبيعي، لتلبية

نشاطات الإنسان واستخداماته المختلفة. وهذا يعرض التربة لخطر التعرية والانجراف، لاسيما إن الكثير من النباتات الطبيعية تحتاج إلى وقت طويل لكي تنمو من جديد لاسيما الغابات، وهذا قد لا يحصل بسبب سرعة حصول عملية التعرية والانجراف، التي تسلب تلك المناطق تربتها الأصلية الغنية بالمواد المعدنية والعضوية.

٣: تملح التربة: يحصل تملح التربة وزيادة قلويتها نتيجة عدة عوامل تتمثل بإعطاء النباتات المزروعة أكثر من احتياجاتها المائية، لاسيما عند استعمال عملية الغمر إثناء الري. كما تحصل نتيجة لقلة انحدار سطح الأرض واستوائه مع عدم وجود المبازل لتصريف المياه الزائدة. ونتيجة لارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر، فإن المياه تتبخر تاركة الأملاح ورائها في التربة وعلى سطحها. وهذه الظاهرة واضحة الظهور في المنطقة الوسطى والجنوبية من العراق ضمن منطقة السهل الرسوبي.

كما يعود تملح التربة إلى الأملاح التي تحملها الأنهار إلى الأراضي التي تروبيها، لاسيما في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما في مياه انهار دجلة والفرات وشط العرب التي تعد المصدر الأساس في إرواء منطقة السهل الرسوبي، وهي تحتوي على أملاح ذائبة تزداد في فصل الجفاف وتقل في فصل الأمطار. يلاحظ جدول (٨٥).

جدول (٨٥) معدل كمية الأملاح الذائبة ونسبة الصوديوم في انهار العراق.

الموقع	النهر	التوصيل الكهربائي ميكروموز / سم		نسبة الصوديوم	
		المعدل العام	معدل موسم الجفاف	المعدل العام	معدل موسم الجفاف
سامراء	دجلة	٤٤٦	٣٧٩	٠,٤	٠,٨
بغداد	دجلة	٦٧٤	٥٠٧	٠,٧	١,٥
الكويت	دجلة	٦٧٠	٥٣٧	٠,٩	١,٦
العمارة	دجلة	٩٩٢	٦٥٠	١,٠	١,٨
القرنة	دجلة	١١٣٧	٨٨٠	١,٥	٢,٢
الفلوجة	الفرات	٦٨١	٥٦٨	١,٠	٠,٤
المسيب	الفرات	٧٠٠	٥٥٩	٠,٩	١,٣
السماوة	الفرات	١٤٤٠	٩٨٤	٢,٢	٣,٣
الناصرية	الفرات	١٣٨٦	٩٧٦	٢,٤	٣,٥
القرنة المجرى القديم	الفرات	١٥٧٦	٩٥٩	١,٧	٣,٩
البصرة	شط العرب	١٥٠٩	١١٨٢	٢,٨	٣,٢
الفاو	شط العرب	٥٠٦٤	٢٨٠٣	٦,٦	١٣,٠

المصدر: ماجد السيد ولي محمد، العوامل الجغرافية وأثرها في انتشار الأملاح بترب سهل ما بين النهرين، الجمعية الجغرافية العراقية، المجلد ١٧، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٨٦، ص ٣٢.

وفقا لذلك فان استعمال تلك المياه في الري أو نفاذها خلال الرش، يضيف إلى التربة والماء الباطني أملاحا جديدة قدرها الخبير هولسبوز نحو ١,٥ طن للهكتار الواحد في الزراعة الشتوية، و ٤ طن للهكتار الواحد في الزراعة الصيفية^(١).

٤: تدهور خصوبة التربة: تحصل هذه الظاهرة نتيجة الضغط المتزايد على التربة باستخدام الزراعة الكثيفة، مع عدم إعطاء التربة فرصة لتجديد

(١) ماجد السيد ولي محمد، العوامل الجغرافية وأثرها في انتشار الأملاح بترب سهل ما بين النهرين، الجمعية الجغرافية العراقية، المجلد ١٧، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٨٦، ص ٣٣.

خصوبتها، وعدم استعمال الدورة الزراعية، وعدم استخدام الأسمدة العضوية، مما ينهك التربة فتقل خصوبتها. وباستمرار الزراعة تصبح التربة غير مجدية اقتصادياً بسبب سوء إدارة المزرعة.

٥: كثرة تكرار العواصف الترابية والغبارية: مما تنتصف به المناطق المتصحرة هو زيادة تكرار العواصف الترابية والغبارية، وظواهرها من الغبار المتصاعد والعالق، بسبب قلة الأمطار وارتفاع معدلات التبخر وجفاف التربة وقلة الغطاء النباتي.

درجات التصحر:

نتيجة لخطورة التصحر وزيادة رقعة الأراضي المتصحرة، أُنْتُبِه العالم لخطورة هذه الظاهرة، فتم عقد المؤتمرات، كمؤتمر الأمم المتحدة عن التصحر في نيروبي بكينيا عام ١٩٧٧، وحدد المؤتمر أربع درجات للتصحر هي^(١):

١: التصحر الخفيف Slight desertification: وفيه يكون تدمير طفيف وموضعي في الغطاء النباتي. وتوجد هذه الدرجة من التصحر في المناطق الصحراوية حيث يكون تراجع طفيف في الغطاء النباتي. وكذلك تتواجد في بعض الأراضي الزراعية متمثلة في بدء تراكم الأملاح، أو تغير طفيف في مواصفات بنية التربة.

٢: التصحر المعتدل Moderate desertification: وفيه يحدث تلفاً متوسطاً للغطاء النباتي، وتعرية وانجراف بسيط للتربة، تنشأ عنها بعض الكثبان الرملية أو الأخاديد، مع زيادة ملوحة التربة. ويترتب على مثل هذه الدرجة من التصحر انخفاض إنتاجية التربة الزراعية بنسبة ٢٥%، ويمثل التصحر المعتدل المرحلة الحرجة التي يجب أن يبدأ عندها إتباع أساليب مكافحة التصحر.

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عوده، مصدر سابق، ص ١٧٤، ١٧٥.

٣: **التصحّر الشديد severe desertification**: في هذه الدرجة من التصحر يزداد نشاط انجراف التربة بفعل الرياح والماء، وتتعرى التربة، وتتكون الأخاديد الكبيرة، وتزداد ملوحة الأرض، وتتنخفض إنتاجيتها الزراعية بنسبة ٥٠%، وتنتشر الحشائش والشجيرات غير المطلوبة على حساب الأنواع المرغوبة، وفي هذه المرحلة من التصحر يمكن استصلاح التربة، ولكن بتكاليف باهظة.

٤: **التصحّر الشديد جدا very severe desertification**: هو أقصى درجات التصحر وتدهور النظام البيئي الذي يمكن أن يبلغهما، إذ تصبح الأرض جرداء، وتحول إلى كثبان رملية أو أودية أو مناطق صخرية عارية، وكذلك تتملح التربة بدرجة عالية، وتفقد قدرتها الإنتاجية، وفي هذه المرحلة من التصحر تتحول الأراضي إلى صحار حقيقية، وتصبح عملية استصلاحها صعبة وغير اقتصادية.

الآثار المترتبة على التصحر:

تعددت الآثار المترتبة على مشكلة التصحر في العالم، ويمكن ذكر بعض من هذه الآثار:

١: إن إحصائيات الأمم المتحدة أكدت أن أكثر من ٢٥٠ مليون نسمة من سكان العالم يتضررون بشكل مباشر من التصحر. وأن ١٣٥ مليوناً آخرين يواجهون أخطار احتمال مغادرتهم أراضيهم، وأن سبل العيش لنحو بليون نسمة محاطة بالأخطار. كذلك تشير الإحصائيات إلى أن ٧٠% من جميع الأراضي الجافة المستخدمة في الزراعة في حالة متردية، وأن أكثر من ١١٠ بلداً في العالم فيها أراض معرضة للتصحّر. وأن التصحر يكلف العالم ٤٢ بليون دولار سنوياً من رصيد ومستقبل الأجيال القادمة. وهذا المبلغ عبارة عن قيمة الخسائر الناجمة عن فقد خصوبة ٢٤ مليون طن من طبقة تربة الأراضي الزراعية سنوياً على سطح الأرض.

٢: وفقاً لتقديرات مؤسسة ورلدوتش فإن الأرض فقدت خلال العقدين الماضيين من التربة السطحية ما يكفي تغطية كل المساحات المزروعة في الولايات المتحدة الأمريكية. كذلك تم تدمير نصف الأراضي التي ترعى الماشية على إغصانها في العالم، خلال الثلاثين عاماً الماضية. إضافة إلى اختفاء الكثير من الغابات في أنحاء العالم، لاسيما في العالم الثالث. وسبق أن

تم إعطاء مثال تدمير بعض نباتات غابات الأمازون بمساحة كبيرة تقدر بمرة ونصف قدر مساحة دلتا نهر النيل وأصبحت عرضة لتعرية الرياح.

٣: تخسر بعض أكثر بلدان العالم كثافة سكانية كالصين والهند ومصر بسبب التصحر مساحات كبيرة من الأرض والتي كان يعيش عليها كثير من السكان. فقد أثبتت الدراسات الأركيولوجية التي أجريت على جنوب الصحراء الغربية، وجود آثار لبحيرات شاسعة كانت ممتلئة بالمياه العذبة، وكان يعيش على ضفافها البشر منذ حوالي ٢٠٠,٠٠٠ سنة. وكان معهم من الزرافات والفيلة وغيرها، وكان يعيش في البحيرات أنواع عديدة من الأسماك، والتماسيح وبعض الحيوانات الأخرى. واستمرت هذه المنطقة عامرة بالحياة والأحياء حتى قرابة ٦٠,٠٠٠ سنة، عندما بدأ الجفاف يصيبها فتحولت إلى صحراء جرداء، لا يتخيل أحد اليوم أنها كانت عامرة بالبشر والحياة في السابق.

٤: يهدد التصحر الأمن الغذائي العالمي، لاسيما في الدول النامية، ومنها الدول العربية، التي تعد من أكثر مناطق العالم عرضة لخطر التصحر، لأن بيئتها هشة وحساسة وغير مستقرة، وقد أثبتت الدراسات أن شعوب العالم عامة، والعالم النامي خاصة، ستواجه مستقبلا مشكلة تأمين الغذاء، فمع استمرار عمليات التصحر في الدول النامية، تستمر الزيادة في فقدان الأرض الزراعية، وبالتالي نقص غذاء الإنسان والحيوان في هذه الدول، وهو ما يهدد بقائها مستقبلا.

مكافحة التصحر:

يوجد العديد من الطرق والسبل الكفيلة بمعالجة التصحر، التي يمكن ذكرها على النحو الآتي:

١: الحفاظ على النبات الطبيعي، والاستخدام العقلاني له، لحماية التربة من خطر الانجراف والتعرية.

٢: إنشاء ميازل في المناطق ذات الانحدار القليل، أو الأراضي المستوية، لتصريف المياه الزائدة عن حاجة النبات، والحيلولة دون ارتفاع المياه الباطنية.

٣: استعمال الرعي المنظم، والحد من استعمال الرعي الجائر.

٤: تثبيت الكثبان الرملية، أو منعها من الوصول إلى الأراضي الزراعية، سواء بعمل الاسيجة النباتية، أو باستخدام طرق أخرى كحفر الخنادق

والجداول أمام تحرك الكتبان الرملية، أو تغطيتها بالحجارة، أو رشها بالزيت ومواد بترولية أخرى تحد من حركتها.

كما يمكن استخدام مواد كيميائية كمحلول كلوريد الكالسيوم، لزيادة تماسك ذرات التربة، أو استخدام مادة الكوروسول Curosol A.E في تثبيت الكتبان الرملية، إذ تكون هذه المادة محلولاً بلاستيكية غروياً عند خلطها بالماء، مكونة طبقة بلاستيكية مطاطية شفافة عديمة الضرر بالنبات، لأنها مسامية تسمح للبذور المغمورة والنباتات من التنفس وحصولها على مياه الأمطار^(١).

٥: ترك الأراضي الحدية أو الهامشية كمناطق لرعي الحيوانات بصورة منظمة.

٦: استخدام الزراعة الكنتورية أو الشريطية أو زراعة المدرجات في المناطق المرتفعة والمنحدرة وفقاً لدرجة الانحدار، للحفاظ على التربة من الانجراف والتعرية، يلاحظ شكل (٤٤).

شكل (٤٤) زراعة كنتورية.



المصدر:

<https://www.google.iq/search?q=contour+agriculture&aq>

(١) ماجد السيد ولي محمد، الكتبان الرملية في سهل ما بين النهرين أسبابها وطرق الوقاية منها، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد الحادي والعشرون، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٨٧، ص ٨٣، ٨٤.

- ٧: استخدام وسائل الري الحديثة في الزراعة كالري بالتنقيط، والري بالمرشات، وفقا لمقننات النبات المائية، لتجنب الهدر في المياه، وعدم إعطاء النباتات أكثر من حاجتها.
- ٨: الأهتمام بالبناء العمودي، ومنع قيام المنشآت المدنية في الأراضي الزراعية الخصبة.
- ٩: تجديد خصوبة التربة بإتباع أسلوب الدورة الزراعية، واستخدام الأسمدة العضوية، ومكافحة الآفات الزراعية، لاسيما إتباع طريقة مكافحة الحيوية أو المتكاملة.
- ١٠: عدم رمي الأنقاض ومخلفات الأنشطة البشرية في الأراضي الزراعية والرعوية، وسن القوانين التي تكفل ذلك.
- ١١: استخدام النفايات والأنقاض والمخلفات البشرية في توليد الطاقة الكهربائية واستخراج السوائل المفيدة منها كالميثانول والميثان بدلا من رميها في الأراضي الزراعية والرعوية، انسجاما مع دول العالم المتطورة.
- ١٢: معالجة التربة وغسلها من الأملاح.
- ١٣: تحديد النمو السكاني، لاسيما في الدول النامية، وتحديدًا التي تقع في المناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تكون الأرض الزراعية والرعوية محدودة.

نماذج في مكافحة التصحر:

١: تأسيس الأشجار في أراضي شديدة التصحر في السودان:

يشكل الزحف الصحراوي وحركة الرمال خطورة على الأراضي الزراعية في السودان، وحصل هذا نتيجة للاستخدام غير الصحيح للأراضي الهامشية التي ازدادت سوءا بفعل الجفاف الذي حدث في العقود الأخيرة من القرن العشرين. ويعد مشروع الجزيرة في السودان من اكبر المشاريع المروية في العالم تحت إدارة واحدة ، وهو من المشاريع التي تعرضت لخطر التصحر. ويقع مشروع الجزيرة في منطقة جافة ذات تبخر عال تتراوح كمية الأمطار السنوية فيه بين ٢٥٠ - ٤٠٠ ملم، وتسقط خلال المدة من تموز إلى أيلول. وتعرضت الأراضي التي تحيط بالمشروع والتي تغطي مئات

الكيلومترات لتدهور مربع وصل مرحلة تكون الكثبان الرملية المتحركة في هذه المنطقة^(١).

إن حركة الرمال من هذه المنطقة تسبب إضرارا كثيرة للمشروع، لاسيما لنظام الري، وذلك بقلها لقنوات الري، أو تغييرها لمستوى الأراضي، الأمر الذي يتعارض مع نظام الري بالجاذبية، والذي يستخدم في مشروع الجزيرة. علاوة على ذلك إن التربة الطينية تتأثر تأثرا كبيرا في ملمسها وتكوينها وخصوبتها. وحدث هذا الضرر لمساحات كبيرة من الأراضي (الآف الأفدنة) والتي لم تعد صالحة للإنتاج. وان وقف هذا الخطر يستدعي معالجة علمية وسريعة. حيث قامت إدارة المشروع بإنشاء أحزمة واقية متاخمة للمشروع ومقابلة للجهة التي تهب منها الرياح وتتقدم الرمال. وتتكون هذه الأحزمة من عدة صفوف من أشجار ألبان الغرض منها وقف زحف الرمال إلى المشروع. إلا انه اتضح من معدل ترسب الرمال داخل الأحزمة الواقية بأنها ستتأثر تأثرا كبيرا من تراكم الرمال وستموت الأشجار. ودرءا للخطر لابد من وقف الرمال عند مصادرها الأولية (خارج المشروع) والتي أصبحت أراضي جرداء لإنبات فيها إلا القليل من الشجيرات المقاومة للظروف القاسية المتمثلة بالتصحر والجفاف وشدة الحرارة. وهنا لابد من إقامة غطاء نباتي خاص من الأشجار التي تتحمل مثل هذه الظروف لمنع حركة الرمال عند المصدر الأولي لها. لذا لابد من توفر ظروف محلية تمت تجربتها، تتمثل بالري بالتقطير وذلك باستخدام آواني بلاستيكية، وحوض تجميع صغير للمياه على شكل حرف V^(٢).

تمت الحماية من العواصف الرملية بإقامة صفوف متعددة من الجداول كمصائد للرمال المتحركة بلغ عددها في البداية ثمانية جداول، ثم تمت زيادتها إلى ١٦ جدول بعد ظهور الترسبات. وبلغ عرض الجدول الواحد نحو مترا بينما يبلغ عمقه ٥٠ سم. واستخدمت الأحزمة الشجرية من الكافور لمقاومة زحف الرمال المهددة للمشروع. وأثبتت هذه التقنية نجاحها حيث إن

(١) أحمد الطيب أحمد آخرون، تأسيس الأشجار في أراضي شديدة التصحر، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الأول، العدد الأول، الأمانة العامة لاتحاد مجالي البحث العلمي العربية، بغداد، ١٩٨٨، ص ٢٣، ٢٤.

(٢) نفس المصدر، ص ٢٤، ٢٥.

أشجار الكافور حمت المشروع نهائياً من زحف الرمال عليه ولم تمت رغم إن ارتفاع الرمال المحجوزة في الجانب المواجه للرياح فاق الثلاثة أمتار. أما التقنية الثانية فهي استخدام الري عن طريق التنقيط، وتراوحت نسبة نجاح تأسيس الغطاء الشجري ما بين ٤٨% للسيال و٤٤% للمرخ و٢٨% للمسكيت للمزروعات غير المحمية من زحف الرمال. بينما تراوحت نسبة النجاح للمزروعات المحمية ٦٣% للسيال، و٥٢% للمرخ، و٣٧% للمسكيت. أما التقنية الثالثة فاستخدمت فيها حصاد مياه الأمطار والتي فاقت فيها نسبة نجاح السيلال ٩٩%، والسدر ٧٨%. أما بالنسبة للنباتات التي لم يستخدم فيها الري أو حصاد مياه الأمطار، فإنه لم يسجل أي نسبة للنجاح^(١).

دور التشجير في صيانة التنوع الحيوي في سوريا:

أدركت سوريا الأخطار التي يمكن أن تنتج بسبب حدوث التصحر، وكذلك أهمية التشجير في الحد من ذلك. لذلك قامت وبالتعاون مع برنامج الغذاء العالمي WFP بتنفيذ مشروع الحزام الأخضر، وكذلك نفذت بالاشتراك مع المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة مشروع تثبيت الكثبان الرملية في منطقة الكسرة قرب دير الزور. حيث تتصف المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية من سوريا بنظام بيئي رهيف وحساس لكون أراضي هذه المنطقة تمثل جزءاً من البادية السورية. حيث يتميز الغطاء النباتي بسيادة النباتات الرعوية مع بعض التداخلات لمناطق غابات طبيعية مثل غابات الحور الفراتي المتواجد على ضفاف نهر الفرات، وغابة البطم الأطلسي في مناطق جبل البشري وجبل عبد العزيز. إن ظاهرة التصحر التي كانت في الماضي محدودة الانتشار قد بدأت بالتوسع نتيجة تدهور الغطاء النباتي الذي رافق تدهور التربة وانخفاض إنتاجيتها. ومن أهم أسباب ذلك هو قطع الأشجار والرعي الجائر وحراثة الأرض بهدف زراعتها بمحاصيل القمح والشعير. الأمر الذي أدى إلى غياب الغطاء النباتي الطبيعي، وتعرض أنواع نباتية للانقراض، فأصبحت التربة عرضة للانجراف. وأصبحت العواصف الغبارية مظهراً مميزاً للمنطقة الشرقية والشمالية الشرقية. لذا تم اختيار ثلاثة مواقع لمشروع الحزام الأخضر وهي موقع عياش وموقع

(١) نفس المصدر، ص ٢٥-٢٧.

البغيلية وموقع طريق الشام. وموقعي أبو ذر الغفاري والصفة (الكبر) التابعين لمشروع تثبيت الكتبان الرملية في منطقة الكسرة^(١).

