جغرافيــة التــربة

نور المعموري
Intellectualrevolution

تأليف
الأستاذ الدكتور
كاظم شنته سعد
جامعة ميسان/ كلية التربية

١٤٣٧هـ **٢٠١٦م**

@Borsippa_Library
Tele: @Intellectualrevolution

بسم الله الرحمن الرحيم

وَآيَةٌ لَّهُمُ الْأَرْضُ الْمَيْتَةُ أَحْيَيْنَاهَا وَأَخْرَجْنَا مِنْهَا حَبًّا فَمِنْهُ يَأْكُلُونَ ﴿٣٣﴾ وَجَعَلْنَا فِيهَا جَنَّاتٍ مِّن نَّخِيلٍ وَأَعْنَابٍ وَفَجَّرْنَا فِيهَا مِنَ الْعُيُونِ ﴿٣٤﴾

صدق الله العلي العظيم
سورة يس، الآيات ٣٣-٣٤

الإهـــــــــداء...

إلـى

رفيقة العمر زوجتي أم محمد.... حباً واعتزازاً
نور عيوني وسر حياتي وسعادتي....
أبنائي ..... محمد، مصطفى، فاطمة، مريم

المؤلف

فهرس المحتويات

العنوان	الصفحة
فهرس المحتويات	أ
فهرس الجداول	د
فهرس الأشكال	و
فهرس الخرائط	و
فهرس الصور	ز
المقدمة	١
الفصل الأول: تطور علم التربة	٤
فروع علم التربة وعلاقته بالعلوم الأخرى	٥
علاقة علم الجغرافية بعلم التربة	٦
مفهوم التربة	٨
وحدة التربة	٩
مقد التربة	١٠
مقطع التربة	١٠
آفاق التربة	١٠
مكونات التربة	١١
المكونات المعدنية	١٢
المكونات العضوية	٢٨
ماء التربة	٣٠
هواء التربة	٣٢
الفصل الثاني: عمليات تكوين التربة	٣٧
عوامل تكوين التربة	٤٣
المادة الأم	٤٥
أحوال المناخ	٤٧
الكائنات الحية	٤٨
طبيعة انحدار السطح	٥٠
الزمن	٥٣
الإنسان	٥٥
الفصل الثالث: الخصائص الفيزيائية للتربة	٥٧
١- عمق التربة	٥٨
٢- نسجة التربة	٥٩
٣- بناء التربة	٦٤
٤- الكثافة الظاهرية للتربة	٧٠
٥- الكثافة الحقيقية للتربة	٧١
٦- مسامية التربة	٧٢
٧- المحتوى الرطوبي للتربة	٧٣

العنوان	الصفحة
٨- معدل غيض الماء للتربة	٨١
٩- التوصيل المائي المشبع للتربة	٨٣
١٠- لون التربة	٨٥
١١- حرارة التربة	٨٧
الفصل الرابع: الخصائص الكيميائية للتربة	٩٣
١- محتوى التربة من المواد العضوية	٩٣
٢- درجة تفاعل التربة (PH)	٩٦
٣- محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم	١٠٠
٤- محتوى التربة من كبريتات الكالسيوم	١٠٤
٥- السعة التبادلية الكاتيونية	١٠٦
٦- الأيونات الموجبة والسالبة الذائبة في محلول التربة	١٠٩
٧- ملوحة التربة	١١١
الفصل الخامس: الخصائص البايلوجية للتربة	١١٦
أ- الكائنات النباتية للتربة	١١٧
١- الكائنات النباتية المرئية	١١٧
٢- الكائنات النباتية غير المرئية	١١٨
ب- الكائنات الحيوانية للتربة	١٢٦
١- الكائنات الحيوانية المرئية	١٢٦
٢- الكائنات الحيوانية غير المرئية	١٢٨
الفصل السادس: تأثير العمليات الزراعية على خصائص التربة	١٣٠
١- الحراثة وتهيئة الأرض	١٣١
٢- التسميد	١٣٦
٣- الري والبزل	١٤١
٤- الحصاد وجني المحاصيل	١٥٠
الفصل السابع: تصنيف التربة	١٥٢
١- الترب النطاقية	١٥٦
أ- مجموعة ترب البيدالفير	١٥٧
ب- مجموعة ترب البيدوكال	١٥٧
التوزيع المكاني للترب النطاقية في العالم	١٥٧
أ- ترب إقليم التندرا	١٥٨
ب- ترب الأقاليم الرطبة	١٦١
جـ- ترب الأقاليم شبه الرطبة والجافة	١٦٨
٢- الترب المتداخلة	١٧٥
أ- الترب المائية	١٧٦
ب- الترب الملحية	١٧٧
جـ- الترب الكلسية	١٧٨

العنوان	الصفحة
٣- الترب اللانطاقية	١٨٠
أ- الترب الجبلية والصخرية	١٨٠
ب- ترب الترسبات غير المائية	١٨١
جـ- الترب الفيضية	١٨٢
الفصل الثامن: مشكلات التربة ووسائل معالجتها	١٨٥
١- مشكلة تعرية التربة	١٨٦
أ- التعرية المائية	١٨٧
ب- التعرية الريحية	١٩٧
٢- مشكلة ملوحة التربة	٢٠٥
٣- مشكلة تلوث التربة	٢١٧
أ- التلوث الطبيعي للتربة	٢١٨
ب- التلوث الكيميائي للتربة	٢٢٠
جـ- التلوث بالنفايات	٢٢٧
د- التلوث الإشعاعي	٢٢٩
وسائل الحد من مشكلة تعرية التربة	٢٣٠
وسائل الحد من مشكلة ملوحة التربة	٢٤١
وسائل الحد من مشكلة تلوث التربة	٢٥٤
مصادر الكتاب	٢٥٦

فهرس الجداول

ت	عنوان الجدول	الصفحة
١	العناصر المكونة لمعادن صخور القشرة الأرضية ومصادر الحصول عليها من قبل النباتات	١٥
٢	محتوى هواء التربة والهواء الجوي من الغازات المختلفة%	٣٣
٣	أصناف الترب حسب الأعماق/سم	٥٩
٤	أقطار دقائق التربة (ملم) وعدد الدقائق في الغرام الواحد والمساحة السطحية (سم^{٢}/غم) حسب النظامين الأمريكي والعالمي	٦٢
٥	أصناف وأنواع بناء التربة حسب أحجام المجاميع/ملم	٦٨
٦	علاقة نسجة التربة بالتصنيف البايلوجي لماء التربة	٧٦
٧	تقييم نسبة الماء المخزون في التربة عند السعة الحقلية	٧٩
٨	تقييم الترب على أساس معدل غيض الماء (سم/ساعة) وفقاً لمعيار (F. A. O. Criteria ١٩٧١)	٨٣
٩	تقييم الترب على أساس التوصيل المائي وفقاً لمعيار Soil survey Manual ١٩٥١	٨٥
١٠	الصفات المستعملة للترب حسب درجة تفاعلها (PH)	٩٧
١١	حدود درجة تفاعل التربة (PH) التي تحقق أعلى إنتاج للمحاصيل الزراعية	١٠١
١٢	النسبة المئوية لمحتوى التربة من الجبس حسب الأعماق/سم	١٠٥
١٣	العلاقة العامة بين نسجة التربة والسعة التبادلية الكاتيونية	١٠٧
١٤	تقييم الترب على أساس سعتها التبادلية الكاتيونية وفقاً لمعيار (I. L. A. C. O. BV. ١٩٨١)	١٠٨
١٥	متوسط تراكيز الأيونات الداخلة في تركيب الترب الحامضية والقاعدية	١٠٩
١٦	أعداد وأوزان الكائنات الحية في الطبقة السطحية للتربة في المناطق الرطبة	١١٩
١٧	تأثير عمق التربة على أعداد البكتريا في الغرام الواحد من التربة	١٢٢
١٨	مقارنة بين خواص التربة قبل وبعد مرورها خلال أجسام الديدان الأرضية	١٢٧
١٩	المتطلبات المثلى من العناصر الغذائية الرئيسة للإنتاج الملائم من بعض المحاصيل الزراعية	١٣٨
٢٠	التركيب الكيميائي للسماد الحيواني ولحيوانات مختلفة	١٤٠
٢١	توافق أنواع الترب النطاقية مع الأقاليم المناخية والنباتية على سطح الأرض	١٥٥
٢٢	المساحات المزروعة (مليون هكتار) وكميات التربة المفقودة بالتعرية (مليون)طن) في بعض بلدان العالم	١٨٧
٢٣	الحمولة السنوية لبعض الأنهار من الرواسب الناتجة عن التعرية المائية	١٨٩
٢٤	العلاقة بين حجم قطرة المطر/ملم وسرعة سقوطها م/ثا	١٩١
٢٥	العلاقة بين نمط استعمال الأرض وحجم التربة المفقودة	١٩٥
٢٦	قيم ضغط الرياح كغم/م^{٢} وفقاً لمقياس بيفورت لسرعة الرياح كم/ساعة	١٩٨
٢٧	علاقة أقطار دقائق التربة/ملم مع السرعة الأولية اللازمة لحركتها م/ثا	١٩٩
٢٨	سرعة الرياح اللازمة لحركة حبيبات التربة م/ثا وحسب صنف نسجتها	٢٠٠
٢٩	التغيرات التي تطرأ على بعض خصائص التربة بعد تعرضها للتعرية الريحية	٢٠٤

ت	عنوان الجدول	الصفحة
٣٠	مساحات الأراضي المتملحة في العالم (مليون هكتار)	٢٠٥
٣١	تصنيف الترب المالحة حسب درجة الملوحة ودرجة التفاعل ونسبة الصوديوم المتبادل	٢٠٨
٣٢	تصنيف ترب الصولونجاك بالاعتماد على محتواها من الأملاح سهلة الذوبان	٢٠٨
٣٣	تصنيف ترب الصولونيتس بالاعتماد على نسبة الصوديوم المتبادل%	٢٠٩
٣٤	تصنيف المياه حسب درجة ملوحتها وفقاً لمعيار مختبر الملوحة الأمريكي (U. S. D. A. ١٩٥٤)	٢١٠
٣٥	تصنيف مياه الري من حيث ملوحتها ومجموع الأملاح المذابة ومدى صلاحيتها للاستعمالات الزراعية	٢١١
٣٦	المقننات المائية الكلية م^{٣}/هكتار لبعض المحاصيل الزراعية	٢١٥
٣٧	تأثير إضافة ماء ذي تركيزين مختلفين من الأملاح إلى ترب مختلفة النسجة	٢١٦
٣٨	علاقة نسبة ملوحة التربة مع سرعة وقوة إنبات عدد من المحاصيل الزراعية	٢٢١
٣٩	مقارنة تراكيز بعض العناصر السامة في مخلفات الصرف الصحي والسماد العضوي	٢٢٦
٤٠	تأثير بعض مثبتات التربة على كمية التربة المفقودة بالتعرية الريحية طن/هكتار	٢٣٩
٤١	نظام الدورة الزراعية الخماسية الذي يتبع لحماية التربة من التعرية الريحية	٢٤٠
٤٢	نسبة الأملاح% ودرجة ملوحة التربة (ديسيسيمنز/م) قبل وبعد البزل وكمية الملح المزال كغم لكل (١ م^{٢})	٢٤٥
٤٣	نظام الدورة الثنائية الذي يتبع في الأراضي المستصلحة	٢٤٧
٤٤	نظام الدورة الزراعية الثلاثية الذي يتبع في الأراضي ذات الملوحة المتوسطة	٢٤٨
٤٥	أصناف النباتات حسب مقاومتها ودرجة حساسيتها لملوحة التربة	٢٥١

فهرس الأشكال

ت	عنوان الشكل	الصفحة
١	علاقة علم التربة ببعض العلوم الأخرى	٧
٢	مكونات التربة حسب النسب المئوية	١١
٣	الآفاق الرئيسية والثانوية للتربة الناضجة	٤٣
٤	عوامل تكوين التربة	٤٤
٥	العلاقة بين طبيعة انحدار السطح وآفاق التربة	٥٢
٦	العلاقة بين درجة انحدار السطح وسمك التربة	٥٣
٧	مثلث أصناف نسجة التربة حسب نظام وزارة الزراعة الأمريكية	٦١
٨	أنواع بناء التربة	٦٦
٩	علاقة نسجة التربة بالمحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ونسبة الماء الجاهز	٨١
١٠	أحد صفحات أطلس ألوان التربة Munsell color charts	٨٨
١١	تأثير درجة تفاعل التربة (PH) على جاهزية العناصر المغذية في التربة	٩٩
١٢	تصنيف مياه الري وفقاً للعلاقة بين الملوحة ونسبة أمدصاص الصوديوم وحسب معيار مختبر الملوحة الأمريكي (١٩٥٤) U.S.D.A	٢١٢

فهرس الخرائط

ت	عنوان الخارطة	الصفحة
١	التوزيع المكاني للترب النطاقية في العالم	١٥٩
٢	التوزيع المكاني لترب التندرا في العالم	١٦٠
٣	التوزيع المكاني لترب البودزول في العالم	١٦٤
٤	التوزيع المكاني لترب الكروموصول في العالم	١٦٦
٥	التوزيع المكاني لترب الغابات المدارية في العالم	١٦٩
٦	التوزيع المكاني لترب الجيرنوزم في العالم	١٧٢
٧	التوزيع المكاني لتعرية التربة في العالم	١٨٨
٨	التوزيع المكاني للترب المتملحة في العالم	٢٠٦

فهرس الصور

ت	عنوان الصورة	الصفحة
١	مقطع لتربة رسوبية في جنوبي العراق	١٠
٢	الشقوق التي تظهر على الترب الناعمة النسجة بعد تعرضها للجفاف	٦٥
٣	نموذج لتربة ملحية من نوع الشورة	١١٢
٤	نموذج لتربة ملحية من نوع السبخة	١١٣
٥	تربة محروثة بالمحراث المطرحي القلاب	١٣٣
٦	الضائعات المائية الناتجة عن طريقة الري بالألواح (الأحواض)	١٤٤
٧	زراعة المحاصيل الزراعية باستخدام طريقة الري بالخطوط (المروز)	١٤٧
٨	تربة متغدقة بسبب رداءة تصريفها	١٥٠
٩	مخلفات حصاد وجني المحاصيل التي تعود للتربة مرة أخرى	١٥١
١٠	نموذج لتربة ذات مظهر مائي	١٧٧
١١	تربة متغدقة بفعل ارتفاع مستوى المياه الأرضية	٢١٣
١٢	تربة ملوثة بانبعاثات معامل الطابوق في جنوبي العراق	٢٢٧
١٣	تربة ملوثة بنفايات الصناعة النفطية	٢٢٨
١٤	تربة ملوثة بنفايات أحد المراكز الحضرية	٢٢٨
١٥	النباتات الطبيعية التي تنمو في المبازل وتسهم في تقليل كفاءتها للتصريف	٢٤٦

المقدمة:

تحتل دراسة التربة أهمية بالغة بين أوساط الكثير من المهتمين بهذا الفرع من فروع العلم والمعرفة، وذلك لكون التربة مورداً طبيعياً لا يمكن الاستغناء عنه بأي حال من الأحوال، وتختلف التربة كمورد طبيعي عن الموارد المعدنية في إنها مورد غير قابل للنفاذ بالاستثمار المستمر على شرط ان يكون التعامل معها على أسس علمية وعقلانية سليمة تضمن تحسين خواصها وصيانتها والمحافظة عليها وبالتالي زيادة قدرتها الإنتاجيةوإمكانية ديمومتها.

ولا غرابة في أن التربة كانت سبباً في قيام حضارات قديمة أخذت حيزاً واسعاً ومكانة ذات شأن في المجتمع الإنساني آنذاك كحضارة وادي الرافدين وحضارة وادي النيل، ولا غرابة ان تكون التربة نفسها هي السبب في انحطاط وتدهور هذه الحضارات بسبب التعامل غير العقلاني مع هذا المورد الطبيعي الثمين. (Edward/ ١٩٧٦/ ٥٩).

واستناداً لما تقدم تعد التربة هي القاعدة والأساس الذي تقوم عليه الزراعة، وحيثما تكون التربة فقيرة (غير الخصبة) تكون الزراعة فقيرة والإنسان الفقير، والعكس هو الصحيح، ويبدأ الفهم الواضح للزراعة الناجحة بفهم التربة، وبذلك يمكن جعل التربة غير الخصبة خصبة والتربة الخصبة أكثر خصوبة.(عبد السلام/١٩٨٢/١٩٢).

يحتم علينا أمر تحقيق فهم التربة ضرورة الكشف عن الكثير من المحاور التي تخص هذه الظاهرة الطبيعية بالشكل الذي يسهم ويقود بدوره إلى تحديد ملائمة التربة لنمو النباتات على مختلف أصنافها ومستويات إنتاجيتها، ويأتي دور الجغرافي هنا في إمكانية التعرف على مضامين تلك المحاور من جانب ومحاولة ربط تلك المضامين بالعناصر الجغرافية الطبيعية منها والبشرية التي تسود في البيئات المختلفة من جانب آخر، وبالتالي بلوغ الغاية في تبرير طبيعة ومستوى وشمولية دراسة ظاهرة التربة من وجهة نظر جغرافية مميزة عن دراسة العلوم الأخرى لها.

وبناء على ما تقدم فقد تضمن الكتاب ثمانية فصول تناول الفصل الأول منه جانبين هما تطور علم التربة وعلاقته بالعلوم الأخرى وبعض المفاهيم التي تخص التربة لكي يكون القارئ الكريم على علم مسبق بها، أما الجانب الآخر فقد تضمن مكونات التربة المعدنية والعضوية فضلاً عن الماء والهواء، واستعرض الفصل الثاني عمليات تكوين التربة وعوامل نشؤها وتطورها وتمثلت بالمادة الأم والمناخ وطبيعة انحدار السطح والكائنات الحية والزمن والإنسان وخصص الفصل الثالث لدراسة الخصائص الفيزيائية للتربة والتي اشتملت على عمق التربة ونسجتها وبنائها وكثافتها

الظاهرية والحقيقية والمسامية ومحتواها الرطوبي وكذلك معدل غيض الماء للتربة والتوصيل المائي المشبع فضلاً عن لون التربة ودرجة حرارتها. وناقش الفصل الرابع الخصائص الكيميائية للتربة من حيثمحتواها من المواد العضوية ودرجة تفاعلها (PH) ومحتواها من كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) وكبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) (الجبس) وسعتها التبادلية الكاتيونية وكذلك الأيونات الموجبة والسالبة الذائبة في محلول التربة وملوحتها، وأهتم الفصل الخامس بدراسة الخصائص البايلوجية للتربة التي تتضمن الكائنات الحية النباتية والكائنات الحية الحيوانية التي تعيش في التربة وتأثيراتهما المتبادلة، وبحث الفصل السادس في تأثير العمليات الزراعية على مختلف خصائص التربة وقد تضمنت عمليات الحراثة وتهيئة التربة والتسميد والري والبزل وأخيراً عمليات الحصاد وجني المحاصيل، أما الفصل السابع فقد عالج تصنيف التربة والأسس المتبعة فيه فضلاً عن التوزيع المكاني لأصناف التربة النطاقية في العالم وأخيراً تناول الفصل الثامن مشكلات التربة المعروفة والتي اشتملت على تعرية التربة وملوحتها وتلوثها والسبل الكفيلة بالحد من هذه المشكلات.

وختاماً يدعوني واجب الاعتراف بالجميل والعرفان إلى الشكر والتقدير إلى كل من أسهم في أخراج هذا الكتاب وأخص بالذكر منهم المدرس محمد عباس جابر الذي انجز اعداد اشكال وخرائط الكتاب.

وأرجوأنأكون قد وفقت في المساهمة بجزء يسير برفد المكتبة العربية بمصدر علمي يستفيد منه الزملاء التدريسيين والباحثين وطلبتنا الأعزاء وجميع المهتمين بهذا الموضوع. نسأل الله تعالى العون والسداد والتوفيق فإنه نعم المولى ونعم النصير.

المؤلف
الأستاذ الدكتور كاظم شنته سعد
جامعة ميسان / كلية التربية
١٤٣٧هـ ــ ٢٠١٦م

الفصل الأول

- **تطور علم التربة**
- **فروع علم التربة وعلاقته بالعلوم الأخرى**
- **علاقة علم الجغرافية بعلم التربة**
- **مفهوم التربة**
- **وحدة التربة**
- **مقد التربة**
- **مقطع التربة**
- **آفاق التربة**
- **مكونات التربة**
- **المكونات المعدنية**
- **المكونات العضوية**
- **ماء التربة**
- **هواء التربة**

الفصل الاول

تطور علم التربة:

يرجع تاريخ استثمار الارض واستغلالها والعمل بها مع علم التربة التطبيقي إلى بداية نشوء المراكز الحضارية في مناطق سواحل البحر المتوسط ومابين النهرين واليمن وغيرها، إذ لا تسبب قلة الأمطار والحرارة المرتفعة فقر التربة وتدهور خصوبتها وحيث لا يمكن لوسائل الري المتاحة إنتاج بعض المحاصيل الزراعية، ولهذا حرصت السلطات آنذاك على تشييد السدود وشق قنوات الإرواء كما حرصت على حمايتها، وهذا ما حصل في كل من وادي النيل ووادي الرافدين وجنوب شبه الجزيرة العربية، اما في أورباوأمريكا فقد استثمر الإنسان التربة بعد قطع أشجار الغابات كما تبين بعض الآثار التي وجدت هناك مدى اهتمام الإنسان بالزراعة من خلال الوسائل المتبعة في تهيئة التربة.

أما في فترة التاريخ القديم فقد اعتبر اليونانيون الأرض بمثابة مصدر غذاء النبات وانتشار النباتات يعود إلى نوعية التربة كما اتبع الرومان نظم ري مقننة واهتموا كذلك بأساليب اختبار التربة كاللمس والمذاق واستطاعوا تحديد أنواع المحاصيل الزراعية حسب نوعية التربة واليهم كذلك الفضل في أيجاد المحراث الروماني، وفي العصور الوسطى وبسبب التخلف الفكري الذي عاشته أوربا آنذاك فقد تراجع مستوى الاهتمام بالتربة كعلم له علاقة وثيقة بحياة السكان فظهرت العديد من مشاكل التربة وعلى رأسها مشكلة التعرية بينما كان العكس في البلدان التي سادت فيها الحضارة العربية والإسلاميةإذ اهتم سكانها بالأراضي الزراعية واستفادوا من انجازات الرومان واليونان في هذا المجال فضلاً عما أضافوه من خبراتهم وتجاربهم في مجال استثمار الأرض فبنيت المدرجات وغرست الأشجار لحماية التربة من الانجراف وشقت قنوات الري وصممت النواعير لرفع مياه الأنهار كما قامت بزراعة محاصيل زراعية جديدة(موصلي/ ١٩٨٣/ ٢-٤).

قد ظهرت بدايات علم التربة في العصور الحديثة وحتى نهاية القرن التاسع عشر كما زادت الأبحاث التطبيقية عن التربة وذلك بفضل جهود عدد كبير من العلماء منهم مثلاً ليونارد دافينشي (١٤٥٢-١٥١٩م) الذي أهتم بمشاكل الري الصناعي، والعالم برنار رماليس الذي أكد على تعويض التربة بالأملاح التي يمتصها النبات من التربة عن طريق سماد الإسطبلات وحرق التبن والقش، وكذلك العالم الألماني رور (١٦٨٨-١٧٤٢م) الذي صنف التربة على أساس سهولة تهيئتها للزراعة كما صنف الأراضي الطينية حسب تفاعلها الأرضي، أما العالم الألماني كارلوفيتز فقد صنف التربات الرملية حسب حواس اللمس والبصر والشم والتذوق ، واسهم العالم السويدي فاللبربوس في نشر أول كتاب عن التربة كموضوع مستقل بعنوان الأسس الكيميائية

للأراضي الزراعية عام ١٧١١م. وفي القرن التاسع عشر تطور علم التربة بشكل واضح لاستفادته من تطور علوم أخرى لهعلاقة بها كعلوم الأرض والكيمياء والأحياء والجغرافية وغيرها، ومن هنا بدأ علم التربة يتسع ويتخذ عدة اتجاهات هي:

١- الاتجاه الجيولوجي- الليثولوجي والاقتصاد الغابي ويَعد هذا الاتجاه الصخور وتركيبها عاملاً هاماً في تحديد نوع التربة ودورها في الاقتصاد الغابي وأهم رواد هذا الاتجاه جوته Gotta ورامان Raman.

٢- الاتجاه الكيميائي: وقد أسس هذا الاتجاه كل من تيودور دوسوسور(١٧٦٧-١٨٤٥م) ودافي (١٧٧٨-١٨٢٩م)اللذان اهتما بمكونات التربة من الرمال وأحماض الفحم والأوكسجين وعملية النترجة وغذاء النبات كما ساهما في توجيه علم الكيمياء لخدمة الزراعة وعلوم التربة.

٣- الاتجاه الفيزيائي: وقد برز في هذا الاتجاه تائير (١٧٢٢-١٨٢٨م) على أساس أن الخصائص الفيزيائية للتربة لها أهميتها الكبيرة بالنسبة للخصوبة والري والصرف وغيرها.

٤- الاتجاه البايلوجي: وقد أشتهر بهذا الاتجاه روبرت كوخ (١٨٦٠-١٨٩٠م) مؤسس علم التربة الميكروبي والعالم باستور وغيرهما، وقد أهتم هؤلاء بدراسة آثار البكتريا على عمليات التحلل وتركيب بعض عناصر التربة خاصة والتربة عموماً.

٥- الاتجاه التكويني: يمثل هذا الاتجاه منعطفاً هاماً في تطور التربة بتأثير عوامل الزمن والأحياء والمناخ، وقد أسس هذا الاتجاه ليفنجستون (١٨١٣-١٨٧٣م) وريشت هوفن (١٨١١-١٩٠٥م) ودوكوتشاييف(١٨٤٦-١٩٠٣م)وسبيربزيف وآفاناسيف وجيلتيكاو قد درس هؤلاء نطاقات التربة في الاتحاد السوفيتي السابق وعلاقتها بالظروف المناخية. (المطري/ ٢٠٠٤/ ١٨-٢٠).

فروع علم التربة وعلاقته بالعلوم الأخرى:

كان علم التربة إلى وقت قريب علماَ مشتتاَ ومتوزعاً على علوم أخرى إذ كان يفتقر إلى الوحدة المتكاملة سواء على صعيد الموضوع أو على صعيد المنهج، وذلك بسبب العلاقات المباشرة وغير المباشرة التي يرتبط بها علم التربة مع العلوم الأخرى الأساسية منها والتطبيقية بل وحتى العلوم الإنسانية (الشلش/ ١٩٨٥/ ١٧).

وقبل الخوض في علاقة علم التربة بالعلوم الأخرى لابد أن نفهم أن علوم التربة بشكل عام تصنف إلى مجموعتين هما علوم البدولوجي Pedology الذي يشتمل على دراسة تطور التربة وأصلها ومعادنها وأصنافها وغيرها، وهناك مجموعة علوم الأيدافولوجي Edaphology التي تعنى بدراسة قابلية التربة على تزويد النباتات بما تحتاجه من مواد وعناصر غذائية وتوفر له من الشروط ما يحتاجه لكي يعطي اكبر حاصل ممكن، وبناء على ما تقدم فإن علم التربة ينقسم إلى عدة فروع تنطوي تحت

المجموعتين المذكورتين من العلوم، فعلم البدولوجي يتضمن فروع مسح وتصنيف التربة Soil survey and classification ومورفولوجيا التربة MorphologySoil ووراثة التربة Soil Genesis ومعادن التربة MineralogySoil . أما فروع علم الأيدافولوجي فهي كيمياء التربة Soil Chemistry وفيزياء التربة Soil physics وأحياء التربة Soil Microbiology وخصوبة التربة Soil Fertility وصيانة التربة Soil Conservation (العاني/١٩٨٤/١٣-١٤).

إن تشخيص وتحديد مديات علاقة علوم التربة بالعلوم الأخرى كثيرة ومختلفة فالتربة عنصر مهم من عناصر البيئة غير الحية لذا فمن الطبيعي أن تظهر علاقات تبادلية بين هذا العنصر والعناصر الأخرى الحية منها وغير الحية على حد سواء، فعلى سبيل المثال لا الحصر تستطيع علوم التربة أن تقدم الكثير من المعلومات التفصيلية للمهتمين بالشؤون العمرانية والهندسية، فليس من المعقول أن تشيّد منشأة مهما كانت على أرض معينة دون معرفة مسبقة بمدى ملائمة تربتها وتحملها للبناء والعمران، وتستطيع علوم التربة ان تقدم للمختصين بالزراعة والغابات والمخططين للاستثمار الزراعي الكثير من المعلومات التي تخدم هذه المجالات إذ يستطيع عالم التربة أن يعطي توصياته عن كيفية استثمار الأرض زراعياً والوسائل المستخدمة والمتبعة في تقسيم الأرض إلى وحدات صغيرة ضمن المنطقة الواحدة وهذا الأمر يُعد مهماً في المناطق التي تمارس فيها الزراعة الأروائية، وعلاقة علم التربة بعلم البايلوجي علاقة وثيقة أيضاً فالتربة تزود الكائنات النباتية والحيوانية والأحياء الدقيقة بالعناصر الغذائية ومخلفات هذه الكائنات بدورها تسهم بتزويد التربة بالمواد العضوية الضرورية بعد موتها وتحللها، وبالمقابل فإن العلوم الأخرى تزود علم التربة بالمعلومات والأساليب العلمية النظرية والتطبيقية اللازمة للوصول إلى النتائج العلمية المرجوة. (شكل١).

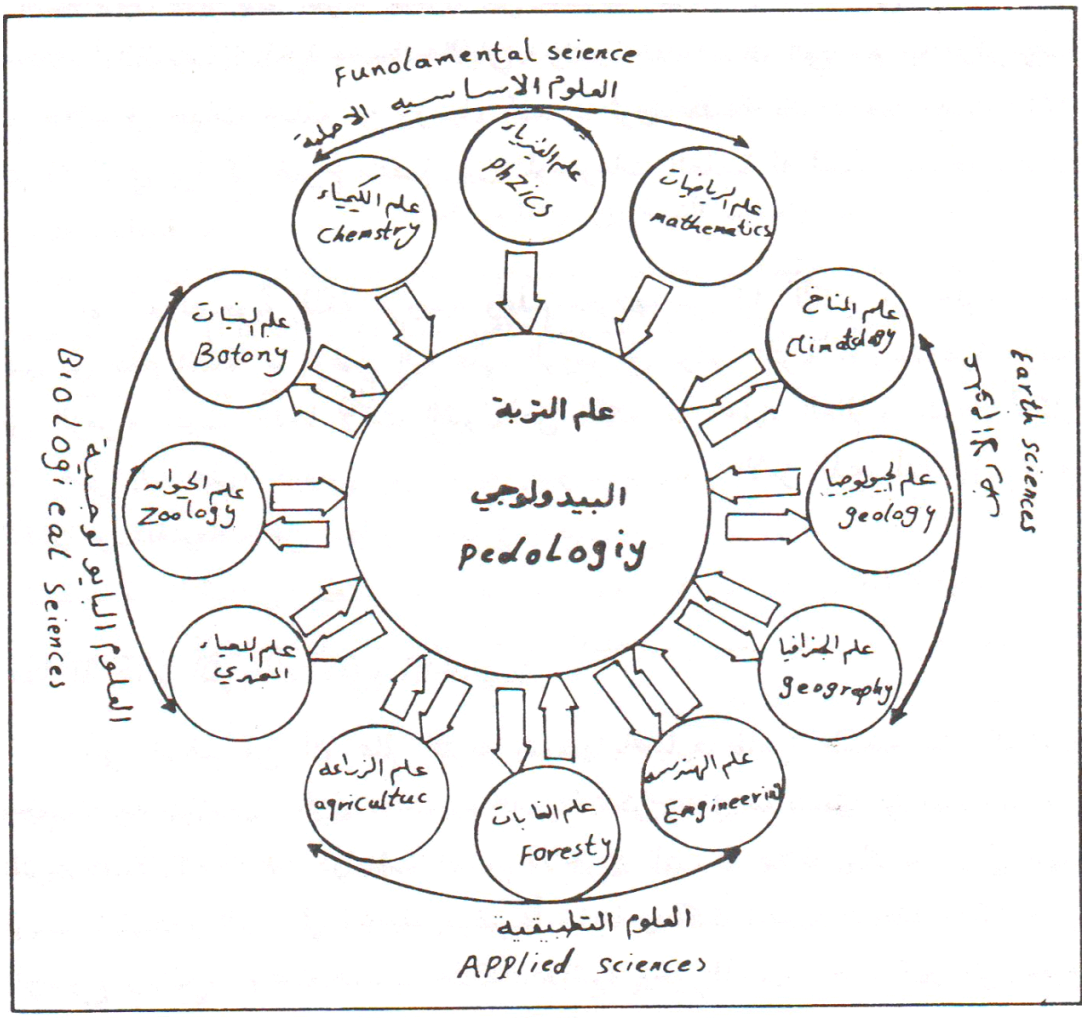
علاقة علم الجغرافية بعلم التربة:

في الحقيقة هناك فرق واضح بين دراسة التربة من قبل علم التربة وبين دراسة التربة من قبل علم الجغرافية فالأول يهتم بدراسة أصل تكوين التربة ووراثتها وتصنيفها ومورفولوجيتها فضلاً عن خصائصها المختلفة وخصوبتها وصيانتها،

وجميع هذه الدراسات ترتبط بشكل مباشر وغير مباشر بعلوم أخرى يستفيد منها عالم التربة سواء كانت علوم صرفة أم علوم تطبيقية، أما علم الجغرافية فلا شك أن اهتمامه بدراسة التربة ينصب على العمليات والعوامل البيئية الجغرافية التي تسهم في

شكل (١)

علاقة علم التربة ببعض العلوم الأخرى



المصدر: علي حسين الشلش، جغرافية التربة، ط٢، جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٥، ص١٨.

تكوينها، وكذلك دراسة التوزيع المكاني لأصناف الترب على سطح اليابس وتجسيد ذلك التوزيع على خرائط خاصة تعد بمثابة الهوية الجغرافية لدراسة تلك الظاهرة الطبيعية المهمة، كما يهتم علم الجغرافية بدراسة بعض مشاكل التربة كالتعرية بأنواعها والملوحة والتلوث لصلة هذه المشاكل بعناصر البيئة الجغرافية الحية وغير الحية.

إن دراسة الجغرافية للتربة من الوجوه المذكورة لا تعني الاستغناء عن ما تتوصل إليه العلوم الأخرى من نتائج حول ظاهرة التربة (Pitty/ ١٩٧٨/ ٤١)، فمثلما يرتبط علم التربة بالعلوم الصرفة والتطبيقية الأخرى ترتبط دراسة علم الجغرافية بهذه العلوم تحت ما يسمى بجغرافية التربة التي تعد احد أهم فروع الجغرافية الطبيعية الحديثة العهد نسبياً، وقد تنطوي جغرافية التربة في مضامين دراستها في اتجاهين الأول الذي يهتم بدراسة الجغرافية العامة للتربة ويشتمل

بمضمونه على دراسة عوامل تكوين التربة وتوزيعها الجغرافي، أما الثاني فيعنى بدراسة الجغرافية الخاصة بالتربة ويهتم بدراسة أماكن معينة في العالم ووضعها في أطار خرائطي.

وخلاصة القول أن دراسة الجغرافي لموضوع التربة تتلاقى في خطوطها الرئيسة مع بقية علماء العلوم التطبيقية الأخرى الآخرين الذين يتناولون الموضوع ذاته فهو يكتب للجغرافيين كما يكتب لهم وهم يكتبون له كما يكتبون لزملائهم، فجسم التربة واحد سواء تمت دراسته من قبل الجغرافي أو المهندس أو الجيولوجي أو غيرهم، فالتربة في الطبيعة هي المدرسة الحقيقية لكل العاملين بها أماأساليب دراستها فهي لا تقف عند حدود علم دون آخر ولكن الذي يهتم بدراسة جغرافية التربة لابد أن يمتلك معرفة مناسبة بعلوم أخرى كعلم الأرض وعلم أشكال سطح الأرض وعلم المناخ وغيرها من العلوم الطبيعية الأخرى. (موصلي/ ١٩٨٣/ ٩).

مفاهيم عن التربة:

١- **مفهوم التربة:** لا يوجد مفهوم محدود للتربة إذ يختلف هذا المفهوم باختلاف الغرض من دراستها، وبدأ مفهوم التربة من مفهوم جيولوجي إذ عرفت آنذاك بأنها الطبقة الرقيقة العليا من الغلاف الأرضي Regolith والتي نشأت وتطورت من تأثير الأغلفة الأخرى كالغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي على الصخور والمعادن المكونة للغلاف الصخري، وكلمة التربة Soil ذات أصل روماني اشتقت من اللغة اللاتينية (سولم) Solum وتعني المادة الهشة من سطح الكرة الأرضية والتي تنمو فيها النباتات، وقد تطور مفهوم التربة عندما أهتم الجيولوجيون والبترولوجيون بدراسة التربة إذ أصبح مفهومها يعني لهم بأنها مادة جيولوجية نشأت من تفكك الصخور والمعادن وكان العالم فردريك من أوائل الذين حاولوا تحوير علم التربة من كونه علماَ تطبيقياَ إلى فرع من علم الجيولوجيا، وعرّف رامان عام ١٩٢٨ التربة بأنها الطبقة العليا المفككة من قشرة الأرض ولكن ظهر فيما بعد ان هناك العديد من الحقائق التي تخص التربة لا يمكن أن تعزى إلى أسس جيولوجية، واستطاع ياري لوف أن يفرق بين النظرة الجيولوجية والنظرة البيدولوجية للتربة حينما ذكر أن الجيولوجي يتعامل مع الكتلة الصلدة الميتة للصخور،أما التربة فهي الجزء المتغير باستمرار وتزخر بالحياة، اما هلكرد فقد عرف التربة بأنها الجزء الناعم من القشرة الأرضية التي تستطيع فيها النباتات أن تمد جذورها وتأخذ منها عناصر نموها وغذاءها، ويتضح من كلا التعريفين السابقين أن مفهوم التربة يوضح العلاقة بين التربة والغطاء النباتي، أما بالنسبة للعالمين دوكوتشاييف وسيبيربزيف فقد طورا مفهوم التربة بما يتلائم والنظرة العلمية إذ عرفت التربة على أنها جسم طبيعي مستقل بذاته مثل النباتات والحيوانات فهو نظام مفتوح متباين الخواص مكون من مواد معدنية وعضوية مختلفة وتكون جزءاً من الطبقة العليا من الغلاف اليابس(الليثوسفير)

الملامس للغلاف الجوي. وفي عام ١٩٤٦ عرف Joffe التربة بأنها جسم طبيعي يتألف من طبقات أو آفاق معدنية أو عضوية أو الاثنين معاً ذات سمك مختلف وتتميزان عن المادة الأصلية في الصفات المورفولوجية والفيزيائية والكيميائية والمعدنية والحيوية. (صديق/ ١٩٨٩/ ٧-٨). ويعرف الأستاذ كيللوج Kellogg التربة بأنها المحصلة النهائية لتفاعل عوامل مختلفة من المناخ والغطاء النباتي والتضاريس والمادة الأصلية للصخور والفترة الزمنية التي تكونت خلالها. (الشواورة/ ٢٠١٣/٥٢)، وهنا نعود من حيث ما بدأنا من أن مفهوم التربة يختلف باختلاف الغرض من دراستها فالتربة بالنسبة للجيولوجي تعني الطبقة العليا من قشرة الأرض التي تعطي المعادن والصخور وبالنسبة للمهندس فهي عبارة عن المفتتات الناعمة التي يجب إزالتها ورفعها وإحلال مواد أخرى محلها أما بالنسبة للمختصين بعلوم التربة المسماة بعلوم البيدولوجي فإنها تعني الطبقة العليا من القشرة الأرضية وإنها جسم طبيعي ديناميكي له كيان خاص به ومكون من مواد عضوية ومعدنية نشأت أساساً من تفتت وتحلل الصخور والمعادن واختلاطها بالبقايا العضوية أي إن لها خواص طبيعية وكيميائية وحيوية وهي ذات مقد Profile مميز إلى آفاق Horizons، ويعرفها المختصين بعلوم التربة المسماة بعلوم الأيدافولوجي على أنها جسم طبيعي مكون من خليط من مواد معدنية مفتتة ومواد عضوية متحللةتغطي الأرض بطبقة خفيفة والتي تجهز النبات بالماء والمواد الغذائية أو بقسط منها وتوفر سند ميكانيكي للنبات.(العاني/ ١٩٨٤/ ١٣-١٤).

وبناءً على ما تقدم من مفاهيم وتعاريف للتربة يمكن الأخذ بالمفهوم المستقل للتربة على إنها جسم طبيعي مستقل بذاته تنمو فيه النباتات وبعض الأحياء، تنتهي حدوده السفلى بالصخر الذي تكون منه وحدوده العليا(سطحه) تلامس الجو الأسفل مكوناً لذاته قطاعاً رأسياً خاص به يحمل بين ثناياه سجلاً كاملاً عن تاريخه، ينشأ غالباً من تغير صفات المجال الصخري بالتحلل والتفكك كيميائياً وفيزيائياً وبيولوجياً على مر الزمن، وذلك بسبب تبادل التأثير بين كل من المجال الصخري والمجال الهوائي والمجال الحي، كما يتخلل جسم التربة بالإضافة إلى المواد الصلبة الناتجة عن تفتت الصخور نسبة مختلفة من المواد العضوية (الحية والميتة) وكذلك من الماء والهواء.(موصلي/ ١٩٨٣/ ٩-١٠).

٢- **وحدة التربة Soil individual:** وهي مجموعة من مقدات التربة Pedons المتشابهة في المظهر الشكلي السطحي العام من حيث التضاريس وعناصر المناخ والعمق وتتابع الآفاق وتشابهها ويُعد مستمراً في جميع الجهات الأفقية طالما تشابهت الخصائص المذكورة آنفاً، وتتوقف حدوده عند تغيير أي خاصية من الخصائص المعروفة آنفاً وتبدأ حدود فرد آخر قد يشترك مع الأول في صفة واحدة

أو أكثر وينتهي بحدود أجسام أخرى كالمياه أو تكوينات جيولوجية. (عباس/ ١٩٨٩/ ١٩).

٣- **مقد التربة Soil pedon:** وهو أصغر حجم تنطبق عليه صفات فرد التربة، بمعنى انه جسم طبيعي ذو ثلاثة أبعاد وتتراوح مساحته السطحية بين (١-١٠م^{٢})، أما مكوناته فهي المقطع وما يحويه من الآفاق أو الطبقات والمظاهر المورفولوجية الأخرى.