تقع المنطقة المدروسة ضمن المناخ الجاف ذو الشتاء البارد والصقيع يحدث بشكل عالي، وتتميز المنطقة بقلّة الأمطار، إذ يصل معدل الأمطار في بعض السنوات نحو ٢٥٠ ملم / سنة، وينخفض إلى ٨٠ ملم في السنة في بعض السنين، أما متوسط التساقط السنوي فيبلغ نحو ١٦٥ ملم، وتسقط في فصلي الشتاء والربيع. وان تربة المواقع المختلفة لمشروع الحزام الأخضر هي التربة الجبسية التي يتراوح محتوى الجبس فيها ما بين ١١ – ١٩,٧% من سطح الأرض إلى عمق ٩٥ سم. أما تربة موقعي أبو ذر الغفاري والصفة التابعين لمشروع تثبيت الكتبان الرملية في منطقة الكسرة فتتبع إلى رتبة Antisols، أي الأراضي الحديثة التكوين. فموقع أبو ذر الغفاري كانت قوام الكتبان الرملية فيه مزيجي رملي فقيرة بالمادة العضوي. وسيتم التطرق إلى تلك المواقع كالآتي^(٢):

أ: موقع البغيلية: هو أول موقع من مواقع الحزام الأخضر التي تم إنشائها في محافظة دير الزور. وتبلغ المساحة المشجرة نحو ٣٠٠٠ دونم. وبدأت أعمال التشجير فيه ابتداء من موسم ١٩٨٢ – ١٩٨٣. إذ تم استخدام أنواع حراجية في المرحلة الأولى وبعد ذلك تم إدخال أنواع مثمرة ابتداء من عام ١٩٨٦. واهم الأنواع الحراجية التي تم استخدامها في عمليات التشجير لهذا الموقع هي الصنوبر البروتي والصنوبر الثمري والسرو دائم الاخضرار العمودي والسرو دائم الاخضرار الأفقي والازدرخت والكازورينا والاكاليبتوس والبطم الأطلسي والنخيل الثمري.

ب: موقع عياش: يقع هذا الموقع على بعد ٧ كم غربي مدينة الزور على الطريق الواصلة بين دير الزور وحلب. وتبلغ مساحته ١٥٠٠ دونم. وبدأت أعمال التشجير فيه عام ١٩٨٦. واهم الأنواع الحراجية المستخدمة فيه

(١) إبراهيم حنا وعامر مجيد أغا، دور التشجير الحراجي الوقائي في صيانة التنوع الحيوي في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية من القطر العربي السوري، المجلد الثاني، العدد الثاني، الأمانة العامة لاتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، ١٩٩٩، ص ٥٤، ٥٥.

(٢) نفس المصدر، ص ٥٦ – ٦٠.

الصنوبر الحلبي والصنوبر البروتي والاولكاليبتوس والغلاديشيا وزهرة العنقود والبطم الأطلسي والكازورينا والسماق والسرو دائم الاخضرار العمودي والنخيل الثمري.

ج: موقع طريق الشام: يقع غرب طريق دير الزور - تدمر - دمشق. وانشأ الموقع عام ١٩٨٦، ومساحته الإجمالية ٥٠٠٠ دونم. وكان معظم التشجير على شكل خطوط على جوانب الطريق العام. واهم الأنواع الحراجية المستخدمة هي الصنوبر الحلبي والصنوبر البروتي والاولكاليبتوس والكازورينا والغلاديشيا والسرو العمودي والسرو الأفقي والدفلة.

د: مشروع الكثبان الرملية في الكسرة: وفيه تم إجراء عملية التثبيت الحيوي باستخدام الأنواع التالية: الحور الفراتي والطرفة والرغل.

لقد كانت مواقع مشروع الحزام الأخضر في الماضي مرتعا خصبا للحيوانات والطيور البرية التي انحسرت مع ظهور التصحر في هذه المواقع، إلا أن كثيرا منها عادت للظهور مرة ثانية بعد تطبيق قانون الحماية، وإنشاء مشروع الحزام الأخضر، ومشروع تثبيت الكثبان الرملية في مدينة الكسرة. إذ أن عودة الحياة الحيوانية والغطاء النباتي الطبيعي، ونجاح عملية الحد من انجراف التربة وبالتالي زيادة قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه وبشكل تدريجي إلى المنطقة تؤكد الدور الايجابي الذي يمكن أن تلعبه مثل هذه المشاريع في صيانة التنوع البيولوجي، والحد من التدهور البيئي، وتحسين الخواص الإنتاجية للتربة ووقف ظاهرة التصحر^(١).

٣: التصحر في مصر:

إن ما تتعرض له أراضي الزراعة المروية من تملح وقلوية وارتفاع منسوب الماء الأرضي في مصر، يرجع سببه إلى اختلال التوازن بين الري الزائد والصرف القاصر، ويضاف إلى ذلك السليبيات الناتجة عن جرف الأرض الزراعية، وتوغل العمران في المدن والقرى على حساب أجود الأراضي الزراعية. كما إن من ظواهر التصحر في مصر هو ما تتعرض له أراضي الزراعة المطرية من عوامل التعرية والانجراف وزحف الكثبان

(١) نفس المصدر، ص ٦١، ٦٢.

الرملية المنتشرة في الصحراء الغربية، وما تمثله من تهديدات للوحدات وشبكات الطرق والمناطق الغربية الزراعية في صعيد مصر. فضلا عن ما تواجهه مشاريع التوسع الزراعي التي تعتمد على إعادة استخدام مياه شبكة الصرف الزراعية من مشاكل تدني نوعية مياه الري وما تحمله من ملوثات^(١).

لمكافحة التصحر في مصر تتبع عدة أساليب هي: ترشيد استخدام مياه الري عن طريق إتباع طرق الري الحديثة كالرش والتنقيط في الأراضي الجديدة، فضلا عن تطوير شبكات الري وضبط مقننات الري، وإتباع برامج لتحسين شبكات الصرف الزراعي، وبرامج لتحسين التربة، وتنفيذ مشاريع مقاومة زحف الرمال، وتثبيت الكثبان الرملية، وتنمية المراعي الطبيعية، لاسيما في النطاق الساحلي الشمالي، وفي مناطق شبه جزيرة سيناء، فضلا عن تطبيق تشريعات منع جرف الأراضي الزراعية ووضع ضوابط تحويل الأراضي الزراعية إلى استخدامات غير زراعية. وإقامة عدة مشاريع لاستصلاح الأراضي الصحراوية، وإيقاف زحف الصحراء على المزيد من الأراضي، ومن هذه المشاريع: مشاريع الساحل الشمالي الغربي، ومشروع الوادي الجديد، ومشروع مديرية التحرير، ومشروع توشكي^(٢).

(١) عبد الرحمن السعدني وثناء مليجي عوده، مصدر سابق، ص ١٧٩، ١٨٠.

(٢) نفس المصدر، ص ١٨٠.

الفصل الثامن عشر

كوارث مناخية

Climatic Disasters

الفصل الثامن عشر

Climatic Disasters كوارث مناخية

أولاً: الجفاف Aridity:

مفهوم الجفاف:

الجفاف ظاهرة مناخية بيئية من سماتها قلة الأمطار وتذبذبها، وشدة الإشعاع الشمسي، وارتفاع درجات الحرارة، فضلاً عن ارتفاع معدلات التبخر، واشتداد تأثير الرياح.

كان لنشر أول خريطة لخطوط المطر المتساوي للعالم أثره الكبير في اختيار كمية الأمطار الساقطة في تحديد الجفاف. واختير خط المطر المتساوي ٢٥٠ ملم حداً بين المناطق شبه الجافة وشبه الرطبة، وخط المطر المتساوي ١٢٧ ملم حداً بين المناطق الجافة وشبه الجافة. إلا أن هذا الاختيار كان يشوبه تعميم كبير، لأن قيمة الأمطار الفعلية تتباين من منطقة إلى أخرى ومن فصل إلى آخر اعتماداً على درجات الحرارة^(١). فربما تسقط كمية متساوية من الأمطار على منطقتين مختلفتين حرارياً، وكانت الأولى ذات حرارة تبلغ نحو ٢٥°م، أما الثانية فكانت ذات درجة حرارة تبلغ نحو ١٥°م، فإن قيمة الأمطار الفعلية تكون في المنطقة الأولى أقل من قيمتها في المنطقة الثانية، لارتفاع درجات الحرارة في المنطقة الأولى وانخفاضها في المنطقة الثانية. فضلاً عن ذلك إذا سقطت نفس الكمية من الأمطار في فصلين وهما فصلي الشتاء والصيف، فإن الكمية التي سقطت شتاءً تكون أكثر قيمة من الكمية التي سقطت صيفاً، وذلك لانخفاض درجات حرارة فصل الشتاء وارتفاع درجة حرارة الصيف.

أنواع الجفاف:

يوجد الجفاف على ثلاثة أنواع:

(١) قصي عبد المجيد السامرائي وعبد مخور نجم الرياحي، جغرافية الأراضي الجافة، مصدر سابق، ص ٢٧.

١: **الجفاف الدائم:** هو الجفاف الذي يحصل نتيجة قلة الأمطار، وتذبذبها، فهي لا تكفي للنشاط الزراعي، إلا باستعمال الري من الأنهار والبحيرات العذبة أو من المياه الجوفية. وينتشر هذا النوع من الجفاف في المناطق الصحراوية من العالم كالصحراء الكبرى في شمال أفريقيا وصحراء شبه الجزيرة العربية في جنوب غرب آسيا، والهضبة الغربية من العراق وصحراء لوط في إيران وغيرها.

٢: **الجفاف المؤقت:** هو الجفاف الذي يحصل نتيجة انقطاع سقوط الأمطار في فصل معين، مع كفايتها في فصل آخر. فتقام الزراعة اعتمادا على الأمطار في فصل سقوطها، أما في حال انقطاعها فيتم الاعتماد على الري، كما في إقليم البحر المتوسط الذي تسقط أمطاره شتاء وتنقطع صيفا، وإقليم السفانا الذي تسقط أمطاره صيفا وتنقطع شتاء.

٣: **الجفاف المفاجئ:** هو الجفاف الذي لا يمكن توقع حدوثه، ويحصل في المناطق الرطبة وشبه الرطبة، لأسباب معينة لا يمكن تلافيها، الأمر الذي يصيب الزراعة بإضرار كبيرة كما ونوعا، لأن الزراعة في المناطق الرطبة وشبه الرطبة تعتمد كليا على الأمطار الساقطة، ولم يتخذ الإنسان الإجراءات اللازمة للري حال انقطاع الأمطار عنها، وهذا يكبد المزارعين خسائر كبيرة.

ففي شمال شرق البرازيل استغلت تلك المنطقة أولا من قبل الأوربيين في الزراعة، وكانت أكثر السنوات ذات تربة جيدة وطقس ممتاز ساعد على استغلال أراضيها بمحاصيل السكر والقطن ذي التيلة القصيرة، إلا أن الجفاف الذي حدث خلال المدة ١٨٧٧ - ١٨٧٩، سبب هجرة السكان والمزارعين من شمال شرق البرازيل إلى السفوح الجبلية الرطبة وأجزاء البرازيل الأخرى^(١).

أسباب الجفاف:

للجفاف أسباب طبيعية عديدة ترتبط بالمناخ بصورة أو أخرى وهي:

(١) Lester E. Klima and other, Introductory economic geography, third edition, Harcourt, brace and company, USA, 1965, p. 572.

١: **الدورة العامة للرياح:** للدورة العامة للرياح دور مهم في وجود اكبر المساحات الجافة على سطح الأرض، (وذلك عن طريق الحركة العمودية والأفقية للهواء التي تعمل على توزيع طاقة الإشعاع الشمسي والإشعاع الأرضي بين دوائر العرض المختلفة^(١)). فهي تقوم بنقل الطاقة الفائضة من الدائرة الاستوائية باتجاه القطبين، ونتيجة لدوران الأرض حول نفسها يهبط جزءا منها في عروض الثلاثين، مكونة منطقة لتفرق الهواء عند سطح الأرض تمنع سقوط الأمطار، لان الهواء يكون على شكل تيارات نازلة، فتتكون اكبر انطقة الضغط العالي شبه المداري، الذي سبب الجفاف لأراضي واسعة من سطح الأرض، كالصحراء الكبرى في شمال أفريقيا، وصحراء شبه الجزيرة العربية في جنوب غرب آسيا في النصف الشمالي، والصحراء الاسترالية في النصف الجنوبي.

٢: **تحرك انطقه الضغط العالي:** يتحرك نطاق الضغط العالي شبه المداري مع حركة الشمس الظاهرية، فعندما تتحرك الشمس باتجاه مدار السرطان صيفا فان نطاق الضغط العالي شبه المداري يتحرك شمالا مسببا انقطاع الأمطار في فصل الصيف عن إقليم البحر المتوسط، بينما عندما تتحرك الشمس باتجاه مدار الجدي شتاء، فان نطاق الضغط العالي شبه المداري يتحرك جنوبا مسببا انقطاع الأمطار الشتوية عن إقليم السفانا، ولهذا دوره في زيادة مساحة المناطق شبه الجافة والجافة.

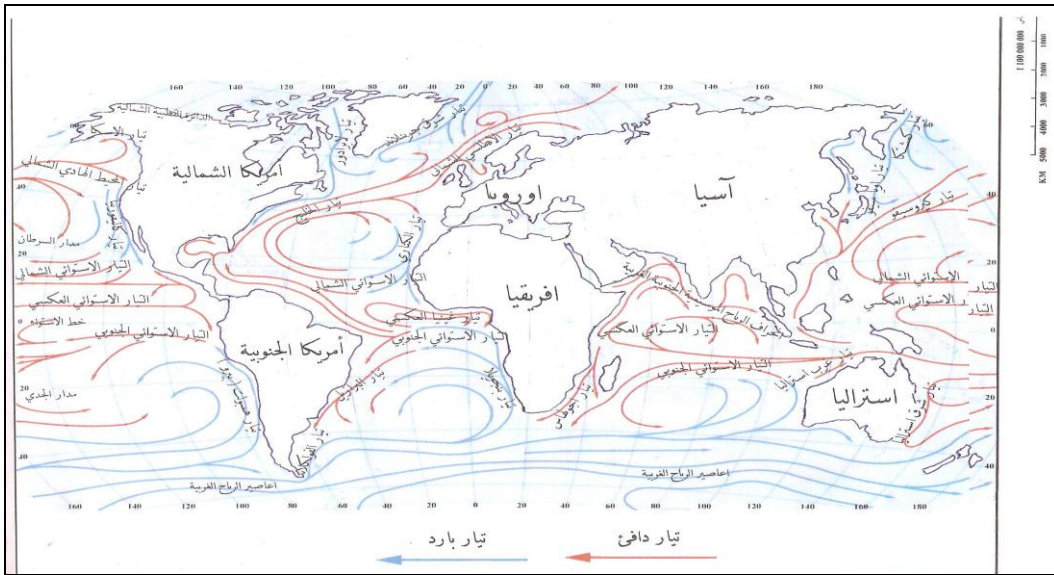
٣: **المرتفعات:** تستلم السفوح الجبلية المواجهة للرياح كميات وفيرة من الأمطار، ولكن حال اجتياز الرياح تلك السفوح ونزولها على السفوح الخلفية للجبال، فإنها تكون رياح جافة، لأنه بنزولها ترتفع درجة حرارتها، فتزداد قابليتها على حمل بخار الماء، فيقل التساقط أو ينعدم، مسببة مناطق جافة للأراضي التي تقع في ظل المطر كالصحاري والأراضي الجافة وشبه الجافة المنتشرة إلى الشرق من جبال روكي في أمريكا الشمالية، وإلى الشرق من جبال الانديز في أمريكا الجنوبية.

٤: **التيارات البحرية:** تعد التيارات البحرية الباردة من أسباب وجود المناطق الجافة وشبه الجافة، لأنها تسبب استقرار الهواء، وانعدام تيارات الهواء

(1) Gleen T. Trewartha, Arthur H. Robinson and Edwin H. Hammond, physical elements of geography, op. cit, p. 72.

الصاعدة، مع احتفاظه برطوبة قليلة لانخفاض درجة حرارته، إذ تقل مقدرة على حمل بخار الماء. كما في مرور تيار كناري قرب سواحل شمال غرب إفريقيا مسببا الصحراء الغربية، وتيار همبولت المسبب لصحراء اتكاما، وتيار بنجويلا المسبب لصحراء ناميبيا، يلاحظ خريطة (٣).

خريطة (٣) التيارات البحرية في العالم.



المصدر: مازن مغايري، موسوعة أطلس العالم، دار الرضوان، حلب، سورية، بلا تاريخ، ص ٢١.

٥: الموقع القاري: ويعنى به الابتعاد عن المسطحات المائية، والتأثيرات البحرية، كما في صحاري وسط آسيا كصحراء تكلاماكان وغوبي.

٦: التقاء الكتل الهوائية المختلفة الخصائص: كما في التقاء كتلة هوائية دافئة رطبة وكتلة هوائية دافئة جافة، إذ تصعد الكتلة الدافئة الجافة فوق الكتلة الدافئة الرطبة، لأنها أخف وزناً منها، فتعمل على حدوث نوع من الاستقرار، وانعدام التساقط، كما في صحراء ثار في الهند.

نتائج الجفاف:

للجفاف آثار خطيرة جداً يمكن إيجازها على النحو الآتي:

١: تكون الكثبان الرملية وزحفها نحو الحقول الزراعية، مؤدية إلى اختناق النباتات، وتغير خصائص التربة.

٢: زيادة تكرار العواصف الترابية والغبارية: وهي ظاهرة واضحة في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما في معظم العواصف الترابية والغبارية الهابة على معظم أراضي العراق كالناصرية والبصرة وبغداد.

٣: التعرية الريحية: للرياح قدرة كبيرة على التعرية ونقل الغبار إلى أماكن بعيدة، كلن تكون من قارة إلى أخرى، كما في الغبار القادم إلى جزر هاواي من أراضي حقول الصين عبر المحيط الهادي، وكذلك يقدر ما تحمله الرياح من صحاري شمال أفريقيا بنحو بليون طن من التربة التي تعبر بها البحر المتوسط والمحيط الأطلسي قاطعة مسافة تبلغ نحو ٥٠٠٠ كم (٣٠٠٠) ميل مرسبة إياها في جزر البحر الكاريبي، كما يقدر ما تحمله الرياح الهابة فوق حوض نهر المسيسيبي بنحو ١٠٠٠ مرة مقدار ما يحمله النهر نفسه^(١). وفي الجفاف الذي حل بالسهول العظمى الأمريكية سنة ١٩٣٠ تكونت سحباً من الغبار ظلمت السماء وسط النهار في سانت لويس وشيكاغو بسبب طبيعة البيئة السهلية الحساسة لتأثير الرياح المستمر حتى أصبحت الأرض عارية مجردة من التربة التي نقلت بعيداً في السنوات الجافة، في حين كانت البيئة قبل أن يحل فيها الجفاف غير ذلك لعشرات السنين^(٢).

٤: تملح التربة: وتحصل نتيجة لارتفاع درجات الحرارة، التي تؤدي إلى ارتفاع معدلات التبخر، وتبخر المياه تبقى الأملاح على التربة مسببة زيادة قلويتها، وهذا يحصل إما لارتفاع مناسيب المياه الجوفية، أو بسبب الخاصية الشعرية.

٥: قلة الغطاء النباتي الطبيعي أو انعدامه: إن قلة الغطاء النباتي الطبيعي نتيجة حتمية للمناخ الجاف ذو الأمطار المحدودة، وربما ينعدم الغطاء النباتي نهائياً في الترب المالحة، والسنوات التي تقل فيها الأمطار كثيراً، وإن نمت بعض الأنواع النباتية فتكون متكيفة مع هذه البيئة الجافة، إذ تكون هذه النباتات ذات جذور عميقة وغلظتها القوام، تحاول الاقتراب من المياه الجوفية،

(1) William P. Cunningham, Mary Ann Cunningham and Barbara Woodworth Sigo, Environmental science, ninth edition, Mc graw – hill companies , New York, USA, 2007, p. 197.

(2) George F. Carter Man and land, second edition, holt Rinehart and Winston, USA, 1968, p. 410.

فضلا عن ذلك إن جذوع النباتات تكون ذات قشرة سميكة للحيلولة دون فقدان الماء عن طريق النتح، لاسيما إن أوراق النباتات تكون صغيرة الحجم وابعريه الشكل مغطاة بمادة شمعية أو شعرية.

٦: محدودية المساحات الزراعية وفقا لوفرة المياه المستخدمة للإرواء سواء كانت من الأنهار أو البحيرات العذبة أو المياه الجوفية.

٧: هجرة الحيوانات وكثير من الطيور من المناطق التي تتعرض للجفاف إلى المناطق الأكثر رطوبة، لان البيئة الجافة القليلة الماء والنبات تشكل بيئة طاردة للكثير من الأحياء لعدم قدرتها على إعالتها.

٨: زيادة نسبة الأملاح في مياه الري، بسبب ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع معدلات التبخر.

٩: قلة المراعي الطبيعية، وهذا يحدد أعداد الماشية في هذه البيئات.

١٠: ارتفاع أسعار بعض المنتجات الزراعية من منتجات نباتية ولحوم وألبان، لمحدودية الأرض الزراعية والمراعي والمياه والماشية.