٤- **مقطع التربة Soil profile:** وهو عبارة عن مقطع عمودي يبدأ من سطح فرد التربة ببعدين مروراً بالآفاق أو الطبقات الخاصة بمقطع تربته، وهذه الآفاق أو الطبقات هي التي تكونت وتغيرت بيدوجينياً في أثناء فترة تكوين التربة وكذلك الطبقات الأعمق التي تأثرت بنفس الظروف والمتغيرات. (صورة١).

صورة (١)

مقطع لتربة رسوبية في جنوبي العراق

٥- **آفاق التربة Soil Horizons:** يعرف الأفق بأنه عبارة عن طبقة مكونة من مادة تربة يفترض أن تكون خصائص مادتها متجانسة قدر الإمكان، وحدود هذا الأفق هو مستويين يحصران هذا الأفق بينهما، وهناك مقياسين من الضروري أخذهما بنظر الاعتبار لتحديد حدود الأفاق هما:

أ- **سمك الحد** وفيه يكون السمك حاداًإذ كان هذا السمك اقل من (٢,٥سم) ويكون واضحاً إذا تراوح السمك بين (٢,٥-٦,٤سم) ويكون تدريجياًإذا تراوح بين (٦,٤-١٢,٧سم) بينما يكون منتشراًإذا كان سمك الحد أكثر من (١٢,٧سم).

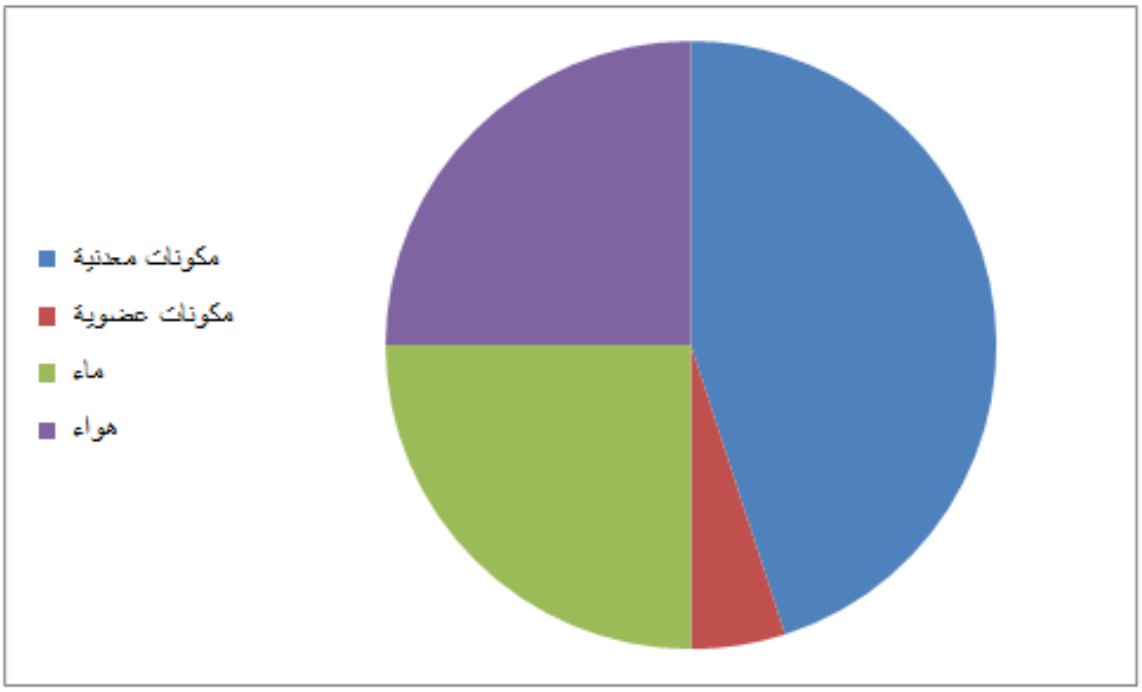
ب- طوبوغرافية سطح الحد: وبموجب هذا المقياس يكون الحد صقيلاً حينما يكون الحد مستوي تقريباً، ومتموجاً حينما يكون الحد متعرجاً مع وجود امتدادات تمتد باتجاه المحور الأفقي أو العمودي، ويكون الحد غير منتظماً حينما تكون الامتداداتباتجاه المحاور الأفقية أو العمودية أقل مما هو عليه في اتجاه المحاور الأخرى،وأخيراً قد يكون الحد متكسراً عندما يكون الحد بشكل غير مستمر في مقد التربة. (نديوي وزميله/ ١٩٨٨/ ٦١).

مكونات التربة:

يمكن القول ان التربة هي عبارة عن نظام يتكون من ثلاث حالات هي الحالات الصلبة والسائلة والغازية، فالتربة السطحية المعدنية المثالية لنمو النباتات تحتوي من حيث الحجم على ما نسبته (٤٥%) كمواد معدنية و(٥%) كمواد عضوية و(٢٥%)على شكل ماء و(٢٥%)على شكل هواء، فالمواد المعدنية والعضوية تشكلالجزء الصلب من التربة الذي توجد بينه مسامات بينيه تشغل بالماء والهواء.(شكل ٢).

شكل (٢)

مكونات التربة حسب النسب المئوية



المصدر: الشكل من عمل المؤلف.

ولابد من الإشارة هنا إلى أن مكونات التربة ونسبها المئوية تختلف من تربة لأخرى ومن وقت لآخر، فنسب الماء والهواء تتغير في نفس التربة حسب الظروف المناخية والعمليات الزراعية فعندما تنخفض نسبة الماء بسبب التبخر أو الاستهلاك من قبل النبات تزداد نسبة الهواء في مسامات التربة، وعند زيادة نسبة الماء عن

طريق الأمطار أو الري تنخفض نسبة الهواء، ومن الجدير بالذكر أن مكونات التربة المذكورة توجد متداخلة بعضها مع البعض الأخر وتتفاعل في سبيل إيجاد ظروف أكثر ملائمة لنمو النباتات المختلفة.

أ- المكونات المعدنية:

المعدن هو كل مادة غير عضوية تكونت في الطبيعة بشكل مستقل عن الإنسان وتحت ظروف لا يشترك فيها النبات والحيوان، وتكون متجانسة أي أن كل أجزاءها متشابهة تماماً من الناحية الطبيعية والكيميائية وتحتوي على عنصر واحد أو أكثر كالجبس وملح الطعام والكبريت والفلسبار والمايكا وغيرها. (الشواوره وزميله/ ٢٠١٢/ ١٢٨)

يرجع أصل المواد المعدنية (اللاعضوية) المكونة للتربة إلى صخور القشرة الأرضية التي تعرضت لعمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية والعضوية فساعدت على تفككها وتحللها إلى عناصرها المعدنية، ولما كانت التربة تتكون من هذه المفتتات المشتقة من صخور القشرة الأرضية فأن نسبة المواد المعدنية تختلف من تربة لأخرى تبعاً لاختلاف المركبات المعدنية المكونة أساساً للصخور التي اشْتقّت منها.

إن أهم المعادن التي تدخل في تركيب القشرة الأرضية والهامة من الوجهة الزراعية هي:

١-**الكوارتز:** ويعرف بالرمل أو السيلكا ويوجد في القشرة الأرضية بنسبة ٣٥% وهو معدن متبلور لا يذوب في الماء ولا يتأثر بالعوامل الطبيعية لونه أبيض أو أخضر أو بني وحبيباته عديمة الالتصاق لذا فهو سريع التصريف للماء كما انه يجف بسرعة ولا ينتفخ بالماء وقابليته للاحتفاظ بالمواد الغذائية الذائبة قليلة جداً بل تكاد تكون معدومة لذا فإنه لا يفيد النبات مطلقاً من الناحية الغذائية.

والرمل الناعم أكثر تماسكاً من الرمل الخشن إذا ندى كل منهما بالماء ويسهل تلاصق حبيبات الرمل الناعم بالطين والدبال لذلك يسهل استغلال الأرض الرملية الناعمة عن الخشنة.

٢-**الفلسبارات**: وهي توجد في القشرة الأرضية بنسبة ٤٨%، والفلسبارات تكون إما بوتاسية أو صودية أو جيرية وبعضها يحتوي على الصوديوم والكالسيوم معاً. وتتركب الفلسبارات البوتاسية من سليكات الألومنيوم والبوتاسيوم وأهمها من الوجهة الزراعية هو الأرثوكلاز الذي يدخل في تركيب بعض الصخور مثل الجرانيت ويتحد بالماء كيميائياً مكوناً الطين أي سليكات الألومنيوم الإيدراني.

٣-**الميكا:** وهو معدن بلوراته ذوات شكل سداسي وله لمعان شديد، مرن يتقشر بسهولة إلى صفائح رقيقة وهو نوعان:

(أ) الميكا البوتاسية وتسمى ميسكوفيت وهي عبارة عن سليكات الألمنيوم والبوتاسيوم وتختلف نسبة البوتاس فيها من ٧% إلى ١٠%، وفائدتها قليلة لصعوبة انحلالها.

(ب) الميكا المغنيسية الحديدية وتسمى بيوتيت وهي عبارة عن سليكات الألمنيوم والبوتاسيوم مع سليكات المغنيسيوم والحديد وتختلف نسبة البوتاس فيها من ٥% إلى ١١%، وهي تتحلل بسهولة في المناطق الحارة.

٤-**الأباتيت:** هو عبارة عن فوسفات الكالسيوم المتبلور ويحتمل أن يكون مصدراً لحامض الفوسفوريك الموجود في الأراضي الزراعية. ويصنع من هذه الفوسفات سماد فوق الفوسفات بإضافة حامض الكبريتيك. ويحتوي الأباتيت ٤٢% من حامض الفوسفوريك.

٥-**الهيماتيت:** هو عبارة عن أكسيد الحديديك مخلوطاً مع بعض الشوائب ويعتبر مصدراً للحديد في التربة وهو ثقيل الوزن أحمر اللون يتحد مع الماء مكوناً الليمونيت أي أكسيد الحديد المائي.

٦-**البيريت:** هو عبارة عن كبريتوز الحديد الخام، ثقيل الوزن لونه كلون النحاس الأصفر ويرجح أنه مصدر الكبريت في التربة ووجوده في التربة ضار لتكوين حامض الكبريتيك بنسبة كبيرة- أما إذا وجد بكمية قليلة فإنه يكون مفيداً إذ يكون مصدراً للكبريت الضروري لحياة النبات.

٧- **كربونات الكالسيوم (حجر الجير):** وهو مصدر الجير في التربة، ووجوده في التربة يساعد على سرعة تحلل المواد العضوية كما يمنع تكوين الأحماض الضارة بالبكتريا وبالنبات كما يعمل على تثبيت حامض الفوسفوريك في التربة. وإذا أضيف للأرض الطينية الثقيلة فإنه يساعد على تجمع الغرويات فتتفكك التربة وتصبح سهلة الخدمة جيدة الصرف والتهوية.

٨- **كبريتات الكالسيوم(الجبس):** وهو يوجد في الأراضي الزراعية على شكل طبقات تحت سطح التربة وقد تكون هذه الطبقات متماسكة فتضر بالنبات أو تكون على هيئة بلورات موزعة هنا وهناك فلا تضره بل تمده بالكبريت الضروري لحياته فضلاً عن مزايا الكالسيوم في تحسين خواص التربة الطبيعية. ويستعمل الجبس بعد حرقه وطحنه في البناء أو في إصلاح الأراضي الزراعية القلوية ويعرف بالجبس الزراعي.

٩-**الأوليفين:** هو عبارة عن سليكات المغنيسيوم وقد يحل الحديد محل المغنيسيوم في صورة حديدوز. وبانحلال هذا المعدن تنتج سليكات المغنيسيوم أو الحديد المائية.

١٠-**الزيوليت:** هو عبارة عن سليكات الألمنيوم المزدوجة مع البوتاسيوم أو المغنيسيوم وفائدته تثبيت الغذاء النباتي في التربة.

١١-**الهورنبلند والأوجيت:** وهي منتشرة بكثرة في التربة وتتكون من سليكات المغنيسيوم والكالسيوم والحديد والمنجنيز وغيرها، وتختلف ألوانها فمنها الأسمر والأخضر والأصفر المعتم والأسود وإذا وجدت بكثرة في التربة أكسبتها لوناً قاتماً.

ويوجد الهورنبلند في الصخور التي تكونت تحت ضغط عظيم مثل الجرانيت بينما يوجد الأوجيت في الصخور السطحية مثل البازلت وهو أسهل انحلالاً من الهورنبلند وينتج عن انحلالهما مواد طينية حمراء قاتمة تحتوي على مقدار من الكالسيوم مما يساعد على تحسين خواص التربة الطبيعية.

١٢-**الكالسيت والأرجونيت**: وهما عبارة عن كربونات كالسيوم ويختلفان عن بعضهما في الشكل البلوري.

١٣- **الدولوميت**: وهو منتشر بكثرة ويتكون من كربونات كالسيوم وكربونات مغنيسيوم.

١٤- **الكاؤلين**: هو عبارة عن الطين ومنه نوعان:

أ- طين نقي وهو سليكات الألومنيوم الأيدراتي ولونه أبيض وهو لا يمد النبات بغذاء ما.

ب- الطين العادي (غير النقي) ويعرف بالصلصال وهو أما أسود لاختلاطه بشوائب من المغنيسيوم أو أحمر لاختلاطه بشوائب من الحديد. والطين غير النقي هو الذي يمد النبات ببعض العناصر الغذائية لاحتوائه على البوتاس والصودا وأكاسيد الحديد والمغنيسيوم. (البقليني وآخرون/ ١٩٥٧/ ١١-١٣).

ومن خواص الطين قوة حفظه للماء وانتفاخه به وإذا عرض للحرارة يصير صلباً متماسكاً وينقص حجمه وحبيباته لا ترى بالعين المجردة. وهو لزج غروي ويرجع ذلك لوجود قدر يسير من سليكات الألومنيوم وهي مادة غروية مع الطين فإذا انتفخت هذه المادة بالماء صارت لزجة مانعة لسريان الماء وإذا انكمشت أو تجمعت هذه المادة الغروية قل تماسك الطين وصار قابلاً للتفتت. وإضافة الجير والأحماض والأملاح المتعادلة للأرض تسبب كلها تجمع الحبيبات وتكوين حبيبات مركبة منها وتصبح الأرض مفككة جيدة الصرف والتهوية.

لقد أمكن معرفة التركيب الكيميائي لصخور القشرة الأرضية عن طريق تحليل معادن الصخور المكونة لتلك القشرة وقد تبين أنها تتكون من جميع العناصر الكيميائية في جدول الإحلال إلاّ أنها تختلف بنسبها فمنها ماينتشر بشكل واسع ويشكل نسبة عالية بينما يمثل بعضها الآخر نسباً قليلة جداً، فهناك ثمان عناصر تسهم بحوالي (٩٨,٥%) من وزن صخور قشرة الأرض وهي عناصر (الأوكسجين، السيليكون، الألمنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، المغنيسيوم، البوتاسيوم) بينما تمثل العناصر الأخرى نسب واطئة جداً كالكبريت والباريوم والنيكل والراديوم والكوبالت إذ تسمى هذه العناصر بالنادرة، ومن الجدير بالذكر ان غالبية حجم القشرة الأرضية يتكون من عنصر الأوكسجين اذ يسهم بأكثر من ٩٠% على شكل اوكسيدات بينما يسهم كل من الأوكسجين والسيلكا بحوالي ٧٥% من وزن القشرة الأرضية وحوالي ٩٥% من حجمها، لذا فإن اغلب مكونات القشرة لابد أن تتكون من هذين العنصرين التي يطلق عليهما عادة(السيليكات) متحدة مع الأوكسجين مثل اوكسيد السيلكون SiO_2 أو متحدة مع عناصر أخرى. (النقاش وزميله/ ١٩٨٩/ ٩٦).

وسوف نستعرض أهم العناصر الكيميائية المكونة لمعادن القشرة الأرضية والتي لها علاقة مباشرة بتكوين التربة من جانب وبتغذية النباتات من جانب آخر. (جدول ١)

جدول (١)
العناصر المكونة لمعادن صخور القشرة الأرضية ومصادر الحصول عليها من قبل النباتات

العناصر الضرورية التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبياً		العناصر الضرورية التي يحتاجها النبات بكميات قليلة نسبياً
مصدرها الأساس الهواء والماء	مصدرها مادة التربة الصلبة	مصدرها مادة التربة الصلبة
الأوكسجين	النتروجين	الحديد
الهيدروجين	الفسفور	المنغنيز
الكاربون	البوتاسيوم	البورون
	الكالسيوم	النحاس
	المغنيسيوم	الزنك
	الكبريت	الكلور
		الموليبدنيم

المصدر: عبد الله نجم العاني، مبادئ علم التربة، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٠، ص٢١٩.

١-**الأوكسجين:** وهو العنصر الذي يشكل أساس الحياة على سطح الأرض يسهم بنحو ٩٠% من حجم القشرة الأرضية و ٦، ٤٦% من وزنها، إذ يتحد مع العناصر الأخرى مكوناً أوكسيدات تلك العناصر، ويدخل في تركيب معظم المواد العضوية التي تدخل بدورها في تركيب الأنسجة النباتية وله الدور الكبير في عمليات تبادل العناصر الغذائية بين النبات ومحلول التربة ويدخل في تركيب البروتوبلازم والأنزيمات ومركبات مهمة كالسيللوز (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٢٠٤).

٢- **الهيدروجين:** تكمن أهمية هذا العنصر باتحاده مع الأوكسجين مكوناً الماء بنسبة ذرتين منه مع ذرة واحدة من الأوكسجين، ويدخل في تركيب كل المواد العضوية النباتية، وله دور كبير في عمليات الامتصاص التي تتم بين جذور النباتات ومحلول التربة المحيط بتلك الجذور(الوسط الغذائي).

٣-**الكاربون:** يتحد هذا العنصر مع الأوكسجين مكوناً ثنائي اوكسيد الكاربون بنسبة ذرة من الأول إلى ذرتين من الثاني الذي يأخذه النبات من الهواء الجوي ويطرح غاز الأوكسجين خلال النهار ويحدث العكس ليلاً لذا فإن نسبته تزداد ليلاً في مناطق الغابات وتقل فيها نهاراً، ويدخل هذا العنصر في تركيب كل المركبات العضوية لذا فإن أهميته لا تقل عن مستوى أهمية المادة العضوية في التربة، فضلاً عن دوره الكبير في عمليات التبادل الغذائي بين النبات ومحلول التربة المحيط بالجذور وذلك لكون عنصر الكاربون يدخل في تركيب البيكاربونات (HCO_3^-).

٤-**النتروجين:** يسهم هذا العنصر بحوالي ٧٨% من حجم الهواء الجوي أما نسبته في التربة فتتراوح بين (٠,٠٣-٠,١%) تحت الظروف الاعتيادية، وهو عنصر أساسي لنمو النباتات إذ يدخل في تركيب البروتين النباتي وبالتالي في بروتوبلازم الخلايا

الحية ولكن النباتات عدا النباتات البقولية لا يمكن لها امتصاصه بصورته الغازية لذا يجب أن يتحد مع عناصر أخرى ليكون صورة معدنية سهلة الامتصاص من قبل النبات، وتتمثل مصادر النتروجين في التربة بالمواد العضوية التي تعد أهم مصادره الطبيعية من وجهة نظر خصوبة التربة الطبيعية إذأن النتروجين الذي يتحد مع المواد العضوية يتعرض لمهاجمة الأحياء الدقيقة في التربة وبفعل تفاعلات كيميائية معينة يتحول النتروجين من الصيغة العضوية إلى الصيغة المعدنية الجاهزة للاستهلاك من قبل النباتات، أما المصدر الثاني لهذا العنصر فهو عن طريق تثبيته بوساطة الأحياء المجهرية التي تسمى البكتريا التعايشية التي تتعايش مع النباتات البقولية كالباقلاء والفول السوداني والجت والبرسيم وغيرها، ويتمثل المصدر الثالث لهذا العنصر عن طريق مايقوم به من تثبيت له بوساطة الأمطار والثلوج الساقطة (Pitty/ ١٩٧٨/١٧٨).

٥-**الفسفور:** يوجد هذا العنصر بكميات قليلة في التربة مقارنة بعنصر النتروجين، وتبلغ نسبته في القشرة الأرضية حوالي (٠,١١%) وتتراوح نسبة الكلي منه في التربة بين (٠,٠٢-٠,١٥%)، ويتراكم هذا العنصر في الطبقات السطحية للتربة الزراعية وذلك نظراً لكون نسبة ضئيلة منه تفقد مع مياه البزل للتربة وكذلك لأن ما يفقد منه بامتصاص النبات قليل أيضاً. (النعيمي/١٩٩٠/١٧٤).

ويمكن تمييز مصدرين أساسيين لهذا العنصر الأول يتمثل بالمركبات غير العضوية والذي يشتمل بدوره على مجموعتين الأولى التي تحتوي على الكالسيوم وأساسها معدن الأبتايت وهذه المجموعة هي الأكثر أهمية والتي تحتوي على مركبات بسيطة مثل فوسفات الكالسيوم ذات الجاهزية السريعة للنبات لذلك فإنها توجد بكميات قليلة جداً في الترب غير المسمدة.أما المجموعة الثانية فتتمثل بتلك التي تحتوي على الحديد والألمنيوم، أما المصدر الثاني لهذا العنصر فهو مركبات الفسفور العضوية إذ يتواجد الفسفور العضوي في التربة في مركبات فسفورية عضوية أو مركبات فسفورية غير عضوية ترتبط مع مركبات عضوية (جيمز وآخرون/١٩٨٧/١٧٢)، وتكمن أهمية عنصر الفسفور للنبات في إتمام عمليات انقسام الخلايا وتحفيز النبات للتزهير وتكوين الثمار والعمل على سرعة النضوج فضلاً عن تقوية السيقان ومساعدة النبات في مقاومة الأمراض.

٦-**البوتاسيوم**: يشكل هذا العنصر ٢,٥٩% من وزن صخور القشرة الأرضية و١,٨% من حجمها وتتمثل أهم المعادن الأولية التي تحتوي على البوتاسيوم بالمسكوفايت والبيوتايت والآرثوكليس، أما معادن الطين الحاوية على هذا العنصر فهي مجموعة المايكا المائية، ويتواجد البوتاسيوم في التربة،أما بصورة جاهزة على شكل أملاح ذائبة بالماء إذ يكون مقدارها قليل بسبب فقدانه أثناء الغسل وقد يوجد على شكل ايونات مرتبطة بغرويات التربة وقابلة للتبادل، ويُعد هذا الشكل هو الأهم في وجود البوتاسيوم الجاهز للنبات، أما الصورة الثانية وهي صورة البوتاسيوم غير الجاهز

نسبياً وتشكل هذه الصورة الجزء الأكبر من البوتاسيوم الكلي في التربة (٩٨,٩%) ويتواجد البوتاسيوم فيها في المعادن المذكورة آنفاً ويمكن ان يتحول فيها البوتاسيوم إلى الصيغة الجاهزة عند تعرض هذه المعادن لعمليات التجوية، أما الصورة الثالثة والأخيرة لهذا العنصر فهي الصورة البطيئة الجاهزية والتي يشملها البوتاسيوم المثبت الذي يتداخل بين طبقات المعادن ويبقى غير قابل للتبادل، وتكمن أهمية هذا العنصر للنبات في كونه يمنح النبات مظهر القوة والنشاط وإنتاج سيقان قوية مقاومة للاضطجاع فضلاً عن أهميته في توفير الموازنة بين تأثير كل من النتروجين والفسفور.(العاني/ ١٩٨٤/ ١٥٣-١٥٤).

٧-**الكالسيوم:** يسهم هذا العنصر بحوالي (٣,٦٣%) من وزن صخور القشرة الأرضية وحوالي ١,٠٣% من حجمها (Strahler/ ١٩٧٥/٣٦٥). ويوجد هذا العنصر كمادة أصل في المعادن الأولية والمعادن الثانوية للتربة والمتمثلة بمعادن الفلدسبار والأباتايت والكالسايت والدولومايت والجبس وكذلك معدن الأمفبول، وعند تجوية المعادن المذكورة يتحرر عنصر الكالسيوم إلى محلول التربة على شكل ايون الكالسيوم الذائب، وتشكل كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) مصدراً مهماً للكالسيوم وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة، وتُعد الأملاح البسيطةمصدراً لأيون الكالسيوم الذي يوجد مرتبطاً بأيونات أخرى كالبيكاربونات والنترات والفوسفات والكبريتات وغيرها، ولهذا العنصر أهمية في نمو جذور النباتات وتقوية السيقان فضلاً عن دوره في أتزان امتصاص النبات للعناصر الغذائية الأخرى كالمغنيسيوم والبوتاسيوم.

٨-**المغنيسيوم:** يسهم هذا العنصر بحوالي (٢,١%، ٢٩%) من وزن وحجم قشرة الأرض على التوالي، وتتمثل معادن هذا العنصر في التربة بالدولومايت والبيوتايت والهورنبلد والأولفين فضلاً عن معادن الطين الثانوية كالأليت والكلورايت والمونتموريلونات ويتحرر ايون المغنيسيوم إلى محلول التربة بعد تعرض هذه المعادن لعمليات التجوية كما يحصل ذلك لأيون الكالسيوم الذي سبقت الإشارةإليه، وقد يوجد ايون هذا العنصر على شكل أملاح ذائبة في الترب المالحة، ويقل محتوى الترب الرملية من هذا العنصر وكذلك في المناطق ذات الأمطار الغزيرة إذ تعمل هذه الأمطار على غسل ايونات هذا العنصر إلى الأفاق السفلى للتربة، ولهذا العنصر أهميته للنبات إذ يدخل في تركيب المادة الخضراء(الكلوروفيل) المهمة جداً لصناعة غذاء النبات إذ يسهم بحوالي٢,٧% من وزن جزيئة الكلوروفيل كما يلعب دوراً مهماً في انتقال الفوسفات والنشا في النبات.

٩-**الصوديوم:** يشكل هذا العنصر حوالي ٢,٨٣% من وزن صخور القشرة الأرضية ونحو ١,٣% من حجمها، وتتمثل مصادر هذا العنصر في التربة بمادة الأصل ومياه الري والمياه الأرضية والجوفية كما يوجد في تربة المناطق المنخفضة والأراضي

الصحراوية وقرب سواحل البحار والمحيطات، وقد تزداد نسبة ايون هذا العنصر في محلول التربة بسبب ترسب الكالسيوم والمغنيسيوم في هذا المحلول على شكل مركبات قليلة الذوبان كالكلس والجبس، ولابد من الإشارة إلى أن زيادة نسبة ايونات الصوديوم القابلة للتبادل يؤدي إلى تكوين ما يسمى بالترب الصودية أو القلوية إذ يؤثر ذلك كثيراً على نمو معظم المحاصيل الزراعية كما سنلاحظ ذلك فيما بعد. (العاني/ ١٩٨٠/ ١٦٤).

١٠-**الحديد :** يسهم الحديد بحوالي(٥%، ٤٢%) من وزن وحجم قشرة الأرض على التوالي، أنأهم المعادن الأولية التي تحتوي على الحديد هي التي توجد على شكل اكاسيد التي تضم معدن الهيماتايت والكيوثايت إذ يتحرر الحديد الثنائي التكافؤ إلى محلول التربة عند تعرض هذه المعادن للتجوية، ومن المعادن الأخرى أيضاً هي الكبريتيدات التي تضم معادن البايرايت وكذلك الكاربونات والكبريتات والسيلكا التي تضم معدن الأولفين، وقد يتواجد هذا العنصر في بعض المعادن الثانوية مثل الأليات والكولنيت (النعيمي/ ١٩٩٠/ ١٨٧)، ويُعد وجود نسبة قليلة من الحديد في التربة أمر ضروري لنمو النباتات وتكاثرها إذ أن انخفاض تركيزه في محلول التربة يسبب اصفرار الأوراق ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة في الترب الكلسية والترب الصودية التي تنخفض فيها نسبة تركيز هذا العنصر كما يُعد عنصر الحديد مهماً في تكوين المادة الخضراء على الرغم من عدم دخوله في تركيب هذه المادة.

١١-**السيلكون:** وهو من أهم مكونات معادن القشرة الأرضية وبالتالي التربة، ويسهم بنسبة قدرها ٢٧,٧% من وزن صخور قشرة الأرض وحوالي ١% من حجمها، ومن الجدير بالإشارة إلى أن هذا العنصر قد لا يوجد بصورة نقية إذ يوجد متحداً مع غيره من العناصر الأخرى مكوناًأنواعاً من السيلكا التي تمثل أحد المعادن الأولية للصخور وتشكل هذه المعادن بدورها الجزء الرئيس من حبيبات الرمل والغرين والطين وهي عماد الجزء المعدني للتربة، وتوجد السيلكا الحرة في التربة على شكل كوارتز الذي يشكل نسبة تتراوح بين (٥٠- ٩٠%) من الرمل والغرين والطين لمعظم الترب إذ يوجد في الترب الغرينية والترب المتطورة من الصخور الرسوبية وبقايا الصخور المتبلورة، كما توجد السيلكا على شكل معادن الأوبل والكرستوبلايت وتوجد السيلكا أيضاً في معادن الفلدسبار والأمفبولس والهورنبلد والأوليفين. (Pitty/ ١٩٧٨/ ٤٨-٤٩).

١٢-**الكبريت:** يسهم عنصر الكبريت بنحو ٠,٠٦% من وزن صخور القشرة الأرضية، ويوجد هذا العنصر في بعض الصخور الأم للتربة على شكل كبريتيد، وغالباً ما يتوفر في الصخور النارية القاعدية أكثر مما هو عليه في الصخور الحامضية ومن مصادر هذا العنصر أيضاً في التربة هو الكبريت الجوي الذي يكون على هيئة ثاني اوكسيد الكبريتSO_2 الذي يرافق الأمطار التي تسمى الأمطار الحامضية ويتم امتصاصه من

قبل التربة على شكل حامض الكبريتيك أو الكبريتوز، أما المصدر الثالث له فيتمثل بالكبريت العضوي إذ أن المركبات العضوية في التربة سواء كانت نباتية أو حيوانية تتعرض لمهاجمة كائنات حية دقيقة تعمل على تحللها. وتكمن أهمية عنصر الكبريت في كونه يدخل في تركيب البروتينات والدهون والفيتامينات في بعض النباتات فضلاً عن أهميته في نمو الجذور وتكوين العقد الجذرية في النباتات البقولية وتحفيز النبات على إنتاج البذور. (صديق/ ١٩٨٨/ ٧٠).

١٣- **المنغنيز:** يوجد هذا العنصر في التربة بكميات متفاوتة ولكنها عموماً تتراوح بين (٢٠٠-٣٠٠٠) جزء بالمليون كما يقدرها البعض بعدة آلاف من الكيلوغرامات في الدونم الواحد (العاني/ ١٩٨٤/ ١٦٧)، ومصادر هذا العنصر في التربة تتمثل بالأكاسيد ومعادن الكاربونات والسيلكات، ويتحرر ايون المنغنيز عند تعرض المعادن المذكورة لعمليات التجوية على مختلف أنواعها ، أما أهمية هذا العنصر فتتمثل بكونه يعمل كمنشط لعدد من الأنزيمات وله أهمية في عمليات الأكسدة والاختزال وخاصة لعنصر الحديد فضلاً عن علاقته بتكوين مادة الكلوروفيل.

١٤-**البورون:** تحتوي التربة على كميات قليلة جداً من عنصر البورون تتراوح بين (٧٠- ٨٠) جزء بالمليون وبنفس الوقت فأن النباتات تحتاج إليه بكميات محدودة جداً أيضاً، ويتحرر هذا العنصر بعد تعرض المعادن الأولية التي تحويه إلى عمليات التجوية شأنه في ذلك شأن العناصر السابقة، ولعل أهم المعادن الحاوية عليه هي معادن البورات المائية والبورات اللامائية فضلاً عن سيلكات البورون المعقدة، أما بالنسبة لأهميته للنبات فقد لوحظ ان نقصه يسبب اصفراراً لبعض النباتات كما يسبب ما يسمى بذبول الأزهار وخصوصاً لأشجار الفواكه، فضلاًعن ذلك فقد يبدو انه يؤثر في انقسام الخلايا ونموها ودوره في تكوين النشا ومع ذلك فإن ارتفاع تراكيز هذا العنصر في التربة إلى حدود معينة يسبب السمية للكثير من النباتات.(جيمز وآخرون/ ١٩٨٧/ ٢٩٨).

١٥-**المرلبيدنوم :** يحتاج النبات إلى هذا العنصر المهم إلى كميات قليلة جداً منه كما أن محتوى الترب منه قليل جداً يتراوح بين (٠,٦- ٣,٥) جزء بالمليون، أما الكميات الجاهزة للنبات فهي لا تتجاوز الـ(٠,٢) جزء بالمليون، إن أهم المعادن الأولية الحاوية على هذا العنصر هي الكبريتيدات والأكاسيد وقد يوجد في بعض معادن الطين الثانوية والجزء العضوي من التربة، أما أهميته فقد تبين أن نقصه يؤدي إلى تقليل البروتين في النبات فضلاً عن أهميتهفي تثبيت النتروجين من قبل أحياء التربة التعايشية.

١٦- **النحاس:** يقدر محتوى التربة من هذا العنصر بين (٥- ٥٠) جزء بالمليون وقد يصل أحياناًإلى (١٠٠) جزء بالمليون، ويتحرر ايون النحاس بعدما تتعرض المعادن التي تحويه لعمليات التجوية، ومن أهم هذه المعادن هي الكبريتيدات البسيطة والمعقدة

والأكاسيد والكاربونات والسيلكات والكبريتات، وتكمن أهمية هذا العنصر للنباتات في تكوين العديد من الأنزيمات النباتية وفي تركيب بعض المواد المشجعة لنمو النبات كذلك فإن أنتاج البروتينات في النباتات قد يحتاج إلى تركيز محدود من عنصر النحاس. (العاني/ ١٩٨٠/ ٢٣٥).

١٧- **الزنك:** تتراوح كميات هذا العنصر في التربة بين (١٠-٣٠٠) جزء بالمليون، ويتحرر عندما تتعرض المعادن الحاوية عليه إلى عوامل التجوية وأهم هذه المعادن هي الكبريتيدات والكاربونات والسيلكات، ولهذا العنصر أهميته للنباتات فهو يعمل كمنشط لعدد من الأنزيمات كما يُعد من المواد المشجعة لنمو النباتات على الرغم من قلة حاجتها إليه.

١٨- **الكلورايد:** تحتاج النباتات إلى كميات قليلة جداً من هذا العنصر ويوجد متحداً مع الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والصوديوم على شكل كلوريدات هذه العناصر، كما يضاف هذا العنصر إلى التربة عن طريق مياه الري والأمطار لذا يمكن القول أن عمليات تجهيز التربة بهذا العنصر تكاد تكون مستمرة ناهيك عن وجود الكلورين في الأسمدة البوتاسية(كلوريد البوتاسيوم)، أما أهميته فتتمثل في دوره بعملية التمثيل الضوئي وعملية فتح الثغور للأوراق فضلاً عن تأثيره في الضغط الآزموزي للخلية النباتية إذ يُعد كعامل منظم له. (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٢٢٩).

الصخور وأنواعها:

لقد تبين لنا فيما سبق أن المكونات المعدنية للتربة هي التي تمثل العناصر الرئيسة لتركيب صخور القشرة الأرضية، وبناءَ على ذلك فأن الصخور هي عبارة عن مجموعة من المعادن في الطبيعة والمعادن بدورها من وجهة النظر الكيميائية هي عبارة عن مركبات معظمها بلورياً، وتتكون المعادن من اتحاد لبعض العناصر مع بعضها البعض، فمثلاً يتكون معدن الكالسايت من اتحاد عناصر الكالسيوم والكاربون والأوكسجين، ويتكون معدنالدولومايت من اتحاد عناصر الكالسيوم والمغنيسيوم والكاربون والأوكسجين.(كربل/ ١٩٨٦/ ٤٢)، وتُعد الصخور بشكل عام الوحدة الأساسية في بناء الأرض في حين أن المعادن هي وحدة بناء هذه الصخور ولذلك تختلف الصخور بعضها عن البعض الآخر بسبب اختلاف معادنها كما تختلف عن بعضها من حيث موضع تكوينها في أرجاء الكرة الأرضية فضلاً عن ذلك أن بعض الصخور تتكون من مواد متفتتة غير متماسكة كالرمل والحصى وقد تكون متماسكة ومتصلبة تماماً كصخور الكرانيت والبازلت.(النقاش وزميله/١٩٨٩/ ٩٨).

ويتفق جميع المهتمين بعلم الصخور على أن الصخور تتواجد بثلاثة أنواع هي الصخور النارية والرسوبية والمتحولة:

١- **الصخور النارية:** وتسمى الصخور الأولية لأنها تمثل الصخور التي تشتق منها بقية الصخور الأخرى بشكل مباشر أو غير مباشر، وتشير أحدى المصادر إلى ان الصخور النارية تسهم بحوالي ٦٤,٧% من صخور قشرة الأرض (عباس/ ١٩٨٩/ ٤٨)، وتتكون هذه الصخور من تصلب المواد المنصهرة (الماكما) كالكرانيت والبازلت، وهناك عاملين يؤثران على الصفات العامة للصخور النارية هما التركيب الكيميائي للكتل الأصلية التي يتكون منها الصخر وكذلك الحالة الطبيعية التي يتبلور عليها والتي قد تحدث بشكل سريع أو بشكل بطيء.

يمكن تصنيف الصخور النارية إلى عدة أصناف تبعاً لعدة أسس أهمها التكوين المعدني والتكوين الكيميائي والنسيج وحجم الحبيبات ومناطق تواجدها بالنسبة لسطح الأرض، فمن حيث التكوين المعدني يمكن تمييز مجموعتين من الصخور النارية الأولى تحتوي على كميات كبيرة من الكوارتز إضافة إلى معادن الآرثوكليس والألبايت (الفلدسبار) وتزداد نسبة السيلكون والألمنيوم في هذه المجموعة التي تكون ذات ألوان فاتحة ويُعد صخر الكرانيت أهم أنواعها، أما المجموعة الثانية من الصخور النارية فتكون ذات الوان غامقة غنية بعنصري المغنيسيوم والحديد ومن أهم المعادن الداخلة في تركيبها هي الأوليفين والأيوكايت ويُعد البازلت ابرز أمثلتها. أما على أساس التركيب الكيميائي للصخور النارية فيمكن تمييز الأنواع الآتية وذلك استناداً إلى نسبة وجود ثاني اوكسيد السيلكون(السيلكا) (علي/ ١٩٦٩/ ٨٤).

أ- الصخور النارية فوق القاعدية وتقل فيها نسبة ثاني اوكسيد السيلكون عن ٤٥% من وزنها.

ب- الصخور النارية القاعدية وتتراوح فيها نسبة ثاني اوكسيد السيلكون بين(٤٥-٥٢%) من وزنها.

جـ- الصخور النارية المتوسطة وتتراوح فيها نسبة ثاني اوكسيد السيلكون بين(٥٢-٦٥%) من وزنها.

د- الصخور النارية الحامضية وتتراوح فيها نسبة ثاني اوكسيد السيلكون بين(٦٥-٧٥%) من وزنها.

ه- الصخور النارية فوق الحامضية وتزداد فيها نسبة ثاني اوكسيد السيلكون عن (٧٥%) من وزنها.

أما من حيث النسيج والذي يعني الحجم النسبي لبلورات المعادن المكونة للصخور وشكلها وطريقة ترتيبها التي تعتمد على سرعة التبريد فيمكن تمييز عدة أنواع من الصخور النارية تبعاً لذلك فالصخور النارية التي تكونت في جوف الأرض والتي تبردت ببطء شديد الأمر الذي أدى إلى تكون ونمو بلورات كبيرة الحجم فيكون نسيج هذا النوع من الصخور خشنا ويمكن رؤية مكوناتة المعدنية وتمييزها بسهولة وبالعين المجرده ، اما الصخور النارية التي تظهر على سطح الأرض على شكل حمم

بركانية فأنها تبرد وتتجمد بسرعة بحيث لا تجد البلورات الصغيرة الفرصة الكافية لنموها ففي هذه الوضع تكون الصخور النارية ذات نسيج ناعم وفي هذه الحالة ايضا يمكن تمييز البلورات بوساطة عدسة مكبرة وفي حالات أخرى لا يمكن تمييز حجم البلورات إلا بوساطة الميكروسكوب فيدعى هذا النوع من النسيج بالنسيج المجهري التبلور، وفي حالات أخرى يمكن معرفة تبلور حبيبات الصخور بالميكروسكوب المستقطب فيسمى حينئذ بالنسيج الخفي، أما حسب حجم الحبيبات فيمكن تمييز عدة أنواع من نسيج الصخور النارية استناداً إلى هذا الأساس فإذا كانت أحجام جميع البلورات متساوية تقريباً فتكون هذه الصخور ذات حبيبات منتظمة، أما الصخور التي تظهر فيها بلورات كبيرة الحجم مدفونة في حبيبات أصغر فيطلق عليها اسم الصخور النارية ذات النسيج البورفيري، في حين يطلق اسم الفينوكرست على البلورات الكبيرة الحجم الأنفة الذكر، وأخيراًإذا لم يسمح للبلورات بالتكون إطلاقاً بسبب التبريد السريع والمفاجيء للصخور النارية (الحمم البركانية) فيسمى هذا النوع بالصخور النارية ذات النسيج الزجاجي (النقاش وزميله/ ١٩٨٩/ ١٠١).

وأخيراً وحسب أماكن وجود الصخور النارية يمكن تمييز ثلاثة أنواع منها الأول تلك التي تسمى الصخور النارية الجوفية (العميقة) وهي تلك الصخور التي بردت وتصلبت في أعماق بعيدة من جوف الأرض وبشكل بطيء وبذلك تكون ذات نسيج بلوري خشن وقد تكون هذه الصخور أحياناً على شكل كتل هائلة جداً تتسع قاعدتها كلما تعمقنا للأسفل فيطلق عليها اسم الباثوليث وقد توجد بأحجام أقل فتسمى بالستوك، أما النوع الثاني للصخور النارية فتسمى الصخور النارية المتوسطة إذ تتواجد على أعماق متوسطة في طبقات قشرة الأرض أيإنها بردت وتجمدت بسرعة اكبر من سرعة تجمد الصخور العميقة وبذلك يتراوح حجم بلوراتها بين الدقيق والمتوسط الحجم وقد تتواجد تلك الصخور على شكل مظلة فتسمى عندئذ باللاكوليث أو قد تكون على شكل قمع فتسمى باسم اللابوليث أو على شكل قوس فتسمى فاكوليث وقد تتداخل بين طبقات القشرة الأرضية على شكل سدود أفقية أو تمتد بشكل عمودي أو مائل فتسمى السدود القاطعة، أما النوع الأخير من وضعية تواجد الصخور النارية فهي الصخور السطحية أو البركانية التي تبرد وتتصلب على سطح الأرض بسرعة بحيث لا تسمح للبلورات بالنمو فتكون ذات نسيج زجاجي تنتشر على مساحة واسعة من سطح الأرض (السنوي وآخرون/ ١٩٧٩/ ١٠٥-١٠٨).

ومما تجدر الإشارةإليه أن تعرض المعادن المكونة لصخور قشرة الأرض لعوامل التجوية الفيزيائية والكيميائية والعضوية والذي تُعد التربة أحد أهم نتائجه سوف تؤول معظم الخصائص الطبيعية والكيميائية لهذه المعادن إلى خصائص التربة المشتقة منها كما سيتضح ذلك فيما بعد، فصخور الكرانيت الغنية بمعادن الكوارتز والتي تتكون من ذرات خشنة وكبيرة نسبياً تتفكك بسهولة عند تعرضها للتجوية فتكون

التربة المشتقة ذات نسجة خشنة تحتويعلى نسبة عالية من الرمل والحصى بأحجامها المختلفة فضلاً عن ان هذه التربة تكون أكثر عمقاً من تلك المشتقة من معادن صخور البازلت التي تتميز بمعادن ذات حبيبات دقيقة لذا فالتربة المشتقة منها سوف ترتفع فيها حبيبات الطين الدقيقة مقابل انخفاض نسبة الحبيبات الخشنة، أما بالنسبة للتركيب الكيميائي للصخور فأنه سوف ينعكس بالضرورة على العديد من الخصائص الكيميائية للترب المشتقة من معادن هذه الصخور إذ من المعلوم لدينا أنهذه الترب أماأن تكون ترب حامضية أو قاعدية أو معتدلة وذلك استناداً إلى محتواها من ثاني اوكسيد السيلكون.

٢-**الصخور الرسوبية:** وهي صخورثانوية تشتق من صخور أولية تعرضت لعمليات التحلل والتفتت بفعل عوامل طبيعية مختلفة وتسهم بحوالي ٧,٩% من صخور القشرة الأرضية كما أنها تسهم بنسبة قدرها ٥% من حجم قشرة الأرض بينما نجد ان المساحة الظاهرة من تلك الصخور تشكل نسبة تتراوح بين (٧٥- ٨٠%) من مساحة سطح الأرض، وتتميز هذه الصخور بأنها توجد على شكل طبقات متميزة عن بعضها البعض واحتوائها على الكثير من المتحجرات والخامات المعدنية المختلفة فضلاً عن مساميتها، أما من حيث التركيب المعدني لهذه الصخور فأنها تتركب من معادن كثيرة ومختلفة أهمها معادن الكوارتز الذي يشكل نسبة عالية من الصخور الرملية ومعادن الكالسايت التي توجد في الصخور الجيرية أو الكلسية وهناك معادن اكاسيد الحديد كالهيماتايت والماكنتايت ومعادن الجبس(كبريتات الكالسيوم) فضلاً عن معادن الفلدسبار والتورمالين والهورنبلد وغيرها، ومن الطبيعي ان تنعكس معظم الخصائص المعدنية لهذه الصخور على خصائص الترب التي تشتق منها مستقبلاً عندما تتعرض لعوامل التجوية (مادة أصل التربة).

تصنف الصخور الرسوبية حسب نشأتها إلى عدة أصناف الأول وهي الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة والتي هي عبارة عن صخور أصلية تعرضت للتجوية الطبيعية بوساطة الماء أو الرياح أو الجليد فتفككت دون أن يطرأ عليها تغيير كيميائي ومن أمثلتها صخور المجمعات(الكونكلوميرات) والتي هي عبارة عن صخور متكتلة من الحصى والرمل تتراوح أقطارها بين (١٠٠-٢٠٠ملم)، وهناك أيضاً الصخور الرملية التي تُعد معادن الكوارتز أهم مكوناتها فضلاً عن معادن الفلدسبار، وتكتسب هذه الصخور ألوانها التي سوف تنعكس على ألوان الترب المشتقة منها من لون المواد اللاصقة فهي قد تكون صفراء أو حمراء أو سوداء، أما الحبيبات الرملية فهي عبارة عن صخور رملية مفككة على شكل حبيبات يتراوح قطرها بين (١- ٦/١ملم) ويصنف الرمل هنا إلى رمل خشن أو متوسط أو ناعم، ويكتسب الرمل لونه الأسود أحياناً من احتواءه على معادن الحديد (الماكنتايت) السوداء بنسبة عالية، ومن أمثلة الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة أيضاً الصخور الطينية والصخور الصفاحية التي

تُعد أكثرأنواع الصخور الرسوبية انتشاراً في الطبيعة إذ تسهم لوحدها بحوالي ٦٥% من الصخور الرسوبية، أما الصلصال فأنه حجر مرن يتكون من معادن طينية عبارة عن سيلكات الألمنيوم المائية وحبيباته دقيقه لا تتجاوز أقطارها (٠,٠٠٢ملم)، أما الطين الصفحي فهو عبارة عن حجر صلصال أو حجر طيني يحتوي على صفائح رقيقة، أما الغرين فهو عبارة عن رواسب دقيقة مفككة يتراوح قطر حبيباتها بين (١٦/١- ٢٥٦/١ملم)، ويكتسب الطين الصفحي ألوانه المميزة من طبيعة محتواه فيكون ذو لون داكن إذا احتوى على نسبة عالية من المواد العضوية أو بعض المواد الكاربونية، ويكتسب اللون الأحمر من وجود اكاسيد الحديد (الهيماتايت) وقد يكتسب لوناً أخضراً أو أسوداً من وجود اكاسيد الحديدوز. (النقاش وزميله/ ١٩٨٩/ ١٠٨-١٠٩).

أما الصنف الثاني من أصناف الصخور الرسوبية حسب طبيعة نشأتها فتتمثل بالصخور الرسوبية الكيميائية النشأة التي تكون على شكل مواد ذائبة في المياه وخاصة المياه الجوفية التي تظل على تماس مباشر مع الصخور فضلاً عن مايوجد من ضغط وحرارة عاليين فتساعد هذه العوامل على زيادة قابلية الماء الجوفي لإذابة الصخور وتترسب هذه المواد أما بسبب عمليات التبخر أو بسبب تناقص الضغط أو بوساطة الحيوانات التي تعيش في المياه.(كربل/ ١٩٨٦/ ٦٨).

تضم الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة واستناداً إلى تركيبها الكيميائي عدة أنواع من الصخور يقف في مقدمتها الحجر الجيري أو حجر الكلس الذي يتكون من معدن الكالسايت (كاربونات الكالسيوم$CaCO_3$) وصخور الدولومايت وهي تشبه صخور حجر الكلس إلاأنها تتكون من معدن الدولومايت$CaMg(CO_3)_2$، وهناك أيضاً الصخور التبخرية التي تشمل على الملح وحجر الجبس إذ تترسب من خلالها معادن الهالايت والجبس، وأخيراً هناك الصخور السيلكية ومن أهم صخورها حجر الصوان والفلنت(السنوي وزملاءه/ ١٩٧٩/ ١٦٠)، ويتمثل الصنف الثالث من أصناف الصخور الرسوبية الكيميائية النشأة بالصخور الرسوبية العضوية وهي أماأن تكون حيوانية المنشأ إذ تقوم بعض الحيوانات بتحويل بعض الأملاح والأيونات الموجودة في المياه إلى مواد كلسية أو سيلكية أو فوسفاتية وتمثل التكوينات المرجانية أحد أنواع هذه الصخور وكذلك الحجر الجيري الصدفي والصخور العضوية السيلكية والصخور العضوية الفوسفاتية. (الخشاب وآخرون/ ١٩٧٨/ ٣٠)، وقد تكون الصخور الرسوبية العضوية نباتية المنشأ ومن أمثلتها الفحم الحجري الذي يبدأ تكونه بتراكم بقايا مواد نباتية وعند بداية تحللها تعرف باسم البيت Peat وبمرور الزمن وبتعرضها للحرارة والضغط الشديدين تتحول إلى ما يعرف باللكنايت Lignite ثم البتيومين Bituminous وأخيراً فحم الأنثراسايت Anthracite.

٣- **الصخور المتحولة:** وهي الصخور الناتجة عن جملة من التحويرات التي طرأت على شكل وخصائص الصخور الأصلية سواء كانت صخور نارية أو رسوبية

وجعلتها تختلف عنها من حيث التركيب المعدني والتركيبي والنسيجي نتيجة ظروف فيزيائية أو كيميائية، وتنحصر العناصر الرئيسية المسببة للتحول بكل من الحرارة والضغط مع وجود المحاليل الكيميائية، ويمكن تمييز ثلاثة أنواع لتحول الصخور تبعاً لعوامل التحول المذكورة آنفاً فهو أماأن يكون تحولاً حرارياً إذ ينتج عن تعرض الصخور الأصلية إلى حرارة عالية تتراوح بين (٢٠٠-٥٧٠ م°) دون تعرض الصخور للضغط الكبير، وقد يكون التحول ديناميكياً إذ ينتج عن تعرض الصخور الأصلية إلى ضغط هائل قد ينتج عن حركات تكتونية تتعرض لها منطقة معينة، وأخيراً قد يكون التحول إقليمياً والذي ينجم عن تعرض الصخور الأصلية إلى حرارة عالية وضغط هائل ضمن مساحة واسعة جداً منسطح الأرض، وتنقسم الصخور المتحولة إلى قسمين حسب طبيعة الصخور الأصلية التي تحولت عنها وهي أماأن تكون صخور رسوبية أو صخور نارية، فمن أمثلة المجموعة الأولى صخر الأردواز الذي أصله صخر طيني(طفل) وصخر الكوارتزايت الذي نشأ من تحول الصخور الرملية (معدن الكوارتز) وكذلك الرخام الذي ينشأ من الصخور الكلسية وهذا الصخر يبدي مقاومة شديدة لعوامل التجوية في المناطق الجافة وشبه الجافة بينما تقل مقاومته في المناطق الرطبة، ومن أمثلة المجموعة الثانية صخور الشست والنايس، وعموماً يمكن القول ان درجة مقاومة الصخور المتحولة لعوامل التجوية تبدو أكثر من درجة مقاومة صخور الأصل ومن هنا لا يتوقع أن تكون التربة المشتقة من الصخور المتحولة عميقة بسبب صعوبة تفككها وتحللها إذ تكون تربة ضحلة قليلة السمك تحتل مساحات صغيرة من سطح الأرض مقارنة بالتربة المشتقة من الصخور الرسوبية. (الشلش/ ١٩٨٥/ ٣٢).

تجوية الصخور:

تعرف التجوية بأنها العملية التي تقوم بتحطيم الصخور وانحلالها وهي موجودة في مواقعها الطبيعية الأصلية، ولا تتعرض جزيئات الصخور الناتجة عن هذه العملية لأكثر من عملية إزاحة بسيطة جداً عن أماكنها كالتي تنتج من عملية التفكك نفسها، وتتفكك بموجب عملية التجوية مكونات القشرة الأرضية فوق أو على مقربة من سطح الأرض أو يحصل تغيير في تركيبها الكيميائي.

تنطلق أهمية دراستنا للتجوية لان أصل جميع الترب المعدنية هي الصخور الأم إذ أن التربة تتكون من تحلل وتفكك هذه الصخور بتأثير عوامل التجوية واختلاف الترب سببه اختلاف الصخور التي تشتق منها، وقد تظهر عدة أصناف من الترب من نفس الصخور وذلك بسبب اختلاف تأثير عوامل التجوية، ومن المعلوم أن التربة لا تتكون مباشرة من الصخور وإنما لابد أن تمر بمرحلة المادة الأم وتختلف تلك المادة عن الصخور التي اشتقت منها وفي نفس الوقت تختلف عن التربة التي سوف تنشأ منها وسبب هذا الاختلاف في الحالتين هو اختلاف تأثير عوامل التجوية المختلفة. وعموماً يمكن تقسيم التجوية إلى ثلاثة أنواع مهمة هي:

١- التجوية الفيزيائية: ويقصد بها العمليات التي تؤدي إلى تحطيم الصخر وتجزئته إلى مفتتات بشرط أن يبقى تركيبه ثابتاً لا يتغير أي من دون أن يصحب ذلك أي تغير في الصفة الكيميائية أو المعدنية للصخور. وهناك عدة عوامل تسهم في تفعيل دور التجوية الميكانيكية أو الفيزيائية وهي:

أ- التمدد الحراري

يتضح تأثير التمدد الحراري الذي ينتج عن التباين الكبير في درجات الحرارة بشكل خاص في المناطق الصحراوية حيث يصفو الجو ويشتد الجفاف ففي أثناء النهار ترتفع درجات الحرارة مما يؤدي إلى تمدد الصخور وفي الليل عندما تنخفض الحرارة تنكمش، إن تكرار عملية التمدد والتقلص يؤدي بالتالي إلى تكسر الصخور وتفتتها ولما كانت الصخور رديئة التوصيل للحرارة فان تأثير التغير الحراري ينحصر في مستوياتها العليا دون السفلى وينشأ عن ذلك ضغوط Stresses خلال مكونات الصخور تؤدي إلى إحداث تكسر مواز لطولها وتتفكك الصخور حينئذ في هيئة أشرطة توازي سطوحها ويطلق على هذه العملية اسم التقشير Exfoliation.

ب- النمو البلوري

يساعد عامل النمو البلوري على تشقق الصخور وتكسرها فعندما تملأ مياه الأمطار هذه الشقوق أو الفواصل ويصادف أن تتجمد هذه المياه فان حجمها يزداد حوالي (١٠%) وذلك لنمو بلورات الثلج وهذه الزيادة في الحجم تسبب ضغطاً على الصخور التي تجاورها، وبالتالي فإن الصخور تتهشم وتتفكك ويزداد تأثير هذا العامل في المناطق التي تتعاقب فيها فترات الأنجماد والذوبان.(الدراجي/ ٢٠١٠/ ٩٦-٩٧)

جـ- التمدد Dilation

يحدث هذا النوع من التجوية عندما يزاح الضغط المسلط على الصخور، فالصخور النارية والمتحولة تتبلور تحت ظروف حرارية وضغوط مختلفة عن تلك التي توجد على سطح الأرض، وهذا يعني إن المعادن المكونة لهذه الصخور لا تكون ثابتة في ظروف ودرجات حرارة السطح وضغطه، فإذا ما أزيحت الطبقات الصخرية هذه لسبب ما فان الضغط المحصور يقل وبالتالي تتقشر هذه الصخور الكرانيتية المحاطة بأسطح موازية لسطح التضاريس، ومما لا شك فيه إن الفواصل تتكون نتيجة لهذا التمدد، وعليه فان التجوية الكيميائية، وقوة الضغط المحصور يتضافران كلاهما مع تغيرات الحرارة لتكوين الشقوق في الصخور الصلبة.

٢-التجوية الكيميائية: تضم هذه التجوية جملة من التفاعلات المعقدة بين الماء والأوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون والحوامض والمواد العضوية وتعمل هذه المواد على تغيير المعادن وتركيبها الكيميائي، وتُعد هذه التجوية أكثر فعالية من سابقتها في تفكك الصخور كما أنها التجوية التي تسود في المناطق ذات المناخ الحار والرطب (Bunting/ ١٩٦٩/ ٣٣)، وتضم التجوية الكيميائية عدة عمليات هي:

أ- التميؤ Hydrolysis: وهو عبارة عن اتحاد الماء بأحد العناصر التي يتألف منها الصخر، ومن هذا الاتحاد ينشأ عنصر آخر أضعف تماسكاً من العنصر الأصلي مما يؤدي إلى النيل من صلابة الصخر، مثال ذلك تحول الفلسبار في صخر الجرانيت إلى طين الكاولين Kaolin، وفي بعض الأحيان تؤدي عمليات التميؤ إلى زيادة حجم المادة الأصلية بما يتحد معها من ماء، فيترتب على زيادة الحجم تمدد القشور الخارجية من الأسطح الصخرية، في حين يظل حجم الكتل الداخلية ثابتاَ، وبالتالي يكون مصير الأغشية الخارجية الانفصال على شكل قشور.

ب- الأكسدة Oxidization : وهي تحول المعدن إلى أوكسيده بإضافة الماء والأوكسجين إلى الفلز، وهذه العملية شائعة في صخور البازلت التي تشتمل على معدن الحديد بوفرة،(حديد + أوكسجين+ رطوبة= اوكسيد الحديد) وأوكسيد الحديد بطبيعة الحال أضعف صلابة من الفلز نفسه، ولذا فان معنى الأكسدة بالنسبة للصخور إضعاف لكيانها.

جـ-الكربنة Carbonization : وتتلخص في أن ماء المطر أثناء سقوطه خلال طبقات الهواء يحمل معه جزءاً من ثاني أكسيد الكربون الموجود به، فتكون النتيجة نوعاً من حامض الكربونيك المخفف، وعلى الرغم من كونه مخففاًإلا أنه محلول عظيم الفعالية في إذابة المواد الكلسية، فالماء النقي تماماً قليل التأثير على مادة الكالسيوم، بعكس الحامض(حامض الكربونيك + كالسيوم = بيكربونات الكالسيوم +ماء)، والبيكربونات مادة قابلة للذوبان في الماء، ولهذا فان عملية الكربنة تبدو أوضح ما تكون في مناطق الحجر الجيري تحت ظروف المناخ الرطب، وتعرف هذه العملية ببساطة باسمالإذابة، ويتخلف عنها في الحجر الجيري شوائب الزلط أو الصوان والطين الذي يكون نوعاَ من التربة المحلية الحمراء اللون الصالحة للزراعة، وعندنا منها نماذج كثيرة بالأردن وكافة الأقطار العربية المطلة على الساحل الشرقي للبحر المتوسط، وتبدأ الإذابة على امتداد مفاصل الحجر الجيري التي تظل تتسع على حساب الكتل الجيرية المتلاشية، مشكلة نوعاً خاصاً من التجوية الكارستية Karxstic Weathering. (بحيري/ ٢٠٠١/ ٤٧-٤٨).

د- عملية الترطيب Hydration: تحدث هذه العملية عندما تتحد جزيئات الماء مع التركيب الكيميائي لواحد أو أكثر من معادن الصخور، حيث يزداد حجم المعادن تبعاَ لذلك، فضلاً عن التغير الكيميائي الذي يحصل عليها ومن أمثلة ذلك تحول معدن الانهدرايت بعد ترطيبه إلى الجبس كما في المعادلة الآتية:

$$CaSO_4 + H_2O \rightarrow CaSO_4.2H_2O$$

وان معدن الجبس الناتج يذوب نسبياً في الماء بالإضافة إلى التغير الحاصل في الحجموكما في تحول الهميتايت إلى ليمونايت وحسب المعادلة الآتية:

$$2FeO_3 + 3H_2O \rightarrow 2FeO_3 + 3H_2O$$

هـ- الإذابةSolution: تمثل الإذابة المرحلة الأولى في التجوية الكيميائية وتتأثر جميع المعادن بهذه العملية ولكن بدرجات متفاوتة، فعلى سبيل المثال يكون ملح الطعام ذا قابلية عالية للذوبان في الماء النقي لذا فانه لا يظل موجوداً في القشرة الأرضية إلا في المناطق الجافة. وتكون قابلية الجبس والكاربونات على الإذابة اقل منه. وبصورة عامة تعد مجموعة الكالسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم أكثر قابلية للإذابة من مجموعة السليكا. وتعتمد هذه العملية على كل من كمية المياه المتوفرة وعلى قابلية المعدن للإذابة.(المالكي/ ٢٠١٢/ ٦٣-٦٤).

٣-**التجوية العضوية:** يمكن للأحياءأنتتسبب في تحطيم الصخور ميكانيكياً بطرائق مختلفة إذ تتمكن جذور النباتات أن تتغلغل داخل شقوق الصخور ويساعد نمو تلك الجذور على توسيع تلك الشقوق. ولا تقوم جذور الأشجار الكبيرة فقط بهذه العملية بل تقوم بها حتى جذور النباتات الصغيرة كالحشائش. تقوم حيوانات الأنفاق أيضاً بتحطيم المواد الصخرية عندما تقوم بحفر ممراتها مثل دودة الأرض Earth worms التي تقوم بابتلاع التربة من اجل الحصول على غذائها. ويوجد من هذه الدودة في الأرض الخصبة بحدود مليون واحدة في الايكر الواحد. وتستهلك هذه الدودة لغذائها حوالي (٥٠طن متري) من التربة في العام الواحد. ومن حيوانات الأنفاق المهمة الأخرى السنجاب الأمريكي وكلب البريري، وقد قام كل من الإنسان والحيوان ومازالا ونتيجة لحركتهما فوق سطح الأرض بتفكيك الحطام الصخري بطريقة ميكانيكية. كما ويحرث الإنسان في العام الواحد ما يعادل حوالي ٦% من سطح الأرض. وقد لعب البشر دوره أيضاً من خلال إزالته للغطاء النباتي، فعلى سبيل المثال أزال الصينيون مناطق غابات كثيرة من بلادهم منذ قرون طويلة مضت وقد قطع جامعو الأخشاب مساحات واسعة من الغابات في نيوانكلند في الولايات المتحدة في الآونةالأخيرة. وقد أدتإزالة الغابات هذه إلى جرف شديد للتربة بحيث ظهرت الصخور الأصلية في أقسام كبيرة منها، إضافة إلى ذلك، فقد عرضت حرفة التعدين مناطق واسعة من القشرة الأرضية إلى تأثير عوامل التجوية المتعاقبة. (كربل/ ١٩٨٦/ ٨٦-٨٧).

ب-**المكونات العضوية :** تشكل المواد العضوية في الطبقة السطحية للتربة المعدنية نسبة تتراوح بين(١- ٥%)، وعندما ترتفع النسبة المئوية الوزنية للمواد العضوية لتتراوح بين (٢٠- ٣٠%) فأن خصائص التربة تعتمد بدرجة كبيرة على الجزء العضوي للتربة وليس على الجزء المعدني منها، وتسمى عندئذ بالتربة العضوية أو التربة الهشيمة Muck Soil وقد تصل هذه النسبة إلى أكثر من ذلك بكثير إذ تبلغ بين (٨٠-٩٥%) من وزن التربة، ولكن بشكل عام أن المساحات المشغولة بالترب العضوية في العالم قليلة إلى حد كبير مقارنة بالمساحات المشغولة بالترب المعدنية. وتتمثل مصادر المكونات العضوية الأولية للتربة بكل مما يأتي:

١- المكونات العضوية التي توجد على سطح التربة وهي الأكبر حجماً والأكثر وزناً وتتكون من ما يسقط على سطح التربة من الأوراق والأغصان والبراعم والأزهار وغيرها، وتسهم الأوراق بالنسبة الأكبر منها ولذلك تكون المكونات العضوية بكميات اكبر في ترب الغابات بالمقارنة مع ترب الأعشاب والحشائش، كما أنهاأكثر في ترب الغابات الاستوائية بالمقارنة مع الغابات الأخرى بسبب كثافة أشجارها واتساع أوراقها وسرعة سقوطها وتجددها بينما تكون أقل ما يمكن في ترب الغابات المخروطية بسبب نموها البطيء فضلاً عن صغر المساحة السطحية لأوراقها (Fitzpatrick/ ١٩٧٨/ ٢٠)، ويمكن تمييز ثلاث طبقات للمكونات العضوية ضمن النطاق السطحي للتربة، الأولى تتكون من مواد حديثة السقوط وقد تعرضت للتحلل بنسبة ضئيلة جداً وبذلك فهي لا تزال تحتفظ بمعظم خصائصها الأصلية فهي أقرب بكونها مادة أولية من كونها مكون عضوي للتربة، أما الطبقة الثانية (الوسطى) فقد تعرضت لعمليات التحلل بدرجة كبيرة الأمر الذي ساعد على تغيير الكثير من خصائصها الفيزيائية عدا بعض أجزاءها التي لا زالت تحتفظ بهذه الخصائص، أما الطبقة الثالثة(السفلى) فهي تلك الطبقة التي فقدت كل خصائصها الفيزيائية وذات مكونات متجانسة وقد تعرضت للتحلل بشكل كلي وتسمى تلك المكونات عندئذ بالدوبال (humus) والذي هو عبارة عن مخلوط معقد من المركبات صعبة الانحلال، ويختلف نوع الدوبال وكميته في التربة استناداً إلى طبيعة ونوعية المواد المتحللة فضلاً عن نوع التربة والأحياء الدقيقة التي توجد فيها وكذلك عوامل الحرارة والرطوبة والتهوية وغيرها، ولابد من الإشارة هنا إلى دور عامل المناخ في تحليل المكونات العضوية للتربة وبالتالي تحديد كمية المواد الدوبالية فيها فهي توجد بكميات كبيرة في الترب الحامضية في مناطق المناخ البارد كمناطق الغابات إذ تسود الترب الدوبالية Peaty Soil بينما تتحلل المواد العضوية بسرعة في مناطق المناخ الحار فلا تتوفر عندئذ فرصة تراكم الدوبال فيها (عواد/١٩٨٦/١٠٤).

٢- المكونات العضوية الأولية الناتجة عن موت الكائنات الحية النباتية والحيوانية التي تعيش في التربة وهذه الكائنات منها ماهو مجهري ومنها ماهو مرئي، فالكائنات المجهرية تتكون من كائنات نباتية وحيوانية توجد في التربة منذ نشؤها وحتى مماتها، أما الكائنات المرئية فهي غالباً ما تكون حيوانات ترتبط جميع ادوار حياتها في التربة مثل دودة الأرض والقواقع والحشرات وغيرها(الشلش وزميله/١٩٨٥/٤١).

تتأثر عمليات تحلل المكونات العضوية الأولية للتربة بعدة عوامل يقف في مقدمتها الماء الضروري لنمو الكائنات الحية الدقيقة وانتشار العناصر الغذائية ونواتج التحلل ولعل الطبقة السطحية للتربة هي الأكثر تأثراً بهذا العامل لأنها أول من يستلم الرطوبة من الأمطار وعمليات التكاثف كما أنهاأول من يتأثر بفقدان الماء والتعرض للجفاف بفعل التبخر،أما بالنسبة للطبقتين الوسطى والسفلى من التربة فإن تحلل المواد العضوية فيها يتأثر بعاملي الأمطار والري فقط كما أن حصول الجفاف قد يؤدي إلى

موت الكثير من الكائنات الدقيقة في التربة وتهلك بسرعة مع فقدان الرطوبة، ويؤدي ارتفاع مستويات الرطوبة إلى تقليل نمو الكائنات الحية الدقيقة بسبب تناقص معدلات الأوكسجين، ويتمثل العامل الثاني الذي يؤثر على تحلل المواد العضوية الأولية بدرجات الحرارة التي تؤثر بشكل كبير في نمو ونشاط الكائنات الدقيقة المسئولة عن تحلل هذه المواد، ويبدو أن الدرجة الحرارية المثلى لنشاط هذه الكائنات وزيادة أعدادها تتراوح بين(٢٠-٣٥ م°)، ويتمثل العامل الثالث بجودة تهوية التربة ومدى تجهيز الأوكسجيناذ تحتاج الكائنات الدقيقة كالفطريات والبكتريا والأكتينومايسيت النشطة إلى الأوكسجين لعمليات التنفس وعمليات التمثيل التي تعتمد على الأكسدة وذلك أثناء عمليات تحلل المكونات العضوية، وفي حالات قلة الأوكسجين في التربة والذي يتوفر بوساطة عمليات الانتشار لسبب أو لأخر فأن الظروف اللاهوائية تظهر بشكل واضح، أما العامل الرابع فيتمثل بدرجة تفاعل التربة إذ وجد أن درجة التفاعل المحصورة بين(٦,٥- ٨,٥) هي الحدود المثلى لنشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة في تحليل المواد العضوية الأولية، ويتلخص اثر العامل الخامس المؤثر في عمليات تحلل المواد العضوية الأولية للتربة بمدى توفر العناصر الغذائية الجاهزة في التربة كالنتروجين والفسفور والكبريت إذ تزداد معدلات التحلل وبوتيرة متسارعة عند توفرها والعكس هو الصحيح، أما العامل السادس فهو نسبة الكاربون إلى النتروجين في المكونات العضوية الأولية للتربة وقد وجد أن ارتفاع نسبة الكاربون مقابل انخفاض نسبة النتروجين سوف يكون مدعاة لمعدلات منخفضة من تحلل المواد العضوية بينما تكون هذه المعدلات عالية عند انخفاض لنسبة الكاربون مقابل ارتفاع لنسبة النتروجين في تركيب هذه المواد، وهناك عوامل ثانوية أخرى مؤثرة على معدلات وطبيعة تحلل المكونات العضوية الأولية ومعدلات هذا التحلل منها مثلاً التركيب المعدني للمواد العضوية النباتية وهذا التركيب بدوره يرتبط بمرحلة نضوج النبات نفسه إذ يقل محتوى النبات الناضج من البروتين والنتروجين والمركبات القابلة للذوبان بالماء وبالتالي تقل معدلات تحلل بقايا هذا النبات وبالمقابل تزداد عمليات التحلل لبقايا النباتات غير الناضجة والغنية بالمكونات المذكورة.(النعيمي/ ١٩٩٠/ ٤٥٢-٤٥٦).

جـ- ماء التربة: ذكرنا فيما تقدم من البحث ان الحالة السائلة في التربة (ماء التربة) تسهم بحوالي ٢٥% من حجم الترب السطحية المعدنية المثالية للاستثمار الزراعي، وتلعب التربة التي تقع بين الغلاف الجوي للأرض وبقية أغلفتها الأخرى دوراً هاماً في توزيع الماء خلال دورته في الطبيعة، وثمة علاقة عكسية بين محتوى التربة من الماء ومحتواها من الهواء، فعندما تكون التربة في حالة الإشباع والتي تحدث بعد الري أو سقوط أمطار غزيرة تكون جميع مساماتها (الكبيرة والمتوسطة والصغيرة) مملوءة بالماء إذ يعمل الماء على طرد الهواء من مسامات التربة تدريجياً فيسهم الماء حينئذ بحوالي ٥٠% من حجم التربة، وبعد توقف عمليات الري أو سقوط الأمطار تفرغ

المسامات الكبيرة للتربة من الماء تليها في ذلك المسامات المتوسطة فالمسامات الصغيرة التي يكون فيها الماء ممسوكاً بقوة التربة بعد ذلك يصبح الماء على شكل أغشية حول دقائق التربة ومرتبط بها بقوة شد كبيرة، ويستطيع النبات ان يستمد ما يحتاج إليه من المواد الغذائية والماء حتى في فترات الجفاف ولهذا فأن جفاف الطبقة السطحية للتربة قد لا يعني بالضرورة حاجة النبات للماء.

تتحدد كمية الماء في التربة بعدة عوامل أهمها نسجة التربة وترتيب مجاميعها البنائية ومقدار الحيز المسامي ونوع المعادن الطينية السائدة في التربة والتركيب الكيميائي للأملاح الذائبة في محلول التربة ووجود المواد العضوية فضلاً عن عوامل تخص النبات من حيث حجم المجموعة الجذرية وتفرعاتها والتي ترتبط بدورها بنوع النبات وطور نموه يضاف إلى ذلك الظروف المناخية السائدة من حيث درجات الحرارة ومقدار الإشعاع الشمسي وكمية الرطوبة والرياح الجافة.(العبدالله/ ٢٠٠٦/ ١٤٦).

فالتربة ذات النسجة الخشنة تتميز بقلة مساماتها ولكنها ذات مسامات واسعة اي إنها ذات نفاذية عالية فيترتب على ذلك انخفاض قابليتها على الاحتفاظ بالماء بشكل كبير، أما الترب ذات النسجة الناعمة كالترب الطينية فتتميز بكثرة عدد مساماتها ولكنها ضيقة الأمر الذي يزيد من قابليتها للاحتفاظ بالماء بكميات كبيرة، ليس هذا فحسب وإنما تحتفظ به لفترة أطول مقارنة بالترب الرملية الخشنة، كما ان الترب التي تتميز بثبات مجاميعها(البناء الجيد) هي احد أفضل الترب الزراعية لأنها تكون رطبة دائماً وهي على العكس من الترب التي تتميز بعدم ثبات مجاميعها إذ إنها تتحلل حال ابتلالها بالماء، وتلعب المواد العضوية دوراً مهماً في ثبات مجاميع التربة ومستوى احتفاظها بالماء، كما وجد ان معدن الطين من نوع الكاوؤلينات أكثر ثباتاً من معادن الطين من نوع المونتموريلونايت، أما تأثير أحوال المناخ على محتوى الترب من الماء فعند سقوط الأمطار على التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة فإن قسماً من مياه الأمطار يفقد بالتبخر الذي تتحدد كمياته بدرجات الحرارة وكمية الرطوبة في الجو فضلاً عن سرعة الرياح، ويفقد القسم الآخر من المياه على شكل جريان سطحي وهذه المياه ترتبط بدورها بعدة متغيرات كانحدار السطح وكثافة الغطاء النباتي وكذلك طبيعة حبيبات التربة الخشنة أو الناعمة، أما ما يتبقى من مياه الأمطار فأنه يغور داخل التربة ويمتص من قبل النبات ثم يفقد بعمليات النتح وقد يتسرب قسم منه وهو محمل بالعناصر المعدنية والعضوية فائضاً عن حاجة امتصاص الجذور، أما في المناطق ذات المناخات الرطبة التي تفوق فيها معدلات التساقط معدلات فقدان المياه بالتبخر والنتح معاً فأن المياه الزائدة عن حاجة النباتات قد تغور إلى أعماق تحت التربة أو قد تتسرب نحو المناطق المنخفضة المجاورة، ولابد من الإشارة إلى ان هذه المياه المفقودة خارج نطاق قطاع التربة لها نتائج سلبية على النباتات في تلك المناطق

فهي تمثل خسارة لتغذية النباتات كونها غنية بالعناصر المعدنية والعضوية من جانب كما ان فقدان هذه المياه يعمل على تحويل محلول التربة إلى وسط ذو حموضة عالية يؤثر سلباً على الكائنات الدقيقة للتربة من جانب آخر.(الشلش وزميله/ ١٩٨٥/ ٥٠).

ولابد من الإشارة إلى أن ماء التربة ليس نقياً إذ أن للماء القدرة الكبيرة على إذابة المواد المعدنية والعضوية لذا فقد تكون تسمية الحالة السائلة للتربة بماء التربة تسمية ليست علمية وغير دقيقة ولذا يطلق عليه اسم محلول التربة Soil Solution الذي يتصف بكونه تركيب معقد جداًلأنه يُعد بمثابة محصلة لعدة عمليات فيزيائية وكيميائية وبايلوجية تحدث داخل التربة والتي ترتبط بعدة عوامل كدرجة الحرارة والرطوبة ومدى تهوية التربة وغيرها، فضلاً عن ما تقدم ثمة وجود نوع من التوازن بين الطور السائل للتربة مع مكوناتها المعدنية والعضوية ومحتواها من الهواء وهذه المكونات جميعها عرضة للتغيير والتبدل مع مرور الزمن ولهذا فإن دراسة الطور السائل للتربة(محلول التربة) في وقت معين ليست بالضرورة أن تعطي صورة تفصيلية عن التغيرات البيئية التي ترتبط بهذا الموضوع كظروف المناخ أو مراحل نمو النبات، والعمليات الزراعية المختلفة التي يمارسها الإنسان كأعمال خدمة زراعية كالحراثة أو الري أو التسميد أو غيرها. (عواد/ ١٩٨٦/ ١٢٧).

وأخيراً نشير إلى أن دراسة أهمية ماء التربة وصور توفره في التربة ومدى جاهزيته للنبات سوف تتم في الفصل المخصص لموضوع الخصائص الفيزيائية للتربة وضمن مبحث المحتوى الرطوبي للتربة إذ ان ما تم عرضه عن ماء التربة ضمن هذا الفصل لا يعدو عن كونه أحد مكونات التربة فحسب.

د- **هواء التربة:** يشكل هواء التربةالطور الغازي من مكوناتها، ويسهم بنحو ٢٥% من حجم التربة المعدنية السطحية كما أسلفنا، وتحتوي التربة الجافة عادة على كمية كبيرة نسبياً من الهواء أما الترب المغمورة والغدقة فتكون جميع مساماتها مملوءة بالماء ولا وجود للهواء عدا الذائب منه بالماء، وتتحدد كمية هواء التربة بحجم الفراغات الكلية التي لم تشغل بالماء ويطلق على الحجم المشغول بالهواء من التربة مع نسبة رطوبة معينة(السعة الهوائية)، ويمكن حساب هذه السعة من الفرق بين حجم الحيز المسامي وكمية الرطوبة الحجمية للتربة، وطبيعي تختلف هذه السعة من تربة لأخرى إذ تبلغ أكبرها في أفق الدوبال على سطح ترب الغابات وتصل فيها إلى ٩٠% ولذا تؤثر عوامل كثيرة في تحديد نسبة هذه السعة كالنسجة والبناء والمحتوى الرطوبي فضلاً عن عمليات الخدمة الزراعية المختلفة (موصلي/ ١٩٨٣/ ٧١).

يتكون هواء التربة من خليط من غازات الأوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون والنتروجين وبخارالماء بنسب مختلفة (المالكي وزميله/ ٢٠١٢/ ٤٧). أن تركيب هواء التربة الذي يشغل المسامات الخالية من الماء يختلف عن تركيب الهواء الجوي إذ أن محتوى هواء التربة من ثنائي اوكسيد الكاربون وبخار الماء يكون أعلى مما هو عليه في الهواء الجوي بينما تكون نسبة الأوكسجين في هواء التربة اقل من نسبتها في

الهواء الجوي أما محتوى هواء التربة والهواء الجوي من النتروجين فيكاد أن يكون متساوياَ. (جدول ٢).

جدول (٢)

محتوى هواء التربة والهواء الجوي من الغازات المختلفة %

الغازات	الهواء الجوي%	هواء التربة%
ثنائي أوكسيد الكاربون	٠,٠٣	١-٠,٢
الأوكسجين	٢٠,٩٩	٢٠,٣
النتروجين	٧٨,٠٠	٧٩

المصدر: سعد الله نجم عبدالله النعيمي، علاقة التربة بالماء والنبات، مطابع التعليم العالي،الموصل، ١٩٩٠، ص٧٠.

يؤدي تنفس الجذور والكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة الى استهلاك الأوكسجين وتحرير ثنائي اوكسيد الكاربون ،ولهذا السبب يرتفع تركيز الغاز الأخير في هواء التربة مقارنة بالهواء الجوي وخصوصاَ في الطبقة الواقعة تحت تأثير الحراثة وكذلك إلى الانخفاض النسبي لغاز الأوكسجين في هواء التربة مقارنة بالهواء الجوي أيضاً، ويؤدي هذا التفاوت إلى حدوث اختلاف في ضغط هذين الغازين في كل من التربة والهواء الجوي ويؤدي هذا إلى انتشار غاز الأوكسجين من الجو إلى داخل التربة وانتشار غاز ثنائي اوكسيد الكاربون من التربة إلى الهواء الجوي.

تعتمد مكونات هواء التربة على مجموعة من العوامل تتمثل بما يأتي:

١- نسجة التربة: ترتفع نسبة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في الترب ذات النسجة الناعمة بالمقارنة مع الترب ذات النسجة الخشنة ويعزى ذلك إلى قلة انتشار الغازات الذي ينتج عنه في نفس الوقت زيادة المحتوى الرطوبي للترب الناعمة وقلته في الترب الخشنة ويرتبط هذا المؤثر بشكل كبير بعامل تركيب التربة.

٢- تركيب التربة: يزداد تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في الترب ذات التركيب الرديء مقارنة بالترب ذات التركيب الجيد (البناء الفتاتي)، أما غاز الأوكسجين فيزداد تركيزه في الأولى وينخفض في الثانية وقد يعزى ذلك إلى تفاوت معدل انتشار الغازات حسب بناء التربة، وفي الترب ذات النسجة المتوسطة الخشونة والترب ذات النسجة الناعمة ذات التركيب الجيد والمنتظم توجد فراغات بينية تسهل انتشار الغازات ومنها بطبيعة الحال غازي الأوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون.

٣- عمق التربة: يقل تركيز غاز الأوكسجين في الآفاق السفلى من التربة عادة مقارنة بالطبقة السطحية وذلك بسبب قلة مجموع المسامات الكلية وحجم المسامات في الآفاق السفلى وقد تزداد نسبة دقائق الطين في الطبقات تحت السطحية فينتج عنها بناء غير جيد للتربة الأمر الذي ينجم عنه تهوية رديئة وانتشار رديء للغازات.(المالكي وزميله/٢٠١٢/٤٨).

٤- التسميد: يزداد تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في الترب التي تضاف إليها الأسمدة العضوية والمعدنية، ويعزى ذلك إلى زيادة نشاط الجذور والكائنات الحية لدى إضافة الأسمدة ويقابل ذلك انخفاض لتركيز غاز الأوكسجين في نفس الوقت.
٥- الغطاء النباتي: ترتفع نسبة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في الترب الغنية بالغطاء النباتي الجيد مقارنة مع الترب العارية أو التي يغطيها غطاء نباتي قليل وهذا ينجم بطبيعة الحال عن زيادة نشاط النمو الجذري ونشاط الكائنات الحية الدقيقة، وتأخذ نسبة الأوكسجين مساراً معاكساً لنسبة ثنائي اوكسيد الكاربون إذ تنخفض نسبته عند توفر الغطاء النباتي والعكس هو الصحيح.
٦- التباين الفصلي لدرجة الحرارة: يرتفع محتوى التربة من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون خلال فصل الصيف وينخفض محتواها من غاز الأوكسجين وتنعكس الحالة تماماً خلال فصل الشتاء، ويعزى ذلك إلى زيادة نشاط المجموعة الجذرية والكائنات الحية الدقيقة خلال الفصل الحار من السنة جراء عمليات التنفس، وقد أشارتإحدى المصادر بهذا الصدد ان أعلى محتوى للتربة من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وأقل محتوى لها من غاز الأوكسجين يحدث عند منتصف الصيف أو نهايته ووجد العكس تماماً خلال منتصف الشتاء.(النعيمي/ ١٩٩٠/ ٧١).
٧- جفاف التربة: يزداد تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكاربون في الترب الرطبة مقارنة بالترب الجافة بسبب إعاقة عملية انتشار الغازات، وقد أثبتت الدراسات بأن الترب الرديئة الصرف تكون ذات تهوية رديئة جداً فضلاً عن زيادة تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكاربون فيها مقارنة مع غاز الأوكسجين.
٨- تبادل الغازات مابين التربة والهواء الجوي: تحدث عملية تبادل الغازات بين التربة والهواء الجوي بوساطة عملية انسياب الغازات بينهما بسبب تغيرات الضغط الجوي ودرجة حرارة التربة ومحتواها الرطوبي، وتحدث هذه العملية في الظروف الاعتيادية في الطبقة السطحية للتربة، وقد تحدث عملية التبادل المذكورة بوساطة الانتشار وهي الأكثر اهمية في تبادل الغازات من العملية الأولى وتحصل عندما يحدث اختلاف في الضغط الجزيئي لغازي الأوكسجين وثنائي اوكسيد الكاربون إذ ينطلق غاز الأوكسجين من الجو إلى التربة بينما ينطلق غاز ثنائي اوكسيد الكاربون من التربة إلى الهواء الجوي لأنه في هذه الحالة تكون كمية الغاز الأول (الأوكسجين) في الهواء الجوي أعلى مما هو عليه من كميته في التربة بينما تكون كمية الغاز الثاني(ثنائي اوكسيد الكاربون) في الهواء الجوي أقل نسبياً من كميته في التربة، وتحصل حالة التوازن عندما يتساوى محتوى الوسطين من الغازين المذكورين. (المالكي وزميله/ ٢٠١٢/ ٤٩).