١١: انخفاض كمية المياه الجارية في الأنهار، وانخفاض مناسب المياه الجوفية، لقلة الأمطار الساقطة.

١٢: صعوبة استغلال بعض المعادن ومصادر الطاقة لعدم توفر المياه.

١٣: التوسع في ظاهرة التصحر.

كيفية مواجهة الجفاف:

يمكن مواجهة الجفاف بعدد من السبل المقترحة منها:

١: استخدام طرق الري الحديثة للاقتصاد بمياه الري قدر المستطاع.

٢: استخدام طريقة الحصاد المائي في المناطق الجافة وشبه الجافة.

٣: استنباط سلالات نباتية جديدة لها متطلبات مائية قليلة.

٤: زراعة الأنواع والأصناف النباتية التي تلائم البيئة ولا تتطلب كميات كبيرة من المياه.

٥: زراعة الاسيجة النباتية، ومصات الرياح لتقليل التبخر والأثر السلبي للرياح.

٦: عدم استخدام أسلوب الحرثة العميقة لأنها تعرض رطوبة التربة السفلى إلى التبخر.

٧: زراعة الأراضي المنخفضة لاحتوائها على قدر مناسب من الرطوبة الناتجة عن سقوط الأمطار.

٨: معرفة المقننات المائية لكل نبات من اجل إعطاء الماء إلى النبات وفقا لحاجته منه.

٩: العمل على تثبيت الكثبان الرملية.

١٠: إسقاط المطر صناعيا (الاستمطار)، عن طريق تغيير بعض خصائص الغيوم، والاطلاع على تجارب الأمم المتقدمة في هذا المضمار والاستفادة منها.

١١: استعمال طريقة التبوير، أي زراعة الأرض لسنة، وتركها لأخرى، لكي تستعيد رطوبتها وخصوبتها.

١٢: معالجة مياه المجاري الصحية والمبازل، لكي يمكن الاستفادة منها ثانية.

١٣: تحلية المياه المالحة للاستفادة منها في مختلف المجالات.

١٤: استخدام الدورة الزراعية للحفاظ على رطوبة التربة وخصوبتها.

أهمية المناطق الجافة وشبه الجافة:

للمناطق الجافة وشبه الجافة أهميتها التي تنبع من كون أن أراضيها تشكل ثلث مساحة اليابسة، أي نحو ٣٥%، كما أن معظم أراضي الوطن العربي تقع ضمنها، فضلا عن احتواء كثير من المناطق الجافة وشبه الجافة على العديد من الموارد المعدنية ومصادر الطاقة، وإذا ما حلت مشكلة المياه فيها فإن تربتها يمكن أن تستغل في النشاط الزراعي، لاسيما إنها غنية بالمواد المعدنية، كما إن للبعض من أراضيها أهمية كبيرة كمراع طبيعية، وهي تشكل بيئة مناسبة لوجود بعض الحيوانات المتكيفة لصفة الجفاف كالجمال.

ثانيا: موجات الحر Heat waves:

موجة الحر تعني ارتفاع درجات الحرارة العظمى عن معدلها اليومي بأكثر من ٤°م لمدة تزيد على ثلاثة أيام متتالية. وتختلف درجة الحرارة العظمى التي تحدث عندها موجات الحر من مكان إلى آخر، وفقا للبيئة المناخية التي تكيف لها الإنسان. فموجات الحر تحدث في معظم الدول الأوروبية عندما تزيد درجة الحرارة العظمى عن ٣٠°م، وفي الولايات المتحدة الأمريكية عندما تزيد درجة الحرارة العظمى عن ٣٢°م. وهذه القيم لدرجات الحرارة تعتبر طبيعية في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية، إذ تزيد درجة الحرارة العظمى عن ٣٥°م في معظم أيام السنة. لذلك يكون تأثير

موجات الحر اكبر واشد على سكان المناطق المعتدلة بالمقارنة مع سكان المناطق الحارة^(١).

تحدث موجات الحر بسبب تأثير المرتفع الازوري صيفا، أو بسبب بعض المنخفضات الحرارية، كمنخفض الهند الموسمي، ومنخفض شبه الجزيرة العربية، التي تؤثر على منطقة الشرق الأوسط ويصل تأثيرها إلى شرق البحر المتوسط وجنوب أوروبا.

تؤثر موجات الحر بصورة واضحة على كبار السن والأطفال والمرضى والفقراء، ولها آثار عديدة يمكن إيجازها على النحو الآتي:

١: تؤدي إلى موت أعداد كبيرة من الناس، كما في موجة الحر التي أصابت الولايات المتحدة بين ١٩٩٢ - ٢٠٠١، وأدت إلى موت ٢١٩٠ نسمة، كما حدث في عام ٢٠٠٣ موجات حر قاتلة في أوروبا، إذ كان الصيف الأكثر حرارة خلال خمسة قرون، وسجلت درجات الحرارة قيما قياسية في عدة دول، إذ وصلت إلى ٤٠°م في ألمانيا، وأدت هذه الموجة إلى موت ٢٧٠٠٠ نسمة، كما مات ١٤٠٠٠ نسمة في فرنسا، التي خصصت ٤٥ مليون دولار كدعم إضافي للمستشفيات وكبار السن، أما الناجين من الموت فعانوا من الجفاف والإجهاد الحراري وتلف الدماغ^(٢).

٢: سرعة نضوج المحصول الزراعي وتدني نوعيته لنضوجه قبل وقته الطبيعي.

٣: إصابة بعض المحاصيل الزراعية بلفحة الشمس.

٤: زيادة تشغيل وسائل وأجهزة التبريد وهذا يزيد من الطلب على الطاقة الكهربائية وربما يؤدي إلى انقطاعها.

٥: تؤدي إلى حدوث حرائق طبيعية في الغابات ومنطقة الحشائش.

٦: تعرض الإنسان للإصابة ببعض الأمراض كضربة الحر والتيفوئيد.

٧: زيادة الطلب على المياه.

٨: زيادة عملية ري المحاصيل الزراعية لتعرض التربة إلى الجفاف السريع بفعل ارتفاع معدلات التبخر / نتح.

(١) علي أحمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٢٨٣.

(٢) نفس المصدر، ص ٢٨٤.

ثالثاً: الفيضانات Floods:

فيضان الأنهار هو انسياب الماء على جانبي النهر لعدم قدرة المجرى المائي على تصريف كافة المياه المناسبة إليه، بفعل الأمطار الغزيرة أو الثلوج المذابة. وللفيضانات أضرار كبيرة على الإنسان وأنشطته المختلفة تتمثل: بموت أعداد كبيرة من البشر غرقاً، وموت أعداد كبيرة من الماشية، كما تعمل على تدمير المحاصيل الزراعية، وتؤدي إلى شلل الأنشطة الصناعية والتجارية وطرق النقل في المنطقة التي تغمرها المياه، كما تؤدي إلى ارتفاع مناسيب المياه الباطنية، وانتشار الأمراض لاسيما في البيئات الحارة الرطبة، فضلاً عن ذلك فإنها تؤدي إلى حدوث المجاعات بسبب نقص الغذاء.

رغم هذه المساوئ التي ترافق الفيضانات فإن هناك بعض النواحي الايجابية، فهي تعمل على تكوين السهول الفيضية الخصبة، كما إنه يمكن الاستفادة من مياه الفيضانات في مليء الخزانات، لاستعمال مياهها وقت الحاجة.

أسباب الفيضانات:

تحدث الفيضانات لأسباب عديدة منها: سقوط الأمطار الغزيرة، وذوبان الثلوج السريع بسبب ارتفاع درجات الحرارة. وانهيار السدود بسبب أخطاء هندسية عند التصميم والبناء أو أخطاء جيولوجية عند اختيار المواقع. وحدث التسونامي بسبب الزلازل والبراكين، والتي تؤدي إلى ارتفاع مياه البحار والمحيطات، التي تعيق جريان مياه النهر نحوها. وحدث رياح شديدة عند مصبات الأنهار تؤدي إلى ارتفاع أمواج البحار فتسد مصبات الأنهار مما يعيق جريان ماء النهر نحو المصب. وحصول الأعاصير المدارية. فضلاً عن انسداد مجرى النهر بكتل جليدية كبيرة أو بترسبات ضخمة يحملها النهر.

رابعاً: التورنادو Tornado:

التورنادو عاصفة لولبية ذات ضغط مركزي شديد الانخفاض، قصيرة الأمد، محلية الامتداد، تتصف بقوة تدمير عنيفة تؤدي إلى الدمار الشديد والوفيات. ورغم إمكانية حدوث التورنادو في أي مكان، إلا أنه شائع في وسط وجنوب شرق الولايات المتحدة. وينشأ التورنادو من تقدم كتلة هوائية

قطبية باردة فوق كتلة هوائية مدارية دافئة رطبة، مما يؤدي إلى اندفاع الهواء الدافئ إلى الأعلى نحو مركز العاصفة في حركة حلزونية، وينسحب في الوقت نفسه الهواء البارد للأسفل حلزونياً مسبباً دوامة أو مخروط من السحب المبرومة. وعادة ما يكون التورنادو مصحوباً بالبرق والرعد، أي أنه مشحون كهربائياً^(١).

ترجع الطاقة الهائلة للتورنادو والسرعة المدمرة للرياح التي ترافقه إلى صغر مساحته وشدة تدرج الضغط فيه، إذ لايزيد عرض التورنادو عن ٢ كم، ويتناقص الضغط الجوي فيه إلى ٨٠٠ - ٦٠٠ مليبار، وتصل سرعة الرياح فيه إلى ٥٠٠ كم / ساعة، أي أن سرعته الدورانية تبلغ ٥٠٠ كم / ساعة، وأفضل أوقات حدوثه بين الساعة ٢ - ٩ مساءً. وأكثر أوقات حدوثه خلال النهار بعد الظهر، وفي فصل الربيع والصيف. وتكون مسارات التورنادو عشوائية ومشوشة، وهو لايسير طويلاً، إذ أن معظم مساراته في أمريكا لم تتجاوز ٢٠ كم، وهو يسير بسرعة تتراوح بين ٥٠ - ٧٥ كم / ساعة ويتكون التورنادو في الغالب في البحر ثم ينتقل إلى اليابس. ويسمى التورنادو عندما يتكون على البحر باسم تويستر، ويعد أقوى وأعنف لاحتوائه على الرطوبة والأمطار ويكون على شكل نافورات وأقماع بحرية، وتكون عملية رصده صعبة لشدته ورفعه للأمواج البحر بشكل قوي. كما يسمى التورنادو على البر بأسماء مختلفة ففي غرب أفريقيا في خليج غينيا قرب الدائرة الاستوائية يسمى بالتونادو الأفريقي، الذي يحدث بسبب التقاء رياح الهرمتان الجافة الشمالية الهابة من الصحراء الكبرى مع الرياح الموسمية الرطبة الجنوبية، ويكون مصحوباً برعد وبرق وأمطار غزيرة. أما في روسيا فيسمى سميرج، وهو يشبه تورنادو الولايات المتحدة الأمريكية^(٢).

يسبب التورنادو الدمار اعتماداً على سرعة الرياح والفراغ الذي يتولد ضمن قمع التورنادو، فالبنائات يمكن أن تنفجر وتتفكك بسبب اختلاف ضغط الهواء الداخلي والخارجي للبناء، كما يؤدي الفراغ الجزئي في القمع إلى ابتلاع التراب والفتات الأرضي إلى الأعلى فيظهر على شكل سحب سوداء. كما يستطيع التورنادو ابتلاع أسقف البيوت الخشبية والأشجار. كما أنه يسبب

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٥٣.

(٢) علي عبد الزهرة كاظم الوائلي، أسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ، ٢٠٠٥، ص ١٣٠، ١٣١.

الموت للأشخاص، إذ أدى التورنادو الذي ضرب المنطقة الممتدة من كندا حتى ولاية جورجيا في ٣ نيسان سنة ١٩٧٣ إلى وفاة أكثر من ٣٠٠ شخص، ويعتمد ذلك على شدة التورنادو وديمومته ونوع المباني وتوقيت الإنذار قبل وقوعه^(١). وتقاس شدة التورنادو بكمية الدمار ونوعه الناتج عنه وفقا لمقياس فوجيتو Fujito intensity scale، يلاحظ جدول (٨٦).

جدول (٨٦) مقياس فوجيتو لشدة التورنادو.

الدمار الناتج عن التورنادو	سرعته كم / ساعة	قوته	درجته
تدمير بسيط	٦٥ – ١١٨	ضعيف	٠
ثني الأشجار وخلع البيوت المتحركة من الأساس	١١٩ – ١٨١	ضعيف	١
إزالة البيوت المتحركة وأسطح المنازل	١٨٢ – ٢٥٣	قوي	٢
رفع بعض السيارات وتدمير الإنشاءات المتينة	٢٥٤ – ٣٣٢	قوي	٣
تسوية المباني بالأرض وقذف السيارات	٣٣٤ – ٤١٩	عنيف	٤
رفع المباني ورميها	٤٢٦ – ٥١٣	عنيف	٥

المصدر: عبد القادر عابد وآخرون، أساسيات علم البيئة، ط٢، دار وائل، عمان، الأردن، ٢٠٠٤، ص ٥٥.

خامسا: الأعاصير المدارية البحرية Hurricanes:

هي منخفضات جوية تظهر في المحيطات الدافئة قرب دائرة الاستواء، في مناطق الرياح التجارية بين دائرتي عرض ٥ – ٢٠ درجة شمالا وجنوبا، وتتحرك من الشرق إلى الغرب بسرعة بطيئة تقل في معظم الأحيان عن ١٥ عقدة، وتهب فيها الرياح تحت تأثير قوة تدرج الضغط الجوي والقوة الطاردة

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٥٤، ٥٥.

المركزية، لذلك تكون خطوط تساوي الضغط الجوي بها مستديرة ومساحتها صغيرة، إذ يتراوح قطرها بين ٥٠ - ٥٠٠ كم، كما إن هذا النوع من المنخفضات يكون عميق، إذ يكون الضغط الجوي عند مركز المنخفض الجوي بحدود ٩٦٠ مليبار، ويصاحب هذا النوع من المنخفضات عدم استقرار شديد وسحب ركامية مزنية وأمطار غزيرة وعواصف رعدية^(١).

تسمى الأعاصير المدارية بعدة تسميات محلية، فهي تعرف في البحر الكاريبي وسواحل المكسيك باسم الهريكين، وفي بحر الصين بالتيفون Typhoons، وفي بحر اليابان وجزر الفلبين باسم باجيو Baguio، وفي المحيط الهندي باسم السايكلونز Cyclones، وعند سواحل شرق استراليا بالويلي ويليز Willy Willies^(٢).

تتطور الأعاصير المدارية من خلال انطلاق الطاقة الكامنة من جراء تكاثف بخار الماء، وتترايد هذه الطاقة مع استمرارية التبخر من مياه المحيطات الدافئة، وهي طاقة هائلة تزيد من شدة الأعاصير المدارية. وتحدث هذه الأعاصير في فصل الصيف والخريف، وإن ٩٧% منها تحدث في النصف الجنوبي. وتتكون الأعاصير المدارية لتوفر عدة شروط^(٣):

- ١: أن لاتقل درجة حرارة المحيطات عن ٢٧°م لعمق يصل إلى ٥٠ مترا.
- ٢: وجود حالة عدم استقرار جوي، إذ أن نشاط التيارات الصاعدة يسمح بتحرر الطاقة المخزونة في المحيطات والتي تستغل في تقوية الإعصار.
- ٣: وجود هواء رطب في طبقة التروبوسفير الوسطى حول ارتفاع ٥ كم، لان الهواء الجاف لايسمح بنمو الإعصار.
- ٤: يتكون الإعصار بعيدا عن الدائرة الاستوائية بمسافة لاتقل عن ٥٠٠ كم، لأنه من متطلبات تكون الإعصار وجود تأثير قوة كوريولس لتجعل الرياح تنحني مما يكون مركز الإعصار، لذا إن الأعاصير المدارية لاتتكون حول الدائرة الاستوائية لانعدام قوة كوريولس.
- ٥: لا بد من وجود اضطراب جوي لكي ينشأ الإعصار، ويحدث ذلك عند تكون أخدود في تموجات الرياح الشرقية والتي تؤدي إلى تكون منطقة سطحية لتجمع الرياح Convergence Zone.

(١) ياسر احمد السيد، مصدر سابق، ص ١٤٥، ١٤٦.

(٢) علي عبد الزهرة كاظم الوائلي، مصدر سابق، ص ١٢٧.

(٣) علي احمد غانم، الجغرافيا المناخية، مصدر سابق، ص ٢٣٦، ٢٣٧.

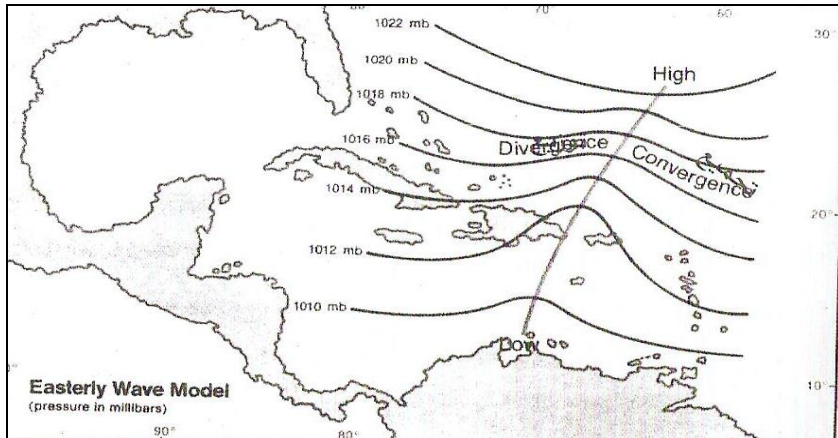
٦: وجود تغير خفيف في سرعة الرياح بالارتفاع إلى الأعلى في التروبوسفير، وبشرط أن يكون هذا التغير اقل من ١٠ متر / ثانية (٣٦ كم / ساعة)، فالتغير الكبير في سرعة الرياح بالارتفاع لايسمح بتكون أو نمو الأعاصير المدارية، لأنها تضعف التيارات الحملية الصاعدة في مركز الإعصار.

مراحل نمو الأعاصير المدارية:

تقسم الأعاصير المدارية وفقا لسرعة الرياح إلى أربعة مراحل:

١: **مرحلة الاضطراب المداري Tropical Disturbance**: وهي المرحلة الأولى من تكوين الأعاصير المدارية، وتنشأ من التموجات التي تحدث في الرياح الشرقية Easterly Waves، شكل (٤٥).

شكل (٤٥) تموجات الرياح الشرقية.

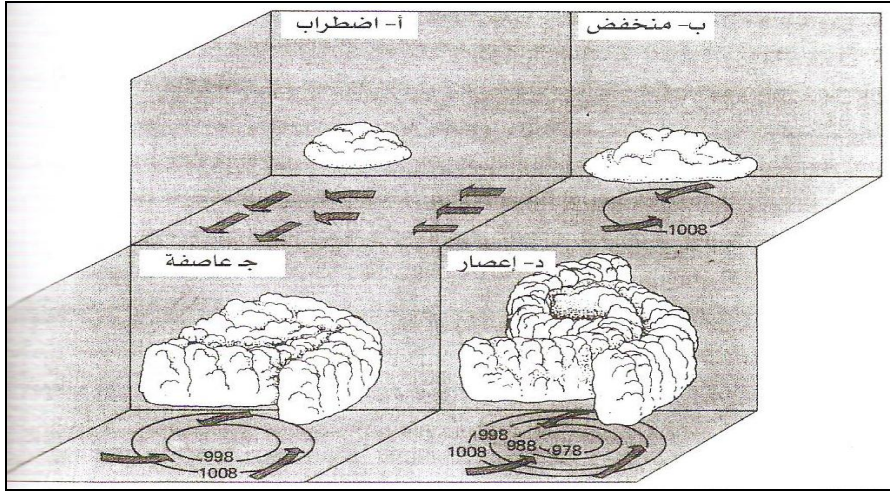


المصدر: علي أحمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط ٣، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠١١، ص ٢٣٩.

التموجات الشرقية هي تموجات طويلة ٢٠٠٠ - ٢٥٠٠ كم، وتتخذ شكل أخدود Trough ذو ضغط منخفض ضعيف التكوين عند السطح ويمتد لمسافة في الجو، وتحرك التموجات الشرقية ببطء باتجاه الغرب، ويوجد في هذه التموجات منطقة تجمع للرياح السطحية تسبب نشوء التيارات الصاعدة والتي تؤدي إلى تكون الغيوم الركامية وهطول الأمطار، شكل (٤٦)، وتبدأ

هذه التموجات بالظهور من نيسان إلى تشرين الثاني، وتكون الرياح في هذه المرحلة ضعيفة، ولا يظهر مركز واضح للإعصار.

شكل (٤٦) مراحل تطور الأعاصير المدارية.



المصدر: علي أحمد غانم، الجغرافيا المناخية، ط ٣، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠١١، ص ٢٣٨.

٢: مرحلة المنخفض المداري Tropical Depression: تبدأ هذه المرحلة عندما يتحدد مركز الإعصار بوجود خط مغلق من خطوط الضغط المتساوي، على الأقل خط واحد، وتبدأ الرياح تتجمع في المركز، وتتنزاد قوتها، لكنها تظل أقل من ٦٠ كم / ساعة، راجع شكل (٤٦، ب).

٣: مرحلة العاصفة المدارية Tropical Storm: تنمو العاصفة نتيجة تجمع الرياح في مركز الإعصار مع استمرارية تزايد شدة التيارات الصاعدة من الهواء الدافئ الرطب، والذي يمد الإعصار بطاقة كبيرة نتيجة لحدوث التكاثف. فتزداد سرعة الرياح إلى ٦٠ - ١٢٠ كم / ساعة، ويتزايد عدد خطوط الضغط المغلقة فتتكون الرياح الدائرية التي تدور حول مركز الإعصار، وبتعمق مركز الإعصار تزايد كمية الأمطار، راجع شكل (٤٦، ج).

٤: **مرحلة الإعصار المداري Tropical Cyclone**: تبدأ هذه المرحلة عندما تزيد سرعة الرياح التي تدور حول مركز الإعصار إلى أكثر من ١٢٠ كم / ساعة. وينخفض الضغط في مركز الإعصار ليصل إلى أقل من ٩٥٠ مليبار. ونتيجة لوجود عدد كبير من خطوط الضغط المغلقة تشتد الرياح حول مركز الإعصار وتدور بعكس اتجاه عقرب الساعة في النصف الشمالي. راجع شكل (٤٦،د). وبما أن الإعصار ذو مركز دافئ فإن شدته تكون كبيرة على السطح وتقل بالارتفاع حتى ينعكس اتجاه الرياح في الأعلى لتصبح مع اتجاه عقرب الساعة، أي ضد إعصارية.

تركيب الإعصار:

يتكون الإعصار المداري من ثلاثة أجزاء رئيسية هي^(١):

١: **عين الإعصار The Eye**: هي المنطقة المركزية من الإعصار، التي يتراوح قطرها بين ١٠ - ٥٠ كم، وتتصف بهدوئها وصحو السماء فيها، وفيها تسجل أخفض قيم الضغط الجوي.

٢: **جدار الإعصار (جدار العين) Eye Wall**: هي المنطقة الشديدة الاضطراب في الإعصار، وتبدو بصورة جدار رأسي ضخم من السحب الكثيفة المحيطة بعين الإعصار، يصل امتدادها الرأسي إلى سقف التروبوسفير، بينما يزيد امتدادها الأفقي أحيانا عن ١٠٠ كم. وهي منطقة المطر الإعصاري التي تسقط من سحب الركام المزنّي الحملانية الضخمة، وبمعدل يصل في اليوم الواحد نحو ٥٠٠ ملم في بعض الأعاصير.

٣: **هامش الإعصار Cyclone Margin**: هي المنطقة المحيطة بجدار الإعصار، وتتميز بحركتها الهوائية الهابطة، مع بعض الحركات الصاعدة الخفيفة، لذا فإن الطقس فيه قليل الاضطراب، ويسود فيها سحب سمحاقية طبقية مع كتل من سحب الركام تحتها، ومثل هذا الطقس يسبق وصول جدار الإعصار بنحو ٢٤ ساعة، ويستمر عقب تجاوزه بنحو ٢٤ ساعة أيضا.

(١) ياسر احمد السيد، مصدر سابق، ص ١٤٩.

الآثار المترتبة عن هبوب الأعاصير المدارية:

للأعاصير المدارية آثار كبيرة على الجزر والمدن الساحلية، إذ تسبب الفيضانات الكبيرة الناتجة عن سقوط الأمطار الغزيرة، فضلا عن غلق مصبات الأنهار بالأمواج البحرية العاتية مما يسبب ارتفاع مستوى الماء في الأنهار محدثة الفيضانات. كما تسبب خسائر مادية هائلة للمدن الساحلية والجزر والموانئ البحرية بسبب شدة الأعاصير. فضلا عن ذلك إنها تسبب حصول عدد كبير من الضحايا التي تصل إلى عدة آلاف سنويا. وتؤدي إلى عرقلة الملاحة البحرية في العروض التي تهب فيها هذه الأعاصير. وحصول عمليات من الهلع التي تصيب السكان، وإخلائهم من منازلهم، للابتعاد عن تأثير تلك الأعاصير.

من الأمثلة على الأضرار التي تسببها هذه الأعاصير، هو إعصار أندرو الذي ضرب جنوب فلوريدا وما جاورها سنة ١٩٩٢، إذ بلغ إجمالي الخسائر ٢٦,٥ بليون دولار أمريكي، وتوفي أكثر من ٦٠ شخصا، كما اُخلي أكثر من مليوني شخص من منازلهم. أما إعصار غلفستون الذي ضرب تكساس عام ١٩٩٠ فخلف وراءه ٨٠٠٠ قتيل، بينما كان أسوء إعصار هو ذلك الذي ضرب بنغلادش سنة ١٩٧٠، والذي ترك وراءه نحو ٣٠,٠٠٠ قتيل، وكان سبب ذلك العدد الكبير من القتلى هو انخفاض أراضي بنغلادش التي لا ترتفع عن مستوى سطح البحر إلا أمتار قليلة^(١).

الوقاية من أضرار الهريكين:

نظرا للخسائر الجسيمة التي تلحقها أعاصير الهريكين، بذلت جهودا كبيرة لمراقبتها وتتبع مساراتها، وإنذار المحطات الأرضية بقرب وصولها، كما بذلت محاولات للتأثير على تلك الأعاصير وإضعافها. فقامت الولايات المتحدة بمعظم تلك الجهود، لاسيما إن منطقة خليج المكسيك تعد من أكثر المناطق المتعرضة لهذه الأعاصير. وساعدت في ذلك الطائرات والمركبات الفضائية، التي تستطيع تحديد مواقع أعاصير الهريكين فوق مساحات شاسعة من المسطحات المائية وتتبع تلك الأعاصير. وتقوم محاولات أضعاف

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٥٦، ٥٧.

الأعاصير عن طريق بذرها بالجليد المسحوق، أو بابتدائها الفضة للإسراع في عملية التكاثف والتخلص من تراكم طاقة الإعصار^(١).

سادسا: العواصف الثلجية Blizzards:

تتكون العواصف الثلجية من تساقط غزير للثلوج مع انخفاض شديد في درجات الحرارة، ورياح قوية تزيد على ٥٠ كم / ساعة، ويكون مدى الرؤية منخفض، إذ يقل عن ٤٠٠ متر. والعواصف الثلجية هي من سمات مناخ أقاليم العروض الوسطى، وتكون عادة مرافقة للمنخفضات الجوية العميقة، لذا يكثر حدوثها في منطقة وسط أمريكا الشمالية. وكانت أكبر العواصف الثلجية تلك التي حدثت سنة ١٩٤٩ في الولايات المتحدة، وكانت عبارة عن سلسلة من العواصف استمرت لمدة سبعة أيام، وسببت خسائر هائلة^(٢).

للعواصف الثلجية آثار عديدة، فهي تسبب خسائر في الأرواح، وتصيب الإنسان ببعض الأمراض منها صعوبة التنفس وأمراض الأنفلونزا والزكام، كما تسبب عدم وضوح الرؤية، وتسبب خسائر كبيرة في الماشية، وتؤدي إلى تعطيل طرق النقل بأنواعها، وتقوم بتدمير خطوط الكهرباء، وتدمير المنازل التي لا تتحمل ثقل الثلوج المتراكمة، كما تدمر أنابيب الماء، وتؤدي إلى شلل الحياة الاقتصادية أثناء فترة هبوبها، وإتلاف المحاصيل الزراعية التي لا تتحمل انخفاض درجات الحرارة الشديد وتراكم الثلوج عليها، فضلا عن ذلك فإنها تسبب الفيضانات حال ذوبان الثلوج التي تنتج عنها، لاسيما عند ارتفاع درجات الحرارة السريع، كما تكلف الدولة موارد مالية وجهدا كبيرا عند إزالة ثلوجها من الطرقات.

سابعا العواصف الرعدية الشديدة Severe Thunderstorm:

العاصفة الرعدية هي عاصفة محلية شديدة تقترن بغيوم ركامية مزنية Cumulonimbus كثيفة كبيرة الحجم فيها تيارات هوائية صاعدة

(١) نعمان شحاده، علم المناخ، ط ٢، مطبعة النور النموذجية، الأردن، ١٩٨٣، ص ٢٤٦.

(٢) علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٢٨٦.

Updrafts قوية جدا. ويصاحب العاصفة الرعد والبرق والأمطار الغزيرة، ويكون عنف الرياح السطحية بداية حدوث العاصفة^(١).

تعمل العاصفة الرعدية على تبادل الطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوي، فهي تحافظ على الشحنة الكهربائية السالبة لسطح الأرض. إذ أن طبقة الايونوسفير تكون ذات شحنة كهربائية موجبة، وينتقل منها إلى سطح الأرض في أيام الصحو الاعتيادية تيار كهربائي ذو شحنة موجبة بإمكانها القضاء على الشحنة الكهربائية السالبة لسطح الأرض خلال دقائق معدودة، لولا عمل التيارات المعاكسة من سطح الأرض وعملية التفريغ الكهربائي التي ترافق العواصف الرعدية. ونظرا للارتباط القوي بين العواصف الرعدية والتدرج الكهربائي الكامن بين سطح الأرض وطبقة الايونوسفير، فإن العواصف الرعدية تبلغ ذروة نشاطها بعد الظهر، وفي الساعات الأولى من المساء، وذلك عندما يكون التدرج الكهربائي على أوجه^(٢).

تنشأ العواصف الرعدية في الهواء الرطب غير المستقر عندما يضطر إلى الارتفاع إلى الأعلى للأسباب التالية^(٣):

- ١: مرور كتلة هوائية باردة على سطح مائي دافئ، كما في العواصف الرعدية المتكونة على المسطحات المائية في الليل عندما يكون الفرق في درجات الحرارة بين الهواء وسطح الماء كبيرا.
- ٢: التسخين الشديد للهواء الرطب فوق اليابس، كما في المناطق الاستوائية، لاسيما بعد الظهر وساعات المساء الأولى.
- ٣: تحول كتلة هوائية من الاستقرار إلى عدمه عند مرورها عبر سلسلة جبلية مرتفعة.
- ٤: ارتفاع الهواء الرطب على طول الجبهات الهوائية أو خط العواصف.

آثار العواصف الرعدية:

للعواصف الرعدية آثار عديدة، فهي تسبب سقوط الأمطار الغزيرة التي تؤدي إلى حدوث الفيضانات، كما يرافقها سقوط البرد بإحجام كبيرة ويسبب

(1) Arthur N. Strahler, introduction to physical geography, third printing, John Wiley and sons, inc, USA, 1965, p. 83.

(2) Herbert Riehl, op. cit, p. 101.

(3) نعمان شحادة، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٤٨، ٢٤٩.

البرد خسائر كبيرة للمزروعات والممتلكات البشرية. وتؤدي العواصف الرعدية الشديدة إلى قتل إعداد من البشر بسبب الصاعقة، وهي تحدث عندما يكون هناك توصيل كهربائي بين قاع الغيمة والمناطق المرتفعة من سطح الأرض. وتشكل خطرا على حياة الناس لارتفاع درجة حرارة البرق إلى أكثر من ١٥٠٠٠م°، إذ تقتل الصاعقة نحو ١٠٠ شخص سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية. كما إن هذه العواصف تسبب حرائق طبيعية في الغابات والمزارع بسبب البرق، إذ قدرت حرائق الغابات بنحو ٧٥٠٠ حريق سنويا، وإن ٤٠% من الحرائق في المزارع تسببها الصواعق^(١).

ثامنا: النينو والنيينا والانسو Elnino, Elnina and Enso

في الظروف المناخية العادية تتسبب الرياح التجارية التي تهب بعيدا عن أمريكا الجنوبية في صعود المياه الباردة الغنية بالمواد الغذائية (الفوسفات والنترات) إلى أعلى لتحل محل المياه السطحية الدافئة Upwelling. وتعد هذه المواد الغذائية مصدرا لنمو العوالق البحرية النباتية Phytoplankton من خلال عملية التمثيل الضوئي، وتعد هذه العوالق غذاء الحياة البحرية الأول ومنها الأسماك. وفي الظروف المناخية الدافئة المصاحبة للنينو تضعف الرياح التجارية الشرقية على طول دائرة الاستواء، وتنخفض قيم الضغط الجوي العالي في جنوب شرق المحيط الهادي، في حين ترتفع قيم الضغط الجوي العالي في شمال استراليا واندونيسيا، فيؤدي إلى تحرك المياه الدافئة من غرب المحيط الهادي نحو الشرق على طول دائرة الاستواء، وتصبح طبقة المياه السطحية سمكية في الشرق تعمل كحاجز يمنع تصاعد المياه الباردة الغنية بالمواد الغذائية، الأمر الذي يؤدي إلى تدمير النظام البيئي وهجرة الأسماك إلى مناطق اقل تأثرا^(٢).

إن ظاهرة النينو تكون بشكل واضح ولافت لنظر السكان المحليين على طول السواحل الأمريكية الجنوبية مع بداية السنة الميلادية وأعياد الميلاد فيسميه السكان المحليون باسم النينو التي يكون معناها الحرفي باللغة الاسبانية الطفل الصغير أي الطفل المسيح. ويكون مدى حدوث هذه الظاهرة ما بين دائرتي عرض ٥ درجة شمال دائرة الاستواء و ١٥ درجة جنوبها، مع تقلص

(١) علي احمد غانم، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٢٨٦، ٢٨٧.

(٢) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٥٧.

في بعض الدورات عن هذا المدى، وتوسع في دورات أخرى. ويتبع النينو في حدوثة دورية متكررة غير منتظمة المدة، تتراوح مدتها بين ٢ - ٥ سنوات^(١).

أما في الظروف المناخية الباردة المصاحبة للنينا فتتخفض درجات الحرارة للمياه الاستوائية في المحيط الهادي تحت المعدل وتتحرك المياه إلى الغرب وتكون الرياح التجارية قوية على غير العادة. وأطلق علماء المناخ اسم الذبذبة الجنوبية على التغير بين السنوي في ذبذبات الغلاف الجوي الاستوائي، وهي تغيرات في الضغط الجوي بين شرق المنطقة الاستوائية للمحيط الهادي وبين المناطق الاندونيسية الاستوائية نتيجة صعود الهواء الساخن إلى الأعلى وهي مرتبطة بظاهرة النينو، وللتفاعل المزدوج بين ظاهرة النينو (التموجات المحيطية) والذبذبة الجنوبية (ذبذبات الغلاف الجوي) سميت النينو / الذبذبة الجنوبية أو اختصارا باسم إنسو^(٢).

إذا كان النينو يحدث بصورة دورية تقريبا، فإن هناك عوامل خارجية لاتؤدي في بعض دورات الانسو الى حدوث تبرد في سطح المحيط، أي لايحصل (نينا) وهذا ما حدث خلال المدة من ١٩٨٣ - ١٩٨٨، إذ لم يعقب نينو ١٩٨٢ - ١٩٨٣ ظاهرة نينا حتى عام ١٩٨٨^(٣).

عندما يكون الضغط الجوي مرتفعا فوق المحيط الهادي يكون الضغط الجوي منخفضا فوق الجزء الشرقي للمحيط الهندي والعكس صحيح. ويتم قياس الضغط الجوي عند مستوى سطح الماء في الشرق عند تاهيتي وفي الغرب عند دارون في استراليا. ويحسب فرق الضغط الذي يعرف بمعامل الذبذبة الجنوبية Southern Oscillation indicator، فإذا كان فرق الضغط ذا قيم سالبة مرتفعة دل ذلك على حدوث ظاهرة النينو أو الحدث الدافئ Warm Event، ويطلق على التأثير العنيف المزدوج للنينو والذبذبة الجنوبية ظاهرة إنسو الحدث الساخن، وفي كلتا الحالتين يتحرك الماء الدافئ نحو شرق المحيط الهادي. بينما تدل القيم الموجبة لمعامل الذبذبة الجنوبية على ظاهرة النينا، وهي عكس النينو وتمثل الطرف الآخر العنيف لدورة

(١) علي حسن موسى، النينو، ط ١، دار الفكر، دمشق، ٢٠٠٠، ص ٣٤، ٧٥، ٧٧.

(٢) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٥٧، ٥٨.

(٣) علي حسن موسى، النينو، مصدر سابق، ص ٤٤.

إنسو، وخلال حدوث ظاهرة النينا تنخفض درجة حرارة المسطح الماء في مناطق المحيط الهادي الاستوائية وتصبح اقل من المعدل العام، وتتجه حركة الماء إلى الغرب بينما تكون الرياح الغربية قوية بدل أن تكون ضعيفة، ويطلق على هذه الظاهرة إنسو الحدث البارد Cold Event^(١).

الآثار البيئية:

يصاحب ظاهرة إنسو الساخنة والباردة تأثيرات بيئية مختلفة تؤثر على عمليات الصيد والزراعة والمناخ المحلي لأمريكا الجنوبية من الإكوادور إلى تشيلي. كما تؤثر على مناخ مناطق بعيدة أخرى في المحيط الهادي وآسيا وأمريكا الشمالية. إذ شهد عام ١٩٨٢ - ١٩٨٣ أكبر تأثير لظاهرة النينو، فارتفعت درجة حرارة مياه شرق المحيط الهادي الاستوائية ومعظم المناطق الاستوائية ٥ - ١٠م في المعدل، وتأثرت بهذا جميع القارات، ونتج عنه ما بين ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ ضحية بسبب الأمطار الغزيرة والفيضانات المدمرة. وفي عام ١٩٨٨ ساد الجفاف الوسط الغربي للولايات المتحدة الأمريكية بسبب التأثير بظاهرة النينا. وفي عام ١٩٨٨ تأثرت المناطق الاستوائية الغربية للمحيط الهادي، وهي شمال استراليا واندونيسيا بسقوط الأمطار والفيضانات، بينما تأثرت مناطق بيرو الشاطئية وتشيلي بالجفاف الذي امتد تأثيره إلى المناطق شبه الاستوائية والمعتدلة. الأمر الذي جعل الإنسان يفكر في التخفيف من تلك الآثار عليه، فتمكن من التنبؤ بحدوث التغيرات المناخية قبل عام من حدوثها عن طريق التقدم العلمي في النمذجة الحاسوبية والمعلومات المناخية والجوية المتوفرة في مناطق المحيط الهادي الاستوائية^(٢).

(١) عبد القادر عابد وآخرون، مصدر سابق، ص ٥٩.

(٢) نفس المكان.

الفصل التاسع عشر
التغير المناخي
Climatic Change

الفصل التاسع عشر

التغير المناخي Climatic Change

مفهوم التغير المناخي:

استخدمت عدة مصطلحات من قبل الباحثين لها ارتباط بالتغير المناخي، من هذه المصطلحات:

١: **التذبذب المناخي Climatic Fluctuation**: يقصد به ارتفاع وانخفاض قيم العنصر المناخي حول معدل له لمدة لا تتعدى ثلاثون سنة^(١).

٢: **التقلبات المناخية Climatic Revelations**: هي الاختلافات في الأحوال الجوية من سنة إلى أخرى، أو خلال مدة قصيرة. كما في تذبذب كمية الأمطار في المناطق شبه الجافة وشبه الرطبة من سنة إلى أخرى، ولكنها تبقى حول معدلها خلال المدة المناخية التي قدرتها منظمة الأرصاد العالمية بثلاثين سنة على الأقل^(٢).

٣: **التبدل المناخي Climatic Change**: هو ذات مصطلح التغير المناخي وقد استخدمه بعض المناخييين. ويقصد به التغير الحاصل في عنصر مناخي، أو مجموعة عناصر مناخية خلال الزمن. فمعدل درجة الحرارة يرتفع في منطقة معينة إلى مستوى معين، ثم ينخفض ليصل إلى مستوى معين، ثم يعاود الارتفاع، وهذا الارتفاع والانخفاض في المعدل وخلال فترة طويلة من الزمن يسمى تبدل مناخي. وإن هذا الارتفاع أو الانخفاض في المعدل لا يمكن اكتشافه من خلال تتبع التسجيلات الحرارية اليومية أو الشهرية ومعدلاتها، وإنما تكتشف من خلال استخراج المعدل السنوي المتحرك لدرجة الحرارة لعدد كبير من السنين يتجاوز المائة سنة^(٣).

(١) علي صاحب طالب الموسوي وعبد الحسن مدفون أبو رحيل، مصدر سابق، ص ٥٨٥.

(٢) نفس المصدر، ص ٥٨٦.