تنطلق دراستنا لهواء التربة من تأثيره الكبير على النباتات المختلفة وذلك من جوانب متعددة أهمهاأهمية توفر كميات مناسبة من الأوكسجين لأهميتها في تنفس

جذور النباتات ومعدلات نموها على ان هذه الكمية تختلف اختلافاً كبيراً بين النباتات على مختلف أنواعها، ولكن بصورة عامة ثبت أن كمية الأوكسجين التي تحتاجها النباتات البرية أكثر بكثير من تلك التي تحتاجها النباتات المائية، وعلى الرغم من أن غاز الأوكسجين يسهم بحوالي ٢١% من حجم الغازات المكونة للغلاف الغازي إلا انه وجد أن نسبة غاز الأوكسجين التي تبلغ ١٠% فأكثر يمكن ان تحقق نمواَ جيداَ، ويتأثر هذا النمو بشكل كبير إذا انخفضت هذه النسبة عن ٥% (العاني/ ٣٠١/١٩٨٤)، ولابد من الإشارة إلى ان معدل انتشار الأوكسجين أو سرعة حركته في التربة هو أهم مقاييس حالة تهوية التربة إذ أن هذا المعدل يتناقص مع العمق الأمر الذي يحدد معدل نمو الجذور ومستوى تعمقها في قطاع التربة، ووجد أن درجة الحرارة قد تؤثر أيضاً على مستوى تهوية التربة على أساس أن ارتفاع درجة حرارة التربة يسهم في زيادة معدلات تنفس الجذور، أما بالنسبة لغاز ثنائي اوكسيد الكاربون فإنه يؤثر على نمو جذور النباتات المختلفة، وفي ظروف التهوية الرديئة فأن ذلك من شأنه إيجاد بيئة لتجمع هذا الغاز حول منطقة الجذور، وعموماً ان تركيز هذا الغاز في هواء التربة بنسبة تزيد عن ١٠% قد يضر بالعمليات الحيوية للنباتات، ويمكن للتهوية الجيدة للتربة أن تحقق عدة أهداف مهمة للنبات وبالأخص للجذور إذ تستطيع أن تتعمق داخل التربة بحرية تامة فضلاَ عن جودة نمو الشعيرات الجذرية للنباتات وازدياد أعدادها ويحدث العكس عند ظروف التهوية الرديئة، أما الجانب الثاني لأهمية تهوية التربة فهو الذي يتمثل بعلاقة هذا العامل بامتصاص الماء والعناصر الغذائية إذ توفر التهوية الجيدة معدلات مقبولة لامتصاص هذه المواد من قبل جذور النباتات، أما رداءة التهوية الناتجة عن زيادة تركيز غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وانخفاض تركيز غاز الأوكسجين فقد يؤدي إلى انخفاض درجة نفاذية خلايا الجذور فضلاَ عن المواد السامة الناتجة عن عملية التنفس اللاهوائي إذ أن تراكمها يقلل من معدلات امتصاصها من قبل الجذور ومن هذه المواد كبريتيد الهيدروجين، كما تسبب هذه الظروف اختزال العناصر المعدنية وخصوصاَ الحديد والمنغنيز وهي صيغ سامة للنبات، وتؤدي التهوية الرديئة أيضاً إلى التأثير على فعالية الكائنات الدقيقة فتسود الكائنات اللاهوائية وتقلل من معدل تأكسد المواد العضوية وتقل عملية النترجة التي تزود النباتات بالنتروجين مع ظروف التهوية الرديئة لان البكتريا المسؤولة عن هذه العملية تحتاج إلى الهواء لإتمام عملها وكل هذه المؤثرات تعود إلى قلة الأوكسجين وليس إلى زيادة نسبة غاز ثنائي اوكسيد الكاربون.(العاني/ ١٩٨٤/ ٣٠٣).

الفصل الثاني

عمليات وعوامل تكوين التربة

- عمليات تكوين التربة
- عوامل تكوين التربة
- المادة الأم
- أحوال المناخ
- الكائنات الحية
- طبيعة انحدار السطح
- الزمن
- الإنسان

الفصل الثاني

عمليات تكوين التربة:

عرّفنا فيما تقدم من البحث أن عمليات التجوية الطبيعيةوالكيميائية تؤدي إلى تحطم الصخور وتحولها إلى مفتتات صخرية،وفي كثير من الأحيان تتراكم هذه المفتتات على الصخورغيرالمعرضة للتجويةوبالأخص إذا كانت المنطقة التي تعرضت لعمليات التجوية المختلفة غير متأثرة بشكل كبير بعمليات النحت والنقل التي من شأنها أن تعمل على نقل فتات الصخور،ويطلق على الغطاء السطحي لقشرة الأرض الذي يتكون من الحطام الصخري أو بقايا المفتات الصخرية والناتجة عن عوامل التجوية بصورها المختلفة اسم الوشاح الصخري أو الرسوبيات الصخرية ولعل من أهم مميزات هذه الرسوبيات أنها تكون على شكل مفتتات خشنة وتكون أحجام الحجارة هي السائدة فيها، أما المعادن الغالبة فيها فهي المعادن الأولية بينما تغلب سيادة المعادن الثانوية في تكوينات التربة بمفهومها المعروف،فضلاًعن أن هذه الرسوبيات تكاد تخلو من المكونات العضوية،وأخيراً تنعدم صفة الطبقات المتميزة في تكويناتها (الشلش وزميله/١٣/١٩٨٥) .

ولابد من الإشارة هنا إلى ان عمليات التجوية المذكورة لا تعمل على تفتيت الحطام الصخري فحسب وإنما تعمل على انحلال المعادن المكونة للصخور فتشكل النتائج الأولية لهذه العمليات والتي هي خليط من أملاح مختلفة منها: الأملاح الذائبة كأملاح الكلوريداتوالكبريتاتوالكاربونات والنترات والفوسفات،ومنها أملاح غير ذائبة كالسيلكات والغرويات المعدنية الأخرى فبعض هذه المواد تتعرض للغسل وبعضها الآخر قد يترسب في مواقع تكوينها والاثنان معاً يكونان المواد الأولية التي منها تتطور التربة بعد تعرضها لعمليات بيوكيميائية محددة سنعرفها فيما بعد. وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم المواد الأولية التي ستكوّن التربة لاحقاً من الناحية الجيولوجية إلى قسمين هما:

أ – المواد الأولية المتبقية: وهي المواد التي اشتقت من نفس الصخور التي تستند عليها وتبقى فوق تلك الصخور بمعنى إنها تحتوي على المعادن الأولية التي تدخل في تركيب صخور الأساس نفسها، ويكون من الصعوبة بمكان معرفة نوعية الصخور الأصلية التي تنشأ منها التربة المتخلفة القديمة التكوين بسبب عمليات التحلل الكيميائي التي تعرضت لها مكوناتها والتي أدت إلى تغيير خصائصها الأصلية ولذا تسمى التربة المشتقة من هذه الصخور باسم التربة الناضجة. أن سرعة تكوين التربة من المواد الأولية الماكثة أو المتبقية تعد عملية بطيئة عادة تستغرق عشرات الآلاف من السنين وتتباين هذه المدة حسب بعض المتغيرات كمادة الأصلوأحوال المناخ وتغيراته وغيرها.

ب – المواد الأولية المنقولة: تتمثل هذه المواد بجميع الرسوبيات الصخرية التي قامت عمليات التجوية المختلفة بإزالتها من الصخور الأصلية التي نشأت عنها ونقلتها وارسبتها عوامل النقل المختلفة كالمياه أو الرياح أو الجليد وغيرها من العوامل،وقد تختلط هذه المواد مع مواد أخرى قادمة من مصادر مختلفة أثناء عمليات انتقالها وبذلك يصعب تحديد نوعية الصخور الأصلية لهذه المواد،وقد تنتقل المواد المنقولة إلى مسافات قصيرة كما يحصل عند حدوث الانزلاقات الأرضية أو قد تنتقل إلى مسافات بعيدة جداً عن أماكن نشأتها الأصلية فتكوّن ما يسمى بالتربة المنقولة Transported Soils وبناءً على اختلاف عوامل النقل المذكورة يمكن تقسيم الترب إلى عدة أنواع هي:

١- التربة التثاقلية:Gravity Soil أو Colluvial

تتكون هذه التربة نتيجة إلى تدحرج الحطام الصخري تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية من المناطق المرتفعة باتجاه الجهات المنخفضة ولمسافة قصيرة من منطقة المنشأ. ويكثر هذا النوع من التربة في المناطق الصحراوية أو شبه الصحراوية بسبب سيادة التجوية الميكانيكية وقلة وجود الغطاء النباتي الذي يمنع تساقط وحركة الحطام المفكك. وتعتبر الانزلاقات الأرضية بكافة أشكالهاأسباباً رئيسية لهذه الحركة للتربة. ولا تتشابه ذرات هذه التربة في أحجامهاإذ غالباً ما تختلط معها الجلاميد الصخرية الكبيرة الأحجام (Boulders). توجد هذه التربة عند قدمات المنحدرات الشديدة. ولا تظهر فيها عادة صفة طباقية جيدة.

٢- التربة الطموية: Alluvial Soil

تضم هذه التربة كل أنواع التربة التي قامت المياه السطحية الجارية بنقلها وترسيبها أو عند اتصالها بمسطحات مائية بشكل دلتاوات. تتميز هذه التربة بأنها ذات صفة طباقية جيدة كما تتصف بتجانس ذرات الرواسب فيها. وهما خاصيتان تميزان الترسيب المائي عن غيره. وتوجد الترب الطموية بصورة خاصة فوق سهول الأنهار الفيضية التي تغمرها مياه الفيضان بين حين وآخر. كما توجد في الدلتاوات والدالات المروحية والبجادا وبنطاق اقل في البحيرات الساحليةوالمستنقعات وفي قيعان المجاري النهرية القديمة. وتمثل السهول الفيضية للأنهار الكبرى في العالم مثل سهل المسيسيبي والنيل ودجلة والفرات نماذج جيدة من التربة الطموية ويوضح نهر النيل جيداً كيفية تكون كل من السهول الفيضيةوالدلتاوات من خلال نقله للكميات العظيمة من التربة الجيدة إلى الأراضيالواقعة قرب مصبه.

هذا وتتميز التربة الطموية بأنها سميكة في العادة وخصبة خاصة إذا كانت ظروف المناخ ملائمة لتكاثر المواد العضوية بسرعة فيها وكذلك بسبب التجديد المتواصل الذي يحصل عليها جراء ما تلقيه عليها الفيضانات من إرسابات جديدة كل عام تقريباً.

٣- التربة الجليدية Glacial Soils

ترسبت التربة الجليدية في مناطق واسعة من اليابسة عندما تراجع الجليد الذي غطى مساحات كبيرة من القارات أثناء البلايستوسين. وقد ألقى ذلك الجليد بالرواسب التي كان يحملها معه مكوناً ما يعرف باسم التربة الجليدية.

تتميز التربة الجليدية بأنها غير طباقية وأنها ذوات ذرات غير متجانسة في أحجامها كما تتصف بدرجة مساميتها العالية. وتعتبر تربة نطاق الذرة المشهور في الولايات المتحدة من أوضحالأمثلة لهذا النوع من التربة.

٤- تربة قيعان البحيرات Lacustrine

تتغطى قيعان كثير من البحيرات التي انصرفت مياهها لسبب من الأسباب بترب ذات صفة طباقية جيدة. وتتباين هذه التربات كثيراً في حجم ذراتها تبعاً لموقع البحيرة من وادي النهر حيث تكون طبيعة الرواسب أكثر خشونة إذا كانت الأنهار التي تصب في البحيرات في مرحلة متقدمة من مراحل الدورة الجيومورفولوجية. وتختلف تربة البحيرات في خصوبتها أيضاً تبعاً لدرجة وجود وتحلل المواد العضوية فيها. ويقع نطاق القمح في الولايات المتحدة وكندا،الذي يمتد في غرب ولاية مينسوتا وشمال داكوتا وكذلك في جنوب مانيتوباوسسكجوان،فوق موقع لأحد البحيرات القديمة التي انصرفت مياهها بوساطة النهر الأحمر وروافده،ويتصف هذا الإقليم باستوائه الشديد وبخصوبة تربته في الوقت الحاضر.

٥- التربة الهوائية Eolian soil

تتكون هذه التربة من جراء الترسيب للمواد التي تنقلها الرياح. إذ تستطيع الرياح ان تنقل ذرات رواسب من مصادر مختلفة بعضها قادم من مواد طموية قامت الأنهار بترسيبها فوق سهولها الفيضية ويأتي قسم آخر من تلك الرواسب من مناطق الارسابات الجليدية إضافة إلى مصادر أخرى مثل الغبار البركاني أو المواد التي تقوم الرياح نفسها بتعريتها وقطعها من الصخور أو تقوم بتفريغها من المناطق والأحواض الصحراوية. وتترسب المواد الخشنة الذرات في مناطق ليست بعيدة عن المنشأ في حين يمكن للرياح ان تنقل المواد ذوات الذرات الدقيقة إلى مسافات بعيدة جداً. وتعتبر ترسبات تربة اللويس من أشهرالأمثلة على التربة الناتجة عن ترسيب الرياح. وتتصف بأنها لم تتعرض إلى عملية التجريد من الأملاحلأنها نقلت على الأغلب من مناطق جافة أو شبه جافة. وكذلك فإن ذراتها تكون ناعمة ولذلك فإنها خصبة بدرجة كبيرة. كما هي الحالة في تربة اللويس في حوض هوانكهو في الصين ومنطقة السهول العظمى في الولايات المتحدة وأوكرانيا في الاتحاد السوفيتي سابقاً.

هذا وتعد الكثبان نوعاً آخر من أنواع التربة الهوائية وتتكون بأشكال مختلفة في الأقاليم الصحراوية. وتتألف معظم حبيبات تربة الكثبان من الكوارتز وبعض معادن الميكا Mica . وتكون نفاذية هذه التربة للماء عالية جداً. وعادة ما توجد الكثبان

الرملية على شكل مجموعات تتراوح بين (٤٠ – ٥٠) كثيباً في الكيلومتر المربع الواحد. وتعد منطقة بحر الرمال الموجودة بين مصر وليبيا من أشهرالأماكن التي توجد فيها الكثبان الرملية في العالم (كربل/١٩٨٦/١٠٨- ١١٠).

إن عملية تكوين التربة ونشؤها وتطور طبقاتها وآفاقها تختلف كثيراً عن عمليات التجوبة الطبيعية والكيميائية التي ينتج عنها تحطم وتفتت صخور القشرة الأرضية كما مر معنا،وسواء بقيت المفتتات الصخرية في مكانها أو انتقلت إلى مكان آخر بفعل عوامل النقل التي اشرنا إليها فإن هذه المفتتات هي التي تمثل المادة الأولية للتربة إذ تتحول البلورات المعدنية الأكبر حجماً التي اشتقت من الصخور الأصلية بصورة تدريجية وخلال فترة طويلة من الزمن إلى بلورات معدنية اصغر إلى ان تتكون المادة الأولية للتربة التي بدورها تتعرض لعمليات نشوء التربة وهي تختلف طبعاً عن تلك المسؤولة عن تشكيل المادة الأولية للتربة إذأنالأولى هي بمثابة عمليات بيوكيميائية تعمل على تحويل نواتج التجوية من المفتتات الصخرية إلى تربة حقيقية،ويمكن اعتبار عمليات التجوية التي تتعرض لها الصخور وتتحول بموجبها إلى مفتتات صخرية صغيرة الحجم بمثابة الخطوة الأولى لتكوين التربة، أما الخطوة الثانية فتبدأ عندما تظهر الكائنات البدائية التي تنمو على المفتتات الصخرية كالبكتيريا والطحالب الزرقاء التي لها القابلية على استخلاص ما تحتاجه من عناصر غذائية من مفتتات الصخور وكذلك قابليتها على تمثيل نتروجين الهواء الجوي والاكتفاء بنسبة قليلة منها من النتروجين الذائب في ماء المطر وبذلك تعمل هذه الكائنات على تحويل صورة العناصر الغذائية المهمة جداً لنمو النباتات الأكثر رقياً من صورة غير ذائبة إلى صورة ذائبة في الماء، كما ان موت هذه الكائنات وتحلل أجسامها قد يغني المادة الأم بالعناصر الغذائية وهكذا تساعد هذه الظروف على استقبال كائنات أكثر تطوراً كالفطريات والطحالب الدياتومية وبموت هذه الكائنات وما تضيفه من مخلفات يسهم في نمو كائنات نباتية وحيوانية أكثر تطوراً وتشكل مخلفات الجذور والأوراق والثمار والسيقان لهذه النباتات غذاءً للكائنات الحية التي تقوم بدورها بتحويل هذه المخلفات إلى مواد عضوية تمثل المكون العضوي للتربة،تمتاز عمليات تكوين التربة بأنها ذات طابع دوري، بمعنى أن المواد المختلفة التي تسهم في هذه العمليات تغير حالتها مرات عديدة فهي تتحول من مواد حية إلى محلول التربة والى هواء التربة ومن ثم تعود إلى مادة حية أو غير ذلك، كما ان هذه المواد يمكن ان تنتقل خلال مقد التربة من الأعلى إلى الأسفل وبالعكس عدة مرات كما ان دورات المواد خلال تكوين التربة لا تكون مغلقة فهي قد تسير بأي اتجاه فقد يحصل ان قسماً من المواد المساهمة في تكوين التربة تخرج إلى نطاق خارج التربة مع المياه الجوفية أو السطحية أو قد تتحول إلى أشكالأخرى لا ترجع بعدها إلى شكلها الأصلي، فالمعادن الأولية عندما تتحول إلى معادن ثانوية لا تعود إلى وضعها الأول قبل تبلور اكاسيد الحديد والألمنيوم بعد

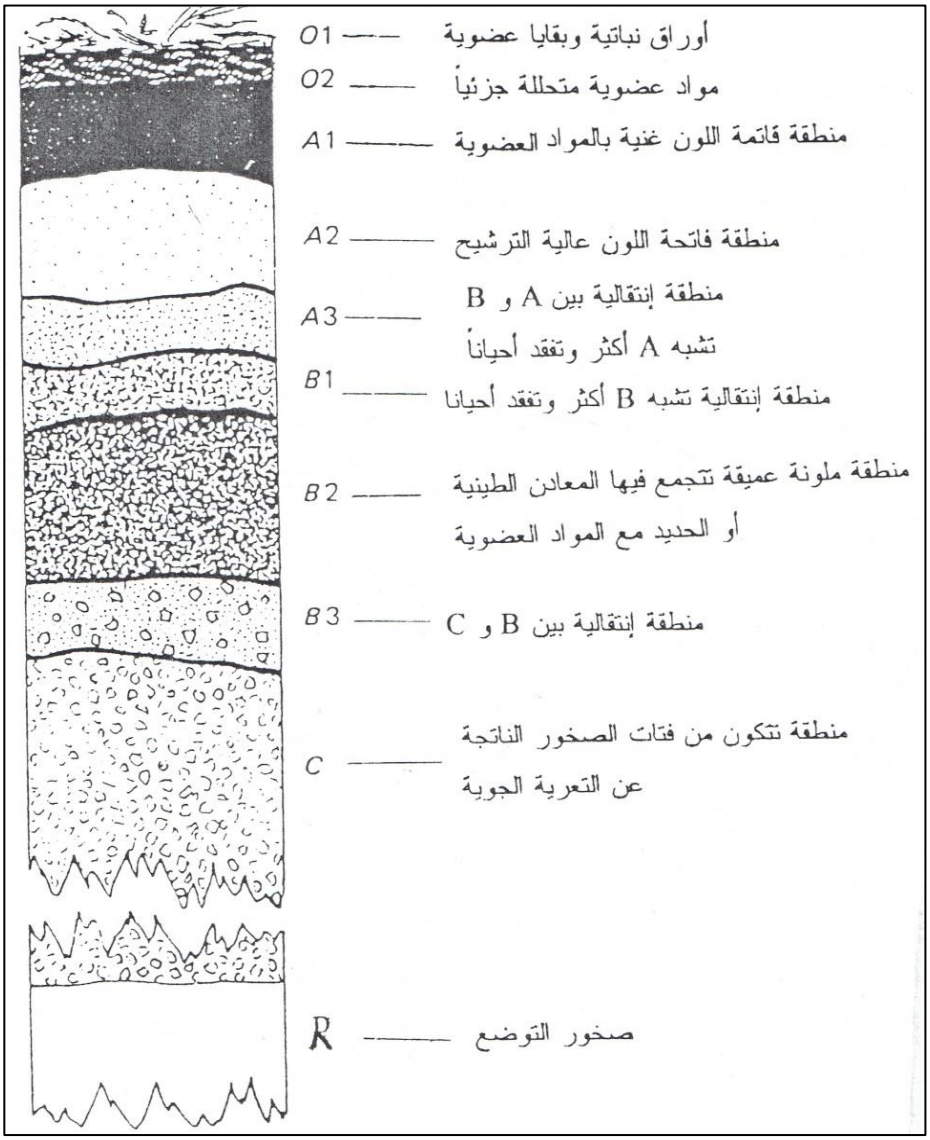
فقدانها للماء وترسبها، وكذلك ترسب بعض المواد العضوية والأملاح في بعض آفاق التربة،ونتيجة لعمليات تكوين التربة والمتغيرات التي تطرأ عليها لذا ينقسم مقد التربة (المقطع الطولي للتربة) إلى طبقات متمايزة في مظهرها الخارجي كاللون والتركيب الكيميائي وتسمى هذه الطبقات بالآفاق الوراثية Genetical horizons لأنها تتصف بخواص يفترض أنها نتجت عن عمليات تطور التربة،وبعد تكون الآفاق تصبح عمليات تكوين التربة أكثر تعقيداً فبعد ان كانت تجري في وسط متجانس نسبياً فإنها سوف تجري في وسط غير متجانس توجد فيه الحوامض والقواعد والغازات المختلفة وفعاليات الأحياء الدقيقة فضلاً عن اختلاف درجات حرارة التربة ومحتواها من الماء فتصبح جميع هذه المؤثرات سبباً في تعقيد واستمرار تكوين التربة وتطورها (العاني/١٩٨٤/٤٩).

يمكن تمييز عدة آفاق في التربة المعدنية وهي R, C, B, A, O فالأفق O يطلق عليه الأفق العضوي للترب المعدنية وقد يتضمن آفاقاً ثانوية تعطي أرقاماً خاصة بها فالأفقO_1 مثلاً يمثل أفقاً عضوياً يتصف بإمكانية تمييز معظم أجزاءه النباتية الداخلة في تكوينه كما في الطبقة السطحية لتربة الغابات، أماالأفقO_2 ويقع تحت الأفق السابق مباشرة وهو أفق عضوي لا يمكن تمييز الأجزاء النباتية الداخلة في تركيبه لأنه يمثل مواد عضوية متحللة، أماالأفقA فهو أفق معدني يتكون من خليط من مواد معدنية وعضوية بنسب متفاوتة وفي هذا الأفق تحدث عمليات تفكك المواد الصخرية وكذلك تحلل المواد العضوية سواء كانت نباتية أو حيوانية ولهذا يعد هذا الأفقأكثرالآفاق تعرضاً للتجوبة الفيزيائية والكيميائية إذ انه يتأثر مباشرة بأحوال المناخ من جانب وتحلل المواد العضوية بوساطة الكائنات الدقيقة في التربة من جانب آخر، ومما تجدر الإشارةإليه ان عملية تفكك المواد الصخرية إلى بلورات اصغر حجماً إلى ذرات اصغر فاصغر عملية بطيئة جداً تحتاج إلى آلاف من السنين لكي تتحول التربة عبر هذا الزمن من كونها تربة في مرحلة الشباب إلى تربة في مرحلة النضج وأخيراً إلى تربة في مرحلة الشيخوخة،ويمكن تمييز عدة آفاق ثانوية في هذا الأفقأيضاً فالأفق A_1 هو أفق معدني يوجد على أو قرب السطح في الترب المعدنية تتجمع فيه المادة الدوبالية،المشتقة من المواد النباتية والحيوانية المتحللة تحللاً كاملاً، أماالأفقA_2 فهو أفق قريب من السطح في بعض الترب المعدنية يتصف بفقدانه للطين أو الدوبال أو كلاهما بوساطة عملية السلب Eluviation ويتصف هذا الأفق بفقد المعادن الثقيلة القليلة الثبات نسبياً بوساطة التجوبة تحت الظروف السائدة في المنطقة،وغالباً ما يتصف بلونه الفاتح، أماالأفق الثانوي الثالث الذي يمكن تمييزه ضمن هذا الأفق الرئيسي فهو الذي يرمز له بالرمز A_3 الذي هو بمثابة أفق انتقالي في خصائصه بين ما فوقه من الأفاقA_1 أو A_2 وبين ما تحته وهو الأفقB،ويتكون هذا الأفق بدوره من آفاق ثانوية هي B_1 وهو أيضاً أفق انتقالي له صفات الأفقB_2

الواقع تحته كما انه يحمل بعض صفات الأفقA الواقع فوقه، أماالأفقB_2 فهو أفق معدني يتميز بتراكم المواد الدوبالية أو أطيان السيلكات وكذلك اكاسيد الحديد والألمنيوم كما يتميز هذا الأفق بوجود رقائق طينية مكتسبة من الأفق الذي يقع فوقه ولذلك يسمى بالأفق الكاسب Illuviation Horizon،ويتميز هذا الأفق بوجود اختلافات في ألوانه وبناءه مقارنة بالآفاق المجاورة له، أماالأفقB_3 فهو أفق معدني انتقالي يجمع بين خواص الأفقB_2 الذي يقع فوقه والأفقC أو الأفقR الواقع تحته. وفيما يتعلق بالأفق الرئيسي الثالث فهو الأفقC وهو أفق معدني لا يشمل الصخور الأساسية في اغلب الأحوالويتأثر هذا الأفق بدرجة قليلة بعوامل تكوين التربة ولا يمتلك صفات الأفاق الوراثية كالأفقين A , B وأخيراً وفيما يتعلق بالأفق R فهو يمثل الصخور الأساسية الصلبة التي قد تكون أو لا تكون مصدراً للمادة الأم للتربة الواقعة فوقها وهي بنفس الوقت لم تتأثر بعد بعمليات التجوية سواء منها الطبيعية ام الكيميائية،ويختلف سمك الأفقC بين منطقة وأخرى فقد يكون عميقاً في مكان ما وضحلاً في مكان آخر وقد لا يتمثل وجوده في بعض الترب المنقولة كالترب الطموية أو ترب المناطق ذات التضاريس الشديدة الانحدار. (شكل ٣) .

ولابد من الإشارة إلى ان القليل من التربات في العالم تضم جميع الآفاق التي ذكرناها سابقاً فالترب الحديثة التكوين والتي لا زالت في مرحلة الشباب قد يمكن تمييز الأفقينA و C في مقدها إذ لم يتكون الأفقB بعد فيها، وقد يمكن تمييز الأفقينC ,Bفي بعض الترب بسبب إزالةالأفقA بعمليات التعرية،ويتكون قطاع التربة المشتقةمن الصخور الصلبة المقاومة لعمليات التجوية من الأفقين A، B فقط وهكذا يلاحظ انه ليس من الضروري تمييز جميع الآفاق في مقد التربة بسبب العديد من المتغيرات والعوامل التي تحدد ذلك،بقي ان نعلم انه يطلق على الأفقين A، Bللترب مصطلح سولم Solumأي التربة الحقيقية تمييزاً لهما عن الأفقC الذي يعبر عنه بطبقة المادة الأولية ومما تجدر الإشارةإليه ان سمك هذه الآفاق يختلف من تربة لأخرى وقد يختلف السمك من أفقلآخر ضمن القطاع الواحد وذلك حسب ظروف تكوين التربة وزمن نشؤها كما تختلف آفاق التربة بألوانها الذي يعد أكثر الخصائص المورفولوجية للتربة أهمية في وصف الآفاق لغرض تمييزها (الشلش/١٩٨٥/٦٥).

شكل (٣)الآفاق الرئيسة والثانوية للتربة الناضجة



المصدر: علياء حاتوغ– بوران، محمد حمدان أبو دية، علم البيئة، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، ١٩٤٤، ص١٠٩.

عوامل تكوين التربة Factors of Soil Formation

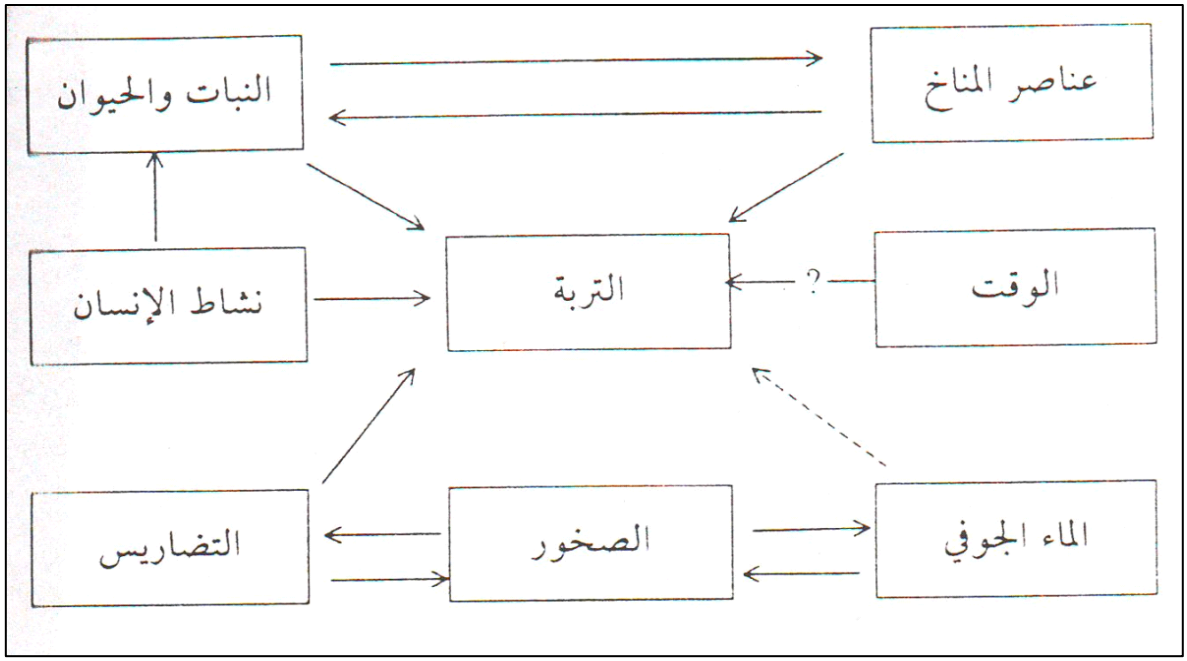
تنتشر على سطح الأرضأعداد كبيرة جداً من أصناف الترب،ولكن نشوء وتطور هذه الأصناف تحقق بفعل تظافر عوامل مختلفة تتفاوت في شدتها وسرعتها واتجاه عملها لإنتاج هذه الأصناف،وقد لاحظ العديد من المختصين بعلوم التربة وجود الكثير من التماثل بين خصائص بعض الترب وخصائص الصخور الأصلية التي اشتقت منها هذه الترب الأمر الذي يدل على أهمية المادة الأم في تكوين التربة،وقد اتضح للعلماء فيما بعد أنبالإمكان تطور ترب مختلفة في مادة أم واحدة عندما تكون الظروف المناخية كالرطوبة والحرارة مختلفة أو عند اختلاف الغطاء النباتي

(الجاسم/٢٠١٥/٩١)،ووجد كذلك ان الترب تتغير صفاتها مع الزمن كما لوحظ أن هناك تأثيراً للتضاريس على العلاقة بين الماء والتربة وتهويتها فضلاً عن تأثيره على عمليات التعرية ومستوى تطور التربة فأطلق على جميع هذه العوامل ما يسمى عوامل تكوين التربة،ويعد العالم الروسي دوكوتشاييف أول من أدرك هذه العوامل عام ١٨٨٣، وفي عام ١٨٩٢ لاحظ هلكردHilgard في الولايات المتحدة الأمريكيةأهمية عوامل تكوين التربة وبعد ذلك وفي عام ١٩٤١ نشر العالم يني Jenny كتابة الموسوم (عوامل تكوين التربة) الذي تطرق فيه إلى نشوء التربة وتكوينها بالتفصيل وبشكلها النهائي،وقد ظهر توافقاً في المعلومات مع تلك التي أوردها العالم الروسي دوكوتشاييف الذي وضع ما يعرف بالمعادلة الأساسية لتكوين التربة والتي توضح العلاقة بين عوامل تكوين التربة والتربة الناتجة وصفاتها إذ يمكن صياغتها على الوجه الآتي:

$$s = f (cl , o , r , t , \dots)$$

وهذا يعني أن التربة (Soil) تكون كدالة لتأثير المناخ (Climate) والأحياء (Living Organisms) وعامل الطوبوغرافيا (Relief) على المادة الأم (Parent material) لفترة من الزمن (Time) (صديق/١٩٨٨/٣٥) شكل (٤).

شكل (٤)عوامل تكوين التربة



المصدر: حسن أبو سمور، الجغرافية الحيوية والتربة، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، ٢٠٠٥، ص٢٣٢.

وعلى الرغم من إن كل عامل من العوامل المذكورة له دوره المميز إلاإنها تعمل بشكل متكامل ومتواصل في تكوين التربة وما اختلاف الترب بعضها عن البعض الآخرإلا هو تعبير عن زيادة تأثير واحد من العوامل أو أكثر بالمقارنة مع العوامل

الأخرى،وقد أوضحJennyانه عند ثبات أربعة من عوامل تكوين التربة يصبح بالإمكان دراسة تأثير مقدار التغير في العامل الخامس على تطور التربة،وفيما يلي سوف نستعرض هذه العوامل بشكل مفصل:

١- المادة الأمParent Material

تعرّف المادة الأم (مادة أصل التربة) بأنها الحالة الأولية للتربة أي الحالة الناتجة من العمليات الجيومورفولوجية دون حصول تغيير بتأثير عوامل البيئة المحيطة بهذه المواد الأولية عند الزمن صفر،فهي إذن حالة المادة بين حالتها الجيولوجية والتربة عند الزمن صفر من بداية تكوين التربة التي تأثرت بعوامل التجوية بعد أن تغيرت صورتها الجيولوجية سواء بقيت في مكانها أو انتقلت إلى أماكنأخرى واستقرت لتتفاعل مع الظروف المناخية الجديدة وتأثيراتها لتصبح تربة بالمعنى الحقيقي بفعل الأحياء خلال مدة من الزمن.وتختلفالمادة الأم للتربة في درجة مقاومتها لعوامل التجوية والعوامل البيئية الأخرىأي مقدار استجابتها للتحول إلى التربة الحقيقية، فإذا كانت المادة الأم قد اشتقت من صخورذات معادن سريعة التجوية فإنها تكون ذات تجوية أسرع بالمقارنة مع تلك الصخور التي تتكون من معادن مقاومة للتجوية فمثلاً يكون معدل تجوية الصخور الحاوية على معدن البايوتايت أعلى من تلك التي تخلو من هذا المعدن وذلك بسبب تحور هذا المعدن إلى معادن طبيعية تشغل حجماً اكبر من حجم المعدن الأصلي مما يؤدي إلى زيادة الضغط داخل تلك الصخور فيسهم في تفككها،كما تتضح هذه الحقيقة إذا ما علمنا أن سُمك تأثير عمليات التجوية يكون اكبر في صخور الكرانيتعند مقارنته مع سُمك هذا التأثير مع صخور الجابرو بحيث لا يتجاوز سُمك هذا التأثير (اسم) وبصورة بطيئة وذلك بسبب احتواء صخور الكرانيت على معدن البايوتايت.

عموماً يمكن القول ضمن هذا المجال أن الترب المشتقة من الصخور النارية ذات المقاومة الشديدة للتجوية بسبب صلابتها ستكون ضحلة وتحتاج إلى سنوات طويلة لتكوينها بينما تكون الترب المشتقة من صخور متحولة خلال فترات زمنية اقل نسبياً بسبب قلة مقاومة هذه الصخور للتجوية مقارنة بالصخور النارية،بينما تحتاج الترب المشتقة من صخور رسوبية إلى فترات زمنية قليلة لكي تتكون بسبب ضعف مقاومة تلك الصخور لعمليات التجوية المختلفة (المالكي وزميله/٢٠١٢/٦)،ولهذا فإن تأثير مادة الأصل على صفات الترب الناشئة منها (التربة الحقيقية)تكون واضحة في الترب الفتيةYoung Soilأكثر من الترب الناضجة أو القديمة.

تؤثر المادة الأم تأثيراً كبيراً على الكثير من خصائص الترب التي تشتق منها وهذا التأثير يكون أكثر وضوحاً في المناطق الجافة وشبه الجافة وفي المراحل الأولى لتطور التربة لان عمليات التجوية الكيميائية تكون بطيئة جداً في حين تكون تلك

العمليات أكثر فاعلية وتأثيراً مع الزمن في المناطق الرطبة ولهذا تحمل ترب المناطق الجافة وشبه الجافة الكثير من صفات مواد الأصل المتوارثة وعلى وجه التحديد الخصائص الفيزيائية إذأن التجوية الفيزيائية التي تسود هذه المناطق لا تغير الخصائص الكيميائية لمواد أصل التربة بينما تتأثر العديد من الخصائص في المناطق الحارة الرطبة إذ تنشط التجوية الكيميائية،ففي المراحل الأولى لتكوين التربة تبقى أثار وخصائص المادة الأم واضحة على التربة لكنها لا تلبث أن تختفي بمرور الزمن لشدة تأثير العمليات الكيميائية في هذه المناطق.

ولعل من أهم خصائص التربة التي تتأثر بصفات المادة الأم هي عمق التربة ونسجتها وتكوينها المعدني ومساميتها ومحتواها من المواد العضوية وغيرها. فعلى سبيل المثال غالباً ما تكون الترب المتكونة من معادن الكوارتزايت والسليت ضحلة وغير عميقة ولا تحتوي على كمية كبيرة من المعادن الطينية كما أنها تتميز بأفاق غير واضحة،بينما نجد ان الترب المتكونة فوق صخور الحجر الرملي النفاذ والبازلت النفاذ تكون سميكة وذات لون احمر نتيجة تأكسد الحديد المستخلص من صخور البازلت (السنوي وآخرون/١٣٨/١٩٧٩)،ووجد ان الترب المشتقة من الصخور النارية الحامضية تكون ترب ذات نسبة عالية من دقائق الرمل بالدرجة الأولى والغرين بالدرجة الثانية، أما الترب المشتقة من الصخور النارية المتوسطة الحامضية أو متوسطة القاعدية فإنها تكون ذات نسبة عالية من دقائق الغرين بينما ترتفع نسبة دقائق الطين الناعمة ودقائق الغرين الناعمة في الترب التي تشتق من الصخور النارية القاعدية،ولوحظ بهذا الصدد ان هناك علاقة خطية بين ارتفاع نسبة دقائق الطين الناعمة في التربة المشتقة من صخور البازلت وارتفاع نسبة معادن الفلدسبارات المكونة لتلك الصخور،وتؤثرنسجة المادة الأم على نسجة التربة السطحية التي تشتق منها فعند نعومة نسجة مادة الأصل فإن ذلك يقلل من غسل وانتقال المواد في مقد التربة مما يؤدي إلى تكوين ترب حقيقية قليلة العمق، أما الترب الناشئة من مواد أصل خشنة النسجة فغالباً ما تكون أكثر سمكاً،ووجد أيضاً انه بالإمكانأن تظهر ترب حامضية من مواد أصل تتكون من صخور كلسية وخصوصاً إذا كانت ذات نسجة خشنة أو متوسطة (عالية النفاذية) لان ارتفاع درجة حموضة التربة وانتقال الغرويات ضمن قطاع التربة يعتمد كثيراً على نفاذيةهذه التربة التي ترتبط بدورها بمدى خشونة نسجتها،ونظراً لكون مواد الأصل البركانية النشأة ذات مقاومة ضعيفة بسبب تعرضها الشديد لعوامل التجوية فإنها تكون ذات نفاذية عالية وسرعان ما تتحول إلى تربة،وأخيراً وجد أن المادة الدوبالية التي تتكون على صخور نارية يكون محتواها من ايونات الكالسيوم اقل مما هو عليه من تلك التي تتكون على صخور كلسية ولكنها تتفوق عليها بنسبة ايونات البوتاسيوم والفسفور(صديق/٣٦/١٩٨٨ – ٣٧).

٢- أحوال المناخ

يعد المناخ أكثر عوامل تكوين التربة نشاطاً أينما وجدت وقد يؤدي نشاط هذا العامل إلى الحد الذي تفقد فيه التربة الجزء الأكبر من خصائصها التي ترتبط مع الصخور المشتقة منها (المادة الأم)، إن دورهذا العامل المهم سواء كان دوراً مباشراً أو غير مباشر يبدأ من مرحلة اشتقاق التربة من صخور القشرة الأرضية مروراً بكافة مراحل تكوينها وتطورها وتحولها إلى تربة حقيقية ويستمر هذا التأثير حتى بعد هذه المرحلة إذأن الكثير منالخصائص الفيزيائية والكيميائية والبايلوجية للتربة ما هي إلا انعكاس للظروف المناخية من حياة نباتية وحيوانية،ويعد كل من عنصري الحرارة والتساقط أهم العناصر المناخية تأثيراً في تكوين التربة إذأن لعناصر المناخ المذكورة وغيرها دوراً مباشراً في تفتيت صخور القشرة الأرضية وتحويلها إلى مواد أولية ينتج عنها مصطلح التربة بمعناها الحقيقي،وقد يكون لهذه العناصر دوراً آخر غير مباشر من خلال التأثير على الغطاء النباتي من جانب والمعالم التضاريسية من جانب آخروهذان العنصران لهما تأثير كبير على تكوين التربة كما سيتضح فيما بعد،وقد تبين لنا فيما تقدم أنطبيعة المناخ من حيث درجة الحرارة والتساقط تعكس طبيعة التجوية السائدة في المنطقة فالتجوية الفيزيائية مثلاً تنشط في مناطق المناخ الجاف وشبه الجاف بينما تزداد معدلات التجوية الكيميائية في مناطق المناخ الحار الرطب فتنشط معها عمليات تحلل المعادن الأساسية للصخور فتتحول إلى المعادن الثانوية التي غالباً ما تترشح إلى الآفاق السفلى للتربة بفعل مياه الأمطار.