(٣) قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ والأقاليم المناخية، دار اليازوري للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ٢٠٠٨، ص ٤١١، ٤١٢.

٤: التغذية الراجعة Feed Back: هي عملية ترتبط بديناميكية النظام، وهي تعمل على تضخيم، أو إضعاف شدة الاضطراب الأصلي الذي تعرض له النظام. وتكون التغذية الراجعة موجبة Positive Feedback عندما تعمل إحدى عناصر النظام، أو مجموعة منها على تضخيم التأثير الأصلي للاضطراب، مما يؤدي إلى نقل النظام من مرحلته السابقة إلى مرحلة جديدة ذات اتزان ديناميكي جديد، كما في ارتفاع درجة الحرارة لزيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي، وعبر سلسلة من العمليات تؤدي إلى زيادة درجة الحرارة بدرجة أكبر مما كانت قبل حصول الاضطراب. كما تكون التغذية الراجعة سالبة Negative Feedback عندما يعمل احد عناصر النظام، أو مجموعة منها على إضعاف شدة التأثير الأصلي، أو الاضطراب فتؤدي عمليات التغذية الراجعة إلى استقرارية النظام وعودته إلى سابق عهده قبل بدء الاضطراب ، كما في ارتفاع درجات الحرارة نتيجة زيادة ثاني أكسيد الكربون وعبر سلسلة من العمليات ستؤدي إلى خفض درجة الحرارة والرجوع إلى درجة الحرارة التي هي قبل الاضطراب^(١).

٥: التغير المناخي Climatic Change: هو التغير الحاصل في عنصر مناخي أو أكثر، لمدة زمنية طويلة لاتقل عن عشرة عقود، وربما تصل إلى مئات أو آلاف السنين، وتؤدي إلى حصوله أسباب طبيعية أو بشرية. وهو يتميز عن التذبذب المناخي في طول مدته. كما يتميز عن التقلبات المناخية ذات الآثار السريعة الحصول بان آثار التغير المناخي تكون بطيئة، وربما لايشعر بها الإنسان إلا بعد مرور مدة طويلة.

مرت الأرض بتغيرات مناخية كبيرة عبر عمرها الطويل، وترجع معلومات كثيرة عن دراسة مناخ العصور الجيولوجية والتاريخية إلى الجيولوجيين، وعلماء النبات والحيوان، واختصاصيي علوم أخرى. وما جمع من معلومات عن تغير وتذبذب المناخ في العصور القديمة تتصف بعدم كفايتها، لذا ظلت دراسة المناخ القديم تحتاج إلى المزيد من الأهمية والمتابعة، ولمعرفة تغير المناخ لابد من معرفة طرق تاريخ المناخ القديم^(٢).

(١) إبراهيم العرود، مصدر سابق، ص ٦٣.

(٢) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٤، ص ٢٨٧.

طرق تأريخ المناخ القديم:

للتعرف على المناخ القديم استخدمت الطرق الآتية:

١: حلقات الأشجار Trees Rings:

إن الأشجار المعمرة هي أكثر مصداقية لمعرفة تاريخ عمر الأشجار والظروف المناخية التي تعيش الشجرة تحت تأثيرها وذلك عن طريق الحلقات. كما في أشجار السيكويا Sequoia ذات الأخشاب الحمراء الضخمة، وأشجار صنوبر بريستلون Pinus Aristate التي تعيش مدة تزيد على ٤٠٠٠ سنة في غربي الولايات المتحدة الأمريكية^(١). ويمكن تمييز حلقات الأشجار السنوية في النباتات التي تنمو في مناطق ذات تباينات فصلية في عناصر المناخ، في حين لا يمكن تمييز نمو الحلقات السنوية في المناطق المدارية، التي ليس فيها تباينات فصلية واضحة.

٢: نمو الاشنيات Lichens: هي طريقة منطاريه، تعرف بطريقة القياس الاشني، وتستعمل هذه الطريقة لتاريخ تراجع الجليد، واختفاء فرشاة الثلج المعمرة. فما إن يتعري الصخر من الجليد حتى تصله أنواع الاشنيات (حزازيات الصخر)، التي يكون نموها بطيئاً، ويستمر زمناً طويلاً. وبمعرفة معدل النمو السنوي يمكن تقدير الزمن المنقضي منذ أن اخذ الصخر يستعمر من قبل الاشنيات، وبهذا يمكن معرفة بداية تقهقر الجليد، وانحساره عن الصخر^(٢).

٣: طريقة تحليل رقائق الطمي الجليدية Varves:

تعتمد هذه الطريقة على ترسبات الطمي والطين عند قاع البحيرات، والتي تأخذ شكل طبقات متعاقبة تعكس الاختلافات السنوية والفصلية في درجة الحرارة من جهة، وشدة ذوبان الثلج أو الجليد من جهة أخرى، حاملاً معه المواد الصلبة والدقيقة مرسباً إياها عند قاع البحيرات. وتكون طبقات الطمي الجليدية أكثر سمكا في السنوات الحارة وكذلك في الفصل الحار من السنة. وقد استغرقت الجليديات فترة طويلة وهي تنحسر وتتقهقر عن شمالي

(١) علي حسن موسى، التغيرات المناخية، ط ١، دار الفكر، سورية، ١٩٨٦، ص ٧٨.

(٢) نفس المصدر، ص ٧٩.

أوروبا، بعد أن بدأت درجة الحرارة بالارتفاع مع نهاية عصر الجليد الأخير. ويعد جيرارد ديجير السويدي مكتشف هذه الطريقة، فهو قد اخذ قطاعا كاملا من رقائق الطمي ابتداء من الصخر الأصلي وحتى السطح، وحسب بدقة هذه الرقائق، على أساس أن كل رقيقتين تمثلان عاما واحدا (شتاء وصيف)، وبذلك تمكن من حساب تاريخ الفترة التي تلت آخر طغيان جليدي إلى الآن، أي منذ قرابة ١٨,٠٠٠ سنة، واستطاع ديجير أن يقدر انه حتى عام ١٠,٠٠٠ ق.م كان الجليد قد تقهقر في البحر البلطي ووصل السواحل الحالية للسويد^(١).

٤ : طريقة طبقات الأغذية الجليدية:

يمكن اتباع هذه الطريقة في حساب التاريخ القديم عن الأماكن التي يكثر فيها سقوط الثلج كل شتاء، وتكون حرارة الصيف اقل من قدرتها على اذابة ثلج الشتاء الساقط، مما يجعله يتراكم ستة بعد أخرى على شكل طبقات متراكبة فوق بعضها.

٥ : طريقة استخدام النظائر المشعة:

النظائر المشعة عبارة عن مواد تصدر من تلقاء نفسها إشعاعات مختلفة كأشعة ألفا وغاما وبيتا. وان ذرات العناصر النشطة إشعاعيا تكون غير مستقرة، كونها تتحلل أو تتفتت تلقائيا متحولة إلى ذرات أخرى غير مستقرة، ومن ثم تتحلل هي الأخرى حتى تصل في النهاية إلى ذرة مستقرة. والنظائر ذات النشاط الإشعاعي التي تقع ضمن أسرة واحدة كل منها ينتج من تحلل نظير سابق تسمى بسلسلة النشاط الإشعاعي، كما في سلسلة اليورانيوم - الرصاص. وبعض المواد الموجودة في القشرة الأرضية تحتوي على عناصر إشعاعية، وهذه العناصر تتفكك بمعدل معروف إلى عناصر أكثر استقرارا. ونتيجة لذلك يمكن تاريخ الحوادث التي حدثت في المواد المتكونة منذ ملايين السنين. وتسمى المدة التي يتفكك بانقضائها نصف ذرات المادة المشعة بنصف حياة العنصر، ويكون بعضها قصيرا جدا مثل راديوم ج الذي يبلغ ١٠-٦ ثانية. وبضها الآخر فيستغرق زمنا طويلا بضعة آلاف ملايين السنين

(١) نفس المصدر، ص ٨٠، ٨١.

كاليورانيوم ٢٣٨ الذي يستغرق ٤٥٠٠ مليون سنة كي يتحول إلى رصاص ٢٠٦ وهو عنصر مستقر غير مشع مارا بسلسلة من التحولات^(١).

٦: طريقة التأريخ بواسطة الأحماض الامينية:

إن هذه الطريقة تعتمد على تاريخ الأصداف والبقايا العضوية الموجودة ضمن طبقات الصخور الرسوبية، التي تعود إلى منتصف الزمن الثالث، وربما إلى ٣٠ مليون سنة مضت. وذلك بالاعتماد على الأحماض الامينية التي هي النسيج الأساس في بناء الخلية الحية. وفيها تكمن أسرار الحياة. وترتبط الأحماض الامينية بالظروف الجوية السائدة، فهي تتفكك بالحرارة العالية، لذا فإن تواجدها في بعض الطبقات الرسوبية، وانعدامها في طبقات أخرى يعد مؤشرا على ارتفاع درجة الحرارة في فترة توضع الطبقات الأولى التي احتوت على بقايا إحيائية، وانخفاضها نسبيا في فترة توضع الطبقات الأخرى^(٢).

٧: طريقة التاريخ بواسطة حبات الطلع:

إن الحصول على حبات الطلع بين رسوبيات الجليد وفي البحيرات والمستنقعات، يقود إلى معرفة النباتات التي كانت تعيش في تلك المناطق، الأمر الذي يقود إلى معرفة الزمن والمناخ الذي نمت فيه تلك النباتات، إذ أن النبات يعد خير مرآة للمناخ الذي كان يسود.

٨: طريقة معدلات الترسيب عند قيعان المحيطات:

تختلف معدلات الترسيب فوق قيعان المحيطات من مكان إلى آخر، وفقا للظروف المناخية. فخلال ١٠,٠٠٠ سنة الماضية قاربت معدلات الترسيب من ٩٠ سم لكل ١٠٠٠ سنة عند قاع خليج عدن على عمق ٨٠٠٠ متر، بينما كانت بالقرب من جزيرة جاوة نحو ٥٤ سم لكل ١٠٠٠ سنة، وفي البحر المتوسط الغربي قرب خط طول ٥ غربا بلغت نحو ٣٠ سم لكل ١٠٠٠ سنة، وأقل من ذلك في أماكن أخرى^(٣).

(١) ادوارد تاربوك وفريدريك لوتجينز، مصدر سابق، ص ٥٣٥.

(٢) علي حسن موسى، التغيرات المناخية، مصدر سابق، ص ٩٤.

(٣) نفس المصدر، ص ٩٥.

٩: الطرق الأثرية:

تتمثل الطرق الأثرية بما تركته الحضارات عن العصور الماضية، والتي يمكن أن يستقى منها أحوال المناخ التي كانت سائدة وقت ذاك، ومن هذه الطرق الأثرية ما تركه إنسان الكهوف من رسوم على جدران الكهوف تمثل الحيوانات والنباتات والأنهار والبحيرات التي كانت سائدة، والتي منها يستدل على نوع المناخ الماضي.

كما تركت الحضارات القديمة بعض التسجيلات ذات العلاقة بالمناخ، إذ ترك الصينيون القدماء تسجيلات دقيقة عن فترات الفيضان في الصين منذ الألف الثاني ق.م^(١).

يعد كتاب ابوقراط Hippocrates، الذي اسماه الهواء والماء والأماكن عام ٤٠٠ ق.م، أول كتاب مناخي عالج العديد من المواضيع المناخية. وتلاه كتاب أرسطو الموسوم بالميتورولوجيا عام ٣٥٠ ق.م، الذي اهتم بالأنواء الجوية. وفي عام ١٠٠ ق.م، صمم كيرهيستس Kyrhestes برج الرياح، الذي يعد أول مرصد أنوائي في العالم^(٢).

إن نتاج الكتاب والشعراء والفنانون الأقدمون عكست أهمية الظروف المناخية في حياتهم العامة، إذ تجسد ذلك النتاج في أشعارهم وتراثهم الأدبي سواء في دول الوطن العربي أو العالم الإسلامي، أو في الدول الأوروبية. فلوحات الفنانين الأوروبيين عكست أهمية الظروف الجوية في حياتهم وانطباعاتهم، إذ كان التراث الأوربي منذ القرن الخامس عشر يقدر بنحو ١٢,٠٠٠ لوحة فنية تظهر فيها ملامح العناصر الجوية^(٣).

أدلة المناخ القديم:

عندما لم تكن هناك أجهزة في العصور القديمة تقيس عناصر المناخ وتسجل حالة المناخ السائدة في أي بقعة من بقاع الأرض، كان هناك بعض

(١) قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ والأقاليم المناخية، مصدر سابق، ص ٤٣٢.

(٢) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٣١، ٣٠.

(٣) فاضل الحسني ومهدي الصحاف، أساسيات علم المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ١٧٧.

الآثار التي تركها المناخ، منها ما يمكن قياسه بطرق قياس تاريخ الأرض، ومنها ما يستنتج عن طريق دراسة المستحاثات (بقايا النبات والحيوان)، ومنها عن طريق دراسة الصخور، وما يجري عليها من مخلفات التجوية الفيزيائية والكيميائية، والتعرية، ودراسة الرسوبيات، والتربة، فضلا عن دراسة ما تركه الإنسان وراءه من آثار تشير إلى الحالة المناخية السائدة وقت عملها.

إن لكل حالة مناخية أدلتها الخاصة بها. فأدلة المناخ الدافئ تختلف عن أدلة المناخ البارد، وأدلة المناخ الرطب تختلف عن أدلة المناخ الجاف، وكما يأتي:

١ : أدلة المناخ الدافئ:

من علامات ودلائل المناخ الدافئ هو توفر أكاسيد الحديد Fe_2O_3 في الصخور الرسوبية ذات الجزيئات الناعمة، التي تعطي الصخور اللون الأحمر. أما توفر مادة الكاؤولين في الصخور الرسوبية والبيكسايت، فيعدان خير دليل على المناخ الدافئ الرطب. وإن السمك الهائل للأحجار الجيرية – الكلسية دليل يضاف للمناخ الدافئ، وهي تتكون أما من أصل عضوي من أصداف سرطانية نشأت من تراكم عدد هائل من بقايا حيوانات عضوية، أو إنها تكونت بعمليات كيميائية في بحار ضحلة ودافئة، حيث تترسب كربونات الكالسيوم، لأن كربونات الكالسيوم لا تذوب في المياه الصافية الدافئة أو تتحلل، وذلك لقلة احتواء المياه الدافئة على حامض الكربونيك، الأمر الذي يؤدي إلى تشبعها بأحجار الجير بسرعة^(١).

يعد وجود الشعب المرجانية واحد من الدلائل على المناخ الدافئ، إذ يقتصر وجودها على المياه الدافئة الصافية، ذات المعدل السنوي لدرجة الحرارة $24^{\circ}C$ ، ولا يستطيع المرجان مقاومة التغيرات المناخية المفاجئة في درجات الحرارة، ولا التعرض لمدة طويلة لدرجة حرارة أقل من $18^{\circ}C$ ^(٢).

يشير وجود الرواسب الحمراء إلى مناخ دافئ ذو مطر فصلي، فاحمرار التربة يشير إلى درجة حرارة متوسطها السنوي أكثر من $16^{\circ}C$ ، وأمطارها

(١) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٢، ٢٩٣.

(٢) ادوارد تار بوك وفريدريك لوتجينز، مصدر سابق، ص ٤٧٠.

نزيد عن ٣٠٠ ملم في مناطق الصخور السيليكية، أو ٢٠٠ ملم حيث ترتفع نسبة الكربونات في الصخر. وتتوفر مثل هذه الظروف حاليا في حوض البحر المتوسط ذو الأمطار الشتوية والصيف الدافئ والشتاء المائل للبرودة، كما تتواجد في إقليم السفانا حيث الأمطار الصيفية والمناخ الدافئ. وتنتشر التربة الحمراء القديمة المتحجرة انتشارا واسعا في مناطق ابعد ما تكون اليوم عن المناخ الدافئ، وهذا دليل يشير إلى أن المناخ الدافئ ذو الأمطار الفصلية كان يسود في تلك المناطق^(١).

جاءت حفريات المواد العضوية وغير العضوية بدليل مهم عن المناخ الدافئ، وهو غناه بالأنواع النباتية، إذ يوجد حاليا في العروض المدارية لأمريكا الجنوبية ما يقارب من ٤٠,٠٠٠ نوع نباتي، أما في وسط أوربا فيوجد نحو ١١٠٠ نوع، بينما في شمال الاتحاد الروسي فيوجد ٢٥٠ - ٣٥٠ نوع فقط، وهذا يعني أن التنوع النباتي يزداد مع ارتفاع درجات الحرارة، ويقل مع انخفاضها^(٢).

لا يقتصر التنوع على نباتات المناطق الحارة فقط بل إن المناطق المدارية تمتاز بضخامة أشجارها، وغنى تيجانها بالأغصان والأوراق النظرة، فضلا عن انتشار النباتات المتسلقة بين أشجارها، ويعد النخيل من أشجار المناطق الدافئة، أما من أشجار المناطق المدارية فيوجد الكافور والماهوكني والقرفة. ويمكن معرفة النباتات التي كانت تسود في منطقة معينة من خلال حبوب اللقاح وبقايا النباتات كالأغصان والجذوع والثمار والأوراق المطمورة في الطين والطيني وضمن البحيرات والمستنقعات، والتي يمكن الاستدلال على نوع المناخ الذي كان سائدا.

حظي المناخ الدافئ بتنوع الكائنات الحية الأخرى كالأسماك، إذ أكد العالم ل.س.برك وجود نحو ٣٢٠٠ نوع من الأسماك في حوض نهر الكونغو، أما في الاتحاد الروسي فيوجد ٣٠٠ نوع من الأسماك فقط. كما يصل عدد الأنواع البحرية في بحر اندونيسيا نحو ٤٠,٠٠٠ نوع، أما في البحر المتوسط فيوجد ٨٠٠٠ نوع، وفي البحار الشمالية يوجد نحو ٤٠٠ - ١٢٠٠ نوع فقط. كما تكون العروض المعتدلة فقيرة في تركيب وأنواع الزواحف،

(١) علي حسن موسى، التغيرات المناخية، مصدر سابق، ص ٩٩.

(٢) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٣.

ففي أوربا يقدر عدد أنواع الزواحف نحو ٦٤ نوع، أما في داخل الهند فتبلغ نحو ٢٢١ نوع، بينما في سيلان وبورما فيوجد نحو ٥٣٦ نوع^(١).

٢: أدلة المناخ البارد:

تنشط التجوية الفيزيائية في الجهات الباردة، لاسيما عن طريق عملية الأنجماد والذوبان، إذ تؤثر هذه العملية كثيرا على الشقوق المتواجدة في الصخور، وتؤدي إلى تكوين أكوام كبيرة من المفتتات المتكسرة والمضلعة. أما التجوية الكيميائية فرغم أن غاز ثاني أكسيد الكربون يكون أكثر استجابة للذوبان في درجات الحرارة المنخفضة عما في درجات الحرارة المرتفعة، إذ تكون قابلية ذوبان ثاني أكسيد الكربون في درجة الصفر المئوي ضعف قابليته على الذوبان في درجة ٢٠°م^(٢). وبالتالي يتكون حامض الكربونيك القادر على إذابة كربونات الكالسيوم، الأمر الذي يجعل الترسبات المتجمعة في أعماق البحار في المناخ البارد فقيرة بكربونات الكالسيوم أو معدومة نهائيا^(٣). إلا أنه في المناطق الشديدة البرودة، وبسبب قلة الغطاء النباتي الذي يؤدي إلى قلة ثاني أكسيد الكربون في جو التربة، كما إنه من ناحية أخرى تكون المدة التي يبقى فيها الماء الذي يحتوي على ثاني أكسيد الكربون قصيرة، وذلك لأن الماء يتعرض إلى التجمد لمدة طويلة من السنة تصل ٨ - ٩ شهور، فضلا عن ذلك أن التساقط في هذه الجهات أقل من جهات أخرى إذ يكون معظمه على شكل ثلوج، الأمر الذي يقلل من نشاط التجوية الكيميائية في العروض الباردة^(٤).

تعد الثلجات أهم دليل يعود إلى المناخ البارد، إذ يستدل عليه من ترسبات ركاماتها وأشكال التضاريس التي تتركها بعد الزحف والتقدم. فقد عثر على مخلفاتها في حفريات الجليد، كما يعثر عليها دائما مع ترسبات بحرية، فضلا عن ذلك إن دراسة الثلجات الحديثة تؤكد بان الثلجة في عملية بدء الحركة لها تحمل معها كميات هائلة من الحجارة ومواد أخرى إلى

(١) نفس المصدر، ص ٢٩٤.

(٢) وفيق حسين الخشاب واحمد سعيد حديد ومهدي محمد علي الصحاف، علم الجيومورفولوجيا، ج ١، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٧٨، ص ٨٤، ٨٥.

(٣) احمد حديد وفاصل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٣.

(٤) وفيق حسين الخشاب واحمد سعيد حديد ومهدي محمد علي الصحاف، علم الجيومورفولوجيا، مصدر سابق، ص ٨٥.

مسافات طويلة. وإن أكثر عمليات الجليد كانت ذات نتيجة واثرة تتمثل بأعمال ونشاط الثلجات القديمة، لاسيما ثلجات الزمن الجيولوجي الرابع، إذ إنها اكتسحت مساحات واسعة من اليابس. وفي حالة تراجع وذوبان الثلجة تتكون ترسبات تتصف بانعدام الطبقات ثم انتشار غير منتظم ذو السنة تتميز بإحجام مختلفة، كما تظهر الركامات النهائية وكأنها مسحوبة باتجاه حركة الثلجة القديمة، وعثر على حفريات الركامات في جهات عديدة من العروض المعتدلة وفي عروض مدارية، كانت كأدلة وشواهد على برودة المناخ أثناء أوقات تكوينها في تلك العروض^(١). فكثير من المناطق الريفية كالمراعي الجبلية بنيوانكلاند وحقول القمح بداكوتا والأراضي الزراعية بغرب وسط أمريكا الشمالية هي نتاج مباشر للرسوبيات الجليدية. وقبل اقتراح نظرية امتداد العصر الجليدي كان يعتقد أن أصل الكثير من مكونات التربة والحطام الصخري الذي يغطي مساحات شاسعة من أوربا كان قد نقل من مواقع أخرى غير المتواجد بها^(٢).

يوجد ارتباط مباشر بين المناخ البارد وظاهرة الجليديات، فالشقوق العميقة التي تتكون نتيجة لتجمد التربة خلال فصل الشتاء وللذوبان الصيفي الذي يؤدي إلى مليء تلك الشقوق بالمياه مع ترسبات طينية خير دليل على ذلك. وإن شقوق التجمد العائدة إلى الزمن الجيولوجي الرابع تنتشر حاليا في جهات عديدة عند أطراف ثلجات الزمن المذكور، ففي ألمانيا تتواجد مثل هذه الشقوق التي يتضاءل عمقها تدريجيا بالابتعاد عن الثلجة. وخلال العصور الجليدية ونتيجة لتكوين كتل جليدية ضخمة انخفض مستوى ماء البحر وانسحب البحر تدريجيا على حساب تقدم اليابسة. أما بين العصور الجليدية حيث تسود فترات الدفيء التي شملت الكرة الأرضية، فحدثت عملية عكسية وهو تمدد الماء لارتفاع درجات الحرارة وذوبان الجليد، لذا أظهرت الدراسات انه في حالة الذوبان التام للغطاءات الجليدية الحالية فان مستوى مياه البحر يمكن أن ترتفع إلى مستوى ٧٠ مترا فوق المستوى الحالي، وفقا لذلك يمكن أن تتخذ المواقع السفلى للمدرجات البحرية القديمة كشواهد على انخفاض الحرارة، أما المواقع العليا لهذه المدرجات فتدل على ارتفاع درجات الحرارة في العصور المطابقة لها. إلا أنه من الضروري الانتباه إلى أن

(١) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٥.

(٢) أدوارد تاربوك وفريدريك لوتجينز، مصدر سابق، ص ٣٠٧.

حركة الأرض التكتونية لها تأثير مباشر في مواقع المدرجات، لذا ظهرت مواقع المدرجات البحرية لشبه جزيرة اسكندنافية على ارتفاع ٣٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر الحديث^(١).

يمكن أن تعد المعلومات عن خط الثلج الدائم دليل على المناخ البارد، ففي الوقت الحاضر يحدد خط الثلج الدائم عند مستوى البحر في دائرة عرض ٨١ درجة شمالا في كرينلاند، و٥٤ درجة جنوبا عند جزيرة خيرو في المحيط الهندي، في حين يقع خط الثلج الدائم في المناخ الحار والجاف وفي الجهات المدارية عند ارتفاع ٦٠٠٠ متر^(٢).

هناك نباتات تميز الفترات الباردة منها نبات الصفصاف القطبي، والبتولا القرمزية، ونباتات درياس اوكتابتالا. وتوجد هذه النباتات حاليا في أقصى الشمال أو أعالي الجبال المرتفعة، لكنها في الفترات الدافئة كانت تنتشر هذه النباتات في سهوب التندرا التي كانت تغطي أواسط أوربا، كما أن الأشجار الصنوبرية يمكن أن تعد دليل على وجود المناخ البارد، وهي لا توجد مطلقا حيث المناخ المداري الدافئ. فضلا عن ذلك هناك بعض أنواع من الحيوانات يمكن أن يستدل منها على المناخ البارد، فمن الحيوانات التي كانت تعيش في الفترات الجليدية البلايوسينية والمتصفة بحبها للبرد الثعلب القطبي، ابن عرس، الرنة، الثور المسكي، وثدييات أخرى بائدة كالمحمود الضخم ووحيد القرن الصوفي وغيرها. أما الحيوانات التي تتصف بحبها للدفيء والتي تعيش في الفترات غير الجليدية كبعض الثدييات منها الخرتيت المركي، النمر ذو الأسنان السيفية، الثور الوحشي، الذئب، والضبع^(٣).

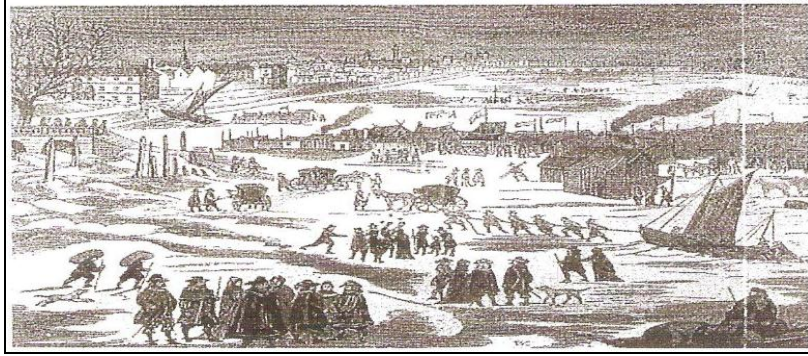
هناك بعض الآثار البشرية التي تعطي إحياء عن المناخ البارد الذي كان يسود في جهات معينة، كما في إحدى الصور القديمة التي تعبر عن حالة التجمد التي تعرض لها نهر التايمز في لندن خلال شتاء ١٦٨٣ - ١٦٨٤ وكان المناخ السائد فيها شديد البرودة، حيث كانت ضمن العصر الجليدي الصغير الذي تعرضت له أوربا خلال المدة ١٦٠٧ - ١٨١٤ ، يلاحظ شكل (٤٧).

(١) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٦.

(٢) نفس المصدر، ص ٢٩٧.

(٣) علي حسن موسى، التغيرات المناخية، مصدر سابق، ص ١٠٧.

شكل (٤٧) تجمد نهر التايمز في لندن في شتاء سنتي ١٦٨٣ - ١٦٨٤.



John T. Hardy, Climate change, John Wiley and sons Ltd, England, 2003, p. 28.

٣: أدلة المناخ الجاف:

في الظروف المناخية الجافة تنشط التجوية الفيزيائية مكونة تربة قشرية بينما تكون التجوية الكيميائية ضعيفة، وذلك لقلة الأمطار الساقطة، لذا تظهر الطبقات الصخرية الكلسية بشكل منحدرات وتضاريس واضحة في البيئات الجافة^(١). فبسبب ما يتصف به مناخ المناطق الجافة لاسيما الصحراوية من التباين الكبير في درجات الحرارة ما بين الليل والنهار وما بين الظل والشمس وما بين فصلي الصيف والشتاء، والذي يصل إلى مدى يومي وفصلي وسنوي كبير فان ذلك يؤدي إلى حدوث تمدد وتقلص للصخور ، وكلما كان الفارق الحراري كبيرا، كلما كانت ظاهرة التمدد والتقلص اكبر وبالتالي سرعة في حدوث تفتت الصخور بعملية التجوية الفيزيائية. وتبرز هذه الصورة بشكل أكثر مع وجود مقدار قليل من الرطوبة تساعد على حدوث هذه العملية. أي أنه رغم قلة الأمطار الساقطة في المناطق الجافة ومحدودية التجوية الكيميائية، إلا أنها على درجة من الأهمية في مساعدة التجوية الفيزيائية على أداء عملها في هذه البيئات.

تعد الترسبات الملحية أهم دليل للمناخ الجاف، كما إنها من أدلة المناخ الدافئ، وتتمثل في مناطق الاهوار والبحار الضحلة وجهات المناخ الجاف كالخليج العربي وبحر قزوين وبحر اورال. كما تتميز الجهات الجافة بتنوع

(١) عدنان باقر النقاش ومهدي محمد علي الصحاف، مصدر سابق، ص ١٩٣.

النبات الطبيعي ففي شمال الصحراء الكبرى يوجد نحو ٣٠٠ نوع نباتي، ونفس المقدار يمكن أن يشاهد في جهات المناخ شبه المداري. وتمتاز تلك النباتات بكونها على هيئة أشواك وأعشاب فصلية ذات جذور عميقة تقاوم الجفاف. كما تمتاز المناطق ذات المناخ الجاف، لاسيما الصحاري بفقرها بالحيوانات، إلا أنه يصادف مع الحفريات بقايا حيوانية في مناطق الاستبس من بينها الجرذان والضبع والخيول الوحشية^(١).

أما الكثبان الرملية المتحجرة فهي من التكوينات السطحية المرتبطة في تشكلها بظروف المناخ الجاف في المناطق الصحراوية، وإن وجودها في منطقة رطبة يدل أن فترة من الجفاف الشديد مرت بهذه المنطقة. ويتكون الكثيب الرملي المتحجر ويثبت في مكانه عندما تسقط الأمطار على الكثبان الرملية فان ماؤها يتسرب داخل ذرات الرمل، وما إن يحل فصل الجفاف، وحيث تبدأ المياه بالصعود نحو الأعلى بواسطة الخاصية الشعرية، فإنه إثناء صعودها تذيب الكلس المختلط بالرمل، فيصعد محلول كربونات الكالسيوم إلى الأعلى، وما إن يتعرض الماء الصاعد المحمل بكربونات الكالسيوم المنحلة للحرارة حتى يتبخر الماء ويبقى غطاء من الكلس يغطي الكثيب ويثبته في مكانه. كما إن نمو غطاء نباتي كثيف فوق الكثبان خلال الفترات المطيرة يعمل على استقرارها^(٢).

٤: أدلة المناخ الرطب:

تعد الرواسب الفحمية من أهم أدلة المناخ الرطب فمراكز الفحم النباتي الحديثة هي مناطق منخفضة تنتشر في نطاق واسع من العروض المعتدلة، ففي النصف الشمالي من الكرة الأرضية تتواجد شمال دائرة عرض ٤٠ درجة وحيث تكون كمية التساقط أكثر من التبخر. إذ أن كثرة الرطوبة تؤدي إلى نمو نباتات شجرية كثيفة. فيتكون الفحم نتيجة تراكم بقايا النباتات الأرضية في التضاريس المنخفضة ضمن نطاق المناخ المعتدل الرطب. كذلك على ما يدل على المناخ الرطب هو آثار عمليات التآكل والتفتت والتشعبات الواسعة في شبكات الأنهار في الصحاري الحديثة، إذ كانت سابقا بحيرات وانهار كثيرة اختفت حاليا، وهي تحتفظ بمدرجاتها، وأكد علماء الجيولوجيا

(١) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٩.

(٢) علي حسن موسى، التغيرات المناخية، مصدر سابق، ص ١٠٨.

أنه خلال العصور الجليدية تميزت الصحراء الكبرى بتساقط غزير ومجاري نهريّة غزيرة المياه، بعضها طويلة شبيهة بأنهار أوروبا الحالية كالراين والوار^(١). فالنطاق الذي تشغله صحاري أفريقيا وبلاد العرب في الوقت الحاضر، كان في أثناء العصور الجليدية وافر الأمطار، وما إن بدأ الجليد يتقهقر شمالاً، حتى تبع ذلك تحرك بالاتجاه نفسه لمناطق الضغط الجوي والرياح المطيرة، ليحل الجفاف محل المطر بشكل تدريجي، وتحول المناخ الرطب منذ نهاية العصر الحجري القديم إلى مناخ سهوب ثم إلى مناخ صحراوي، جعل الناس ينتقلوا إلى مناطق ذات رطوبة أكثر، فكانت أولى هجراتهم خارج الجزيرة العربية هي هجرة الاكديين في ٣٥٠٠ ق.م إلى العراق الأوسط والأدنى، وهجرة الأشوريين إلى العراق الأعلى. وفي سنة ٢٥٠٠ ق.م كانت هجرة الاموريين إلى سورية الوسطى والشمالية، ثم العراق. وهجرة الكنعانيين إلى جنوبي سورية. وفي عام ١٥٠٠ ق.م كانت هجرة الآراميون إلى سورية، ثم تبع ذلك هجرة الأنباط إلى جنوبي سورية، وهجرة المناذرة إلى العراق والغساسنة الى سورية الجنوبية^(٢).

أسباب التغير المناخي Climatic change theories:

وضعت نظريات متعددة لتفسير أسباب التغير المناخي، وذلك لتنوع العوامل المؤثرة في مناخ الكرة الأرضية، ومن هذه النظريات ما يعود إلى أسباب طبيعية، ومنها ما يعود إلى أسباب بشرية.

أولاً: نظريات الأسباب الطبيعية:

هناك عدة نظريات ذات أسباب طبيعية، يمكن إيجازها على النحو الآتي:

١: نظرية البقع الشمسية Sun Spots:

هي مناطق داكنة تظهر على سطح الشمس، تبلغ درجة حرارتها نحو ٤٠٠٠°م، مقارنة بدرجة حرارة سطح الشمس التي تبلغ نحو ٦٠٠٠°م. وقد تكون البقع الشمسية على شكل مجموعة تتحرك على سطح الشمس تسمى بالكلف الشمسي. وإن الفرق في درجة الحرارة بين البقع الشمسية وسطح

(١) احمد حديد وفاضل الحسني، علم المناخ، مصدر سابق، ص ٢٩٩ - ٣٠٠.

(٢) علي حسن موسى، التغيرات المناخية، مصدر سابق، ص ١١٥.

الشمس هو ما يجعل البقع الشمسية أكثر ظلاماً من المناطق حولها رغم لمعانها الذاتي^(١). وإذا ما افترضنا أنه بالإمكان عزل البقعة الشمسية عن الشمس، والنظر إليها بمفردها في السماء، فستبدو كجسم ساطع الإضاءة يبهز الإبصار بضياءه^(٢).

إن دورات النشاط الشمسي (البقع الشمسية) للفترات القصيرة تكون كل ١١ أو ٢٢ سنة، أما دورة الفترات الطويلة فتصل إلى نحو ٨٠ أو ٩٠ سنة^(٣). وتفترض نظرية البقع الشمسية أن ترتفع درجة حرارة الأرض مع زيادة عدد البقع، وتتنخفض حرارة الأرض مع قلة عدد البقع الشمسية. وفي دراسة ظهرت في السبعينات لفلكيين بينت أن الفترة الواقعة بين ١٦٤٥ - ١٧١٥ تميزت باختفاء البقع الشمسية، وفي دراسة ثانية تناولت ربط هذا الاختفاء للبقع بالمناخ الذي ساد أوربا في تلك الفترة، وباستعمال نسبة تكرار الوهج القطبي، أو نسبة كربون ١٤ في حلقات الأشجار كمعبر عن فترات قلة أو زيادة النشاط الشمسي مع فترات انخفاض وارتفاع درجة الحرارة، كانت النتيجة هي أن هذه الفترة شهدت انخفاض في درجة الحرارة يتطابق تماماً مع فترة اختفاء البقع الشمسية، ولخصت الدراسة إلى أن التغير في النشاط الشمسي مسئول عن التغير المناخي، والذي يستمر بين ٥٠ سنة إلى مئات السنين^(٤).

دلت القياسات الدقيقة على ارتفاع المتوسط لمنسوب مياه البحيرات العظمى الأفريقية (نياسا وفيكتوريا والبرت) يكون في فترة الذروة العليا للنشاط الشمسي، ويكون عدد العواصف الأرضية السنوية أكبر منها في فترات الذروة الدنيا^(٥).

(١) ياسر احمد السيد، مصدر سابق، ص ٢٨٥.

(٢) علي حسن موسى، البقع الشمسية ودورها في التغيرات المناخية، ط ١، دار الفكر، دمشق، سورية، ١٩٩٩، ص ٤٩.

(٣) أندروس. جودي، التغيرات البيئية، مصدر سابق، ص ٣٠٢.

(٤) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٣٣٩.

(٥) ياسر احمد السيد، مصدر سابق، ص ٢٨٩.

٢: نظرية ميلانوكوفيتش (فرضيات الهندسة الأرضية) Milankovic Cycle:

تلخص نظرية أو دورة ميلانوكوفيتش مجمل العوامل المتعلقة بالهندسة الفلكية لكوكب الأرض وتأثيراتها المناخية، ولقد أرتقت فرضية ميلانوكوفيتش إلى مستوى النظرية بفضل الأبحاث التجريبية التي قام بها المجلس الوطني للبحث التابع للولايات المتحدة الأمريكية^(١). وترتكز دورة ميلانوكوفيتش على ثلاث ركائز هي:

أ: التغيرات في مدار الأرض حول الشمس (Orbital Shape :Eccentricity)

تدور الأرض حول الشمس بمدار إهليلجي Ellipse، وتمر الأرض في هذا المدار بأقرب نقطة من الشمس وتسمى بالحضيض Perihelion نحو ١٤٧,٥ مليون كم، ثم بأبعد نقطة تسمى الأوج Aphelion نحو ١٥٢,٥ مليون كم. (وتتجم التغيرات في شكل مدار الأرض حول الشمس عن تغير في تداخل قوى الجاذبية في النظام الشمسي، ونتيجة لهذا فإن مدار الأرض يمتد قليلا في اتجاهين ليصبح إهليلجيا ثم يعود الى وضعه الدائري في دورة مدتها الزمنية ٩٦٠٠٠ سنة، وعندما يكون المدار دائريا تتلقى الأرض كمية مماثلة من حرارة الشمس في كل يوم من أيام السنة، أما عندما يكون المدار أكثر إهليلجية فإن الأرض تكون في بعض أيام السنة أقرب إلى الشمس فتتلقى مزيد من الحرارة عن أيام السنة الأخرى^(٢).

ب: ميلان محور الأرض (Axial tilt (Obliquity):

تدور الأرض حول الشمس بمحور مائل يقدر بنحو $23^{\circ} - 45^{\circ}$ ، ودرجة ميلان محور الأرض تتغير بمعدل يقدر $30^{\circ} - 1^{\circ}$ ، وذلك خلال فترة تقدر ٤١,٠٠٠ سنة. ويسبب التغير في ميلان محور الأرض زيادة التباين الحراري بين الفصول، إذ تصبح أشهر الصيف شديدة الحرارة، وأشهر الشتاء شديدة البرودة. وإن الانخفاض في مستوى ميلان محور الأرض يمكن

(١) ياسين عبد الرحمن الشرعبي، مصدر سابق، ص ٢٤.

(٢) ياسر احمد السيد، مصدر سابق، ص ٢٩٦.

أن يؤثر في ظهور حقبة جليدية باردة نتيجة لانخفاض معدل الإشعاع الشمسي
الواصل إلى العروض العليا تزامنا مع برودة فصل الصيف^(١).

ج: مبكرة الاعتدالين Precession of Equinoxes:

تعني مبكرة الاعتدالين في الفترة من السنة التي تكون عندها الأرض في
أثناء دورانها حول الشمس أقرب ما تكون إلى الشمس في نقطة الحضيض،
وهي تختلف من سنة إلى أخرى. وسبب ذلك هو أن محور الأرض يتحرك
حركة مخروطية مشابهة لحركة الدوامة التي تدور حول نفسها بشكل متمايل
أو مترنح. ونتيجة ذلك أن محور الأرض يصل إلى الوضعية التي يصبح فيها
عموديا على أشعة الشمس قبل الموعد المحدد له بقليل، ولذا فإن الاعتدال
الخريفي يحدث قبل مواعده النظري، وتعادل قيمة مبكرة الاعتدالين في السنة
الواحدة نحو ٢٥٧٦٠/١ من الدائرة. وبالتالي فإن اللحظة التي تكون فيها
الأرض في مدارها حول الشمس إلى نقطة الحضيض في شهر كانون الثاني
ستبقى ١٠,٥٠٠ سنة، حتى يحدث الحضيض في شهر تموز^(٢).