ويختلف تأثيرالأمطار على عمليات تكوين التربة في المناطق الحارة الرطبة عما هو عليه في المناطق الجافة وشبه الجافة ففي الأولى يتم غسل نواتج التجوية بعملية تسمى غسل التربة (Soil Leaching) فعلى الرغم من زيادة نسبة المواد العضوية التي تضاف للتربة في هذه المناطق بسبب سرعة تحللها إلا ان محتواها من هذه المواد قليل نسبياً وفضلاً عن ما تقدم فإن الأمطار تعمل على نقل حبيبات التربة الناعمة والعناصر الغذائية إلى الآفاق السفلى للتربة الأمر الذي ينجم عنه أحداث تغييرات في طبيعة نسجة التربة السطحية بعملية يطلق عليها الاستخلاص (Eluviation)(المالكيوزميله/٢٠١٢/٧)، أما في المناطق الجافة وشبه الجافة فإن الطبقة السطحية للتربة غنية بالمواد القابلة للذوبان، وأشارت بعض الدراسات إلى وجود علاقة بين عمق الطبقة الكلسية في ترب اللويس مع كمية الأمطارإذ تزداد عمقاً مع زيادة كمية الأمطار،ولوحظ أيضاً أن العناصر القاعدية في المناطق الجافة وشبه الجافة تبقى ممسوكة على مقعد التبادل أو قد تترسب في مقطع التربة ولهذا يكون ذلك المعقد مشبعاً بتلك العناصر بينما يتم غسلها في المناطق الرطبة لذا تميل التربة في تلك المناطق إلى التفاعل الحامضي بسبب حلول ايونات الهيدروجين من الماء محل العناصر القاعدية في محلول التربة، أما بالنسبة لدرجات الحرارة فقد أثبتت العديد من

الدراسات التي أجريت على ترب في الولايات المتحدة الأمريكية ان زيادة معدلات درجات الحرارة يؤدي إلى انخفاض محتوى التربة من المواد العضوية والنتروجين عند ثبوت عنصر كمية الأمطار، بينما تؤدي زيادة كميات الأمطار إلى زيادة محتوى التربة من المواد العضوية والنتروجين عند ثبوت درجات الحرارة وخصائص التربة الأخرى،كما تؤدي زيادة معدلات درجات الحرارة ومعدلات الأمطار إلى زيادة شدة التجوية وبالتالي زيادة نسبة دقائق الطين في التربة وعندما تكون جميع العوامل الأخرى ثابتة،وتؤثر بعض عناصر المناخ على تكوين التربة بشكل ثانوي كالرياح التي يتضح دورها المهم في المناطق الجافة إذ تعمل على نقل ذرات التربة الناعمة وترسيبها في مناطق قد تكون بعيدة جداً عن مناطق نشأتها، أما الثلوج فيعدها البعض كخزان للماء في التربة إذ يؤدي ذوبانها البطيء إلى زيادة المحتوى الرطوبي للطبقة العليا من التربة وقد يمول هذه الطبقة بالعناصر المعدنية والغذائية العالقة به بينما يؤدي ذوبانها السريع إلى حدوث التعرية الشديدة (موصلي/١٩٨٣/٣٧) .

٣- الكائنات الحية

يعد هذا العامل من أهم العوامل التي تؤثر في تكوين التربة وطبيعة خصائصها المختلفة، ويختلف مدى تأثير الكائنات الحية في التربة وذلك حسب نوعية هذه الكائنات فضلاً عن أن عمل هذه الكائنات يرتبط إلى حد كبير بالتباين المكاني كمياً ونوعياً وهذا بطبيعة الحال له علاقة وثيقة بالأحوال البيئية المؤثرة. وبناءً على ما تقدم فإن تأثير عامل الكائنات الحية يمكن ملاحظته من خلال ثلاث أشكال،الأول ويتمثل بعمل الكائنات النباتية فوق سطح التربة والثاني عمل الكائنات الحية الدقيقة النباتية والحيوانية في التربة والثالث يتمثل بعمل الحيوانات المتوسطة والكبيرة والحشرات،فبالنسبة للشكل الأول فإن الغطاء النباتي يحفظ التربة من التعرية من خلال تقليل تأثير قطرات المطر الساقطة وخصوصاً في المناطق ذات الانحدارات الشديدة وبذلك يعمل على استقرار التربة واستمرار عمليات تكوينها،كما يعمل الغطاء النباتي على تقليل سرعة الرياح وبالتالي خفض نسبة دقائق التربة المنقولة بهذا العامل، كما أن تقليل سرعة الرياح بحد ذاته يسهم في خفض نسبة التبخر ومقدار ما تفقده التربة من مياه،ويعمل الغطاء النباتي على تقليل اثر الإشعاع الشمسي إذ تتناقص كمية ما تمتصه التربة من أشعة الشمس تحت الغابات الكثيفة إلى ١٥% وتتناقص درجات الحرارة العليا وفروق الحرارة اليومية بازدياد وكثافة الغطاء النباتي،وقد وجد فارق حراري بين الترب المغطاة بالنباتات والترب العارية قد يصل إلى (١٠م°) وهذا من شأنه أن يؤثر على عملية أكسدة المواد العضوية (آغا/١٩٧٨/٢٧).

وتؤثر كثافة الغطاء النباتي على التغير الذي يحدث لمحتوى التربة من الرطوبة من مكان لآخر فتكون هذه التغيرات ضئيلة في مناطق الغابات وكبيرة في مناطق

الإعشاب المدارية وشديدة جداً في المناطق الجافة وشبه الجافة إذ تفتقر هذه المناطق للغطاء النباتي الكثيف،وتعمل جذور النباتات الطبيعية على تفكيك حبيبات التربة مما ينجم عنه تغيير في بعض خصائصها الفيزيائية كالتهوية والنفاذية والقوام وغيرها،لذا ففي المناطق التي تفتقر للغطاء النباتي وفيها فصل جفاف طويل تتأثر بعض صفاتها الفيزيائية سلباً إذ تظهر على سطحها قشرة كلسية أو ملحية تعيق نمو البادرات(المطري/٢٠٠٤/٥٤)،وتعمل النباتات الطبيعية من جهة أخرى على زيادة تماسك دقائق مجاميع التربة المعدنية والعضوية بعضها مع البعض الآخرإذ تقوم الجذور عند نموها بالضغط على حبيبات التربة فتقرب بعضها مع البعض وبهذا تسهل عملية ترابطها فضلاً عن جعل بناء التربة جيد يميل إلى البناء الفتاتي فتكون ذات نفاذية جيدة ودقائقها متماسكة ضد التعرية الريحية والمائية على حد سواء.(العبدالله/٢٠٠٦/٤٧).

وتعد النباتات الطبيعية المصدر الرئيس للمواد العضوية للتربة التي هي بالأساس احد مكونات التربة فضلاً عن تأثيرها في توزيعها ضمن آفاق التربة،وقد توصلت العديد من الدراسات إلى إن ترب مناطق الحشائش تحتوي في مقدها ما يقارب ضعف المادة العضوية التي تحتويها ترب الغابات عند ثبات العوامل الأخرى،كما أن توزيع هذه المواد يكون أكثر تدرجاً في ترب الحشائش مقارنة مع ترب الغابات،ويعزى هذا الاختلاف إلى أنإضافة المواد العضوية في ترب الغابات تكون عن طريق الأوراقالساقطة التي تكون طبقة على سطح التربة،أما في ترب الحشائش فإن نسبة كبيرة من المواد العضوية تنتج من جذور الحشائش الليفية لذا فإنها تتوزع على أفق التربة بشكل تدريجي وتبعاً لمراحل تغلغل الجذور في التربة.

وتؤدي النباتات دوراً كبيراً في إعادة دورة العناصر الغذائية بين سطح التربة وبقية أجزاء آفاق التربة إذ تعمل جذور النباتات على امتصاص العناصر الغذائية من أعماق مختلفة من التربة وإيصالها إلى باقي أجزاء النبات وعند سقوط مخلفاتها النباتية على سطح التربة وتفسخها تنطلق العناصر الغذائية إذ تكون جاهزة عند الطبقة السطحية للتربة لذلك فإن العناصر القاعدية التي تضاف إلى السطح بهذه الطريقة سوف تؤخر من تطور الترب الحامضية،وتختلف النباتات في قابليتها على امتصاص العناصر القاعدية في التربة فبعضها تمتص كميات كبيرة من هذه العناصر بينما تمتص أخرى كميات قليلة لذا فإن سرعة تطور الترب الحامضية ستختلف فيما بين التربتين،ويلعب نوع الغطاء النباتي دوراً مهماً في تحديد كميات استخلاص وكسب الايونات والأطيان وغسل العناصر الغذائية من السطح نحو الآفاق السفلى للتربة ووجد بأنه في نفس مادة أصل التربة وعند ثبات أحوال المناخ والعوامل الأخرى ان سلب الأطيان وغسل العناصر الغذائية يكون اكبر تحت غطاء نباتي من الغابات بالمقارنة مع الأشجار المتساقطة الأوراق وغطاء الحشائش وربما يعزى ذلك إلى أن

كمية العناصر القاعدية التي تتم إعادتها إلى السطح تكون أعلى في ترب الحشائش بالمقارنة مع الغابات النفضية وهذه تكون أعلى مما في ترب الغابات أو قد يعزى ذلك إلى جذور الغابات أكثر عمقاً من جذور الحشائش لذلك فإن امتصاص الماء تحت الغابات سيتم إلى أعماق ابعد وبذلك سيكون جفاف التربة فيها على مستوى أعمقأيضاً الأمر الذي يؤدي إلى أن يكون ماء المطر أكثر فاعلية في الغسل قبل أن تمتصه الجذور (العاني/١٩٨٠/٥٣)،وتجهز بقايا النباتات المتحللة الغذاء الضروري للكائنات الحية الدقيقة في التربة وبهذا الصدد وجد أن ترب الغابات تحتوي على نسبة كبيرة من الفطريات ونسبة قليلة من البكتريا بينما يكون العكس في تربة الحشائش.

أما بالنسبة للشكل الثاني لتأثير الكائنات الحية على تكوين التربة فيتمثل بتأثير الكائنات الحية الدقيقة النباتية والحيوانية في التربة إذ تعمل هذه الكائنات على تحليل المادة العضوية وتكوين الدوبال وتشتمل على الطحالب المثبتة للآزوت عندما تكون الأرض رطبة ومعرضة للإشعاع الشمسي وكذلك الفطريات التي تحلل المواد العضوية والعمل على هضمها وتحويل ٥٠% منها إلى أنسجة خاصة بها وتشتمل كذلك على الفطريات الشعاعية والبكتريا الخيطية وبكتريا الأرض التي تضم بدورها ثلاثة أنواع هي البكتريا الهوائية واللاهوائية والاختيارية التي تعمل على تثبيت النتروجين وأكسدة الكبريت والتأزت وأخيراً هناك الاشنات التي هي إحياء نباتية دقيقة التي يعد غشاءها الموضع الأول للنبات الأعلى وبداية تكون التربة المتحللة فوق الصخور العادية. أما الشكل الثالث للكائنات الحية فيشتمل على الحيوانات المتوسطة والكبيرة والحشرات وتتمثل هذه الحيوانات بالقوارض وحشرات الأرض والديدان الأرضية التي تعمل على سحق وجمع ونقل كميات كبيرة من التربة وتقوم كذلك بزيادة تهوية التربة وتحسين صرفها فضلاً عن مزج آفاق التربة العليا مع السفلى وبالعكس وتسهم الحشرات في تكوين الدوبال بطرائق متعددة، أما الديدان الأرضية فتسهم في زيادة نسبة العناصر الدقيقة في التربة بعد التهامها للتربة وطحنها للمواد العضوية ومن ثم طرحها للتربة مرة أخرى فضلاً عن مساهمتها بتحسين خواص التربة الأخرى كالنفاذية وغيرها (المطري/٢٠٠٤/٥٦ – ٥٧).

٤- طبيعة انحدار السطح

يؤثر عامل الطوبوغرافيا (اتجاه ودرجة انحدار السطح) تأثيراً كبيراً في تكوين التربة وتطورها فضلاً عن بعض التأثيرات التي يتركها على العديد من خصائص هذه الترب،ومن الجدير بالذكر أن هذا العامل قد ينعكس بآثاره على تكوين التربة بشكل مباشر أو غير مباشر،ويتجلى التأثير غير المباشر لهذا العامل من خلال تأثيره على أحوال المناخ إذ من المعلوم لدينا انخفاض درجات الحرارة مع زيادة الارتفاع عن مستوى سطح البحر ويصاحب ذلك زيادة معدلات التساقط فضلاً عن ما تحظى به التضاريس العالية من نسبة عالية من الغيوم الأمر الذي ينعكس على قلة ما يصل

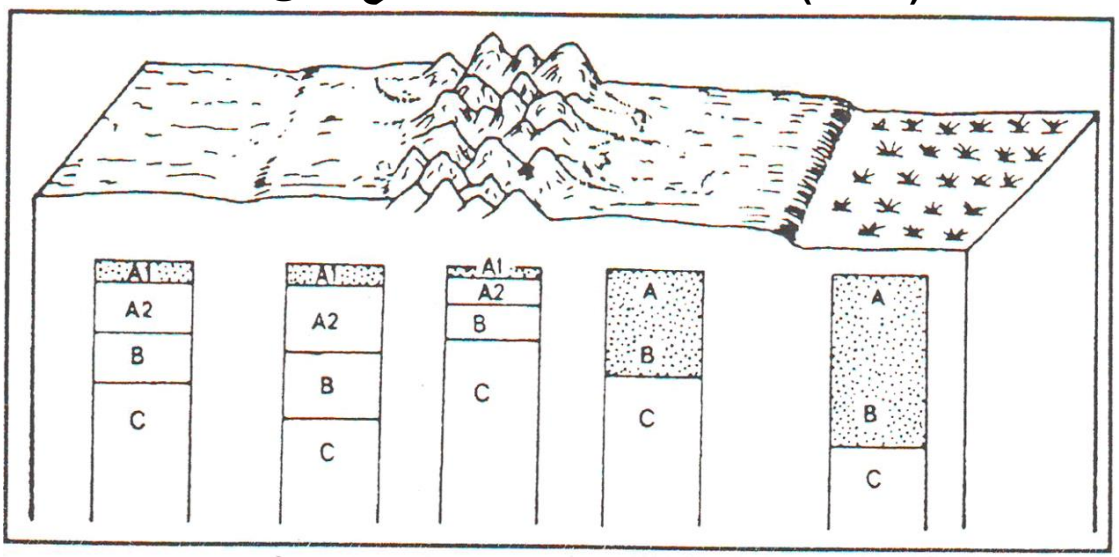
للتربة من الإشعاع الشمسي وبالتالي قلة ما يضيع من ماء التربة بوساطة التبخر – النتح وينتج عن ذلك تكوين طبقة من المواد العضوية على سطح التربة تتحلل بشكل بطيء، أما اتجاه انحدار التضاريس الأرضية فهو الآخر قد يؤثر على تكوين التربة وبعض خصائصها فالسفوح المواجهة لخط الاستواء تستلم كميات اكبر من الإشعاع الشمسي من تلك التي تكون بمواجهة المناطق القطبية الباردة في نصفي الكرة الأرضية الشمالي والجنوبي وبذلك تكون السفوح الأولىأكثر دفئاً من الثانية،كما أن السفوح المواجهة لاتجاه الرياح الرطبة تحظى بكميات أوفر من الأمطار مقارنة مع تلك التي تقع في الاتجاه المعاكس وبذلك تكون السفوح الأولىأكثر رطوبة واقل عرضة للتعرية (المطري/٢٠٠٤/٤٤) كما انه ليس غريباً أن يظهر على صخر واحد ذو ميل تضاريسي متساوي على سفحين مختلفي الاتجاه صنفين مختلفين من التربة (موصلي/١٩٨٣/٥٧).

أما بالنسبة للتأثيرات المباشرة لعامل التضاريس ودرجة الانحدار على تكوين التربة وتطورها فهي تتضح من عدة وجوه الأولتأثيره على كمية المياه التي تغور إلى داخل التربة وكمية المياه الجارية على السطح والثاني تأثيره على مقدار التعرية التي تتعرض لها التربة،أما الوجه الثالث فيتمثل بتأثيره على كمية المواد المنقولة من منطقة لأخرى،فبالنسبة للوجه الأول يزداد مقدار المياه التي تتوغل داخل التربة كلما كانت درجة انحدار السطح قليلة والعكس هو الصحيح وينتج عن ذلك أن ترب المناطق ذات الانحدار الشديد تكون أكثر جفافاً من تلك التي تتميز بانحدار بسيط أو معتدل،وينعكس ذلك على قلة الغطاء النباتي وبالتالي قلة محتوى الترب من المواد العضوية في المناطق ذات الانحدار الشديد فضلاً عن ذلك فان كل ما يتعلق بمعدل تغلغل الماء في التربة يعبر دائماً عن طبيعة العلاقة بين التربة ومحتواها من الماء الذي ينعكس بأثره على العمليات الكيميائية والبيولوجية التي تحدث داخل التربة وهي بلا شك عوامل مؤثرة على سرعة تطور آفاق التربة ولهذا السبب يكون تأثير عامل انحدار السطح من جهة ودرجة هذا الانحدار من جهة أخرى على تكوين التربة وتطورها في المناطق الرطبة أكثر وضوحاً مما هو عليه في المناطق الجافة.

أما الوجه الثاني للتأثير المباشر لهذا العامل فيتضح من أن الترب السطحية سوف تتعرض للإزالة المستمرة كلما زاد انحدار سطح الأرض وذلك بسبب عمليات التعرية التي تتعرض لها هذه الترب فيعمل ذلك على كشف الأجزاء السفلى لمقد التربة بسرعة الأمر الذي يتعرض فيه هو الآخر لعمليات التعرية في وقت لاحق،ولذا فإن الترب التي تقع في المناطق المنحدرة بشدة سوف تكون ضحلة وغير سميكة وفقيرة بمحتواها العضوي بسبب قلة الغطاء النباتي مقارنة مع الترب التي تقع في مناطق الأحواض أو المناطق المنبسطة بشكل عام،ونتيجة للأسباب المذكورة آنفاً يلاحظ انه من الصعوبة بمكان أن تصل ترب المناطق الشديدة الانحدار إلى مرحلة

النضج مهما طال الزمن على تكوينها وإنما تبقى تربة في مرحلة الشباب فبسبب الإزالة المستمرة للأفق A ينكشف الجزء الأعلى من الأفقB وتتحول المواد الأولية في الجزء الأسفللأفقBإلى تربة وهكذا تبقى هذه التربة في طور التكوين وعدم النضوج،(شكل ٥).

(شكل ٥)العلاقة بين طبيعة انحدار السطح وأفاق التربة

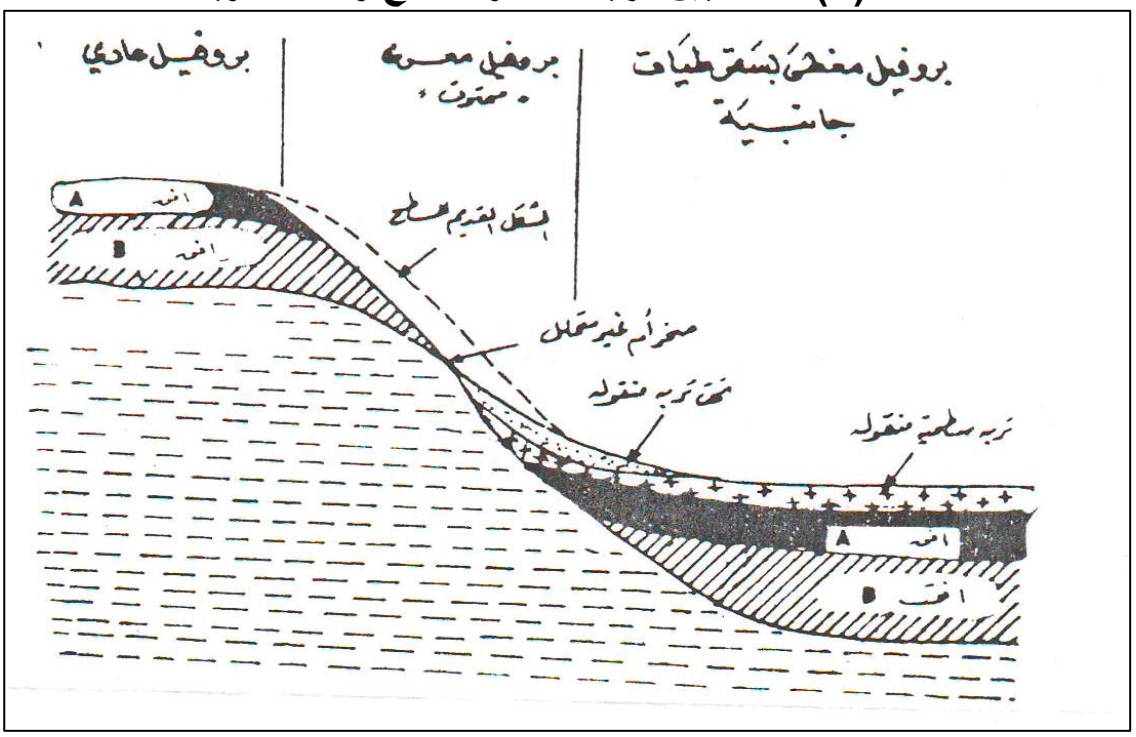


المصـــدر: حســـن أبـــو ســـمور،الجغرافية الحيويـــة والتربـــة،دار المســـيرة للنشـــر والتوزيـــع والطباعة،عمان،٢٠٠٥،ص٢٤٣.

إن العلاقة بين درجة الانحدار وسمك التربة علاقة وثيقة جداً إذأن هذا السمك يتفاوت بين منطقة وأخرى تبعاً لمقدار انحدار الأرض،لذا فإن ميكانيكية هذه العلاقة تقودنا إلى مناقشة الوجه الثالث لتأثير عامل التضاريس والانحدار على تكوين التربة وتطورها إذأن تباين سمك التربة يعني انتقال مواد التربة من المناطق ذات الانحدار الشديد نحو المناطق ذات الانحدار البطيء بفعل الجاذبية الأرضية، وتتحرك مواد التربة أما على شكل انهيارات أرضية إذا كان الانحدار شديداً أو على شكل زحف التربة إذا كان الانحدار بطيئاً،ويكون سمك التربة اقل ما يمكن في منطقة التقاء قمةالمرتفعات مع الانحدار إذأن الماء والتربة يتحركان بسرعة في هذا المكان وبالمقابل يزداد سمك التربة ويتطورمقطعها كلما قل الانحدار بفعل المواد المنقولة من المناطق المنحدرة بشدة نحو المناطق المنبسطة أو القليلة الانحدار. (شكل ٦)

وعموماً يمكن تقسيم التضاريس المحلية من حيث تأثيرها على تكوين التربة وخصائصها إلى ثلاثة مجموعات الأولى التضاريس المعتدلة الانحدار وفيها يظهر نوع من التوازن بين المواد التي تزال بوساطة التعرية والمواد التيتضاف إليها بوساطة عمليات التجوية المختلفة وفي ظل هذه الظروف يمكن أن تتواجد التربة وهي في مرحلة النضج في تكوينها، أما المجموعة الثانية فهي التضاريس الشديدة الانحدار إذ لا تسمح سرعة المياه والتعرية الشديدة بتكوين التربة وتطور آفاقها فهي تبقى تربة في مرحلة الشباب دائماً، أما المجموعة الثالثة فتتمثل بالتضاريس المنبسطة الانحدار

شكل (٦)العلاقة بين درجة انحدار السطح وسمك التربة



المصدر: عماد الدين موصلي،جغرافيةالترب،مطبعة ابن حيان،دمشق،١٩٨٣، ص٥٧.

وتشتمل على الأراضي المنخفضة التي تتجمع فيها مياه الأمطار ومياه المناطق ألمرتفعة مكونة مسطحات مائية قد تكون موسمية إذ تجف في الفصل الحار من السنة وقد تكون دائمية تسمح بنمو نباتات طبيعية قد تتحول إلى مكونات عضوية في التربة (الشلش،١٩٨٥/٨٩ – ٩٠).

٥- الزمن

التربة نظام متحرك (ديناميكي) تطرأعليه تغييرات بشكل مستمر إلاأن معظم هذه التغييرات سواء كانت فيزيائية أو كيميائية أو بايلوجية تحدث بشكل بطيء لا يمكن ملاحظته بسهولة ولكن يمكن التأكد من حدوثها من خلال آفاق التربة التي تعطي مؤشرات معينة لمراحل تطور التربة خلال الزمن،وتعتمد الفترة الزمنية اللازمة لتكوين التربة وتطورها على عدة عوامل كمادة أصل التربة وأحوال المناخ وطبيعة انحدار السطح فضلاً عن الغطاء النباتي والكائنات الحية الدقيقة التي تعيشفي التربة والأمثلة على تأثير عامل الزمن على تكوين التربة في جهات العالم المختلفة كثيرة جداً، فقد وجد أن تكوين ١٠سم في الأفقA_2 و٢٥سم في الأفقB_1 في ترب البودزول يحتاج إلى فترة تتراوح بين (١٠٠ – ١٥٠٠سنة)، ولاحظ آخرون أن الفترة الزمنية اللازمة لتكوين هذه الترب (البودزول) تحتاج إلى (٥) آلاف سنة لكي تتكون، وأثبتت

بعض الدراسات أن سمك الرواسب التي ينقلها نهر النيل في منطقة الدلتا تتراوح بين (٧٠ – ٩٠ سم/سنة)،ولهذا يشير بعض الباحثين إلى إن معرفة تأثير الزمن في تكوين التربة وتطورها لابد أن تأخذ بنظر الاعتبار الظروف البيئية السائدة في المنطقة وعلى الأخصالأحوال المناخية،ففي مناطق المناخ الجاف وشبه الجافتنطلق دراسة تأثير عامل الزمن على تكوين الترب في هذه المناطق من عملية ذوبان وانتقال كاربونات الكالسيوم والأملاح الذائبة الأخرى في آفاق التربة،بينما تنطلق في المناطق ذات المناخ الحار الرطب من دراسة تراكم المواد العضوية وعمليات السلب والكسب للاطيانالسيلكاتيةوالاكاسيد بسبب غزارة الأمطار في هذه المناطق،وقد وضع المهتمون بهذا الموضوع بعض الخصائص المهمة التي يمكن الاستعانة بها لدراسة تأثير عامل الزمن علىتكوين التربة وتطورها منها مثلاً ازدياد محتوى التربة من النتروجين والمواد العضوية في الطبقة السطحية للتربة(٠ – ٩٠ سم) مع مرور الزمن، وأشارتإحدى المصادر إلى انخفاض نسبة الكاربونات في الطبقة السطحية للتربة مقابل ازدياد نسبة المواد العضوية وحموضة التربة خلال أربعمائة سنة،وقد يؤثرعامل الزمن في تغيير خصائص المادة الأم للتربة إذ يتغير لونها من اللون الرمادي (لون مادة الأم)إلى اللون البني ثم إلى اللون الأحمر مع مرور الزمن وخصوصاً في الآفاق السطحية للتربة،وقدتكون نسجة التربة أكثر نعومة بسبب تأثير عوامل التجوية لفترة طويلة من الزمن،كما لوحظ أيضاً وبسبب زيادة محتوى التربة تحت السطحية من دقائق الطين بسبب اكتساب هذه الدقائق لفترة طويلة من الزمن تكون طبقة صلدة تسمى الصحون الصلدة Hard Pansإذ تعمل اكاسيد الحديدعلى ربط دقائق الطين مع بعضها بقوة (العاني/١٩٨٠/٣٥ – ٣٧).

تمر التربة خلال فترة نشؤها وتكوينها وتطورها بثلاث مراحل هي:

أ– مرحلة الشباب: وهي المرحلة التي تكون فيها المادة الأصلية للتربة غير متماسكة وتحتاج التربة هنا إلى عدة سنوات لكي تتكون من الفتات الصخري المفكك وبعدها قد تستطيع بعض النباتات من أن تمد جذورها فيها وتحصل على حاجتها من العناصر الغذائية،وقد تبقى التربة في هذه المرحلة مهما طال الزمن على تكوينها وقد يعزى ذلك إلى الإضافة المستمرة لمادة التربةكما يحدث ذلك في مناطق السهول الفيضيةوالدلتاوات ولذلك تكون تربة هذه المناطق خصبة كونها ترب متجددة باستمرار وقد يعزى بقاء هذه التربة في مرحلة الشباب إلى التعرية الشديدة في المناطق المنحدرة إذ تزيد مواد التربة التي تزول على المواد المضافة،ولعل أهم ما يميز التربات الشابة هو ما تتعرض له من غسل وإزالةالأملاحالمذابة من الأفقين A، Bوتركيزها في الأفقC الذي يمثل أفق المادة الأولية،ولابد أن نشير هنا إلى أن الترب الشابة قد تحتاج إلى عدة آلاف من السنين لكي تتحول إلى ترب ناضجة.

ب– مرحلة النضج: تتميز الترب في هذه المرحلة بتطور ووضوح آفاقها المختلفة وتبدو فيها حالة الاتزان بينمادة التربة المضافة والمادة المفقودة بفعل عمليات الترشيح أو التعرية، وتظهر في التربة الناضجة عملية نقل المواد العضوية والأطيان من الأفقA إلىالأفقB بشكل واضح وقدلا يتمثل فيها الأفقC،وقد تبقى التربة في هذه المرحلة لفترة زمنية طويلة كما تبقى على مستوى مقبول من الخصوبة بسبب الإضافة المستمرة لمادة التربة من خلال عمليات التجوية على الرغم من إزالة المكونات المعدنية والعضوية بفعل عمليات الترشيح من جانب واستهلاك النباتات للعناصر الغذائية من جانب آخر.

جـ– مرحلة الشيخوخة: تضعف خصوبة التربة في هذه المرحلة بسبب ضياع واستهلاك معظم المواد المعدنية والعضوية لها،وفي هذه المرحلة يتميز الأفقBبتجمع كميات كبيرة من ذرات الطينفي بعض الترب ومركبات الحديد في البعض الآخرالأمر الذي يؤدي إلى تكوين طبقة صماء تعيق حركة الماء والهواء داخل التربة فتقل قدرة التربة عندئذٍ على إنتاج المحاصيل (الشلش/١٩٨٥/٩٤ – ٩٦).

٦- الإنسان

يمكن القول أنالإنسان هو أكثر عوامل تكوين التربة حداثةً،ويتضح تأثير هذا العامل من خلال استثماره للتربة وما ينجم عن ذلك من إدارة لها وبالتالي التأثير على مكوناتها المختلفة وكذلك إجراء الكثير من التغييرات على مختلف خصائصها،ولابد من الإشارة إلى اتجاهين في هذاالمجال الأول هو تزايد استثمار الإنسان للتربة وهو نتيجة منطقية لتزايد أعداد السكان في جميع جهات العالم وما تتطلبه هذه الزيادة من الحاجة المتزايدة للغذاء لسد حاجة هؤلاء السكان من مختلف المحاصيل الزراعية،وبناءًعلى ذلك يكون من الطبيعي أن يزداد تأثيرإدارةالإنسان للتربة سواء على تكوينها أو تطورها أو تغيير خصائصها المختلفة، أما الاتجاه الثاني الذي يتعلق بهذا العامل فانه يخص المستوى العلمي والتقدم التكنولوجي ومدى استخدام الأساليب التقنية في استثمارالتربة وإدارتها،وعلى هذا الأساس ينتج نوعين من التأثيرات يستطيع الإنسان من خلالهما التعاملمع التربة واستثمارها فهو أماأن يكون تأثيراً ايجابياً أحياناً أو يكون تأثيراً سلبياً أحياناً أخرى،فبالنسبة للتأثير الايجابي فإنه يظهر في العديد من ممارسات الإنسان التي يمكن إجمالها بما يأتي:

أ– القيام باستصلاح التربة واستزراعها بإنشاء شبكات الري والبزل وخصوصاً في مناطق الزراعة الإروائية التي تنتشر في المناطق الجافة وشبه الجافة.

ب– زراعة المدرجات على سفوح المناطق المرتفعة لحماية التربة من الانجراف.

جـ– تنظيم جريان مياه الأنهاروإزالة المستنقعات واستثمار الأراضي التي تشغلها لأغراض زراعية.

د– تخفيض مستوى الماء الجوفي المالح بأساليب تصريف مختلفة.

هـ- استخدام الأسمدة والمخصبات وإضافة الكلس لزيادة المستوى الخصوبي للتربة وتوفير العناصر الغذائية للنباتات وتحسين صفات التربة الفيزيائية والكيميائية.
و- تنشيط عمل الأحياء الدقيقة في التربة من خلال إجراء عمليات تهيئة التربة للزراعة.
ز- اكتساب أراضي جديدة كانت في السابق مناطق صحراوية أو سواحل بحرية والعمل على زراعتها بعد استصلاحها كما هو الحال في بعض مناطق شمال غرب ألمانيا وهولندا.

أماالتأثير السلبي للإنسان على التربة فيمكن إجماله بما يأتي:

أ- زيادة مقننات مياه الري التي تعمل على تغدق التربة وارتفاع منسوب الماء الأرضي وبالتالي سرعة تملح التربة وخصوصاً في مناطق المناخ الجاف وشبه الجاف الأمر الذي يؤدي إلى خروج التربة جزئياً أو كلياً منناطق الاستثمار الزراعي.
ب- العمل على تلوث التربة من خلال الاستخدام غير العقلاني للأسمدة أو المخصبات أو تلوث مياه الري بمختلف الملوثات العضوية والكيميائية فضلاً عن استخدام المبيدات الزراعية التي قد تعود بآثار سلبية على التربة إذا ما استخدمت بشكل غير صحيح.
جـ- تعرض التربة إلى عمليات التعرية المختلفة جراء اقتطاع مساحات واسعة من الغابات والحشائش لغرضاستزراعها كما حصل لسهول وسط الولايات المتحدة الأمريكية التي تعرضت تربتها للتعرية الريحيةومناطق الغابات في أوربا الوسطى التي تعرضت تربتها لتعرية مياه الأمطار الغزيرة (موصلي/١٩٨٣/٥٥ ـ ٥٦).
د- قد تتعرض مساحات واسعة من ترب الأراضي الزراعية إلى التخريب بفعل الحروب وما تخلفه آلات تلك الحروب من حفر للخنادق والأنفاق والسواتر وغيرها فضلاً عما تقوم به هذه الآلات من سحق لحبيباتالتربة وتدمير بنائها.
هـ- تؤدي الحراثة غير الصحيحة وخصوصاً في المناطق المنحدرة إلى تعرض التربة للجرف والتعرية بفعلالمياه الجارية فتزال الطبقة السطحية المعول عليها في الإنتاج الزراعي بشكل مستمر.
و- عدم الاهتمام بعمليات البزل إذ من شأنه أن يؤدي إلى ارتفاع مستوى الماء الأرضي وزيادة تملح التربة وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة إذ تعد عمليتي الري والبزل عمليتان متكاملتان.

الفصل الثالث

الخصائص الفيزيائية للتربة

١- عمق التربة
٢- نسجة التربة
٣- بناء التربة
٤- الكثافة الظاهرية للتربة
٥- الكثافة الحقيقية للتربة
٦- مسامية التربة
٧- المحتوى الرطوبي للتربة
٨- معدل غيض الماء للتربة
٩- التوصيل المائي المشبع للتربة
١٠- لون التربة
١١- درجة حرارة التربة

تكتسب دراسة الخصائص الفيزيائية للتربة أهمية بالغة، وبالأخص منها تلك الخصائص التي ترتبط باستعمالات التربة الزراعية،فمقدرة التربة لإنتاج المحاصيل الزراعية لا تعتمد فقط على تجهيز الكمية المناسبة من العناصر الغذائية، وإنما تعتمد كذلك على العديد من خصائص التربة الفيزيائية التي من شأنها أن تحدد مدى جاهزية العناصر الغذائية للنباتات،وتتجلى أهمية هذه الخصائص في عمليات فلاحة التربة،وعمليات الري والبزل،والتسميد،ومحتوى التربة من الماء،ومدى جاهزيته للنبات،ومحتواها من الهواء والعناصر الغذائية إضافة إلى أهميتها في نمو جذور النباتات وقدرتها على الانتشار،وكذلك التأثير في درجة حرارة التربة،كما لا تنكر العلاقة الوثيقة بين الخصائص الفيزيائية للتربة وخصائصها الكيميائية والحيوية فمحتوى التربة من الماء ودرجة تهويتها وقابليتها للصرف وطبيعة دقائقها المعدنية تلعب دوراً مهماً في التفاعلات الكيميائية التي تجري داخل التربة وتحديد كمية العناصر الغذائية الجاهزة للنبات،بل إنها تؤثر كذلك على الأحياء الدقيقة الموجودة في التربة كالبكتريا والفطريات والديدان وغيرها.

وستناول في هذا الفصل دراسة كل من عمق التربة ونسجتها وبناءها وكثافتها الظاهرية والحقيقية ومساميتها فضلاً عن دراسة معدل غيض الماء ونفاذيتها ولونها ودرجة حرارتها.

١- عمق التربة Soil Depth

يعني عمق التربة كمية مادة التربة معبراً عنها بالعمق العمودي،وتتباين الترب في أعماقها (سمكها) الذي يتراوح بين بضع سنتيمترات وقد يصل إلى عدة أمتار،وتوجدالتربة الأكثر عمقاً في المناطق المنبسطة أو تلك التي تتصف بانحدار ضعيف في أراضي الحشائش المعتدلة إذ تنتشر التربة السوداء المشهورة في أوكرانيا والتي تتراوح أعماقها بين (٩٠ -١٢٠سم)، أما تربة الغابات كالتربة البنية في مناطق الغابات النفضية فهي اقل عمقاً من سابقتها إذ يبلغ معدل عمقها حوالي(٥٠سم) بينما لا يزيد هذا العمق عن ٢٥سم في ترب البودزول التي تتكون في مناطق الغابات الصنوبرية (المطري/ ٢٠٠٤/ ٦٧)،وقد لا يتجاوز عمق التربة في مناطق الصحاريالحارة عدة سنتيمترات بسبب عوامل التعرية الشديدة السائدة هناك.

يعتمد سمك التربة وعمقها على طبيعة الفرق بين عوامل تكوينها وعوامل إزالتها،ويتوقف الأثرالأكبر لهذين العنصرين على طبيعة انحدار السطح في المنطقة،ففي المناطق المنبسطة تكون عملية تكوين التربة هي الأنشط فيزداد سمك التربة حينئذٍ والذي قد يصل إلى عدة أمتار بينما تكون الحالة معكوسة في مناطق الانحدار الشديد إذ تبقى التربة ضحلة غير عميقة ويكون قطاعها حجرياً خالياً من مادة التربة،ولابد من الإشارة هنا إلى دور بعض العوامل الأخرى في تحديد عمق

التربة كأحوال المناخ وطبيعة صلابة الصخور الأم فضلاً عن نوعية وكثافة الغطاء النباتي السائد في تلك البيئة. (الخطيب/ ٢٠٠٦/ ٢٠٦).

ففي مناطق المناخ الحار الرطب إذ تنشط عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية فينتج عن ذلك نشاط لتكوين التربة فتكون التربة أكثر عمقاً بالمقارنة مع المناطق ذات المناخ الجاف،ويزداد عمق التربة أيضاً كلما كانت صخور المادة الأم ضعيفة المقاومة لعوامل التعرية المختلفة على عكس الصخور الصلبة المقاومة إذ ينتج عنها تربة قليلة العمق،وفيما يخص الغطاء النباتي فيمكن القول ان التربات العميقة تتطور في مناطق الغابات والحشائش بالمقارنة مع المناطق الصحراوية الفقيرة بغطائها النباتي.

تكون الترب العميقة ذات الآفاق السميكة محوراً جذرياً ملائماً لنمو الجذور وكذلك تكون ذات قابلية عالية على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية مقارنة بالترب الضحلة التي تتميز بآفاق غير سميكة وغير ناضجة وبالنتيجة تكون الترب العميقة ذات مقدرة إنتاجيةأعلى من الترب الضحلة وتكون هذه المقدرة ذاتية لان مادة الأصل للترب العميقة هي بالأساس غنية بالعناصر الغذائية،ويظهر الفرق بين القدرة الإنتاجية للترب العميقة عن الترب غير العميقة حينما تتعرض النباتات في كلتا التربتين إلى ظروف صعبة غير ملائمة للنمو (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٢٧) (جدول٣).

(جدول ٣) أصناف الترب حسب الأعماق/ سم

صنف التربة	العمق / سم
ضحلة جداً	١٢ ــ ٥٠
ضحلة	٥٠ ــ ٧٥
متوسطة السمك	٧٥ ــ ١٢٥
عميقة	١٢٥ ــ ١٥٠
عميقة جداً	أكثر من ١٥٠

المصدر: داخل راضي نديوي،جمال ناصر السعدون،مورفولوجياالتربة،مطبعة جامعة البصرة،البصرة،١٩٨٨،ص٧٤.

وأخيراً لا بد أن نشير إلى ضرورة التمييز بين العمق الحقيقي للتربة والعمق الفسيولوجي إذ يمكن أن تكون التربة عميقة ولكن وجود طبقة صلدة غير منفذة للماء وتغلغل الجذور أو يكون مستوى الماء الجوفي فيها مرتفعاً الأمر الذي يجعلها تربة ضحلة فسيولوجياً كما هو الحال في ترب المستنقعات إذ يعيق ارتفاع مستوى الماء الجوفي فيها النمو الطبيعيللجذور النباتية (الموسوي/ ٢٠٠٥/ ٧٨) .

٢- نسجة التربة Soil Texture

يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي لمجاميع الأحجام المختلفة لدقائق التربة المعدنية والتي تتمثل بالرمل (sand)،والغرين (silt)،والطين (clay)، أو هي حجم

مجاميع دقائق التربة التي هي اصغر من الحصى (الدقائق ذات الأقطارالأقل من ٢ ملم) (D. Foth/ ١٩٨٢/ ٢١).

ونظراً لاختلاف الترب في نسب هذه الدقائق، إضافة إلى اختلافها من حيث الحجم والشكل،لذا أصبحت النسجة الدليل الذي يستخدم لتحديد مدى خشونة أو نعومة الترب على مختلف أنواعها.