تستغرق الأرض حتى يكتمل تراجعها من نقطة في مدارها حول الشمس
وعودتها لنفس النقطة مرة ثانية نحو ٢١,٠٠٠ سنة. بمعنى أن الأرض ابعد
ما تكون عن الشمس في الوقت الراهن في ٧ تموز، أي في فصل الصيف
لنصف الأرض الشمالي، وبعد حوالي ١٠,٠٠٠ سنة سيحدث فصل الصيف
الشمالي عندما تكون الأرض أقرب ما تكون إلى الشمس في الحضيض.
ونتيجة لهذا فإن فصل الصيف في النصف الجنوبي أكثر حرا من نظيره
الصيف الشمالي، وشتاء النصف الجنوبي اشد برودة من شتاء النصف
الشمالي، أي أن الاختلافات في كمية الإشعاع الشمسي في ما بين الصيف
والشتاء في نصف الكرة الجنوبي اكبر من نظيره في نصف الكرة الشمالي في
الوقت الحالي، وبعد ١٠,٠٠٠ سنة سيحدث العكس، أي أن الفروق الفصلية
ما بين فصل الشتاء وفصل الصيف في نصف الكرة الشمالي ستكون واسعة
عندئذ^(٣).

(١) ياسين عبد الرحمن الشرعبي، مصدر سابق، ص ٢٥.

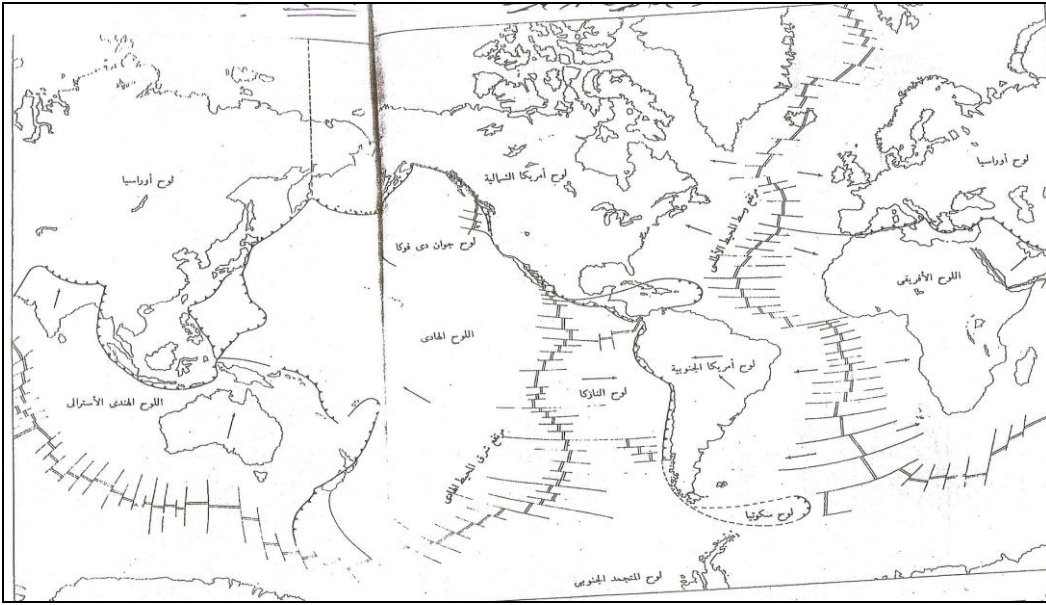
(٢) نفس المصدر، ص ٢٦.

(٣) ابراهيم العرود، مصدر سابق، ص ٩١، ٩٢.

٣: نظرية حركية الألواح Plate Tectonic:

في سنة ١٩٦٨ توحدت فكرتي انجراف القارات وانفراج قاع المحيط في نظرية عرفت بحركية الألواح Plate tectonic، ومضمونها أن غلاف الأرض الصخري الجامد يتكون من عدة أجزاء تسمى بالألواح. وتم التعرف على ٢٠ لوحا بإحجام مختلفة أكبرها اللوح الهادي الذي يقع معظمه داخل المحيط الهادي، وجزء بسيط منه يقع في يابس أمريكا الشمالية. ويقع الغلاف الصخري للأرض فوق الغلاف الوهن المكون من مادة لدنة ذات درجة حرارة عالية. يسمح للألواح التي تتكون منها الأرض بالحركة. يلاحظ خريطة (٤).

خريطة (٤) ألواح الكرة الأرضية.



المصدر: إدوارد تاربيوك وفريدريك لوتجينز، الأرض، ترجمة عمر سليمان حمودة والبهلول علي اليعقوبي ومصطفى جمعة سالم، ١٩٨٤، ص ٤٣٦.

اعتمدت نظرية الألواح على فكرة انجراف القارات التي جاء بها عالم الأرصاد والجيوفيزياء الألماني ألفريد واغنر الذي كان يعتقد بوجود قارة عظمى تسمى بنجايا وتعني كل اليابسة، تعرضت إلى الانشطار إلى قارات

أصغر قبل حوالي ٢٠٠ مليون سنة، وتحركت هذه القارات إلى مواقعها الحالية. وأهتم واغرنر بالمناخ القديم لدعم نظريته، وكانت أرائه تعد تغير هائل في المناخ، إذ فسر وجود الرسوبيات الجليدية التي تعود إلى ٢٢٠ - ٣٠٠ مليون سنة مضت في جنوب القارة الأفريقية وأمريكا الجنوبية والهند وأستراليا، ووجود الخدوش والأثلام على الصخور تحت هذه الرسوبيات والتي تقع الآن معظم المناطق التي وجد بها الدليل الجليدي الأخير من دهر الحياة القديمة بين دائرتي عرض ٣٠° ودائرة الاستواء. في حين كان سببها لأنها تقع سابقا وفقا لرأي واغرنر في قارة واحدة تميل باتجاه القطب الجنوبي^(١).

نتيجة لان حركة الألواح تكون بطيئة جدا، فان التغير المناخي الذي تحدثه يكون تدريجيا وغير مفاجئ، كما إن تقدير الحركة بعدة سنتمترات سنويا يؤدي إلى أن يكون التغير المناخي بسبب تغيير الألواح لموقعها يحتاج إلى وقت طويل يقدر بملايين السنين. لذلك فان هذه النظرية تساعد على إعطاء تفسير للتغير المناخي الذي يحدث لمدة طويلة وبملايين السنين^(٢).

٤ : نظرية الغبار البركاني Volcanic Dust:

تعتمد هذه النظرية على المقذوفات البركانية من الرماد والدخان البركاني اللذان يصلان إلى طبقة الستراتوسفير، والذي تتناسب كميتها طرديا مع قوة الثورات البركانية. ونتيجة لأنه في طبقة الستراتوسفير لا توجد غيوم ولا يحدث تساقط فانه بالإمكان أن تبقى جزيئات الرماد لفترة طويلة، وبسبب اشتداد الرياح في هذه الطبقة فان الرماد والدخان سينتشران في مساحة واسعة تغطي الأرض. وتقوم هذه الجزيئات بعكس الإشعاع الشمسي، وحجب جزء كبيرا منه عن طريق منعه من الوصول إلى سطح الأرض، وهذا يؤدي إلى انخفاض درجة الحرارة، وربما يؤدي إلى حدوث عصر جليدي وفقا لقوة ونشاط البراكين.

إن الانفجاريات البركانية وازدياد عددها تعد احد الأسباب المهمة للعصور الجليدية وفي دراسة إحصائية لإيجاد العلاقة بين فترات النشاط

(١) نفس المصدر، ص ٤٢٤، ٤٢٨.

(٢) عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، مصدر سابق، ص ٣٣٣.

البركاني والعصور الجليدية في آخر مليوني سنة وجد أن هناك علاقة إحصائية جيدة بين العصور الجليدية التي اكتسحت الأرض وبين ازدياد فترات النشاط البركاني^(١).

إن البراكين التي تؤثر في مناخ الكرة الأرضية تسمى بالبراكين الانفجارية التي تحدث عندما يتراكم ضغط غازي شديد في باطن الأرض لاتستطيع الطبقات الصخرية الواقعة فوقه من تحمل شدته، فيحدث انفجار بركاني عنيف يدمر الطبقات الصخرية التي تعلوه ويقذفها نحو الجو بعنف شديد وعادة ما ترافق هذه البراكين زلازل أرضية تصل شدتها ستة درجات وفق مقياس ريختر، ومن أشهر البراكين الانفجارية في القرن العشرين بركان سانت هيلين في ولاية واشنطن في شمال غرب الولايات المتحدة، الذي سمع انفجاره من على مسافة ٣٢٠ كم، وأزال ٤٠٠ مترا من الطبقات الصخرية الواقعة فوقه. أما أشهر البراكين الانفجارية خلال القرن التاسع عشر بركان تامبورا الذي ثار عام ١٨١٥، والذي وصلت بعض غازاته والرماد البركاني الذي قذفه إلى ارتفاع ٨٠ كم فوق سطح الأرض. وكذلك كان هناك بركان كراكاتوا في اندونيسيا، الذي أزال جزيرة كراكاتوا من الوجود، وسجل احد المراصد الفلكية في جنوب فرنسا انخفاضا في كمية الأشعة الشمسية المباشرة بنحو ٢٠% عقب انفجار هذا البركان بشهرين^(٢).

٥: فرضيات الاختلافات في المغناطيسية الأرضية:

يختلف الحقل المغناطيسي للأرض في قوته عبر الأزمنة الجيولوجية، كما يغير اتجاهه من مدة إلى أخرى. فالمجال المغناطيسي الأساسي يتغير على مدى سنين عديدة أو قرون. ووجد العلماء عند زيادة شدة الحقل المغناطيسي فإن مناخ العالم يأخذ بالبرودة، ومن أسباب ذلك ما يرتبط بالنشاط الشمسي، وظهور البقع الشمسية، وهذا يعني أن كلا من المناخ والمغناطيسية الأرضية مرتبطان معا بالنشاط الشمسي^(٣).

(١) نفس المصدر، ص ٣٣٥.

(٢) ابراهيم العرود، مصدر سابق، ص ١٠١، ١٠٢.

(٣) ياسر احمد السيد، مصدر سابق، ص ٣٠٧، ٣٠٨.

ثانيا: نظريات الأسباب البشرية:

توجد نظريتان تفسران التغير المناخي بأسباب بشرية هما:

١ : نظرية ثاني أكسيد الكربون وغازات البيت الزجاجي Green house:

لأجل حدوث توازن حراري على سطح الأرض فمن المفروض أن ما يصل إلى سطح الأرض من إشعاع شمسي يفقد عن طريق الإشعاع الأرضي، كي تحافظ الأرض على درجة حرارة، تكون صالحة لسير الحياة عليها. إلا أن ما يحدث الآن هو أن الإشعاع الشمسي يصل إلى سطح الأرض، ثم يقوم سطح الأرض بامتصاصه وتسخين نفسه به، ثم يعيد إشعاعه نحو الفضاء، على شكل إشعاع ارضي طويل الموجة (أشعة تحت حمراء)، وإثناء اختراقه للغلاف الغازي تعترضه بعض الغازات التي تمنعه من اجتيازها نحو الفضاء، فتقوم بامتصاصه وتسخين جزيئاتها ثم تعيد إشعاعه كإشعاع حراري نحو سطح الأرض، وهذا سبب ارتفاعا ملحوظا في درجات الحرارة، سببه زيادة ثاني أكسيد الكربون المستمرة نتيجة عوامل عدة أهمها الزيادة الحاصلة في استهلاك مصادر الطاقة التقليدية كالفحم والبتترول والغاز الطبيعي، فضلا عن زيادة نسب الغازات الأخرى كالميثان وبخار الماء وأكسيد النيتروز والأوزون التروبوسفيري، وظهور غازات أخرى كيميائية كغازات الفلوروكربونات وغازات الهيدروكلوروفلوروكربون والبرفلوروكربونات والهكسافلوريد الكبريت، التي يمتاز بعض منها رغم صغر نسبته في الغلاف الغازي، بامتلاكها قدرة كبيرة على امتصاص جزء كبير من الإشعاع الأرضي الحراري وبقائها لمدة طويلة في الغلاف الغازي، لذا تعد من غازات البيت الزجاجي المهمة، أو كما تسمى بغازات الدفيئة، أو غازات الاحتباس الحراري، التي سببت إحترارا عالميا واضح المعالم.

إن تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي ازداد كثيرا وأصبح يكون أكثر من ٣٠% عما كان عليه تركيزه قبل الثورة الصناعية، كما ازداد تركيز الميثان إلى ضعف تركيزه قبل الثورة الصناعية، أما أكسيد النيتروز فأصبح اعلي بنحو ١٨% من مقدار تركيزه قبل الثورة الصناعية، كما إن

غاز الكلوروفلوروكربون ازداد بمقدار ٤% سنويا، وذلك وفقا لآخر بيانات منظمة الأرض العالمية^(١).

من جراء ذلك ظهرت بعض المؤشرات، إذ إرتفعت درجة الحرارة خلال عام ٢٠٠٥ في النصف الشمالي بمقدار ٠,٦٥°م فوق المتوسط الذي كان سائدا ما بين ١٩٦٦ - ١٩٩٠. كما إرتفعت درجة الحرارة خلال عام ٢٠٠٥ بنحو ٠,٤٨°م على مستوى العالم، وهذا يجعل هذه السنة من اشد السنين حرارة بعد سنة ١٩٩٨. كما يعتقد العلماء أن نصف الكرة الشمالي يزداد حرارة بشكل أسرع من النصف الجنوبي لان نسبة اليباس إلى المسطحات المائية فيه اكبر من النصف الجنوبي، فضلا عن ذلك كانت درجة حرارة مياه المحيط الأطلسي بنصف الأرض الشمالي هي الأعلى منذ عام ١٨٨٠. وبدأ الجليد على قمم الجبال الشاهقة بالانحسار، كما في جبال استراليا، إذ حذر العلماء من تحول كتل الجليد الدائمة إلى مياه في غضون ٧٠ عاما القادمة، كما اكتشفت إحدى الدراسات العلمية الحديثة أن الأشجار في المنطقة شبه القطبية في مرتفعات استراليا بدأت تنمو على ارتفاعات تزيد عن ٤٠ مترا عما كانت عليه قبل ٢٥ عاما^(٢).

فضلا عن ذلك إرتفعت درجات حرارة القطب بشكل ملفت للنظر، كما تناقصت مساحة الجليد في بحار النصف الشمالي من الأرض، وتناقص سمك الجليد البحري القطبي، وتراجعت غابات الأسكا (البوريل) نحو الشمال، كما ازداد التساقط على القارة القطبية الجنوبية، كما كان من المؤشرات هو دفيء مياه المحيط القطبي، ودفيء مياه بحر بيوفورت، وتناقص ملوحته^(٣).

٢: نظرية الهباء الجوي Aerosols:

الهباء الجوي هو ما يحمله الغلاف الغازي من ذرات وجزيئات الشوائب والغبار والأملاح والرماد، وتنتشر في طبقة التروبوسفير، كما إنها تصل أحيانا إلى طبقة الستراتوسفير. وتتكون مكونات الهباء الجوي بواسطة

(١) سلطان الرفاعي، التلوث البيئي، دار أسامة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ٢٠٠٩، ص ٢٦٥.

(٢) نفس المصدر، ص ٢٦٦.

(٣) United Nations Environment Programme (USEP), how ill global warming affect my world? France, 2003, p. 4.

مجموعة من العوامل الطبيعية كالبراكين والنافورات الحارة والعواصف الترابية والغبارية وظاهرتي الغبار المتصاعد والعالق والحرائق الطبيعية. أما العوامل البشرية فتعود إلى نشاطات الإنسان المختلفة كالحراثة وإنشاء الطرق وما تنفثه وسائل النقل والمصانع والحرائق والعمليات العسكرية والمقالع وغيرها من الأنشطة البشرية.

تعمل مكونات الهباء الجوي على عكس جزءا من الإشعاع الشمسي أثناء مروره في الغلاف الغازي، كما تعمل على تشتيت جزءا آخر منه، وبذلك فإنها تخفض من كمية الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض، وهذا يؤدي إلى انخفاض درجات الحرارة.

إن أقطار مكونات الهباء الجوي تتراوح بين أقل من ٠,١ ميكرون إلى أقل من ملم، وبهذا فهي دقيقة جدا. وتخفيض الشوائب بما يزيد على ٢٠% من كمية الأشعة الشمسية الواصلة إلى سطح الأرض في يوم مشمس فيه نسبة مرتفعة من الشوائب في الجو مقارنة بجو نقي تحت نفس الظروف الفلكية والجغرافية^(١). ويعتقد معظم الباحثين أن الشوائب التي يقل قطرها عن ١٠ ميكرون تعمل على تقليل الإشعاع الشمسي الواصل للسطح، وهذا يؤدي إلى تبريد درجة حرارة سطح الأرض والهواء القريب منه. الأمر الذي جعل بعض المناخيين يقترحون أن ارتفاع تركيز مكونات الهباء الجوي سيؤدي إلى انخفاض دة حرارة الأرض وسيؤدي جزئيا أو كليا دور زيادة نسبة غازات الدفيئة في عملية الاحترار، كما ذهب البعض الآخر إلى أن زيادة تركيز هذه الشوائب في الجو سيؤدي إلى تبريد كبير في درجة الحرارة، ونشوء عصر جليدي. ويرجع سيناريو الشتاء الذري الذي اقترحه العالم كارل سيغان إلى أثر الشوائب على المناخ الأرضي^(٢).

إن انخفاض درجات الحرارة بسبب مكونات الهباء الجوي سيؤدي إلى آثار مناخية أخرى منها قلة الأمطار لقلة نشاط تيارات الحمل، في حين هناك من يرى أن زيادة المواد الدقيقة في الغلاف الغازي سيزيد من وجود النويات

(١) إبراهيم العرود، مصدر سابق، ص ١٧٤ - ١٧٧.

(٢) نفس المصدر، ص ١٧٧، ١٧٨.

التي تساعد على تكاثف بخار الماء في الغلاف الغازي، وبذلك تزداد السحب ويزداد التساقط^(١).

العصور المناخية للمدة الماضية:

يمكن تقسيم المدة الماضية من عمر الأرض إلى ستة عصور مناخية تاريخية^(٢):

الأول: قبل أكثر من بليون سنة: وكان فيها المناخ يميل إلى البرودة، لان وجود ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي كان يستهلك في عملية التركيب الضوئي من قبل النباتات، لذا كان ثاني أكسيد الكربون يتناقص في الغلاف الغازي ويخزن على شكل كربون عضوي.

الثاني: قبل مئات الملايين ن السنين: وفيها مرت الأرض بنشاط تكتوني، وحدث انجراف القارات وثوران البراكين، الأمر الذي أدى إلى زيادة ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الغازي، فارتفعت درجات الحرارة إلى معدل يبلغ نحو ٥٠م أكثر من الآن.

الثالث: بدأ قبل ١٠٠ مليون سنة: وفيها تراجع النشاط التكتوني، فانخفضت نسبة ثاني أكسيد الكربون، فضعف تأثير غازات الدفيئة في الغلاف الغازي، فاخذ المناخ في البرودة أكثر.

الرابع: خلال مليون سنة مضت: تناوبت الفترات بين البرودة والدفء لعشرات الآلاف من السنين، الأمر الذي أدى إلى حدوث دورات جليدية نتجت من المدار البيضوي للأرض حول الشمس، والذي يستغرق قرابة ١٠٠,٠٠٠ سنة، وتأرجح الأرض بدورانها حول محورها، الامر الذي يقلل أو يوسع من تعرض نصف الأرض للأشعة الشمسية المباشرة بمدة تصل قرابة ٢٠,٠٠٠ سنة، ثم تغير ميلان محور الأرض اتجاه الشمس بمدة تبلغ نحو ٤٠,٠٠٠ سنة، وهذا ما يسمى بدورة ميلانكوفيتش.

(١) أندرو س. جودي، مصدر سابق، ص ٣٢٠.

(2) John T. Hardy, op. cit, P. 24 – 26.

الخامس: دورات صغيرة من ١٠٠٠ سنة أو أقل: وتعود هذه الدورات للنشاط الشمسي، أو تأثير النشاط البشري، إلا أنها غير مؤكدة، وأدت إلى دفيء القرون الوسطى قبل ١١٠٠ سنة، ونجاح زراعة العنب في جنوب انكلترا، وقبل ٢٠٠ - ٦٠٠ سنة حدث عصر جليدي صغير جاء بشتاء بارد على المناطق الحارة من الأرض، كما إن الصيف البارد أدى إلى فشل الغلال وسبب الموت جوعا في أجزاء من أوروبا.

السادس: خلال ١٥٠ سنة الماضية: وفيها زاد المعدل العالمي لحرارة الأرض بنحو ٠,٨°م، وكانت هذه الزيادة سريعة جدا لم يسبق لها مثيل في تاريخ الأرض الطويل.

المصادر

- ١- القرآن الكريم.
- ٢- أبو الحب، جليل كريم، خالد عبد الرزاق حبيب، الآفات الزراعية (الجزء النظري)، دار الكتب للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٩٣.
- ٣- أبو سمور، حسن، حامد الخطيب، جغرافية الموارد المائية، ط١، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ١٩٩٩.
- ٤- أبو سمور، حسن، الجغرافية الحيوية والتربة، ط٢، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠٠٩.
- ٥- البرازي، نوري خليل، إبراهيم عبد الجبار المشهداني، الجغرافية الزراعية، ط٢، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ٢٠٠٠.
- ٦- البطيحي، عبد الرزاق محمد، طرائق البحث الجغرافي، دار الكتب، جامعة الموصل، ١٩٨٨.
- ٧- البناء، علي، أسس الجغرافيا المناخية والنباتية، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، لبنان، ١٩٧٠.
- ٨- البياتي، فراس فاضل مهدي، المناخ والأمراض، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية، جامعة الانبار، ٢٠٠٠.
- ٩- تاريوك، لوتجنز، الأرض، ترجمة عمر سليمان حمودة والبهلول علي اليعقوبي ومصطفى جمعة سالم، ١٩٨٤.
- ١٠- التل، سفيان، الاحتباس الحراري، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨.
- ١١- جابر، محمد مدحت، فاتن محمد البناء، دراسات في الجغرافية الطبية، ط١، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ١٩٩٨.
- ١٢- الجبوري، سلام هاتف، التباين السنوي لدرجات الحرارة في مدينة بغداد وعلاقته بالإشعاع الشمسي الواصل إليها للمدة ١٩٧١ - ٢٠٠٠، مجلة كلية التربية، الجامعة المستنصرية، العدد الثاني، ٢٠٠٩.
- ١٣- الجبوري، سلام هاتف، سعاد عبد المحسن الشمري، دور المناخ في التباين المكاني للإصابة بمرض الملاريا في المنطقة الجنوبية من العراق للمدة ١٩٧٢ - ٢٠٠٠، مجلة الأستاذ، كلية التربية / ابن رشد، جامعة بغداد، العدد ٩١، ٢٠٠٩.
- ١٤- جودي، أندرو س، التغيرات البيئية، ترجمة محمود محمد عاشور، ونبيل سيد إمبابي، ١٩٩٦.
- ١٥- الجوهري، يسري، الجغرافية العامة، مكتبة ومطبعة الإشعاع الفنية، مصر، ١٩٩٨.
- ١٦- حبيب، عبد العزيز محمد، يوسف يحيى طعماس، جغرافية النقل والتجارة الدولية، بيت الحكمة، بغداد، ١٩٨٩.
- ١٧- حديد، أحمد، فاضل الحسني، علم المناخ، مطبعة جامعة بغداد، جامعة بغداد، ١٩٨٤.
- ١٨- الحريري، محمد مرسي، الوجيز في الجغرافيا الاقتصادية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، ١٩٨٨.
- ١٩- الحسني، فاضل، مهدي الصحاف، علم المناخ التطبيقي، دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠.

- ٢٠- حنا، إبراهيم، عامر مجيد آغا، دور التشجير الحراجي الوقائي في صيانة التنوع الحيوي في المنطقة الشرقية والشمالية الشرقية من القطر العربي السوري، المجلد الثاني، العدد الثاني، الأمانة العامة لاتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، ١٩٩٩.
- ٢١- الخشاب، وفيق حسين، أحمد سعيد حديد، ماجد السيد ولي محمد، الموارد المائية في العراق، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٣.
- ٢٢- الخشاب، وفيق حسين، أحمد سعيد حديد، مهدي محمد علي الصحاف، علم الجيومورفولوجيا، ج ١، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٧٨.
- ٢٣- الخفاف، عبد علي، ثعبان كاظم خضير، المناخ والإنسان، ط ٢، عمان، الأردن، ٢٠١٠.
- ٢٤- الخفاف، عبد علي، علي الشلش، الجغرافيا الحياتية، ط ١، دار الفكر، عمان، الأردن، ٢٠٠٠.
- ٢٥- الدزي، سالار علي خضر، ظاهرة التعقيم الشمسي وتأثيرها على مناخ العراق، مجلة الأستاذ، كلية التربية / ابن رشد، العدد ٦٥، ٢٠٠٧.
- ٢٦- الدليمي، مهدي حمد فرحان، اثر المناخ على صحة وراحة الإنسان في العراق، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية التربية / ابن رشد، جامعة بغداد، ١٩٩٠.
- ٢٧- الراوي، صباح محمود، عدنان هزاع البياتي، أسس علم المناخ، دار الكتب، جامعة الموصل، ٢٠٠١.
- ٢٨- الراوي، عادل سعيد، قصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠.
- ٢٩- رسول، أحمد حبيب، النقل والتجارة الدولية، مطبعة الحوادث، بغداد، ١٩٨١.
- ٣٠- رسول، أحمد حبيب، مباديء الجغرافية الصناعية، ج ١، مطبعة دار السلام، بغداد، ١٩٧٦.
- ٣١- رسول، أحمد حبيب، مباديء جغرافية الصناعة، مطبعة الحوادث، بغداد، ١٩٨٠.
- ٣٢- الرفاعي، سلطان، التلوث البيئي، ط ١، دار أسامة للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ٢٠٠٩.
- ٣٣- رمضان، محمد رأفت إسماعيل، علي جمعان الشكيل، الطاقة المتجددة، ط ٢، دار الشروق، القاهرة، ١٩٨٨.
- ٣٤- الزوكة، محمد خميس، جغرافية المياه، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، مصر، ١٩٩٨.
- ٣٥- السامرائي، قصي عبد المجيد، المناخ والأقاليم المناخية، دار اليازوري للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ٢٠٠٨.
- ٣٦- السامرائي، قصي عبد المجيد، عبد مخور نجم الرياحاني، جغرافية الأراضي الجافة، مطابع دار الحكمة، بغداد، ١٩٩٠.
- ٣٧- السباعي، عبد الخالق حامد، استخدام المبيدات في الزراعة وأخطارها على الإنسان والبيئة، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي، العدد الرابع، مطبعة المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، ١٩٨٧.
- ٣٨- سعد، أديب، التأثيرات السلبية والإيجابية لتربية الأسماك في البيئة، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الثاني، العدد الثاني، الأمانة العامة لاتحاد مجالس البحث العلمي العربية، ١٩٩٩.
- ٣٩- السعدني، عبد الرحمن، ثناء مليجي عوده، علم البيئة، دار الكتاب الحديث، القاهرة، ٢٠٠٨.

- ٤٠- السماك، محمد أزهر سعيد وآخرون، العراق دراسة إقليمية، ج ١، دار الكتب، جامعة الموصل، ١٩٨٥.
- ٤١- سويلم، صالح محمد، إسماعيل نجم المعروف، حشرات الغابات، دار الكتب، جامعة الموصل، ١٩٨١.
- ٤٢- السيد، ياسر أحمد، الطقس والمناخ، بستان المعرفة، الإسكندرية، ٢٠١١.
- ٤٣- شحادة، نعمان، المناخ العملي، الأردن، ١٩٨٣.
- ٤٤- شحادة، نعمان، علم المناخ، ط ٢، مطبعة النور النموذجية، الأردن، ١٩٨٣.
- ٤٥- الشرعبي، ياسين بن عبد الرحمن، الأسس العلمية للاحتباس الحراري، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨.
- ٤٦- شريف، إبراهيم إبراهيم، علي حسين الشلش، جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٥.
- ٤٧- الشلش، علي حسين، القارية سمة أساسية من سمات مناخ العراق، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد ٢١، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٨٧.
- ٤٨- الشلش، علي حسين، جغرافية التربة، ط ٢، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٥.
- ٤٩- الشلش، علي حسين، جغرافية أمريكا الشمالية الإقليمية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٠.
- ٥٠- شواهين، خير، علوم الأرض والبيئة للهواة، ط ٢، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠٠٩.
- ٥١- الشيخ، احمد احمد، الأرصاد الجوية، جامعة المنصورة، مصر، ٢٠٠٤.
- ٥٢- الصحاف، مهدي محمد علي، فاضل باقر الحسني، الجغرافية الطبيعية، القسم الأول، بغداد، ١٩٩٠.
- ٥٣- الصراف، صادق جعفر، علم البيئة والمناخ، دار الكتب، الموصل، ١٩٨٠.
- ٥٤- الصفار، فؤاد محمد، الجغرافية الصناعية في العالم، ط ١، وكالة المطبوعات، الكويت، ١٩٨٠.
- ٥٥- الضاحي، حارث عبد الجبار حميد، الأمطار في العراق (دراسة في المناخ التطبيقي)، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية، ١٩٨٩.
- ٥٦- الطائي، محمد حامد، علي حسين الشلش، وفيق حسين الخشاب، جغرافية العالم الجديد، ط ٢، دار الكتب، جامعة الموصل، ٢٠٠٠.
- ٥٧- عابد، عبد القادر وآخرون، أساسيات علم البيئة، ط ٢، دار وائل للطباعة والنشر، عمان، الأردن، ٢٠٠٤.
- ٥٨- العاني، خطاب صكار، إبراهيم عبد الجبار المشهداني، جغرافية الوطن العربي، مطابع التعليم العالي، الموصل، ١٩٩٠.
- ٥٩- عبد الحسين، علي، فاضل حسين مصطفى، وقاية المزروعات، ط ٢، مطبعة سلمى الفنية الحديثة، بغداد، ١٩٧٨.
- ٦٠- عبد الحفيظ، عبد الرحمن الطيب، المقننات المائية لبعض المحاصيل البستانية وأشجار الفاكهة في السودان، مجلة الاحتياجات المائية للمحاصيل والأشجار في المناطق البيئية العربية المختلفة، مطبعة اتحاد مجالس البحث العلمي العربية، الأمانة العامة، بغداد، ١٩٨٨.
- ٦١- عبد الوهاب، عبد المنعم، محمد أزهر السماك، آزاد محمد أمين، جغرافية النفط والطاقة، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، ١٩٨١.

- ٦٢- عبد، مولود كامل، مؤيد أحمد يونس، بيئة الحشرات، دار الكتب، جامعة الموصل، ١٩٨٠.
- ٦٣- عبده، سعيد، أسس جغرافية النقل، مكتبة الانجلو المصرية، مصر، ١٩٩٤.
- ٦٤- العجمي، ضاري ناصر، التغيرات المناخية وأثرها في البيئة، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨.
- ٦٥- العرود، إبراهيم، التغير المناخي في الميزان، ط١، عمان، الأردن، ٢٠٠١.
- ٦٦- عزيز، مكي محمد، رياض إبراهيم السعدي، جغرافية السكان، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٤.
- ٦٧- العلاف، نسرین ذنون سعيد، التكامل في مكافحة الذبابة البيضاء باستخدام منظم النمو Applaud وبعض المفترسات الحشرية، جامعة بغداد، كلية الزراعة، أطروحة دكتوراه غير منشورة، ١٩٩٨.
- ٦٨- العلي، عبد الباقي محمد حسين، مولود كامل عبد ومؤيد أحمد يونس، علم بيئة الحشرات، دار الكتب، جامعة الموصل، ١٩٨٧.
- ٦٩- العودات، محمد عبدي، عبد السلام محمود عبد الله، عبد الله محمد الشيخ، الجغرافيا النباتية، ط٢، جامعة الملك سعود، السعودية، ١٩٩٧.
- ٧٠- عياش، سعود يوسف، تكنولوجيا الطاقة البديلة، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، ١٩٨١.
- ٧١- غارنييه، جاكولين ب، جغرافية السكان، ترجمة حسن الخياط ومكي محمد عزيز، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٧٤.
- ٧٢- غالب، سعدي علي، جغرافية النقل والتجارة، دار الكتب للطباعة والنشر، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٧.
- ٧٣- غانم، علي احمد المناخ التطبيقي، ط١، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠١٠.
- ٧٤- غانم، علي أحمد، الجغرافيا المناخية، ط٢، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠٠٧.
- ٧٥- غانم، علي أحمد، الجغرافيا المناخية، ط٣، دار المسيرة، عمان، الأردن، ٢٠١١.
- ٧٦- غلاب، محمد السيد، محمد صبحي عبد الحكيم، السكان ديموغرافيا وجغرافيا، ط٤، مكتبة الانجلو المصرية، ١٩٧٨.
- ٧٧- فايد، يوسف عبد المجيد، جغرافية المناخ والنبات، دار النهضة العربية، بيروت، ١٩٧١.
- ٧٨- كلمان، مارتين، جغرافية النبات، ترجمة احمد عبد الله احمد بابكر، الدوحة، ١٩٨٩.
- ٧٩- كوبر، جغرافية النقل البحري، ترجمة محمود ربيع عبد الله الملط، الاكاديمية العربية للنقل البحري بالاشتراك مع منشأة المعارف، الاسكندرية، مصر، ١٩٧٨.
- ٨٠- محفوظ، محمد، جرجس مخول، الشاي، مجلة المهندس الزراعي العربي، العدد ٥١، دمشق، سوريا، ٢٠٠٠.
- ٨١- محمد، ماجد السيد ولي، العوامل الجغرافية وأثرها في انتشار الاملاح بترترب سهل ما بين النهرين، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، المجلد ١٧، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٨٦.
- ٨٢- محمد، أحمد الطيب وآخرون، تأسيس الأشجار في أراض شديدة التصحر، مجلة أبحاث البيئة والتنمية المستدامة، المجلد الأول، العدد الأول، الأمانة العامة لاتحاد مجالس البحث العلمي العربية، بغداد، ١٩٩٨.
- ٨٣- المختار، بالقاسم، كيوتو وخلفيات المواقف الدولية، مجلة عالم الفكر (٢)، المجلد ٣٧، الكويت، ٢٠٠٨.

- ٨٤- مرعي، مخلف شلال وإبراهيم محمد حسون القصاب، جغرافية الزراعة، جامعة الموصل، ١٩٩٦ .
- ٨٥- المشهداني، محمود حسن وآخرون، أصول الإحصاء والطرق الإحصائية، ط١، بغداد، مطبعة دار السلام، ١٩٨٥ .
- ٨٦- المظفر، محسن عبد الصاحب، الجغرافية الطبية مبادئ وأسس، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، المجلد ١٧، مطبعة العاني، بغداد، ١٩٨٦ .
- ٨٧- مغايري، مازن، موسوعة أطلس العالم، دار الرضوان، حلب، سورية، بلا تاريخ.
- ٨٨- ملر، أوستن، علم المناخ، تعريب محمد متولي، المطبعة الفنية الحديثة، مصر، ١٩٧٢ .
- ٨٩- المنظمة العربية للتنمية الزراعية، تقرير عن مشكلة الآفات الفقارية بالجمهورية العراقية، مطبعة المنظمة العربية للتنمية الزراعية، الخرطوم، ١٩٨٣ .
- ٩٠- مهدي، عبد الخالق صالح، عبد الوالي أحمد الخليوي، الجغرافيا النباتية، ط١، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، ١٩٩٩ .
- ٩١- الموسوي، علي صاحب طالب، عبد الحسن مدفون أبو رحيل، علم المناخ التطبيقي، ط١، دار الضياء للطباعة، النجف الاشرف، ٢٠١١ .
- ٩٢- موسى، علي حسن، البقع الشمسية ودورها في التغيرات المناخية، ط١، دار الفكر، دمشق، سورية، ١٩٩٩ .
- ٩٣- موسى، علي حسن، التغيرات المناخية، ط١، دار الفكر، سورية، ١٩٨٦ .
- ٩٤- موسى، علي حسن، المناخ الحيوي، ط١، نينوى للدراسات والنشر والتوزيع، سوريا، ٢٠٠٢ .
- ٩٥- موسى، علي حسن، النينو، ط١، دار الفكر، دمشق، ٢٠٠٠ .
- ٩٦- موسى، علي حسن، موسوعة الطقس والمناخ، ط١، نور للطباعة والنشر والتوزيع، سورية، ٢٠٠٦ .
- ٩٧- موسى، علي، محمد الحمادي، جغرافية القارات، دار الفكر المعاصر، بيروت، لبنان، ٢٠٠١ .
- ٩٨- موسى، علي، المناخ والإرصاد الجوية، منشورات جامعة دمشق، سوريا، ٢٠٠٣ .
- ٩٩- موسى، علي، الوجيز في المناخ التطبيقي، ط١، دار الفكر، دمشق، سورية، ١٩٨٢ .
- ١٠٠- المومني، محمد أحمد عقله، عبد علي الخفاف، جغرافية القارات، ط١، دار الكندي ودار طارق للنشر والتوزيع، الأردن، ١٩٩٨ .
- ١٠١- ميخائيل، سمير، عبد الحميد طرابية، عبد الجواد الزرري، أمراض البساتين والخضر، دار الكتب، جامعة الموصل، ١٩٨١ .
- ١٠٢- نخبة من أساتذة الجامعات في العالم العربي، طب المجتمع، بيروت، لبنان، ١٩٩٩ .
- ١٠٣- النقاش، عدنان باقر، مهدي محمد علي الصحاف، الجيومورفولوجي، جامعة بغداد، ١٩٨٩ .
- ١٠٤- هارون، علي أحمد، جغرافية الزراعة، ط٣، دار الفكر العربي، القاهرة، مصر، ٢٠٠٨ .
- ١٠٥- الهيئة العامة للأنواء الجوية، قسم المناخ، بيانات غير منشورة .
- ١٠٦- الوائلي، علي عبد الزهرة كاظم، أسس ومبادئ في علم الطقس والمناخ، ٢٠٠٥ .

١٠٧- الياسين، عدنان إسماعيل، الزيتون في محافظة نينوى، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٧٤ .

- 108- Agarwal, S. K., global warming and climate change, printed at Balaji offset, New Delhi, 2008.
- 109- Angeloni, Elvio, Anthropology, twenty – sixth edition mc grow – hill / Dushkin, USA, 2003.
- 110- Blair ,Thomas A. Robert C. Fite ,Weather elements ,fifth edition, Prentice hall ,inc ,Englewood cliffs, N.J.USA,1965.
- 111- Carter ,George F. , Man and Land , second Edition , Holt , Rinehart and Winston ,inc .USA,1968 .
- 112- Cunningham ,William P. , Mary Ann Cunningham and Barbara Wood Worth Saigo , environmental science , ninth edition, Mc grow – hill company ,New York,USA,2007.
- 113- De Blij, H .J. Peter O. Muller ,Physical geography of the global environment , second edition ,John Wiley and Sons, inc ,USA,1996.
- 114- Dorenbos, J and W.O. Pruitt , guidelines for Predicting crop water requirement, FAO, irrigation and drainage paper, No.24,Rome ,1977.
- 115- Ember, Carol R. Melvin Ember and Peter N. Peregrine, Anthropology, tenth edition, USA, 2002.
- 116- Furley ,Peter A. and other, geography of the biosphere , first edition, butter worth and Co. publisher ltd, London ,1983.
- 117- Getis ,arthur ,Judith Getis and Jerome D. Fellmann , Introduction to geography , published by Mc grow – hill, New York, USA ,2008.
- 118- Hardy, John T., Climate change, John Wiley and sons ltd, England, 2003.
- 119- Harris, Nathaniel, Atlas of the worlds deserts, published by Fitzroy Dearborn an imprint of the Taylor and Francis group, New York, USA, 2005.
- 120- Klimm , Lester E. and other, introductory economic geography ,third edition ,Harcourt brace and company ,inc USA ,1956.
- 121- Koppe , clarence E. and George C. Delong ,weather and climate ,Mc grow – hill book company ,inc ,USA ,1958.
- 122- NASA Facts, global warming, 1998.

- 123- Riehl, Herbert ,Introduction to the atmosphere, Mc Graw –hill ,inc ,USA,1965.
- 124- Singh, K. K., warming in 21 st century (cause, effects, and future), MD publications pvt ltd, New Delhi, 2008.
- 125- SSRv /0 Selkhozprom export, general scheme of water sources and land development in Iraq ,ministry of irrigation , Volume III , book1, 1982.
- 126- Strahler ,Alan, Arthur strahler ,introducing ,physical geography ,third edition Wiley and sons ,inc ,USA,2003.
- 127- Strahler, Arthur N. Introduction to physical geography ,third edition ,John Wiley and sons ,inc USA, 1973.
- 128- Strahler, Arthur N. Introduction to physical geography, John Wiley and sons ,inc USA, 1965.
- 129- Stutz , Frederick P. and Anthony R. desouza, world economy ,third edition, Prentice hall,USA,1998.
- 130- Trewartha, Glenn T, Arthur H.Robinson and Edwin H. Hammond elements of geography ,fifth edition, Mc graw-hill ,inc,USA,1967.
- 131- Trewartha, Glenn T,An introduction to climate ,third edition ,Mc graw –hill book company ,inc,USA,1954.
- 132- Trewartha, Glenn T. and other ,fundamentals of physical geography ,third edition Mc graw-hill book company ,USA,1977.
- 133- United nations environment programme (usep), how ill global warming affect my worlds? France, 2003.
- 134- Wather, wensdorfer. H, the importance of Malaria in the world, academin press, London, 1980.
- 135- <http://ar.wikipedia.org/wiki>.
- 136- <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/cos-tal-unes-aeolian-transport-53075552>.
- 137- <https://www.google.iq/search?q=contour+agriculture&aq>.

APPLIED CLIMATOLOGY

By

Salam Hatif Ahmed Al – Jubouri

Assistant professor. Ph.D

In physical Geography

First edition 2014