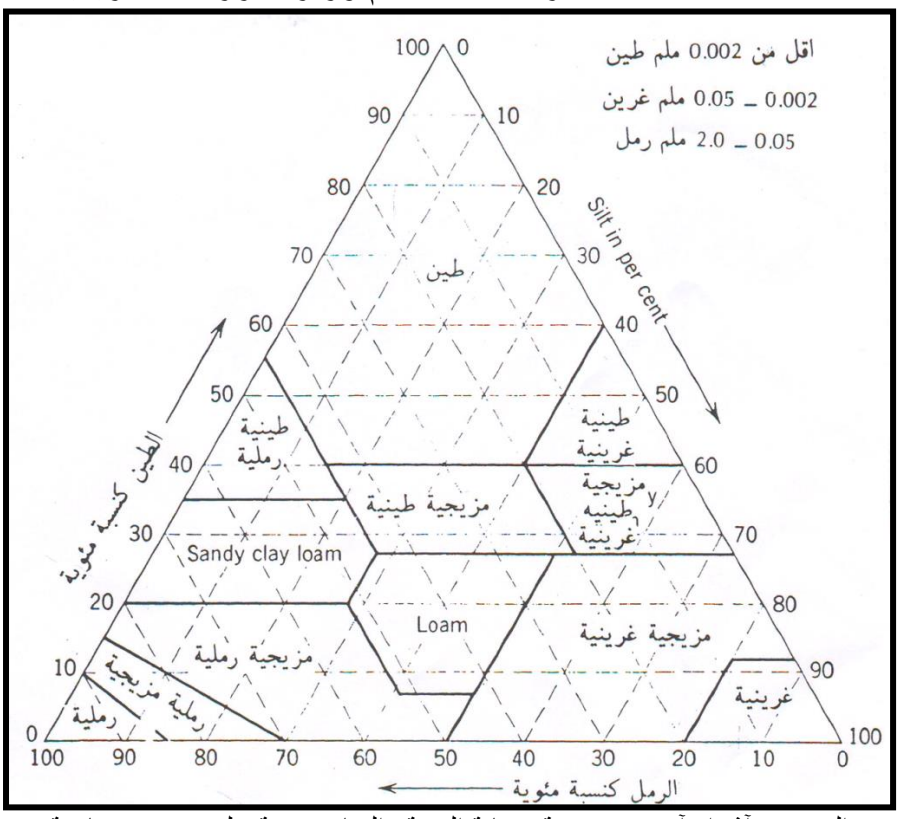
إنأشهر التصانيف التي وضعت لتحديد صفة نسجة التربة واسمها هو التصنيف المقترح من قبل دائرة الزراعة الأمريكية (United States Department of Agriculture)(U . S . D . A)، وبموجبه تصنف الترب إلى مجموعة الترب الخشنة النسجة،وتتمثل بالترب الرملية التي تشتمل على كل من الترب الرملية والرملية المزيجية،وبالنسبة للترب ذات النسجة متوسطة الخشونة فهي تتمثل أيضاً بالترب الرملية،ولكنها تشتمل على كل من الترب المزيجية الرملية والمزيجية الرملية الناعمة، أما الترب المتوسطة النسجة فإنها تتمثل بالترب المزيجية التي تشتمل على كل من الترب المزيجية الرملية الناعمة جداً والمزيجيةوالمزيجيةالغرينيةوالغرينية، أما بالنسبة للترب ذات النسجة متوسطة النعومة فهي تتمثل أيضاً بالترب المزيجية،ولكنها تضم كل من الترب المزيجية الطينية والمزيجية الطينية الرملية والمزيجية الطينية الغرينية،وفيما يخص الترب الناعمة النسجة فهي تتمثل بالترب الطينية التي تضم كل من الترب الطينية الرملية والطينية الغرينية والطينية (D .Foth/ ١٩٨٤/ ٢٥).

وتتم عملية تحديد النسجة أما بالطريقة الحقلية التي تتبع من قبل المختصين بعلوم التربة باستخدام اللمس أو بطريقة الفرز إذ تستخدم مناخل خاصة لفرز دقائق الرمل ويستعمل جهاز الهيدروميتر لفرز دقائق الغرين والطين وتستخلص نتائجها بشكل نسب مئوية وبالاستعانة بمثلث نسجة التربة يمكن تحديد صنف نسجة النموذج المدروس على أساسأن ضلع دقائق الطين في المثلث يوازي ضلع دقائق الرمل وضلع دقائق الرمل يوازي ضلع دقائق الغرين وهذا الأخير يوازي ضلع دقائق الطين وحيثما تقع نقطه تقاطع القيم الثلاثة فإن صنف النسجة يأخذ اسم المساحة التي تقع فيها نقطه التقاطع. (شكل٧).

إن فعالية دقائق التربة لا ترتبط بطبيعةأحجام هذه الدقائق فحسب، وإنما تتبع أيضاً اختلاف تركيبها المعدني،فالدقائق التي يسود فيها معدن من مجموعة المونتموريللونايت مثلاً تكون أكثر فعالية من تلك التي تساويها في الحجم ولكن يسود فيها معدن من مجموعه الكاؤلينات أو غيره من المعادن.

(شكل ٧)

مثلث أصناف نسجة التربة حسب نظام وزارة الزراعةالأمريكية



المصدر: آشوانوآخرون،هندسة صيانة التربة والمياه،ترجمة علي عبد فهد،جامعة الموصل،الموصل،١٩٨٤،ص١٣٩ .

تمثل دقائق الطين الغرويات اللاعضوية في التربة،ويعتبر عنصر السيليكون احد مكوناتها الرئيسية،وعلى أساس الخواص البلورية يمكن تمييز ثلاثة مجموعات للأطيان السيليكانية: هي مجموعة الكاؤلينات التي تتميز بلوراتها بارتباطها القويمع بعضها البعض فيمنع ذلك دخول الماء والايونات الأخرى فيما بينها،كما إنها تتميز بعدم قابليتها على التمدد فتكون قابليتها على الالتصاق والانكماش والانتفاخ منخفضة نسبياً، أما المجموعة الثانية فهي مجموعة المونتموريللونات التي تتميز بضعف ارتباط بلوراتها فيسمح ذلك بدخول الماء والايونات الموجبة بينها،فينتج عن ذلك قابلية عالية على التمدد والتقلص والمطاطية والتماسك وتتعرض التربة الحاوية على نسبة عالية من هذا المعدن للتشقق (cracks) عند الجفاف وتكون غير نفاذة عند الابتلال، أما المجموعة الثالثة فهي مجموعة المايكاالمائية وتشتمل معادنها على الألايتوالفيرميكولايت،التي تكون قابليتها لمسك الايونات الموجبة والانتفاخ والانكماش والمطاطية اقل من مجموعة المونتموريللونايت ولكنها أكثر من مجموعة الكاؤلينات،والتربة الحاوية على نسبة عالية من معادن هذه المجموعة تكون عادة غنية بعنصري البوتاسيوم والمغنيسيوم لوجودهما في تركيبها المعدني وإمكانية تحررهما منها.

يؤدي اختلاف حجوم دقائق التربة إلى اختلاف المساحة السطحية النوعية لها،والتي تعتمد عليها الكثير من خصائص التربة والعمليات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية التي تجري داخل التربة،فتكون هذه المساحة للدقائق الناعمة اكبر مما هو عليه من الدقائق الخشنة،وهذا معناه أن دقائق الطين (الناعمة) أكثر الدقائق فعالية بالمقارنة مع دقائق الرمل (الخشنة)،بينما تحتل دقائق الغرين موقعاً متوسطاً بين الاثنين حجماً وفعالية. (جدول ٤).

تلعب خاصية نسجة التربة دوراً مهماً في فهم العديد من خصائص التربة الكيميائية والحياتية، علاوة على أهميتها في تحديد الخصائص الفيزيائية الأخرى كالتهوية والمسامية ونفاذية الماء داخل التربة ومقدرتها على الاحتفاظ بالماء،وكذلك مدى سهولة أو صعوبة إجراء العمليات الزراعية وإيجاد المهد المناسب للبذور،ونمو الجذور وتغلغلها داخل التربة لامتصاص الماء والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات.

(جدول ٤)

أقطار دقائق التربة (ملم) وعدد الدقائق في الغرام الواحد والمساحة السطحية (سم٢/غم) حسب النظامين الأمريكي والعالمي

الدقائق	القطر(ملم) النظام الأمريكي	عدد الدقائق في الغرام الواحد	المساحة السطحية (سم٢/ غم)	النظام العالمي
الرمل الخشن جداً	٢,٠٠٠-١,٠٠٠	٩٠	١١	-
الرمل الخشن	١,٠٠٠-٠,٥٠٠	٧٢٠	٢٣	٢-٠,٢٠
الرمل المتوسط	٠,٥٠٠-٠,٢٥٠	٥٧٠٠	٤٥	-
الرمل الناعم	٠,٢٥٠-٠,١٠٠	٤٦٠٠٠	٩١	٠,٢٠-٠,٠٢
الرمل الناعم جداً	٠,١٠٠-٠,٠٥٠	٧٢٢٠٠٠	٢٢٧	-
الغرين	٠,٠٥٠-٠,٠٠٢	٥٧٧٦٠٠٠٠	٤٥٤	٠,٢٥-٠,٠٠٢
الطين	أقل من ٠,٠٠٢	٩٠٢٦٠٨٥٣٠٠٠	٨٠٠٠٠٠٠	أقل من ٠,٠٠٢

المصدر: ١- وليد خالد العكيدي، علم البدولوجي مسح وتصنيف الترب، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٦، ص٢٣٢.

٢- C. E. Millar, L. M.Turk, and, H. D. Foth, Fundamentalesof soil science, Fourth Edition, John Wiley and sons inc, U. S. A: ١٩٦٥, P. ٢٨.

ففيما يتعلق بالترب التي تميل نسجتها للخشونة فإنها تمتلك العديد من الخصائص أهمها:

١- احتوائها على كميات مناسبة من الطين التي تختزن كميات مناسبة من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات.

٢- تحتوي على نسبة قليلة من المواد العضوية المهمة لنمو النباتات التي تنتج عن تحلل بقايا النباتات.
٣- تنمو جذور النباتات وتنتشر في هذه الترب بسهولة.
٤- سهولة إجراء عمليات تهيئة التربة للزراعة فيها كالحراثة والتعديل والعزق وغيرها.
٥- جودة تهويتها بسبب احتواءها على نسب عالية من الهواء على حساب محتواها من الماء وهذا ناتج عن سعة مساماتها.
٦- معدل غيض الماء فيها يكون عالياً بسبب كبر حجم مساماتها فيترتب على ذلك عدة نتائج أهمها قلة الجريان السطحي حيث تنفذ معظم مياه الأمطار والري داخل التربة فيمنع ذلك حدوث التعرية المائية.
٧- قابليتها لرفع الماء بالخاصية الشعرية (Capillary Action) اقل بالمقارنة مع الترب الناعمة النسجة فيترتب على ذلك أن تكون كمية المياه المفقودة بالتبخر من سطوح هذه الترب اقل مما هو عليه من أصناف الترب الأخرى ذات النسجات الناعمة (Millar *et al*/ ١٩٦٥/ ٨٢).

أما بالنسبة للترب التي تميل نسجتها للنعومة فهي الأخرى تمتلك عدة خصائص أهمها:

١- قدرتها العالية على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية بشكل جاهز ومتيسر لنمو النباتات وذلك بسبب المساحة السطحية النوعية العالية لدقائقها،فقد وجد مثلاً أن جاهزية عنصر النتروجين تزداد مع نعومة النسجة تحت نفس الظروف المناخية (Black/ ١٩٦٨/ ٤٠٩).

كما وجد أن زيادة نسبة دقائق الطين في التربة تؤدي إلى زيادة قدرتها على تثبيت عنصر البوتاسيوم،وبذلك يتحول من صورته الجاهزة في التربة إلى صورة البوتاسيوم بطيء الجاهزية للنبات، وأشارت احد المصادر إلى أن محتوى التربة الناعمة النسجة من عنصري الكالسيوم والمغنسيوم أعلى مما هو عليه في الترب الخشنة النسجة،بسبب قدرة التربة الناعمة النسجة على الاحتفاظ بهذين العنصرين ولكن الأمر مختلف بالنسبة لعنصر الفسفور الذي يتحول إلى صورة غير جاهزة للنبات في التربة التي تزداد فيها نسبة دقائق الطين،وذلك بسبب زيادة الاتصال بين سطوح دقائق الطين ذات المساحة السطحية الواسعة مع فسفور محلول التربة (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٤٨ – ٥٠).

٢- قابيلتها للاحتفاظ بالماء (Water holding capacity) عالية بسبب كثرة وصغر حجوم مساماتها، الأمر الذي يترتب عليه احتمال تغدقها الذي يعد احد أسباب زيادة ملوحة التربة.

٣- رداءة تهويتها لزيادة نسبة الماء الذي تحويه على حساب نسبة الهواء كونها ذات مسامات ضيقة.
٤- صعوبة انتشار جذور النباتات وتغلغلها خلالها بسبب ارتفاع كثافتها الظاهرية، إضافة إلى صغر مساماتها وقلة محتواها من الأوكسجين.
٥- انخفاض معدل غيض الماء فيها بسبب صغر حجوم مساماتها،ويترتب على ذلك زيادة الجريان السطحي،واحتمال تعرضها للتعرية المائية،والتي تكون عادة على شكل أخاديد صغيرة،كما ان بقاء الماء على سطحها لفترة طويلة يجعلها تربة متغدقة،فتزداد بذلك احتمالات زيادة ملوحتها تحت ظروف ارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر.
٦- قابيلتها لرفع الماء بالخاصية الشعرية عالية،فتزداد كميات المياه المفقودة بالتبخر من سطحها ويعد هذا العامل احد الأسباب المهمة لزيادة ملوحة مثل هذه التربة (Bear /١٩٦٥/ ٧٧).
٧- صعوبة إجراء عمليات تهيئة التربة للزراعة وبالأخص عمليات الحراثة والتسوية بسبب سيادة الدقائق الناعمة،فضلاً عن وجود بعض المعادن الطينية كمعدن المونتموريللونايت التي تجعل هذه التربة لزجة ومنتفخة sticky and swelling عندما تكون رطبة وتكون متكتلة ومتشققة cloddy and cracking عندما تكون جافة. (Porker *et al*/ ١٩٨٢/ ٤٥١).

وتؤدي صفات اللزوجة والتشقق والتكتل المذكورة آنفاً إلى التأثير على نوعية الحراثة من جانب وزيادة المقاومة للآلات التي تقوم بها من جانب آخر. (البنا/ ١٩٩٠/ ١٣- ١٤). (صورة ٢).

٣- بناء التربة: Soil Structure

يُعد بناء التربة احد خصائصها الفيزيائية وهو يعني الكيفية التي ترتبط بها دقائق التربة الأوليةprimary practicles والمتمثلة بدقائق الرمل والغرين والطين مع بعضها البعض ومجاميعها Aggregates في نظام معين،وقد يعني أيضاً ترتيب أو تنظيم مسامات التربة الكبيرة والمتوسطة والصغيرة في نمط تركيبي معين (Baver/ ١٩٥٦/ ٢٣).

صورة (٢)
الشقوق التي تظهر على الترب الناعمة النسجة بعد تعرضها للجفاف

وبنـاء التربـة فـي كـل الأحـوال يعكـس طبيعـة ارتبـاط الـدقائق الرئيسـة للتربـة بمساعدة المواد الرابطة والتي قد تكون مواد عضوية أو اكاسيد الحديد أو كاربونـات الكالسـيوم فـي تكـوين تكـتلات ثانويـة كبيـرة تـدعى (peds)،وهـي التـي تمثـل وحـدة التركيب الفيزيائي للتربة (Baver/ ١٩٥٦/ ٢٣).

يمكن وصف بناء التربة حقلياً بالاعتماد على ثلاثة أسس رئيسة هي:

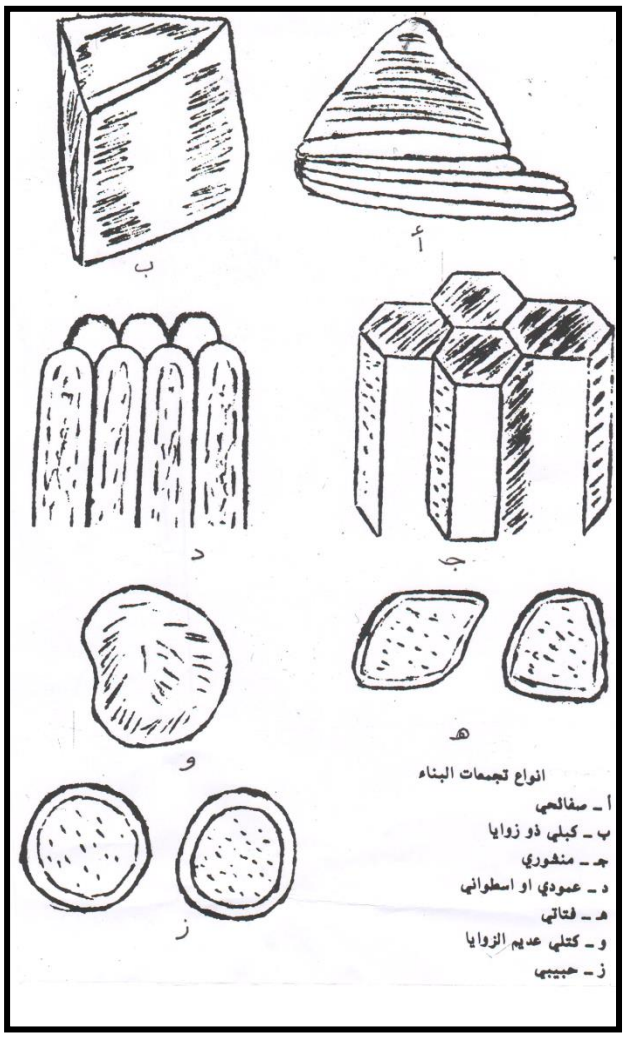
أ– نوع البناء (Type) الذي يعني شكل وترتيب التكتلات الطبيعية (peds) وبموجب هذا الأساس يصنف بناء التربة إلى:

١- البناء الصفائحي (platy).

٢-البناء الكتلي (Blocky) الذي يتضمن بدوره نوعين من البناء هما:

أ- البناء الكتلي غير المنتظم ذو الزوايا الحادة (Angular blocky).

ب– البنـاء الكتلـي غيـر المنـتظم ذو الحافـات المسـتديرة أو المنحنيـة (sub- A Angular blocky).



٣- البناء المنشوري (prismutic).
٤- البنـاء الاسـطواني (columnar) أو البناء العمودي.
٥- البنـاء الكـروي (spheroidal) الذي يشتمل بدوره على كل من:
أ – البناء الحبيبي (Granular).
ب – البناء الفتاتي (Crumb).
٦- عديمة البناء (structure less) (شكل ٨).

شكل (٨)
أنواع بناء التربة

المصـــــدر: ١- محمـــــد خضـــــر عباس،نشـــــوءومورفولوجياالتربة،جامعة الموصل،الموصل،١٩٨٩،ص٤٢.
٢- عبد الفتاح القصبي،ميكانيكاالتربة،دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع،القاهرة،٢٠٠٧،ص٧٩.

ب – صـنف البنـاء (class) الـذي يعنـي حجـم التكـتلات الطبيعيـة، وبموجـب هـذا الأسـاس يصـنف بنـاء التربة إلى:
١- البناء الناعم جداً (very Fine).
٢- البناء الناعم (Fine).
٣- البناء المتوسط (Medium).
٤- البناء الخشن (Coarse).
٥- البناء الخشن جداً (Very coarse).

ومما تجدر الإشارةإليهأن صنف البناء الدقيق يكون في حالة نوع البناء الصفائحي والكروي حيث تتراوح أقطار مجمعات التربة بين (١ -٢) ملم،وكذلك في حالة النوع الكتلي ذو الزوايا الحادة وغير الحادة وتتراوح أقطار مجمعات التربة بين (٥ – ١٠ملم)، أما الصنف المتوسط فيكون في حالة نوع البناء الصفائحي والكروي وتتراوح أقطار مجمعات التربة بين (٢-٥ملم)،وفي نوع البناء الكتلي ذو الزوايا الحادة وغير الحادة حيث تتراوح أقطار مجمعات التربة بين (١٠-٢٠ملم)، أما الصنف الخشن فيكون في حالة البناء الصفائحي والكروي وتتراوح أقطار مجمعات

التربة بين (٥-١٠ ملم)،وفي حالة البناء الكتلي ذو الزوايا الحادة وغير الحادة حيث تتراوح أقطار مجمعات التربة بين (٢٠ – ٥٠ ملم). (جدول ٥).

جـ – درجة البناء (Grode) وتعني وضوح التكتلات الطبيعية وتمييز معالمها،وبموجب هذا الأساس يصنف بناء التربة إلى:

١- عديم البناء (O – structreless).

٢- البناء الضعيف (weak).

٣- البناء المعتدل (Moderate).

٤- البناء القوي (stony).

ومن المعلوم أن وصف البناء يتم حسب الترتيب (درجة وضوح البناء،صنفالبناء،نوع البناء). (العكيدي/١٩٨٦/٢٢٩).

تكتسب دراسة بناء التربة أهمية كبيرة لتأثير هذه الخاصية المباشر وغير المباشر على نمو المحاصيل الزراعية،ويمكن القول أن بناء التربة هو إلى حد ما ليس عامل من عوامل نمو النبات،لكنه يؤثر على معظم عوامل النمو، فهو يؤدي إلى تغيير تأثير نسجة التربة على الكثير من خصائصها كقابليتها على حفظ الماء،وكثافتهاالظاهرية،وحرارتها النوعية والعمليات الزراعية التي تجري فيها، إضافة إلى خصوبتها وفعالية الأحياء الدقيقة فيها،ومقاومتها لحركة الآلات الزراعية وقابلية تحملها،وكذلك مقاومتها لنمو الجذور وتغلغلها في التربة.

أما اثر بناء التربة في اختلاف أحجاموأشكال وانتظام المسامات البينية (pore spaces) للتربة والتي تحدد طبيعة العلاقة بين ماء التربة وهواءها. وما إلى ذلك من تأثير كبير على نمو النباتات فقد يكون ذلك أهمالتأثيرات التي يتركها البناء على خواص التربة. وكدليل على أهمية بناء التربة فقد أشارت احد الدراسات إلى أن الاختلاف في إنتاجيةالأراضي الزراعية قد يعود بشكل رئيس لضعف بناء ترتبها وليس لقلة محتواها من العناصر الغذائية. (٢٥٢-٢٤٩/١٩٧٣/Low).

يتأثر بناء التربة بعوامل متعددة أهمها المواد العضوية والنباتات ومخلفاتها والطين والكاتيونات المتبادلة فضلاً عن الترطيب والتجفيف والعمليات الزراعية فبالنسبة للمواد العضوية فهي ذات أهمية كبيرة في تجميع دقائق التربة وثباتها وبالتالي تحسين بناءها. (الراشدي /١٩٨٧/٢٧ – ٢٨).

أما بالنسبة للمخلفات النباتية فهي الأخرى لها أهميتها في تجميع حبيبات التربة بوسائل متعددة،منها ان حفظ الجذور وثاني اوكسيد الكربون الناتج عن عملية التنفس لهما أهميتهما في تجميع دقائق التربة،كما ان الشعيرات الجذرية للنباتات تعمل على ربط دقائق التربة، أما مخلفات النباتات الأخرى (السيقان، الأوراق) فهي التي تعمل

جدول (٥)

أصناف وأنواع بناء التربة حسب أحجام المجاميع/ملم

الأصناف	نوع البناء (وحدة القياس/ ملم)						
	صفائحي	منشوري	عمودي	كتلي ذو الزوايا	كتلي غير محدد الزوايا	حبيبي	فتاتي
دقيقة جداً	أصغر من ١	أصغر من ١٠	أصغر من ١٠	أصغر من ٥	أصغر من ٥	أصغر من ١	أصغر من ١
دقيقة	٢-١	٢٠-١٠	٢٠-١٠	١٠-٥	١٠-٥	٢-١	٢-١
متوسطة	٥-٢	٥٠-٢٠	٥٠-٢٠	٢٠-١٠	٢٠-١٠	٥-٢	٥-٢
خشنة	١٠-٥	١٠٠-٥٠	١٠٠-٥٠	٥٠-٢٠	٥٠-٢٠	١٠-٥	-
خشنة جداً	أكبر من ١٠	أكبر من ١٠٠	أكبر من ١٠٠	أكبر من ٥٠	أكبر من ٥٠	أكبر من ١٠	-

المصدر: ١- وليد خالد العكيدي، علم البدولوجي مسح وتصنيف الترب، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٦، ص.٢٣٢

٢- ar.wikipedia.org.

على تجهيز المواد الغذائية للكائنات الحية الدقيقة التي تساعد على تجميع حبيبات التربة وثبات مجاميعها.

وفيما يخص عامل الطين والكاتيونات المتبادلة فمن المعلوم أن الطين يساعد على تكوين مجاميع التربة كونه يعمل كعامل لاحم أو مادة سمنتية لربط دقائق التربة فضلاً عن قدرته على التشرب والتقلص مع تغير المحتوى الرطوبيللتربة،ولا بد من الإشارة إلى ان نوعية المعادن الطينية لها تأثير مهم في هذا المجال،فالطين الذي يسود فيه معدن الكاؤلين له القدرة العالية على التجمع أكثر مما هو عليه من الطين الذي يسود فيه معدن المونتوريللونايت الذي كثيراً ما تتعرض التربة الحاوية عليه للتشقق كما مر معنا.

أما بالنسبة للكاتيونات المتبادلة فقد وجد بان للكالسيوم تأثير تجميعي على دقائق التربة يليه في ذلك المغنسيوم ثم البوتاسيوم،بينما يكون لعنصر الصوديوم اثر تفريقي أو تشتيتي (Dispersion).

أما ما يتعلق بعامل الترطيب والتجفيف فهو الأخر قد يزيد من تجميع حبيبات التربة أحياناً لكنه قد يؤدي إلى تحطيم تجمعاتها أحياناً أخربوبالأخص عند غمر التجمعات الجافة تماماً بالماء بصورة مفاجئة،كما تؤدي عملية التجفيف الذي ينتج عنها الانكماش إلى زيادة تماسك مجمعات التربة وبالتالي زيادة ثباتيتها. (هليل/١٩٩٠/١٧٢).

وأخيراً قد تؤدي العمليات الزراعية كأحد العوامل المؤثرة على بناء التربة إلى: هدم مجمعات التربة التي تتكون بطريقة ما،وقد تؤدي إلى إيجاد تجمعات جديدة إذ أجريت هذه العمليات عند المحتوى الرطوبي المثالي للتربة،ويؤدي مرور الآلات الزراعية الثقيلة فوق التربة بشكل مستمر إلى سحق وتحطيم تجمعات دقائق التربة. كما يزداد تضاغط طبقات تحت التربة (sub soil Compaction) وما ينجم عن ذلك من سد لمسامات التربة، وإعاقة عمليات الصرف وتكوين طبقة صماء (Hard pan layer) في التربة علاوة على إعاقة نمو جذور النباتات وانتشارها. (Voorhees et .. al/ ٣٤٨ – ٣٤٩)، (Dexter/١٩٧٦/٢٦٨).

تعد ظاهرة تقشر التربة احد مؤشرات ضعف بناء التربة إذ تتكون قشرة صلبة متراصة يتراوح سمكها بين بضع مليمترات إلى عدة سنتيمترات ذات كثافة ظاهرية عالية. (عبد الرسول/١٩٩٤/٣) .

وترجع أسباب هذه الظاهرة إلى عوامل كثيرة منها ما يتعلق بخصائص التربة نفسها ومنها ما يتعلق بطبيعة إدارتها،كاحتواء التربة على نسبة عالية من دقائق الغرين وكاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) وكمية ونوعية معادن الطين،وطرائق الري المتبعة وطرق الحراثة ودرجاتها، إضافة إلى قلة المواد العضوية وارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر العالية ودورات الترطيب والتجفيف. (دوغرمهجي وآخرون/١٩٨٨/١ – ٢).

إن لهذه الظاهرة آثاراً سلبية عديدة على التربة والنبات،منها قلة تهوية التربة كما إنها تقلل من سرعة غيض الماء وزيادة فقدانه عن طريق الجريان السطحي،وتقلل من نسبة بزوغ البادرات وما يتبع ذلك من انخفاض لنسبة الإنبات علاوة على صعوبة تغلغل جذور النباتات خلال التربة،ويمكن القول عموماً في هذا الجانب أن العوامل التي تشجع في تكوين بناء جيد للتربة هي نفسها التي تقلل من تكوين القشرة الصلبة فيها،والعكس هو الصحيح.

ولأجل المحافظة على البناء الجيد للتربة يتطلب الأمر القيام ببعض الإجراءات المهمة كالحراثة على أعماق متفاوتة ولأسفل الطبقات المتضاغطة،والسماح للتربة بالتعرض للهواء بعد الحراثة وقبل الشروع بالعمليات الزراعية اللاحقة،علاوة على إضافةالأسمدة العضوية والكيماوية وزراعة المحاصيل حسب الدورة الزراعية والإقلال من استخدام الآلات الزراعية الثقيلة قدر الإمكانوبالأخص عندما يكون محتوى التربة الرطوبي عالياً (lsraeisen/١٩٧٩/١٤٩).

٤- الكثافة الظاهرية للتربة: Bulk Density of the soil

الكثافة الظاهرية للتربة هي كتلة وحدة الحجم للتربة الجافة،ويشمل الحجم هنا كل من الجزء الصلب للتربة والمسامات وتقاس عادة بـــ(غم / سم٣) أو بوحدة الميكاغرام/م^{٣} (Foth/١٩٨٤/٣٦).

ترتفع قيم الكثافة الظاهرية للتربة مع زيادة العمق،بسبب قلة المواد العضوية،وقلة تغلغل جذور النباتات إضافة للتضاغط الذي تتعرض له الطبقات السفلى جراء سير الآلات الزراعية على سطح التربة وضغط الطبقات العليا،علاوة على ابتعاد الطبقات السفلى للتربة عن متناول العمليات الزراعية وعموماً تتراوح الكثافة الظاهرية للتربة المعدنية ذات النسجة الناعمة بين (١,٠-١,٦) ميكاغرام/م^{٣} وفي التربة المعدنية ذات النسجة الخشنة تتراوح بين (٢، ١ــ٨، ١ ميكاغرام/م^{٣}) بينما تنخفض هذه القيم في التربة العضوية إذ تتراوح بين (٢، ٠- ٦، ٠ ميكاغرام/م^{٣}) بسبب انخفاض كثافة المواد العضوية مقارنة بالمواد المعدنية إضافة إلى جودة بناء التربة العضوية (العطب/٢٠٠١/٩٨).

وقد تختلف الكثافة الظاهرية للترب ضمن الموسم الزراعي الواحد،فقد تبلغ (٠,٨ ميكاغرام/م^{٣}) في التربة المحروثة ولكنها ترتفع إلى حوالي (١,٦ ميكاغرام/م^{٣}) في نهاية الموسم الزراعي بعد انتهاء العمليات الزراعية واستقرار التربة. ومما تجدر الإشارةإليه ان التسميد العضوي ونمو النباتات الطبيعية وبالأخص الحشائش يؤديان إلى خفض الكثافة الظاهرية للطبقة السطحية للتربة على وجه الخصوص (Gosseling/١٩٨٤/١٧٧).

تكتسب دراسة الكثافة الظاهرية أهمية كبيرة وبالأخص للتربة المروية،فهي تؤثر في الموصلية المائية (Hydraulic Conductivity) للتربة،ومدى قدرتها على

الاحتفاظ بالمياه فزيادة المحتوى الرطوبي للتربة من شأنه أن يعمل على خفض قيمة الكثافة الظاهرية لها (Reeve et .. al/١٩٧٣/٦٧)،فضلاً عن أهمية الكثافة الظاهرية في تحديد مسامية التربة التي تحدد طبيعة حركة الماء والهواء في التربة كما ان اختراق جذور النباتات يقل بزيادة الكثافة الظاهرية للتربة التي تعرضت للتضاغط فمثلاً وجد ان وزن جذور محصول القطن وعمق تغلغلها يتناقص عندما ازدادت الكثافة الظاهرية للتربة من ١,٣ ميكاغرام/م^{٣} إلى ١,٥ ميكاغرام/م^{٣} (Lowry *et .. al*/١٩٧٠/٣٠٧)،وعند جفاف التربة فان تغلغل الجذور يقل تحت كل قيم هذه الكثافة.

وقد أشارتإحدى المصادر إلى أن القيم المفضلة للكثافة الظاهرية للترب الزراعية تتراوح بين(٢،١–٣،١ميكاغرام/م^{٣})مع حد أقصى قدره (٤،١ ميكاغرام/م^{٣}) وذلك عندما تتراوح مساميتها بين (٤٨ – ٥٠%).(العاني/ ١٩٨٤/ ٢١٦).

ومما تجدر الإشارةإليهأن ارتفاع قيمة الكثافة الظاهرية للتربة من شأنه أن يكسبها مميزات غير مرغوبة من الناحية الزراعية كزيادة نشاط الخاصية الشعرية التي تعد احد الأسباب المهمة في ملوحة التربة، إضافة إلى زيادة مقاومة التربة للآلات والمعدات عند إجراء العمليات الزراعية. كما إنها تؤدي إلى قلة نمو جذور النبات وبالأخص في مرحلة نمو البادرات،وزيادة مقاومة التربة الميكانيكية لنمو الجذور وتغلغلها،وكذلك انخفاض معدل انتشار الأوكسجين الذي يؤثر بدوره على تنفس جذور النباتات،علاوة على انخفاض تحلل المواد العضوية بسبب قلة فعالية الأحياء الدقيقة،وقد يؤدي ارتفاع الكثافة الظاهرية للتربة إلى خفض معدل امتصاص العناصر الغذائية بسبب قلة التهوية.

٥- الكثافة الحقيقية للتربة (Particle Density of the soil)

تمثل الكثافة الحقيقية للتربة كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة وهي الأخرى تقاس بوحدات غم/سم^{٣} أو ميكاغرام/م^{٣}.

تعتمد قيم الكثافة الحقيقية للتربة على عاملين الأول هو التكوين المعدني للتربة إذ ترتفع هذه الكثافة مع زيادة محتوى التربة من المعادن الثقيلة ذات الوزن النوعي العالي إذ انه يبلغ لمعادن الكوارتزوالكاؤلينوالدولومايتوالكالسايت(٢,٥٠ ، ٢,٦٤ ، ٢,٨٥ ، ٢,٧٢) على التوالي،ويتراوح بين (٢,٦٠ – ٢,٨٦) لمعدن الألايت وبين (٢,٧٥ – ٢,٧٨) لمعدن المونتموريللونايت وبين (٢,٧٠ – ٣,١٠) لمعدن المسكوفايت وبين (٢,٥٤ – ٢,٥٧) لمعدن الفلدسبارالبوتاسي (العاني/ ١٩٨٤/ ٢٣١)، أما العامل الثاني فهو المواد العضوية حيث تنخفض الكثافة الحقيقية للتربة مع زيادة محتواها من المواد العضوية والعكس هو الصحيح،ولذلك لا توجد اختلافات كبيرة للكثافة الحقيقية لمعظم الترب ما لم تطرأ اختلافات ملموسة في تكوينها المعدني أو محتواها من المواد العضوية .

تتراوح الكثافة الحقيقية للتربة المعدنية عادة بين (٢,٥٥ – ٢,٧٥ ميكاغرام /م^{٣}).أما بالنسبة للتربة العضوية فإنها تتراوح فيها بين (١,٢٥ – ١,٨٠ ميكاغرام /م^{٣})،وعموماً يبلغ معدل الكثافة الحقيقية للطبقة السطحية للترب الزراعية حوالي (٢,٦٥ ميكاغرام /م^{٣}) (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٦١)،وتتمثل أهمية الكثافة الحقيقية من دورها في تحديد مسامية التربة وتحديد طبيعة التكوين المعدني لدقائقها ومحتواها من المواد العضوية.

٦- مسامية التربة Soil porosity

تعبر مسامية التربة عن نسبة حجم الفراغات الموجودة في حجم معين من التربة أيإنها النسبة المئوية للفراغات البينية للتربة ولها علاقة مباشرة بتركيب التربة من حيث الحجم والشكل والترتيب وتتغير مسامية التربة حسب نظام ترتيب الجزئيات وبحسب الاختلاف بين أطرافها ووجوهها. (حسن/٢٠١٢/٥٣)،وعموماً وتتراوح قيم مسامية الترب بين (٣٠ – ٦٠%) وتنخفض في الترب الخشنة النسجة عما هو عليه في الترب الناعمة النسجة ولوان متوسط حجم الفراغات يكون اكبر في الترب الخشنة النسجة عما هو عليه في الترب الناعمة. (عبد الهادي/ ١٩٨٨/ ٣١). ويمكن احتساب النسبة المئوية لمسامية التربة وفق العلاقة الآتية (١٨٥ /١٩٧٢ /Baver):

$$\text{مسامية التربة\%} = ١ - \frac{\text{الكثافة الظاهرية للتربة ميكاغرام/م٣}}{\text{الكثافة الحقيقية للتربة ميكاغرام/م٣}} \times ١٠٠$$

تحتم علينا دراسة مسامية التربة التعرف على التوزيع الحجمي لمسامات التربة،وبناءً على ذلك يمكن تمييز نوعين من المسامات، الأول هي المسامات الشعرية (Capillary pores) أو المسامات غير الفعالة،والثاني هي المسامات غير الشعرية (Non-capillary pores) أو المسامات الفعالة. فبالنسبة إلى المسامات غير الفعالة هي مسامات صغيرة تقل أقطارها عن (٨ ميكرون)،وتمتلئ عادة بالماء غير الجاهز للنبات وتحمله بالخاصية الشعرية (Capillary Action)،وهي المسئولة عن مقدرة وسعة التربة للاحتفاظ بالماء ضد قوى الجاذبية، أما المسامات الفعالة فهي مسامات كبيرة تزيد أقطارها عن (٨ ميكرون)،وفيها يوجد الماء الجاهز للنبات،كما إنها مملوءة بالهواء والأحياء المختلفة،فهي تلعب دوراً مهماً في تهوية التربة وصرفها الداخلي.(نحال/ ١٩٦٤/ ١٠٨) .

تكتسب دراسة مسامية التربة أهميتها من علاقتها الوثيقة مع نمو النباتات فالحجم المسامي الكلي للتربة يشير إلى المساحة الجاهزة للماء والهواء في التربة، وطبيعة المسامات من حيث كونها مسامات شعرية أم غير شعرية تعد مؤشراً للسعه الحقلية للتربة،وكذلك لتهويتها ومدى تصريفها للماء،فالتربة التي تحتوي على نسب عالية من دقائق الغرين والطين تكون فيها النسب الكلية للمسامات عالية،ولكن نسب المسامات الفعالة تكون قليلة بسبب تغلب المسامات الصغيرة،فينتج عن ذلك ان تكون حركة

الماء والهواء خلالها بطيئة،ويحدث العكس تماماً في التربة التي تزداد فيها نسبة دقائق الرمل،واستناداً لذلك تكون التربة الناعمة النسجة ذات سعة حقلية عالية للاحتفاظ بالماء،بينما تكون الترب الخشنة النسجة ذات سعة حقلية منخفضة. وقد أشارت احد الدراسات إلى صعوبة تغلغل جذور محاصيل الحنطة والشعير والجت في احد الترب الطينية الغرينية في العراق إلى عمق دون (٤٥ سم) بسبب سوء تهوية التربة الناتج عن قلة المسامات الكبيرة.

ومما تجدر الإشارةإليه إلى أن وجود المواد العضوية في العمق الأول للتربة من شأنه أن يؤثر على طبيعة مسامات التربة،حيث تعمل هذه المواد على زيادة حجوم مسام التربة،كما أن جذور النباتات والأحياء الدقيقة في هذا العمق له أثره في إيجاد مسامات وفراغات في التربة،علاوة على وقوع هذا العمق في متناول العمليات الزراعية التي من شأنها زيادة حجوم مساماتها، أما بالنسبة للعمق الثاني فإن قلة المواد العضوية وضعف نشاط الكائنات الدقيقة فيه،وبعده عن تأثير العمليات الزراعية، إضافة إلى تماسك حبيبات تربته كلها عوامل ساهمت في تقليل حجوم مسامات التربة فيه. (Pitty/ ١٩٧٨/ ١١٢ -١١٣).

ومن العوامل الأخرى المؤثرة على مسامية التربة العمليات الزراعية كالحراثة والتسميد ونوع الآلات المستخدمة ونوع المحصول وطريقة إدارة التربة، إضافة إلى طبيعة بناء التربة،ومما تجدر الإشارةإليه ان مجموع المسامات البينية للتربة المزروعة اقل مقارنة بالتربة غير المزروعة بسبب انخفاض نسبة المواد العضوية وانخفاض تجمع حبيبات التربة،كما أشار احد الباحثين إلى أن استخدام مياه ري تحتوي على نسبة عالية من دقائق الغرين من شأنه أن يقلل من حجوم مسامات التربة. (ويست/١٩٥٤/٣٣٨).

٧- المحتوى الرطوبي للتربة Soil moisture content

وهو مقدار ما تحويه التربة من ماء في وقت معين،وتكمن ضرورة دراستنا لموضوع المحتوى الرطوبي للتربة من الأهمية الكبيرة لماء التربة في حياه النبات،فمن المعلوم انه لا بد من توفر كميات مناسبة من الماء لسد حاجة النباتات لعملية التبخر – النتح Evaportranspiration،وقد أشار احد الباحثين بهذا الصدد إلى تناقص معدلات النتح بشكل ملحوظ عندما يتعرض ماء التربة إلى شد رطوبي أكثر من (٥) بار (Russell/ ١٩٧٣/ ٣٠)،ويدخل الماء في جميع العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي تتم داخل التربة فهو يعمل كمذيب لمعظم المواد التي يحتاجها النبات،كما انه يشكل وسطاً للتفاعلات الكيمياوية في التربة وكعامل مشترك فيها،ويقوم الماء بنقل العناصر الغذائية من أماكن وجودها إلى أماكن احتياجها من قبل النبات. (حسن/ ٢٠٠٣/ ٢٥).

وتظهر أهمية الماء في نواحٍ عديدة أخرى،فعملية إنبات البذور لا تتم إلا بوجود نسبة معينة من الرطوبة،وعملية التمثيل الكلوروفيلي في الأجزاء الخضراء من النبات لا تتم إلا بوجود الماء كعامل مساعد ومذيب ومكون للسكريات الأولية الناتجة عن هذه العملية،ويعتمد نشاط الأحياء الدقيقة كذلك على توفر قدر مناسب من رطوبة التربة،ولا ينكر ما للمحتوى الرطوبي للتربة من أهمية بالغة في إنتاج المحاصيل الزراعية فعلى سبيل المثال يحتاج محصول قصب السكر إلى كميات كبيرة من الماء في مرحلة النمو الخضري واستطالة الساق،ويؤدي نقص الماء في هذه المرحلة إلى ذبول النبات وهلاكه ووجد أيضاً أن هناك انخفاضاً في حاصل الحبوب عند انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة أثناء فترة التزهير،واثر ذلك سلباً على تطور ونمو الجذور.

وأخيراً أشار احد الباحثين إلى تناقص منطقة الاتصال والاحتكاك بين جذور النباتات والتربة مع تناقص المحتوى الرطوبي للتربة. (Herkelrath et .. al/ ١٠٣٨ /١٩٧٧).

هنالك عدة تصانيف لماء التربة منها ما يستند إلى قوة الشد التي يمسك بها الماء من قبل دقائق التربة ويسمى التصنيف الفيزيائي وبموجبه يصنف الماء إلى:

١- ماء التبلور Water of Crystallization

وهذا الماء يعتبر جزءاً من الحالة الصلبة للتربة ويدخل ضمن هذاالماء مجموعة الهايدروكسيل الموجودة في الأجزاء الصلبة المعدنية والعضوية. وليس لهذا الماء أهمية من وجهة نظر علاقة التربة بالنبات. ويمكن تقدير هذا الماء بتسخين التربة إلى درجات حرارية عالية مما يغير الشكل البلوري للتربة.

٢- الماء الهيكروسكوبيHygroscopic Water

وهو الماء المشدود بقوى شد تتراوح بين (٣١-١٠٠٠٠) ضغط جوي وهو يكون غشاء خفيف على الحد الفاصل بين الجزء الصلب والسائل والغشاء الخفيف وهو مكون من (١٥-٢٠) طبقة من جزئيات الماء المضغوط بشدة باتجاه الجزء الصلب كما أن سمك هذه الطبقات من (٤-٥) ملي مايكرون. والماء هنا يكون بحالة غير سائلة،وعندما يزداد سمك الغشاء هذا ويتجه إلى شد قريب من (٣١ ضغط جوي) يتحول الماء إلى سائل. ولهذا فإن هذا الماء غير فعال ولا يدخل في التفاعلات الكيمياوية والتي تجري في التربة والكثير منه يمكن أن يتبخر من التربة في فرن درجة حرارته ١١٠°م لمدة ١٠ ساعات وتختلف نسبة هذا الماء بالنسبة للترب المختلفة ففي الترب ذات المواد العضوية القليلة تكون نسبته (١-٢)% وفي الترب التي تحتوي على (٤-٥)% مادة عضوية قد يكون ١٥ – ٢٠% وفي بعض الأتربة العضوية قد يبلغ ٦٠ – ٧٠% بسبب كون أكثره مشدود إلى غرويات التربة. علاوة على ذلك فان مقدار الماء الهيكروسكوبي يعتمد على كمية ونوعية الأملاح الموجودة في التربة وعلى نوعية معادن الطين السائدة في التربة.

٣- الماء الشعري Capillary Water

وهو الماء المشدود بين قوى شد (٣/١-٣١) ضغط جوي ويكون بحالة سائلة وفعال وهو يكون بحركة مستمرة في المسامات الشعرية والماء الذي يكون مشدود بين (١٥-٣١) ضغط جوي قد تكون حركته داخل التربة بطيئة إلاأن الماء المشدود بين (٣/١-١٥) ضغط جوي تكون حركته طليقة في التربة وأهمية الماء الشعري انه يحتوي على أملاح التربة مذابة فيه والتي تشكل غذاء للنباتات وفي كثير من الأحيان يسمى بمحلول التربة. وخواص هذا النوع من الماء لا تكون ثابتة بل تعتمد على خواص التربة،مثل نسيج التربة،فكلما كانت نسجة التربة انعم ازدادت كمية الماء الشعري وذلك لكثرة المسامات البينية الموجودة بين الدقائق الصغيرة والتي تحتفظ بالماء الشعري وكذلك المواد العضوية إذ كلما ازدادت ازداد الماء الشعري لان المادة العضوية تحتوي على المسامات والقنوات الصغيرة التي تحتفظ بالماء الشعري .

٤- ماء الاجتذاب Gravitational Water

وهو الماء الذي تحتفظ به التربة بقوى اشد اقل من ٣/١ ضغط جوي واقل والذي يبزل من التربة نتيجة لقوى الجاذبية الأرضية،أنأكثرية هذا الماء يوجد في المسامات الكبيرة Macropores وهذا الماء يستفيد منه النبات بدرجة قليلة وذلك بسبب سرعة حركة هذا النوع من المياه نحو الأسفل ويصل منطقة فيها نسبة الرطوبة عالية وجميع المسامات مملوءة بالماء فيكون ما يسمى بالمياه الجوفية ground waterوهناك تصنيف آخر لماء التربة يستند إلى جاهزية الماء وتيسره للامتصاص من قبل النبات ويسمى التصنيف البايلوجي وبموجبه يصنف ماء التربة إلى:

١- ماء الاجتذاب gravitational Water أو الماء الزائد (Superfluous water) يبزل هذا الماء بسرعة في المنطقة الجذرية عند تجانس مقد التربة وتحت ظروف البزل الطبيعية لذلك فان النبات لا يتمكن من الاستفادة منه بدرجة ملموسة تحت الظروف الاعتيادية. ويمسك هذا الماء عادة بشد اقل من الشد عند السعه الحقلية. وعند بقاء نسبة كبيرة من هذا الماء في التربة لفترات طويلة قد يكون ضاراً لنمو النبات لتأثيره على تهوية التربة ودرجة حرارتها وجاهزية بعض العناصر الغذائية للنبات وفعالية الأحياء الدقيقة .

٢- الماء الجاهز للنبات (Available water): هو الماء الممسوك بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ويكون هذا الماء عادة ما يسمى بمحلول التربة وهو المصدر الرئيس للماء المستهلك من قبل النبات.

تعتمد كمية الماء الجاهز للنبات في التربة على كل من المساحة السطحية النوعية للتربة ومجموع المسامات البينية وتوزيع أحجام المسامات وهذه الصفات تعتمد على كل من نسجة التربة وتركيبها. ويلاحظ بان الترب الناعمة النسجة تحتوي

على أعلى نسبة من الرطوبة عند السعة الحقلية إلاأن الترب المتوسطة النسجة تحتوي على أعلى نسبة من الماء الجاهز للنبات. رغم ان جميع الماء الممسوك بين السعه الحقلية ونقطة الذبول في تربة معينة يسمى بالماء الجاهز إلاأن الدراسات قد بينت بان جاهزية الماء تقل كثيراً قبل الوصول إلى نقطة الذبول الدائم. ويستحسن أن يضاف الماء إلى التربة عند استنزاف ما يقارب ٧٥% من مخزون الماء الجاهز لأجل الحصول على إنتاج جيد للمحاصيل.

٣- الماء غير الجاهز Unavailable water: يشمل هذا الصنف جميع الماء الممسوك بشد اكبر من الشد عند نقطة الذبول الدائم. ويدخل في ذلك الماء الهايكروسكوبيبالإضافة إلى جزء من الماء الشعري ولابد من الإشارة إلى الارتباط الوثيق بين التصنيف البايلوجي لماء التربة مع طبيعة نسجتها إذ تزداد نسبة الماء الجاهز وغير الجاهز في الترب الناعمة النسجة وتنخفض في الترب الخشنة ويحدث العكس في نسبة ماء الجذب إذ ترتفع نسبته في الترب الخشنة وتنخفض في الترب الناعمة. **(جدول ٦)**.

(جدول ٦).

علاقة نسجة التربة بالتصنيف البايلوجي للتربة

نسجة التربة	ماء الجذب	الماء الجاهز%	الماء غير الجاهز %
رملية	%٨٢	١٢	٦
مزيجية	%٢٥	٥٠	٢٥
مزيجيةغرينية	%١٩	٥٠	٣١
الطينية	اكبر أو يساوي ١%	٣٧	٦٢

المصدر: سعدالله نجم عبدالله النعيمي، علاقة التربة بالماء والنبات،جامعة الموصل،الموصل،١٩٩٠،ص٣١١.

يتعرض الماء في التربة إلى قوة تستطيع دقائق التربة من خلالها من مسك الماء وتسمى هذه القوة باسم الشد الرطوبي للتربة Soil tention وهي القوة التي يمسك فيها الماء في التربة عندما تكون التربة غير مشبعة،ويتم ذلك بواسطة قوتين، هما قوة الالتصاق (Adhesion) الناتجة عن جذب حبيبات التربة للماء،وقوة التماسك (Cohesion) الناتجة عن مسك جزئيات الماء في الغشاء المائي بواسطة الأواصر الهيدروجينية،وهذا الماء أكثر حرية وسهولة في حركته من ذلك الممسوك بقوة الالتصاق. وفي التربة الجافة يكون الماء ممسوكاً بشد رطوبيعالٍ،لذا فهناك حاجة لجهد كبير لاستخلاص هذا الماء من التربة وهو ما يسمى بالجهد المائي للتربة (soil water potential)،ويعتبر هذا الجهدمحصلة لعدة جهود هي:

١- جهد الجذب (Gravitational potential) الذي يعبر عن الجهد اللازم للاحتفاظ بالماء ضد قوة الجاذبية الأرضية.
٢- جهد الضغط (pressure potential) الذي ينتج عن وزن عمود الماء فوق نقطه معينة،وعادة ينجم عن ضغط خارجي على ماء التربة في تلك النقطة.
٣- الجهد الهيكلي (Matric potential) وهو الجهد الناتج عن قوى التلاصق والتماسك التي سبقت الإشارةإليهما.
٤- الجهد الآزموزي (Osmotic potential) وهو الجهد الناتج عن وجود المواد الذائبة حيث تتولد قوى تجاذب بين الأملاح وماء التربة فيؤدي ذلك إلى إعاقة حركة الماء.
٥- الجهد الهيدروليكي (Hydroulic potential) وهو الجهد الذي يمثل محصلة لجهد الجذب وجهد الضغط الأنف الذكر. (العاني/ ١٩٨٤/ ٢٨٢ – ٢٨٣).

تحصل تغييرات في المحتوى الرطوبي للتربة بعد إضافة الماء إليها وذلك عقب سقوط الأمطار أو عمليات الري،وتسمى حدود هذه التغييرات بالثوابت المائية (Soil Moisture Constants)،وتتمثل هذه الثوابت بما يأتي:

أ – نسبة التشبع (Saturation Ratio)

تعبر نسبة التشبع عن النسبة المئوية للرطوبة في التربة عندما تمتلئ كافة مساماتها بالماء،وتكون التربة حينئذٍ في سعتها العظمى للاحتفاظ بالماء (Maximum retentive capacity)، وتكون قوة الشد الرطوبي في هذه الحالة (صفراً)،وهذه الحالة مضرة لنمو النبات بسبب انعدام الهواء اللازم لتنفس جذور النباتات،فيؤدي ذلك إلى اختناق الجذور وحدوث عمليات الأكسدة. كما أن التخلص منه بالصرف يؤدي إلى فقدان العناصر الغذائية للنباتات المنحلة فيه، ويظهر الأثر السلبي لهذا الماء في المناطق الرطبة إذ تحدث عمليتي الغسل والترسيب ضمن المقطع العمودي للتربة،ولابد من الإشارة إلى ان نسبة التشبع تتأثر بعدة عوامل أهمها نسجة التربة إذ تزداد هذه النسبة في الترب الناعمة النسجة فزيادة نسبة دقائق الغرين والطين ينتج عنها زيادة في نسبة المسامات الكلية،كما تزداد فيها المسامات الصغيرة التي تحتفظ بالماء،لذا تكون السعه العظمى للاحتفاظ بالماء لهذه التربة عالية بينما يسبب الارتفاع النسبي لدقائق الرمل في الترب الخشنة إلى قلة في نسبة المسامات الكلية وتكثر فيها المسامات الكبيرة،لذا تكون السعه العظمى للاحتفاظ بالماء لهذه التربة منخفضة.أما العامل الثاني فانه يتعلق بمستوى المياه الأرضية،فارتفاع هذا المستوى في المناطق المنخفضة يؤدي إلى امتلاء مسامات التربة بالماء فيها، الأمر الذي ينعكس بدوره على زيادة نسبة تشبع هذه التربة مقارنة بتربة المناطق المرتفعة نسبياً التي تتميز بانخفاض مستوى المياه الأرضية فيها بشكل عام.

ب – السعة الحقلية Field Capacity: تمثل السعة الحقلية النسبة المئوية للرطوبة التي تحتفظ بها التربة بعد أن يتم بزل جميع الماء الزائد،وتصبح رطوبة التربة ثابتة نسبياً،وتمثل السعة الحقلية الحد الأعلى للماء الجاهز للنبات وجرت العادة على احتساب السعه الحقلية عندما تكون تحت شد رطوبي قدره ٣/١ بار، والبار هو وحدة لقياس طاقة ماء التربة والتي تقاس بطول عمود من الماء إذ أن البار يكافئ ١٠٢١ سم من الماء.

تصل التربة إلى سعتها الحقلية بعد حوالي (٢-٣ يوم)من ريها أو بعد سقوط أمطار غزيرة،وبعد هذه الفترة تنخفضسرعة تزول الماء داخل التربة بدرجة كبيرة عندئذٍ تكون معظم المسامات الصغيرة مملوءة بالماء بينما تكون معظم المسامات الكبيرة مملوءة بالهواء (Pitty/ ١٩٧٨/ ١٣١).

تتأثر السعة الحقلية للتربة بعدة عوامل أهمها نسجةالتربة،فالتربة ذات النسجة الناعمة لها سعة حقلية أعلى مما سواهامن الترب بسبب احتفاظ هذا النوع من التربة بكمية اكبر من الماء ولفترة أطول. كما أن التربة الحاوية على أطيان من معادن المونتموريللونايت يمكنها الاحتفاظ بأكبر كمية من الماء مقارنة بالأطيان الحاوية على معادن أخرى. علاوة على ذلك تمتاز التربة الحاوية على نسبة عالية من المواد العضوية في تحسين بناء التربة،وبالتالي مساميتها كما أن المواد العضوية بحد ذاتها تمتلك سعة حقلية عالية (Brady/ ١٩٧٤/ ١٩٦)وأشار احد الباحثين إلى وجود علاقة وثيقة بين السعه الحقلية للتربة ومستوى الماء الجوفي،ووجد أن ارتفاع مستوى الماء الجوفي إلى اقل من (٢م) أدى إلى زيادة السعة الحقلية على الرغم من زيادة حجوم دقائق التربة. (المعاضيدي/ ١٩٨٩/ ٥٧).

ونظراً لأهمية تحديد نسبة رطوبة التربة عند السعه الحقلية في إمكانية حساب نسبة الماء الجاهز لاستعمالات النباتات وكمية الماء التي يمكن للتربة أن تحتفظ به ضد قوى الجاذبية الأرضية، إضافة إلى أهميتها في حساب فترات الري،يمكننا أن نستنتج أن نسبة الماء الجاهز لنمو المحاصيل الزراعية للترب الناعمة النسجة وكمية الماء التي تحتفظ به هذه التربة أكثر مما هو عليه بالنسبة للترب الخشنة النسجة، إضافة إلى ذلك يمكن أن نتوقع أن فترات الري للتربة الثانية أكثر تقارباً بالمقارنة مع التربة الأولى على أساسأن قابلية الترب الخشنة للاحتفاظ بالماء اقل من قابلية الترب الناعمة.

وتشير المصادر إلى أن معدل رطوبة التربة عند السعة الحقلية للترب المزيجيةالغرينية يبلغ حوالي ٢٠% وللترب المزيجية الطينية الغرينية يبلغ حوالي ٢٧% وللترب الطينية ٢٣% بينما يبلغ للترب الرملية حوالي ٨,٥ %،وعموماًيمكن تقييم نسبة الماء المخزون في الترب عند السعة الحقلية حسب الجدول رقم (٧) أدناه.

(جدول ٧)

تقييم نسبة الماء المخزون في التربة عند السعه الحقلية

رطوبة التربة عند السعة الحقلية تحت قوة شد ٣/١ بار	التقييم
اقل من ١٢%	قليل جداً
١٢ – ٢٤ %	قليل
٢٤,١ – ٣٦ %	متوسط
٣٦,١ – ٤٨ %	عالي
أكثر من ٤٨ %	عالي جداً

المصـــــدر: عبـــدالله ســـالم المـــالكي ونجـــم عبـــدالله رحيم،جغرافيةالتربة،جامعـــة البصرة،البصرة،٢٠١٢،ص٣٤.

جـ – نقطة الذبول الدائم: Permanent wilting point

تمثل نقطة الذبول الدائم النسبة المئوية لرطوبة التربة والتي تذبل عندها النباتات ذبولاً دائمياً،وتحدث هذه الحالة عندما يقوم النبات بامتصاص الماء من الأغشية المائية المحيطة بدقائق التربة للقيام بفعالياته الحيوية المختلفة،علاوة على ما يفقد من ماء في عملية النتح للنبات والتبخر من سطح التربة،فيقل بذلك سمك الأغشية المائية حول دقائق التربة وتزدادقوة الشد عليها حتى تصل إلى الحد الذي لا يستطيع معه النبات امتصاص الماء فيها،فيذبل النبات ذبولاً مؤقتاً بادئ الأمر، وإذا لم يضاف الماء للتربة في هذه المرحلة فإن النبات يذبل ذبولاً دائمياً،ويمكن اعتبار الشد الرطوبي للتربة الذي مقداره (٥ بار)دليلاً على نقطة الذبول الدائم. (٧٥-٧٤ /١٩٨٤ /Foth).

تتأثر قيم المحتوى الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول الدائم بعدة عوامل أهمهاطبيعة نسجة التربة إذ ترتفع في الترب ذات النسجة الناعمة بالمقارنة مع الترب ذات النسجة الخشنة ويعزى ذلك إلى ارتفاع دقائق الغرين والطين في الترب الناعمة الأمر الذي يترتب عليه أن تكون ذات قابلية عالية للاحتفاظ بالماء وأشارتإحدى المصادر إلى أن المعدل العام للرطوبة عند نقطة الذبول الدائم للترب المزيجيةالغرينية يبلغ حوالي ٥% بينما يبلغ للترب المزيجية الطينية الغرينية حوالي ١٢%. (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٣٢٥). ومما تجدر الإشارةإليهأن قوة الشد التي تتعرض لها التربة عند نقطة الذبول الدائم لا تعتمد فقط على مدى خشونة أو نعومة نسجة التربة وإنما تتعلق أيضاً بمحتوى التربة من الأملاح المذابة إضافة إلى الاستهلاك المائي Consumptive water use ونوع المحصول الزراعي.

ومن العوامل المؤثرة على المحتوى الرطوبي للتربة عند نقطة الذبول الدائم هو وجود الطبقات Stratification ضمن قطاع التربة فضلاً عن تضاغط التربة Compaction الذي يؤثر على ترتيب المسامات في التربة وبالتالي كمية الماء المخزون فيها. (الموسوي/ ٢٠٠٥/ ١١٠).

د – نسبة الماء الجاهز Available water Ratio

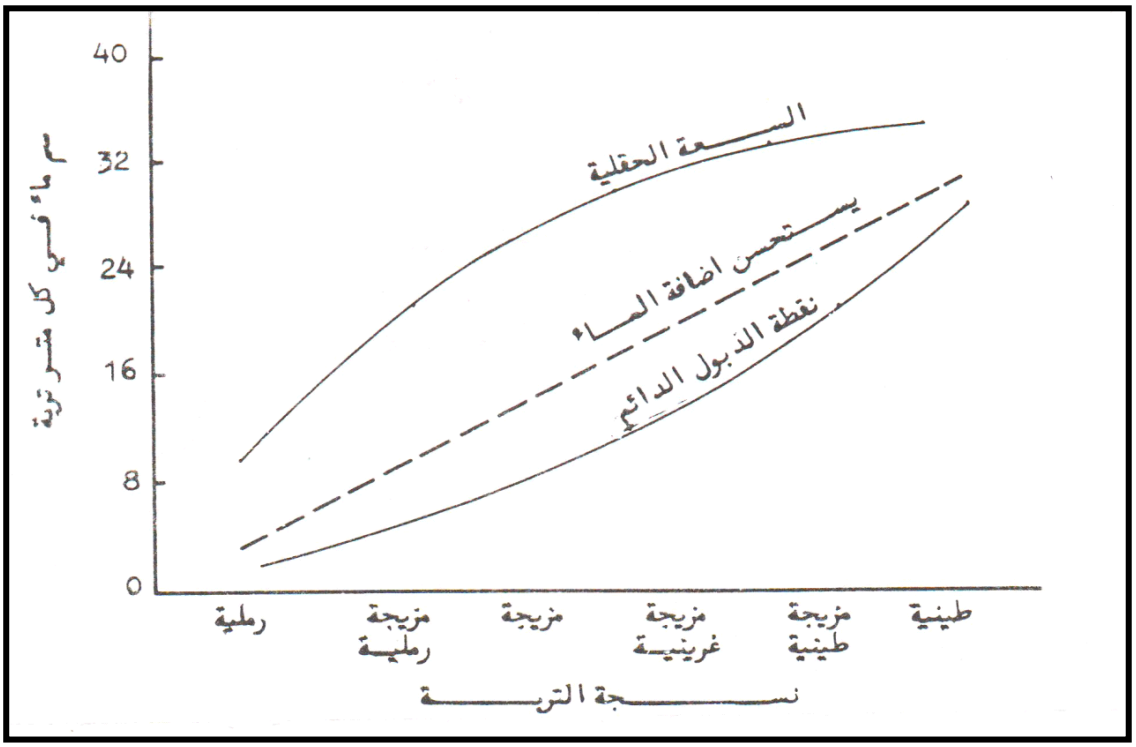
تتحدد نسبة الماء الجاهز في التربة بالنسبة المئوية لرطوبة التربة الواقعة بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم، أي الفرق بين النسبة المئوية لرطوبة التربة عند الشد الرطوبي الذي تتراوح قيمته بين (٣/١ – ١٥ بار). أن تحديد نسبةالماء الجاهز في التربة له أهميته البالغة بالنسبة للنبات من ناحية إنتاج المحاصيل الزراعية،فكلما كان الماء الجاهزقريباً من السعه الحقلية للتربة،كانت التربة في حالتها المثلى لنمو النبات،والماء الجاهز في التربة قد يكون بطيء الجاهزية عندما يكون قريباً من نقطة الذبول الدائم وقد يكون سريع الجاهزية عندما يبتعد عن هذه النقطة فيستطيع النبات استخلاصه بسهولة. وبناءً على ذلك توصي العديد من الدراسات بضرورة أن تتم عمليات الري قبل وصول التربة إلى نقطة الذبول الدائم،لان ذلك يؤدي إلى موت النباتات،وترى بعض المصادر ضرورة إضافة الماء للتربة عندما تستنفذ ما نسبته (٥٠ – ٨٠%) من الماء الجاهز فيها،مع الأخذ بنظر الاعتبار نوع المحصول وانتشار مجموعته الجذرية،فعلىسبيل المثال لا الحصر يجب ري التربة المزروعة بمحصول القمح عندما تستهلك هذه التربة حوالي (٨٠%) من الماء الجاهز فيها،بينما يجب أن تكون التربة المزروعة بمحصول الرزعند سعتها الحقلية أو أكثر من ذلك دائماً.

وتتأثر نسبة الماء الجاهز في التربة هي الأخرى بعامل نسجة التربة وبنائها وعمليات إدارتها زراعياً ومحتواها منالمواد العضوية وتركيز الأملاح فضلاً عن عمق الجذور وسعتها وانتشارها في التربة ومدى تعرض التربة إلى الرص (رحيم/ ٢٠٠٧/ ٢١٩) إذ ترتفع هذه النسبة في الترب ذات النسجة الناعمة والتي تمكنها للاحتفاظ بأكبر قدر من الماء عند نقطة الذبول الدائم. (شكل ٩).

ولوحظ بهذا الصدد أن دقائق الطين التي تسود فيها معادن المونتموريللونايت مثلاً لها القابلية على الاحتفاظ بالماء أكثر مما هو عليه بالنسبة لمعادن الكاؤلينات أو الألايت، أما زيادة نسبة المواد العضوية في التربة فهو كفيل بزيادة نسبة الماء الجاهز فيها لما للمواد العضوية من تأثير في إيجاد بناء جيد للتربة،وتؤدي زيادة الأملاح في التربة إلى خفض نسبة الماء الجاهز لان هذه الأملاح تزيد من الضغط الآزموزي لمحلول التربة فينتج عن ذلك ذبول النباتات على الرغم من توفر الكميات المناسبة من الماء فضلاً عن ذلك فإن نسبة الماء الجاهز في التربة تزداد مع زيادة عمق التربة وهذا له أهميته بالنسبة للمحاصيل الزراعية الدائمية ذات الجذور العميقة كأشجار النخيل أو أشجار الفاكهة.

(شكل ٩)

علاقة نسجة التربة بالمحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ونسبة الماء الجاهز



المصدر: عبدالله نجم العاني،مبادئ علم التربة،جامعة الموصل،الموصل،١٩٨٠،ص١١١.

وأخيراً يمكن تقييم الترب حسب نسبة الماء الجاهز للنبات فيها فهي أماأن تكون قليلة جداً إذا كانت هذه النسبة اقل من ٥% وقليلة إذا تراوحت بين (٥ – ١٠%) ومتوسطة إذا كانت بين (١٠ – ٢٠%) وتكون عالية إذا تراوحت بين(١٥ – ٢٠%) وعاليه جداً إذا تجاوزت هذه النسبة (٢٠%) (إسماعيل/ ١٩٨٨/ ١٠٥).

١- معدل غيض الماء للتربة Infiltration rate of the soil

يطلق مصطلح الغيض على عملية دخول الماء إلى التربة عن طريق سطحها عند سقوط الأمطار أو إجراء عمليةالري وبصورة عمودية إلى الطبقات السفلى (حسن/١٩٩٠/١٨٩).يتحرك الماء في التربة حركة مستمرة وفي جميع الاتجاهات تبعاً لاختلاف الرطوبة والقوى المحركة له،وينتقل من مناطق الجهد العالي إلى مناطق الجهد الواطئ وتكون هذه الحركة أما بحالة الماء السائلة أو الغازية،ففي الحالة السائلة قد تكون الحركة تحت الظروف المشبعة (Saturated flow) عندما تكون مسامات التربة مملوءة بالماء بعد المطر أو الري وتسيطر على هذه الحركة قوى الجاذبية،وتزداد شده هذه الحركة مع خشونة نسجةالتربة،وقد تكون تحت الظروف غير المشبعة (Unsaturated flow) وتحصل عندما يكون قسم من المسامات مملوءة بالهواء،والماء هنا يكون تحت شد معين وتزداد شدتها مع نعومة نسجةالتربة،

أما حركة الماء بالحالة الغازية فتتمثل بحركة بخار الماء الذي يتحرك بالانتشار وتعتمد هذه الحركة على المحتوى الرطوبي للتربة ودرجات الحرارة ومسامية التربة وغيرها من المؤثرات (جيمز وآخرون/ ١٩٨٧/ ٨٢).

ينفذ الماء من سطح التربة إلى داخلها نتيجة لقوى الشد والجاذبية،ففي البداية وعندما تكون التربة جافة وغير مشبعة تكون قوى الشد العالي هي المسيطرة على عملية غيض الماء في التربة فتكون حركة الماء ناتجة عن الشد العالي بالدرجة الأولىوقوى الجذب الأرضي بالدرجة الثانية،وبمرور الزمن وحينما تتشبع التربة تقل قوى الشد وتصبح قوى الجاذبية هي المسيطرة على عملية غيض الماء،وبذلك يصل معدل الغيض إلى مستوى ثابت. تؤثر على معدل غيض الماء للتربة عوامل عديدة أهمها، طبيعة نسجة التربة حيث يقل هذا المعدل مع نعومة النسجة بسبب قلة نفاذية هذه الترب للماء كما تسبب سيادة البناء الصفيحي للتربة حاجزاً أمام الماء النافذ فيقلل ذلك من معدل الغيض بمقدار يتراوح بين (٠,١ – ٠,٣ سم/ساعة).

وأشارت احد المصادر إلى أن وجود نسبة عالية من الأملاح الذائبة في سطح التربة سببت انخفاضاً لمعدل غيضها للماء،لان هذه الأملاح لا تسمح بنفوذ الماء داخل التربة عند تميؤها،علاوة على ما ينتج من ضغط على التربة جراء مرور المعدات الزراعية التي تسبب تكوين طبقة متضاغطة (Compact – Layer) تقلل من غيض الماء داخل التربة (Smiles et .. al/ ١٩٨٢/ ٤٧٦).

وتسبب القشرة السطحية التي تتكون على سطح التربة انخفاًضاً لمعدل غيض الماء فيها. ووجد أيضاً أن ارتفاع درجات الحرارة في المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف يسبب ارتفاعاً لغيض الماء في تربتها،ويعزى ذلك إلى ارتفاع معدلات التبخر الذي يزيد من قيمة الضائعات المائية،وبالتالي تزداد قابلية التربة على استيعاب اكبر كمية من الماء (Jaynes/ ١٩٩٠/ ٣٠٥).

ويزداد معدل مغاض الماء عموماً مع كثافة الغطاء النباتي،وقد أشار احد الباحثين بهذا الصدد إلى أن معدل مغاض الماءقد يصل إلى (٣٩,٧ سم/ساعة) في ترب أشجار الغابات،ولكنه ينخفض إلى اقل من (٢,٥ سم/ساعة) في الترب المزروعة بالمحاصيل الموسمية. (Wood/ ١٩٧٧/ ١٣٣).

وبناءً على تفاوت التربة في معدلات غيضها للماء ونتيجة للعوامل المذكورة آنفاً يمكن تصنيف الترب إلى عدة أصناف استناداً لهذه الخاصية. (جدول ٨).

وقد أشارت احد المصادر إلى ان معدل غيض الماء للترب المتوسطة الخشونة يتراوح بين (٠,٨ – ٢,٠ سم/ساعة) وللترب المتوسطة الخشونة يتراوح بين (٠,٨ – ٢,٠ سم/ساعة). (إسماعيل/ ١٩٨٨/ ١١٣).

(جدول ٨)

تقييم الترب على أساس معدل غيض الماء (سم/ساعة) وفقاً لمعيار (F.A.O Criteria ١٩٧١).

معدل الغيض سم/ساعة	صنف التربة
اقل من ٠,١	بطيء جداً Very slow
٠,١ - ٠,٥	بطيء Slow
٠,٥ – ٢,٦	معتدل البطيء Moderately slow
٢,٦ – ٦,٣	معتدل Moderate
٦,٣ – ١٢,٧	معتدل السرعة Moderately rapid
١٢,٧ – ٢٤,٥	سريع Rapid
أكثر من ٢٤,٥	سريع جداً Very rapid

المصدر:

- Ministry of Irrigation, General Establishment for Studies and Design, shat AL– Arab project, Feasibility Report Draft, studies of salinity problems, part, A-Text, Polservice Co, Basrah: ١٩٧٩, P. ٦٥.

إن معدل غيض الماء للترب ذات الخشونة المتوسطة من شأنه أن يقلل من الضائعات المائية جراء تعرض مياه الري لظروف ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع عمليات غسل الأملاح من سطح التربة إلى خارج نطاق المجموعة الجذرية للنبات ومع ذلك تحتاج تربة هذه المناطق إلى إدارة جيدة تكفل المحافظة على هذه الخاصية والحيلولة دون ممارسة العمليات الزراعية المؤثرة عليها كطرائق الحراثة والعزق والري والتسميد وغيرها من العمليات.

أما بالنسبة للترب الناعمة النسجة ذات معدل الغيض المنخفض فيمكن أروائهابأحد طريقتين، الأولىأروائها بكمياتكبيرة من المياه لكي تبقى لفترة طويلة فوق الحقل وبأقل ضياع للمياه،وقد تترك هذه الطريقة آثارها الضارة على بعض خصائص التربة جراء الكميات الكبيرة للضائعات المائية وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة إذ ترتفع درجات الحرارة والتبخر الأمر الذي ينتج عنه زيادة ملوحة الترب فيها، وبالأخصإذا رافق ذلك رداءة الصرف الطبيعي للترب وفقرها للصرف الاصطناعي، أما الطريقة الثانية لإرواء هذه التربة هي تزويدها بكميات قليلة من المياه وبصورة متكررة (الري بالرش أو التنقيط) (Drip or sprinkler irrigation).

٩- التوصيل المائي المشبع للتربة

Saturate Hydraulic Conductivity of the Soil

التوصيل المائي المشبع للتربة أو نفاذية التربة (soil permeability) هو عبارة عن قابلية التربة على إيصال الماء أو حركته خلالها.

يتأثر التوصيل المشبع للتربة بعوامل كثيرة منها ما يخص التربة نفسها ومنها ما يخص محلول التربة، أنأهم خواص التربة التي تؤثر على التوصيل المائي لها هي التوزيع الحجمي لدقائقها،فالتربة ذات النسجة الخشنة لها توصيل مائي أكثر مما هو عليه بالنسبة للتربة الناعمة النسجة على الرغم من أن المسامية الكلية للنوع الأول من التربة اقل من المسامية الكلية للنوع الثاني،وقد أشار احد الباحثين بهذا الصدد إلىأن معدل التوصيل المائي المشبع لأحد الترب الرسوبية في العراق كان (٣,٦٠ م/يوم) عندما كانت نسبة محتواها من الرمل (٨٠%) انخفض هذا المعدل إلى (١,٢٠ م/يوم) عندما كانت نسبة محتواها من الرمل اقل من ٥% (١٢١ /١٩٧٨ /Pitty). ففي الترب الخشنة النسجة تكثر المسامات الكبيرة التي لها القابلية على إنفاذ الماء أكثر مما هو عليه بالنسبة للمسامات الصغيرة التي تكثر في الترب الناعمة،ومما تجدر الإشارةإليهأن توزيع الحجم المسامي للتربة هو الأكثر تأثيراً على قيمة توصيلها المائي من المجموع الكلي لمساماتها البينية. وقد يكون لجودة بناء التربة وارتفاع نسبة المواد العضوية فيها، إضافة إلى قلة تركيز الأملاح في محلولها أثراً في زيادة التوصيل المائي لهذه التربة وبدرجات متفاوتة. أن التوصيل المائي للترب الخشنة العالي نسبياً له اثره الواضح على صرف المياه الزائدة في التربة للأسفل، وبالأخص عندما يكون مستوى المياه الباطنية منخفضاً دون مستوى المترين الأوليين من سطح التربة وهي بذلك توفر فرصاً أكثر ملائمة لنمو النباتات،ولابد من الإشارة هنا إلى أنطبيعة صرف التربة هي أكثر خواص التربة التي تمثل انعكاساً لطبيعة توصيلها المائي،ولعل عمليات الغسل التي تجري للتربة المتأثرة بالملوحة تتوقف إلى حد كبير على حسن صرفها، إذ تتحدد بموجبها كميات المياه المستخدمة في الغسل والمسافة بين خطوط المبازل،كما أن التوصيل المائي للتربة هو الذي يحدد أطوال وانحدارات قنوات الري سواء كانت طريقة الري بالمروز أم بالأحواض.

ووجد أيضاً أن سيادة معادن المنتموريللونايتوالألايت في دقائق الطين من شأنه أن يقلل التوصيل المائي للتربة. ولبناء التربة تأثيراً كبير على توصيلها المائي،فالتربة ذات البناء الجيد وذات المجمعات الثابتة لها القابلية العالية على توصيل مائي اكبر من تلك التي لها بناء رديء، وكذلك التربة المتراصة ذات المجمعات غير الثابتة وذات الكثافة الظاهرية العالية. وتلعب المواد العضوية للتربة دوراً مهماً في قيمة الايصالية المائية لها،فزيادة نسبة هذه المواد من شأنها زيادة التوصيل المائي للتربة،لما لها من دور في زيادة تجمعات التربة وخفض كثافتها الظاهرية. وفيما يتعلق بخصائص محلول التربة وتأثيره على الايصالية المائية لها فان ذلك يعتمد بالدرجة الأساس على كثافة وتركيز الأملاح فيه،فزيادة تركيز الأملاح يؤدي إلى خفض قيمة الايصالية المائية للتربة،ويعزى ذلك إلى تأثير هذه الأملاح في تشتيت دقائق التربة،وبالتالي

إمكانية غلق مساماتها،فيكون ذلك مدعاة لعرقلة حركة الماء فيها. (Cass/ ١٩٨٢/ ٥٠٥).

ويمكن تصنيف الترب حسب قابليتها للتوصيل المائي إلى عدة أصناف. (جدول ٩).

(جدول ٩)

تقييم الترب على أساس التوصيل المائي وفقاً لمعيار ١٩٥١ Soil Survey Manual

التوصيل المائي م/يوم	صنف التربة
أقل من ٠,٠٣	بطيء جداً Very slow
٠,٠٣ – ٠,١٢	بطيء Slow
٠,١٢ – ٠,٤٨	معتدل البطء Moderately slow
٠,٤٨ – ١,٥٠	معتدل Moderate
١,٥٠ – ٣,٠٠	معتدل السرعة Moderately rapid
٣,٠٠ – ٦,٠٠	سريع Rapid
أكثر من ٦,٠٠	سريع جداً Very rapid

المصدر:

- Soil Survey Staff, Bureau of plant industry soils and Agricultural Engine, soil survey manual, U. S. D. A. Hand Book, No. ١٨, Washington: Government printing office, P.١٦٨.

١٠- لون التربة : Soil colour

يعد اللون احد الصفات المورفولوجية المهمة للتربة والذي يمثل محصلة لصفاتها الفيزياوية والحيوية. ويؤثر لون التربة بصورة غير مباشرة على نمو النباتات،وذلك عن طريق تأثيره على تغيرات درجات الحرارة،وقد يدل اللون كذلك على كل من نسبة الرطوبة والمواد العضوية التي تؤثر على كمية العناصر الغذائية الجاهزة للنبات. وعلى الرغممن ذلك ينبغي عدم الاعتماد على اللون فقط في تحديد درجة خصوبة التربة.

تكتسب التربة ألوانها من مصادر مختلفة فاللون الأسود أو الغامق مثلاً ينتج عن وجود نسبة عالية من المواد العضوية فكلما ازدادت هذه النسبة ازدادت التربة اسوداداً،وتسبب مركبات الحديد أو معادن الحديد المتأكسدة اللون الأحمر للتربة،وينتج اللون البرتقالي من معدن الحديد المعروف بالليمونايت (Fe_2O_3) المختزل.

فالتأكسد (Oxidation) هو عملية اتحاد الأوكسجين مع المعادن والاختزال (Reduction) هو عملية فصل الأوكسجين من المركب تحت الظروف اللاهوائية وتعد هاتان العمليتان من أهم عمليات التجوية الكيمياوية للصخور والمعادن وتحدثان دائماً مع بعضهما لان أحداهما هي حالة معاكسة للثانية،ويعد الحديد من العناصر الرئيسة التي تحدث فيها هاتان العمليتان،وهو أيضاً من العناصر القليلة التي توجد بحالة اختزال في تركيب المعادن الأولية. (حسن/ ١٩٦٩/ ١١٢ -١١٤).

أما اللون الأبيض للتربة فمصدره كاربونات الكالسيوم أو كبريتات الكالسيوم والمغنسيوم،وتكتسب التربة الألوان الرمادية والزيتونية والزرقاء بسبب وجود الحديد بحالة مختزلة أو بحالة حديدوزFerrous كما في المناطق المتغدقة،وتكتسب اللون الرمادي الفاتح أو الأبيض بسبب وجود ترسبات كاربونات الكالسيوم أو الأملاحالأخرىأو نتيجة لإزالة الحديد تاركاً كميات كبيرة من المعادن البيضاء كالكوارتزواالفلدسبار. (١٨٢ /١٩٧٦ /Dregne).

وقد يعود اللون البني إلى وجود اكاسيد الحديد وبالأخص منها معدن الليمونات (Fe_2O_3) بمراحل متقدمة من الأكسدة،ومن المعلوم أن التربة تكتسب هذا اللون في الحالات التي تتعرض فيها للجفاف لفترة طويلة من السنة وقد يكون هذا اللون ناتجاً عن وقوع هذه التربة في مناطق مرتفعة طبوغرافياً أو إنها تتميز بنشاط بايلوجي كبير. وتشير احد المصادر إلى أن هناك الكثير من الترب يتحول لونها من الأصفر أو الأحمر إلى اللون البني عندما تجهز بكميات مناسبة من الأسمدة الحيوانية والأسمدة الخضراء. (٨٩ /١٩٦٥ /Bear). ويعود اللون البني المصفر الغامق إلى وجود نسبة من اكاسيد الليمونايت عند مرحلة تلي مرحلة ظروف الاختزال،حيث يبدأ اللون الأصفر بالتحول وتحت ظروف الجفاف من حالة الأكسدة إلى حالة الأكسدة التامة وبشكل بطيء وتدريجي فيصبح اللون غامقاً. وفيما يتعلق باللون البرتقالي المصفر الغامق فإنه يدل على سيادة الظروف الاختزالية بسبب حالات التغدق للتربة وارتفاع مستوى الماء الأرضي ونقص الأوكسجين فيها فيؤدي ذلك إلى سيادة معدن الليمونات (صورة الحديد المختزلة).

يتضح مما سبق أن لون التربة يعتمد على عوامل كثيرة منها نوع المعادن التي تتكون منها التربة،الصورة التي تكون عليها هذه المعادن، إضافة إلى المواد العضوية للتربة من حيث نسبتها ودرجة تحللها،كما وجدت علاقة بين لون التربة ودرجة تفاعلها وحالة القواعد فيها. فالأفق الحامضي التفاعل (درجة تفاعله اقل من ٧) ذو المحتوى القليل من الكالسيوم والمواد العضوية غالباً ما يكون ذو لون شاحب،في حين يكون لونه غامقاً في حالة وجود محتوى عالي من الكالسيوم أو الصوديوم حتى في حالة وجود كمية من المواد العضوية كما يعد التوزيع الحجمي لدقائق التربة عاملاً مؤثراً على لون التربة حيث تكتسب التربة لوناً فاتحاً مع زيادة نسبة الدقائق الخشنة،ولوناً غامقاً مع زيادة نسبة الدقائق الناعمة.

ولتحديد لون التربة تتم الاستعانة بما يسمى أطلسألوان التربة Munsell color charts ويستند إلى ثلاثة عناصرلونية هي: (Hue) ويعني لون الطيف السائد ويعتمد على طول الموجةاللونية و(Value) وتعني شدة اللون وتعتمد على كمية اللون المنعكس و(Chroma) وتعني نقاوة أو قوة لون الطيف،وقد يلاحظ ما يسمى بالتبقع اللوني للتربة Mottling التي لها علاقة بمدى تجوية التربة وحركة الموائع لذا

يتوجب تسجيلها بعد تحديد لون التربة (شكل ١٠) ويوصف تبقع التربة بالعناصر الآتية:

١-**الوفرة:** ويقصد بها المساحة التي تشغلها البقع بالنسبة للمساحة الكلية لنموذج التربة المراد دراسته فهي أماأن تكونقليلة إذا كانت المساحة المشغولة بالبقع اللونية اقل من ٢% وشائعةإذا تراوحت بين ٢ – ٢٠% وكثيرة إذا كانت تلك المساحة أكثر من ٢٠%.

٢-**الحجم:** ويقصد به القطر التقريبي للبقع المنفصلة وهو أماأن يكون دقيقاً إذا كان قطر التبقعات اقل من (٥ ملم) ومتوسطاً إذا تراوح بين (٥ – ١٥ ملم) وخشناً إذا كان هذا القطر اكبر من (١٥ ملم).

٣-**التباين:** ويقصد به درجة التضارب في الألوان وهذه الدرجة أماأن تكون باهتة عندما تكون التبقعات غير واضحة وتمييزها يحتاج للتدقيق عن قرب وقد تكون متميزة إذاأمكن تمييز التبقعات بسهولة وقد تكون بارزة عندما تكون التبقعات واضحة في آفاق التربة. (نديوي وزميله/ ١٩٨٨/ ٥٥).

١١- حرارة التربة Soil Temperature

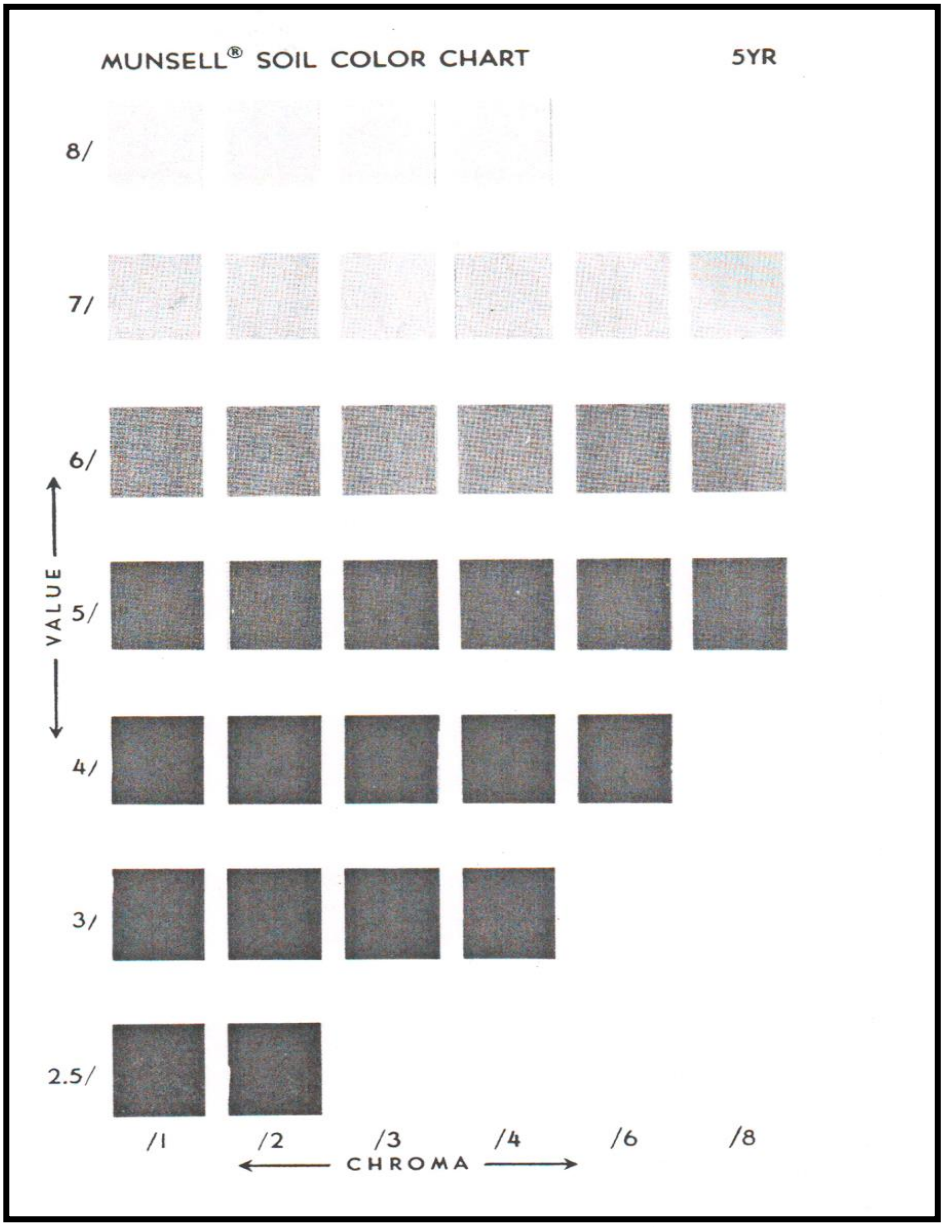
تعد درجة حرارة التربة احد العوامل المهمة المؤثرة بشكل مباشر في نمو النباتات وبشكل غير مباشر من خلال تأثيرها على الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة،والتي تؤثر بدورها في نمو النبات وتطوره. تقدر درجة حرارة التربة عن طريق التوازن بين الحرارة المكتسبة من خلال امتصاص أشعة الشمس المباشر والامتصاصمن الهواء الدافئ،وبين الحرارة التي تفقد إلى الجو بالإشعاع وكذلك تبادل الحرارة بين التربة والهواء بطريقتي التوصيل والحمل. تتأثر درجة حرارة التربة بعوامل كثيرة منها ما يتعلق بالظروف الخارجية المحيطة بها ومنها ما يتعلق بالتربة ذاتها.

فمن العوامل الخارجية المؤثرة على درجة حرارة التربة هو الإشعاع الشمسي (Solar Radiation) فمقدار الإشعاع الشمسي الذي يصل إلى سطح الأرض لا يزيد عن (٢ سعرة/سم^{٢} – دقيقة)،ولكن مقدار ما يساهم في رفع درجة حرارة التربة هو جزء قليل من هذه الكمية فتزداد درجة حرارة التربة مع زيادتها وتقل بقلتها،ويعتمد ذلك على عوامل كثيرة كزاوية الإشعاع ودائرة العرض والارتفاع عن مستوى سطح البحر ومقدار ما يحويه الغلاف الجوي من غيوم وبخار ماء وغير ذلك. (Fitzpatrick/ ١٩٧٤/ ١٣).

ومن العوامل الخارجية الأخرى هو الماء فعندما يتكاثف بخار الماء داخل التربة فإنه يؤدي إلى رفع درجة حرارتها،وبالعكس في حالة التبخر حيث تنخفض هذه

(شكل ١٠)

احد صفحات أطلسألوان التربة Munsell color charts



المصدر: عمادالدينموصلي،جغرافيةالترب،مطبعة ابن حيان،دمشق،١٩٨٣،ص٣٦٠.

الدرجة ويؤثر الغطاء النباتي أو غيره من الأغطية على درجة حرارة التربة فهي تعمل على رفع درجة حرارة التربة شتاءاً،وخفضهاصيفاً،وتلعب الغيوم وكذلك الضباب نفس الأثر المذكور. (Baver, ١٩٥٦/ ٣٦٥).

أما بالنسبة لعامل الحراثة فإنها تؤدي إلى تفكيك بناء التربة وزيادة مساميتها وبالتالي تكون الطبقة المحروثة أكثر تأثراً بحرارة الهواء فتكون درجة الحرارة العظمى لهذه الطبقة أكثر بعدة مرات من الطبقة التي تليها،ونفسالشيء بالنسبةلدرجة الحرارة الصغرى حيث تكون اقل بعدة مرات في الطبقة المحروثة مقارنة بما تحتها. (هليل/ ١٩٩٠/ ٤٩٥).

وتشير احد المصادر أن زراعة التربة بالمحاصيل الزراعية من شأنه أن يعمل على اعتراض أشعة الشمس وتشتيت حرارتها علاوة على ما ينتج من نتح النبات للماء (Transpiration) وعكسه لأشعة الشمس واستهلاكه للطاقة خلال عملية التركيب الضوئي،فينتج عن كل ذلك انخفاض لدرجة حرارة الهواء المحيط بالنبات وبالتالي انخفاض درجة حرارة التربة . وأخيراً هناك عامل درجة حرارة مياه الري الذي يعتمد تأثيره في درجة حرارة التربة على كل من حرارة الماء والتربة، وأشار احد الباحثين إلى أن درجة حرارة مياه الري الجوفية المرتفعة نسبياً كانت احد الأسباب الرئيسية لزراعة محصول الطماطة في منطقة الزبير (محافظة البصرة)في فصل الشتاء دون غيرها من مناطق زراعة هذا المحصول في مناطق العراق الأخرى في هذا الفصل. (Al-Rubaiay/ ١٩٨٤/ ١٣٩).

أما ما يخص العوامل التي تؤثر على درجة حرارة التربة والتي تعود لخصائص التربة ذاتها فتتمثل بالسعة الحراريةللتربة التي تعتمد بدورها على عاملين هما الحرارة النوعية للتربة وكتلتها، فالحرارة النوعية للمادة هي مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من تلك المادة درجة مئوية واحدة وتقاس بالسعرة الحرارية. اما السعة الحرارية للمادة فهو حاصل ضرب الحرارة النوعية لها في كتلتها. (حسن/ ١٩٩٠/ ٢٣٣). وقد جرت العادة على اعتبار الحرارة النوعية للتربة مساوية لـ (٠,٢سعرة/غم/م°) وتزداد السعة الحرارية للتربة بزيادة محتواها الرطوبي ومحتواها من المواد العضوية. أماتأثير نسجة التربة في درجة حرارتها فان زيادة نسبة دقائق الرمل من شأنها زيادة درجة حرارة التربة بالمقارنة مع دقائق الغرين والطين لان للرمل معامل توصيل حراري أعلى، ويتجلى تأثير بناء التربة في كوندرجة حرارة التربة المضغوطةأكثر بالمقارنة مع التربة الرخوة لان معامل التوصيل الحراري للدقائق المعدنية أكثر من الهواء كما وجد ان التربة ذات البناء الصفحي والكتلي لها معامل توصيل حراري أكثر من ذات البناء الحبيبي.

ويؤثر المحتوى الرطوبي للتربة على درجة حرارتها حيث أن المحتوى الرطوبي العالي للتربة من شأنه زيادة توصيلها الحراري على اعتبار أن الماء أفضل في إرسال الحرارة من الهواء فانتقال الحرارة من خلاله عن طريق التوصيل أسرع من انتقالها من خلال الهواء بطريقه الحمل (Bunting/ ١٩٦٧/ ٥٥).

ويؤثر لون التربة في تحديد درجة حرارتها فالتربة ذات اللون الداكن تمتص من الحرارة أكثر مما تمتصه التربة ذات اللون الفاتح،وهذه الأخيرة تعكس من الإشعاع الشمسي أكثر من التربة الداكنة فتكون التربة الداكنة ادفأ من التربة الفاتحة. (Brady/ ١٩٧٤/ ٢٦٩).

وأخيراً لابد من الإشارة إلى أن التربة الغنية بالمواد العضوية والعناصر الغذائية تكون ذات درجات حرارية أعلى مما سواها بسبب زيادة النشاط الحيوي الذي يولد الحرارة للتربة ذات النسبة العالية من المواد العضوية.

تنطلق أهمية دراستنا لدرجة حرارة التربة من تأثيرها المباشر وغير المباشر على نمو المحاصيل الزراعية وذلك من خلال:

١- وجود علاقة قوية بين درجة حرارة التربة من جانب وإنبات بذور المحاصيل الزراعية من جانب آخر حيث يكون الإنباتأسرع كلما ازدادت درجة الحرارة حتى تصل إلى الحد الأمثل على الرغم من اختلاف بذور المحاصيل في المتطلبات الحرارية لإنباتها فهي مثلاً تبلغ لبذور الجت والشوفان (١٠ م°) ولبذور القطن (٢٠ م°). (النعيمي/ ١٩٩٠/ ١٠٢).

وتشير احد المصادر ان نمو معظم المحاصيل الزراعية عموماً يبدأ عندما تكون درجة حرارة التربة (٤ م°) ويزداد النمو مع زيادة درجات الحرارة إلى أن تصل إلى ما بين (٢٠ – ٣٥ مْ) حيث يبدأ الانخفاض في إنتاجية هذه المحاصيل بعدهذا الحد. (العاني/ ١٩٨٠/ ٩٢).

٢- تؤثر درجة حرارة التربة على نمو جذور النباتات فيزداد نموها مع زيادة درجة الحرارة حتى الوصول إلى درجة الحرارة المثلى ثم يقل نموها بعد هذه الدرجة كما أن قابلية الجذور على امتصاص الماء والعناصر الغذائية تقل مع انخفاض درجات الحرارة وتزداد بارتفاعها. (Hay/ ١٩٩٠/ ١٢١).

وأشارت بعض المصادر إلى إن جاهزية العناصر الرئيسية لتغذية النبات (النتروجين،الفسفور،البوتاسيوم) تزداد عندما تكون درجة حرارة التربة عند حدها الأمثل ولكنها تقل كثيراً عند انخفاض هذه الدرجة (الراشدي/ ١٩٨٧/ ١٢٣ – ١٢٥).

٣- تلعب درجة حرارة التربة دوراً مهماً في نشاط الأحياء الدقيقة للتربة الذي ينتج عنه سرعة تحلل المواد العضوية للتربة وبالتالي تحويل العناصر الغذائية المهمة للنبات من صورتها غير الجاهزة إلى صورتها الجاهزة،ويمكناعتبار درجة حرارة التربة التي تتراوح بين (١٨ – ٣٠ م°) هي التي تمثل النشاط الأقصى لهذه الأحياء،بينما يقلهذا النشاط كثيراً عندما تنخفض درجة حرارة التربة عن (١٠ م°). (سعد/ ١٩٩٩/ ٦٢).

٤- لدرجة حرارة التربة علاقة قوية بنمو النباتات،فعلى سبيل المثال لا الحصر تعد درجة حرارة التربة (١٨ م°) ملائمة لنمو محصول الشعير و(١٥ – ٢٠ م°) لمحصول الشوفان و(٢٠ م°) لمحصول القمح و(٢٥ – ٣٠ م°) لمحصول الرزو(٢٠ م°) لمحصول البطاطا و(٢٨ م°) لمحصول الجت.

وفضلاً عما تقدم فان انخفاض درجة حرارة التربة يؤدي إلى تباطؤ نقل نواتج عملية التركيب الضوئي إلى أجزاء النبات المختلفة،كما وجد أيضاً أن درجة حرارة

التربة المحيطة بالجذور لها اثر في تمثيل النتروجين في النبات فإذا كانت هذه الدرجة غير مناسبة فإن ذلك يؤدي إلى تجمع النترات في جسم النبات .

إنطبيعة العلاقات بين درجة حرارة التربة ونمو المحاصيل الزراعية وإنتاجيتها والمذكورة آنفاً تضع المزارعين أمام مسؤولية اختيار الوقت الملائم لزراعة المحاصيل الزراعية حيث تعطي المحاصيل إنباتاً سريعاً وجيداً وبذلك تتوفرفرصة مناسبة لمقاومة المحاصيل الزراعية لانخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء من جانب،ويقلل من احتمال تعرض هذه المحاصيل لدرجات الحرارة العالية في فصل الصيف من جانب آخر.

الفصل الرابع

الخصائص الكيميائية للتربة

- محتوى التربة من المواد العضوية
- درجة تفاعل التربة (PH)
- محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم
- محتوى التربة من كبريتات الكالسيوم
- السعة التبادلية الكاتيونية
- الأيونات الموجبة والسالبة الذائبة في محلول التربة
- ملوحة التربة

الفصل الرابع

الخصائص الكيميائية للتربة:

يبحث هذا الفصل الخصائص الكيميائية للتربة لما لهذه الخصائص من أهمية بالغة في الكشف عن ظروف نمو النباتات في مختلف أصناف الترب، إضافة إلى إمكانية التأثير على خصائص التربة المختلفة من اجل الارتقاء بخصوبتها وبالتالي زيادة إنتاجيتها الزراعية، ومما هو معلوم لدى الباحثين في المجال الزراعي أن الطور الصلب للتربة يتكون من جزأين، الجزء الأول هو الجزء الصلب إذ أن دراسته تنعكس في أمكانية تحديد بعض الخصائص الكيمياوية للتربة، ومدى ملائمتها لنمو النباتات، علاوة على كون هذا الجزء مصدراً أساسياً لكثير من العناصر الغذائية المهمة لتغذية النبات، أما الجزء الثاني فهو الجزء العضوي الذي لا تقل دراسته شأناً عن سابقه لما للمواد العضوية من مكانة بارزة في تحديد خصوبة التربة وبالتالي أمكانية التحكم بمستويات هذه الخصوبة وإنتاجية التربة الزراعية، وسوف نستعرض في هذا الفصل دراسة محتوى الترب في المواد العضوية ودرجة تفاعلها ومحتواها من الكلس (كاربونات الكالسيوم) والجبس (كبريتات الكالسيوم) والسعة التبادلية الكاتيونية فضلاً عن الكاتيونات والانيونات الذائبة في محلول التربة وأخيراً ملوحة التربة.

١. محتوى التربة من المواد العضوية : (Organic Matter (O. M.)

المادة العضوية للتربة هي عبارة عن خليط من المواد المتبقية من الكائنات الحية نباتية كانت أم حيوانية، والكائنات الحية الدقيقة الأخرى التي نتجت خلال عمليات التحلل عبر فترة طويلة من الزمن، وتتركب المادة العضوية من العناصر الغذائية التي تتمثل بالكاربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين والكبريت والفسفور وغيرها. (عواد/ ١٩٨٦/ ٨٣).

يمكن تمييز ثلاث حالات للمادة العضوية للتربة، الأولى تتمثل بالمواد غير المتحللة والتي تقدر نسبة المواد المتفسخة فيها بأقل من (٣٣%)، وتشمل هذه المواد على الأوراق والأزهار والأغصان، أما الحالة الثانية فإنها تتمثل بالمواد نصف المتحللة، والتي تتراوح نسبة المواد المتفسخة فيما بين (٣٣ – ٦٦ %) وتشمل هذه المواد على جذور الحشائش الحولية والمعمرة بشكل أساسي، والحالة الثالثة تتمثل بالمواد نصف المتحللة، والتي تتجاوز نسبة المواد المتفسخة فيها أكثر من (٦٦ %) وتسمى هذه المواد بالدوبال (Humus). (صديق/ ١٩٨٨/ ٩٧ – ٩٨).

والدوبال هو مخلوط معقد من مركبات صعبة الانحلال كالمواد البروتينية واللكنين متحدة مع القواعد الموجودة في التربة، ويختلف الدوبال من حيث نوعيته وكميته باختلاف التركيب الكيمياوي والطبيعي للمواد المتحللة، واختلاف نوع التربة

والأحياء الدقيقة، إضافة إلى تفاوت الحرارة والرطوبة والتهوية والحموضة والقلوية، وتعد المواد الدوبالية خزاناً للعناصر الغذائية المفيدة للنبات. كما أنها ذات مقدرة كبيرة لامتصاص الماء. وتعمل كذلك على تحسين بناء التربة ونفاذيتها. وتشكل هذه المواد أيضاً مصدراً لغذاء أحياء التربة المهمة لزيادة خصوبة التربة كالبكتريا المثبتة للنتروجين وغيرها، وبسبب اللون الغامق للمواد الدوبالية فإنها تساعد على امتصاص الحرارة فتساهم بذلك في إنبات بذور المحاصيل الزراعية. (بلبع/ ١٩٦٨/ ٥٤ – ٥٥).

ويمكن تقسيم التربة حسب محتواها من الدوبال إلى أربعة أصناف فهي تعُّد فقيرة إذا كانت نسبة الدوبال فيها اقل من (١%) ومتوسطة إذا تراوحت بين(١ – ٢ %) وغنية إذا تراوحت بين (٢- ٣ %) وتكون التربة غنية جداً إذا بلغت هذه النسبة أكثر من ٣%. (الشاطر وآخرون/ ٢٠٠٩/ ٧٥).

وتتزود التربة بالمواد العضوية من مصادر متعددة، فهي قد تتكون من بقايا المحاصيل الزراعية، كالجذور والسيقان والأوراق التي تتحلل ببطء، كما تشكل محاصيل السماد الأخضر مصدراً للمواد العضوية كمحاصيل الجت والبرسيم مثلاً والتي تتسم بسرعة تحللها، وتعتبر الأسمدة العضوية الحيوانية والمخصبات العضوية كاليوريا مصادر مهمة للمواد العضوية للتربة، ويمكن اعتبار الأسمدة العضوية الصناعية التي تنتج من مخلفات المحاصيل كالقش ومخلفات الذرة والحشائش مصادر أخرى للمواد العضوية من خلال مزجها مع الأسمدة النتروجينية والفوسفاتية والماء بعد توفير ظروف حرارة ورطوبة وتهوية مناسبة تنتج من مخلفات المحاصيل كالقش ومخلفات الذرة والحشائش مصادر أخرى للمواد العضوية من خلال مزجها مع الأسمدة النتروجينية والفوسفاتية والماء، بعد توفير ظروف حرارة ورطوبة وتهوية مناسبة، تتوقف نسبة المادة العضوية في التربة على عوامل متعددة، فدرجات الحرارة المنخفضة تؤدي إلى توقف نشاط الأحياء الدقيقة المحللة للمواد العضوية، ويزداد نشاطها مع ارتفاع درجات الحرارة حتى تصل إلى حدودها المثلى التي تتراوح بين (١٨ – ٣٠ م°) وبعد ذلك تسبب الحرارة المرتفعة أكسدة المواد العضوية وحرقها فتتحول إلى مواد لا يستفاد منها النبات. (الشلش/ ١٩٨٠/ ٣٩).

ويتجلى تأثير عاملي المطر ومحتوى التربة الرطوبي على نسبة المادة العضوية في تحديد الغطاء النباتي الذي تكون زيادته مدعاة لزيادة محتوى التربة من المواد العضوية والعكس هو الصحيح. وتؤثر نسجة التربة على محتواها من المادة العضوية، فقد وجد أن التربة الخشنة النسجة ذات محتوى اقل من المواد العضوية مقارنة بالتربة ذات النسجة الناعمة ، بسبب انخفاض محتوى الأولى من الرطوبة وزيادة معدل الأكسدة فيها. (النعيمي/ ١٩٨٧/ ٢٦٧).

وتعد تهوية التربة احد العوامل المهمة في تحديد نسبة المادة العضوية فيها فرداءة تهوية التربة من خلال زيادة محتواها الرطوبي حد الإشباع يقلل من المسامات الهوائية فينخفض بذلك نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسئولة عن تحلل المادة العضوية، وتلعب التعرية الريحية (Wind Erosion) دورها في خفض نسبة المادة العضوية للتربة جراء جرفها لدقائق الغرين والطين التي تحوي على المادة العضوية والتي تتركز في الطبقة السطحية للتربة المعول عليها في الإنتاج الزراعي، ولابد من الإشارة هنا إلى أن الزراعة المتوالية للتربة تعُد احد العوامل المهمة المسئولة عن خفض محتواها من المادة العضوية عن طريق إضافة الأسمدة العضوية أو الكيميائية أو الأسمدة الخضراء، وترك بقايا المحاصيل بعد الحصاد والجني وغيرها من سبل صيانة التربة والمحافظة عليها. (Havlin/ ١٩٩٠/ ٤٥١).

تكتسب نسبة المادة العضوية للتربة أهميتها البالغة لما تلعبهُ من دور كبير في تحسين خواص التربة التي تنعكس بدورها على خصوبتها وإنتاجها، ويمكن تحديد أهمية المادة العضوية للتربة بالنقاط الآتية:

١- تعد المادة العضوية خزاناً للكثير من العناصر الغذائية اللازمة للنبات، كعناصر الكاربون والنتروجين والفسفور والحديد والكبريت وغيرها. فعلى سبيل المثال تشكل المادة العضوية مصدراً لنسبة تتراوح بين (٩٧– ٩٩%) لنتروجين التربة.

٢- تساعد المادة العضوية على تكوين المجمعات (Aggregates) الثابتة في الماء مما يكفل تحقيق بناء جيد للتربة مرغوب من الوجهة الزراعية.

٣- تساعد الحوامض المعقدة التي تنتج عن تحلل المادة العضوية على تحلل الصخور فتتحول إلى مركبات بسيطة قابلة للذوبان.

٤- تزيد المادة العضوية من تهوية التربة عن طريق زيادة المسامات الهوائية وبالأخص في التربة الثقيلة. (Bear/ ١٩٧٤/ ٣٩٧).

٥- تقلل المادة العضوية الموجودة في سطح التربة من فقدان الماء بالتبخر، فتحافظ بذلك على محتوى التربة الرطوبي.

٦- تعمل المادة العضوية على خفض الكثافة الظاهرية للتربة، فيكون ذلك أحد أسباب سهولة حركة الماء والهواء في التربة فتتحسن بذلك نفاذيتها ويزداد معدل غيضها الماء. (Gosseling/ ١٩٨٤/ ١٧٤).

٧- تقلل المادة العضوية من صلابة التربة وتكوين القشرة السطحية، فتسهل بذلك العمليات الزراعية وبالأخص منها عمليات الحراثة وتهيئة التربة للزراعة.

٨- تساعد المادة العضوية على زيادة قابلية التربة لحفظ الماء Water holding Capacity.

٩- تعد المادة العضوية مصدراً للطاقة، حيث تقوم بتجهيز الكائنات الدقيقة وخاصة المثبتة للنتروجين بالكاربون. (Organic Carbon).

١٠- تعمل المادة العضوية على رفع سعة إمدصاص الكاتيونات، وتسهيل عمليات التبادل الآيوني، وأشارت أحد المصادر إلى إن سعة إمدمصاص الكاتيونات للغرويات العضوية يعادل (٢ – ٣) ضعف سعة إمدمصاص الكاتيونات للغرويات المعدنية. (Brady/ ١٩٧٤/ ١٥٠)

١١- تعمل البقايا النباتية على تقليل درجة حرارة التربة في فصل الصيف وتبقى دافئة خلال فصل الشتاء.

١٢- تحافظ البقايا النباتية على التربة من الجرف والتعرية الريحية، وبذلك تقلل من فرص فقدان العناصر الغذائية سواء عن طريق انتقالها بوساطة الرياح أو تعرضها للغسل بواسطة مياه الأمطار أو مياه الري.

إن المحافظة على محتوى الترب من المادة العضوية في المناطق الجافة وشبه الجافة ليس سهلاً، بسبب قلة الأمطار الساقطة التي لا تكفي لتكوين غطاء نباتي جيد يساهم في تمويل المادة العضوية لها، علاوة على الظروف البيئية السائدة المتمثلة بارتفاع درجات الحرارة التي تزيد من سرعة تحلل المادة العضوية وأكسدتها، ولكن لا يمنع ذلك من أمكانية اتخاذ عدد من الإجراءات التي من شأنها دعم المادة العضوية للتربة والتقليل من فقدانها، كاستعمال محاصيل السماد الأخضر لتجهيز النتروجين وبعض العناصر الغذائية الأخرى، وبذلك يقل استهلاك المادة العضوية للتربة، كما إنها تقلل من فقدان المادة العضوية عن طريق الرياح أو مياه الري، ويمكن الاستفادة من مخلفات المحاصيل لما تضيفه من نتروجين يساهم في تغذية الكائنات الدقيقة التي تقوم بتحليل المادة العضوية، إضافة إلى دورها في تقليل اثر درجات الحرارة المرتفعة خلال فصل الصيف ودورها في تدفئة التربة في فصل الشتاء، ويمكن الاستفادة من المخلفات الحيوانية الحقلية كمصدر لعنصر النتروجين والمادة العضوية، وتعمل الأسمدة العضوية والكيميائية على تعزيز محتوى التربة للمادة العضوية، لما لها من دور كبير في تجهيز النتروجين والعناصر الأخرى كالفسفور والكبريت، حيث أن نقص هذه العناصر يقود إلى نقص المادة العضوية للتربة، وأخيراً لابد من الإشارة إلى أن أتباع نظام الدورة الزراعية في استغلال التربة من شأنه أن يساهم في تجهيز المادة العضوية والنتروجين، وكذلك تقليل فقدان المادة العضوية بالوسائل المختلفة، وبذلك يصبح إتباع هذا النظام ضرورياً لزيادة خصوبة التربة وزيادة إنتاجيتها، وبالأخص عند زراعة المحاصيل البقولية مع محاصيل الحبوب.

٢- درجة تفاعل التربة :Soil Reaction (PH)

تشير درجة تفاعل التربة إلى تركيز ايونات الهيدروجين (H) الفعال في محلول التربة، ويعبر عنه بمقياس (PH) الذي تتراوح قيمته بين (١ – ١٤)، فإذا كانت ايونات الهيدروجين في محلول التربة أكثر من ايونات الهيدروكسيل (OH) فالمحلول في هذه الحالة يكون حامضياً (Acidity) وتكون قيمة الـ(PH) أقل من (٧). أما إذا

كانت ايونات الهيدروكسيل هي الأكثر فيكون المحلول عندئذ قلوياً (Alkalinity) وتكون قيمة الـ(PH) أكثر من (٧) وعندما تتساوى ايونات الهيدروجين مع ايونات الهيدروكسيل يكون المحلول متعادلاً (Neutral) وتكون قيمة الـ(PH) (٧). جدول (١٠) ويعبر عن درجة تفاعل التربة عادة باللوغاريتم السالب لفعالية (تركيز) ايون الهيدروجين في المحلول وفق العلاقة الرياضية التالية: (العاني/ ١٩٨٠/ ١٥١– ١٥٢):

جدول (١٠)

الصفات المستعملة للترب حسب حدود درجة تفاعلها (PH)

صفة التربة	حدود درجة التفاعل
فائقة الحامضية Extremely Acid	اقل من ٤,٥
شديدة الحامضية جداً Very strongly Acid	٤,٥- ٥,٠
شديدة الحامضية Strongly Acid	٥,٠- ٥,٥
معتدلة الحامضية Moderately Acid	٥,٥- ٦,٠
ضعيفة الحامضية Slightly	٦,٠- ٦,٥
متعادلة Neutral	٦,٥- ٧,٣
ضعيفة القاعدية Slightly Alkaline	٧,٣- ٧,٨
معتدلة القاعدية Moderately Alkaline	٧,٨- ٨,٤
شديدة القاعدية Strongly Alkaline	٨,٤- ٩,٠
شديدة القاعدية جداً Very Strongly Alkaline	أكثر من ٩,٠

المصدر: وليد خالد العكيدي، علم البيدلوجي، مسح وتصنيف الترب، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٦، ص٢٤٣-٢٤٤.

درجة التفاعل (PH) = - لو[H^+]

تتأثر درجة التفاعل بعوامل عديدة أهمها الماء، ففي المناطق الجافة وشبة الجافة وبسبب قلة سقوط الأمطار تنخفض فيها عمليات غسل الكاتيونات القاعدية السائدة على سطوع دقائق التربة، بحيث لا تترك الفرصة لأيونات الهيدروجين لأن تحل محلها، فتميل التربة في مثل هذه المناطق نحو القاعدية (ارتفاع قيمة PH) ويحدث العكس تماماً في المناطق الرطبة حيث تميل التربة فيها نحو الحامضية (انخفاض قيمة PH)، وللأسمدة الكيميائية والعضوية تأثير كبير في تحديد قيمة درجة تفاعل التربة، فالأسمدة النتروجينية والأسمدة الكبريتية هي أسمدة مولدة للحموضة بسبب تحرر ايونات الهيدروجين سواء عن طريق أكسدة هذه الأسمدة أو عن طريق تفاعلاتها الكيماوية التي تجري داخل التربة، وفيما يخص الأسمدة العضوية فهي الأخرى مولدة للحموضة لأن عناصر (الكاربون، النتروجين، الكبريت) العضوية التي هي أهم مكونات المادة العضوية هي الأخرى مولدة للحموضة.

وتُعد كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) أحد العوامل الأخرى المؤثرة في درجة تفاعل التربة، فهي عامل يساعد على زيادة درجة التفاعل، لأنها تؤدي إلى زيادة امتصاص الكالسيوم من قبل معادن الطين، مما ينتج عنهُ استبدالها مع ايونات الهيدروجين فيقل تركيز هذا الايونات (Epatein/ ١٩٧٢/ ٣٥٤).

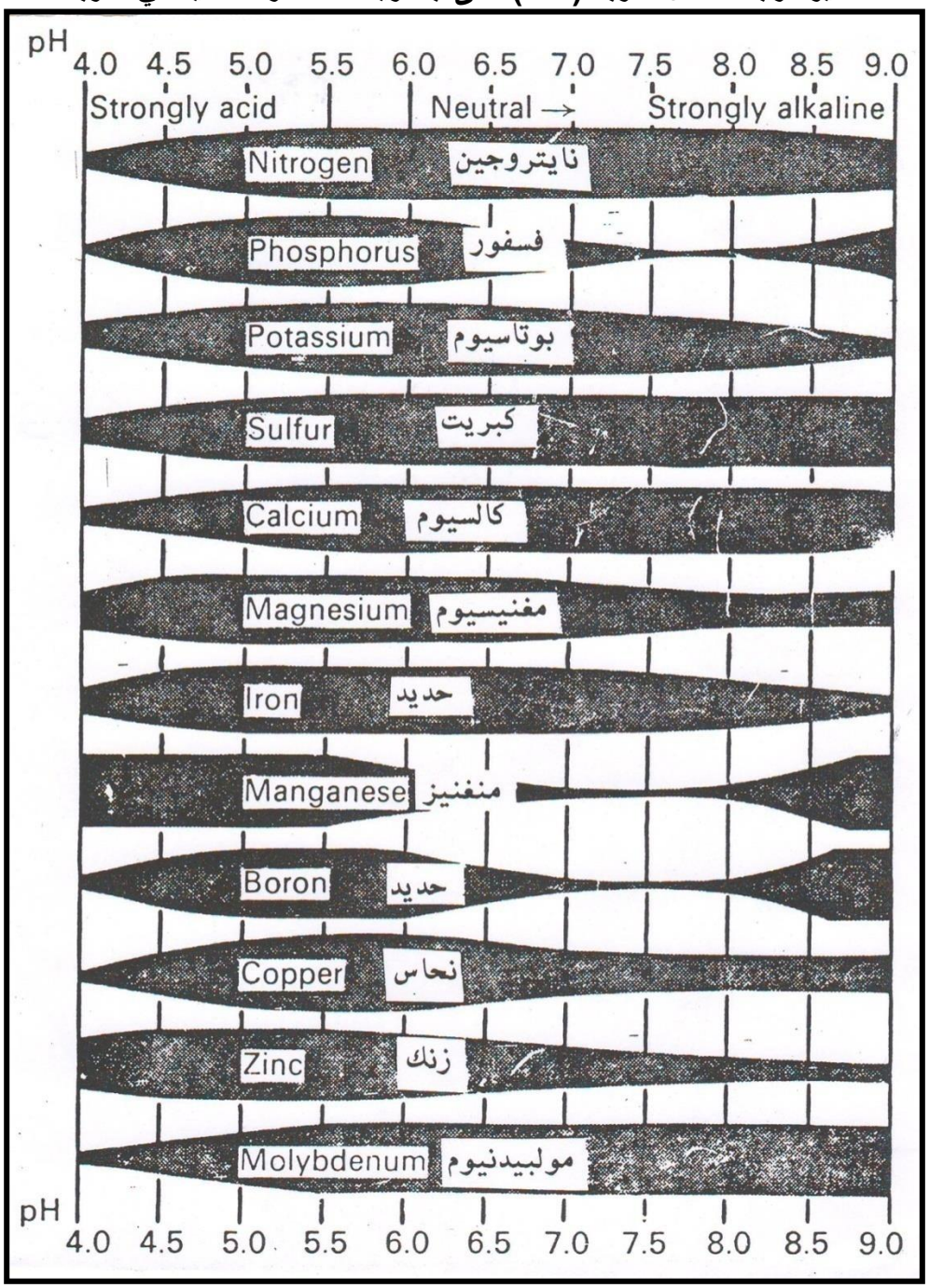
وأخيراً تؤدي زيادة تركيز غاز ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) إلى انخفاض درجة التفاعل (زيادة الحموضة) بسبب تفاعل هذا الغاز مع الماء مكوناً حامض الكاربونيك (H_2CO_3) المصدر المهم لتوليد الحموضة (Bear/ ١٩٧٩/ ٢٩٩). إن دراسة درجة تفاعل التربة لها أهمية كبيرة من الناحية الزراعية، لما ترتبط به من تأثير على العديد من العوامل ذات العلاقة بصلاحية التربة لنمو النباتات، وتتمثل أهمية دراسة درجة تفاعل التربة بالنقاط الآتية:

١- ترتبط درجة تفاعل التربة ارتباطاً وثيقاً بمدى جاهزية العناصر الغذائية المتيسرة للنبات (شكل ١١) فعند انخفاض درجة التفاعل (الحموضة العالية) قد يؤدي ذلك إلى زيادة تركيز بعض الأيونات كأيونات الألمنيوم (Al^{+3}) أو المنغنيز (Mn^{+2}) اللذان يكونان سامان للنبات عند تراكيز معينة، وتعتبر نسبة الألمنيوم من العوامل المهمة التي تخفض من خصوبة التربة، وقد أشارت احد المصادر إلى أن تركيز أيونات الألمنيوم بمقدار (١ جزء بالمليون) وتركيز ايونات المنغنيز بمقدار (١ – ٤ جزء بالمليون) قد يسبب أضراراً لبعض النباتات (عواد/ ١٩٨٦/ ٢٤١).

أما بالنسبة لعنصر الفسفور فيكون بصورته الجاهزة عندما يكون محلول التربة متعادلاً، فانخفاض درجة تفاعل التربة يؤدي إلى تثبيته وارتفاع هذه الدرجة يؤدي إلى ترسيبه، ونفس الكلام ينطبق على عنصر المولبيدنوم. (Black/ ١٩٦٨/ ٣١٢).وعند ارتفاع درجة تفاعل التربة فغالباً ما تكون فيها زيادة في تركيز أيونات الصوديوم في محلول التربة الذي له آثاراً على خصائص التربة المختلفة فينعكس ذلك بالتأكيد على نمو النباتات، وعندما تكون درجة تفاعل التربة متعادلة (PH = ٧) تكون التربة عندئذ مثالية لزراعة مختلف المحاصيل الزراعية، كما تكون كذلك للأحياء الدقيقة التي تعيش في التربة.

٢- تؤثر درجة تفاعل التربة على نمو النباتات، لأن كل نبات يتطلب درجة تفاعل معينة، فعلى سبيل المثال لا الحصر يجود نمو البطاطا في التربة التي تميل درجة تفاعلها للحموضة، بينما لا يجود نمو محاصيل الشعير والجت والباقلاء وبنجر السكر في مثل هذه الدرجة، ومع ذلك يمكن اعتبار علاقة نمو النباتات بدرجة تفاعل التربةعلاقة نسبية وليست مطلقة، لأن هذه العلاقة تتأثر بتغيرات كثيرة تتعلق بظروف البيئة المحيطة، وظروف التربة وخصائصها الأخرى إضافة إلى النبات نفسه.

شكل (١١)
تأثير درجة تفاعل التربة (PH) على جاهزية العناصر المغذية في التربة



المصدر: كاظم مشحوت عواد، مبادئ كيمياء التربة، جامعة الموصل، ١٩٨٦، ص٢٤٣.

٣- لدرجة تفاعل التربة علاقة قوية بنشاط الكائنات الحية الدقيقة في التربة. فقد يتوقف نشاط بعض انواع البكتريا عندما تكون درجة تفاعل التربة عالية الحموضة، وتنشط عند درجة التفاعل المتعادلة أو قليله القلوية، بينما لا تتأثر الفطريات بالحموضة العالية للتربة، ويزداد نشاط البكتريا المثبتة للنتروجين عند درجة تفاعل

(٦)، وتتأثر البكتريا التي تتعايش مع المحاصيل البقولية بشدة عند درجة التفاعل الحامضية المعتدلة والحامضية الشديدة.

٤- تؤثر درجة تفاعل التربة على نمو جذور النباتات ودرجة امتصاصها للعناصر الغذائية، وقد أشارت العديد من الدراسات إلى هذه التأثيرات لا مجال لحصرها جميعاً هنا، فعلى سبيل المثال لا الحصر وجد أن امتصاص عنصر البوتاسيوم من قبل جذور نبات الشعير قد انخفض بشكل سريع عند درجة تفاعل اقل من (٦)، كما وجد ان درجة تفاعل (٣) سببت توقف امتصاص الكالسيوم من قبل جذور نبات الذرة الصفراء، وتوصل بعض الباحثين إلى أن محتوى التربة من عنصر المنغنيز يزداد عند انخفاض درجة تفاعلها، وأشارت إحدى الدراسات إلى أن انخفاض درجة تفاعل التربة دون (٤) وارتفاعها إلى أكثر من (٩) يقود إلى تأثير سام مباشر على النباتات كما انه يؤدي إلى هدم جذورها.

٥- تؤثر درجة تفاعل التربة على السعة التبادلية الكاتيونية لها، حيث تزداد السعة التبادلية الكاتيونية للتربة مع زيادة درجة تفاعلها والعكس هو الصحيح، فقد وجد مثلاً أن السعة التبادلية الكاتيونية لأحدى الترب بلغت (٧,٥ مليمكافئ/١٠٠ غم) عند درجة تفاعل (٤,٥)، أصبحت (١٦,١ مليمكافئ/١٠٠ غم) عندما ارتفعت درجة تفاعلها إلى (٨). (فوزبوتسكايا/ ١٩٧٧/ ٣٢٣ – ٣٢٤).

وأخيراً لابد من الإشارة إلى معظم الدراسات تؤكد على انه في حدود درجة التفاعل المحصورة بين (٤,٥ – ٩,٠) يمكن أن تنمو معظم المحاصيل بنجاح وتكون التربة تحت ظروف جيدة ومع ذلك يفضل أن لا تزيد درجة التفاعل عن ٨,٥ ولا تقل عن (٦) حتى تكون معظم العناصر الموجودة بشكل صالح للامتصاص. (جدول ١١)

٣. محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم (اللايم): $CaCO_3$

يعد محتوى التربة من أملاح كاربونات الكالسيوم احد الخصائص الكيميائية المهمة لها. وتتكون هذه الأملاح التي تنتشر في المناطق الجافة وشبه الجافة من اتحاد البيكاربونات مع الكالسيوم لتكوين بيكاربونات الكالسيوم $Ca(HCO_3)_2$، وعند تعرض هذا الملح للحرارة العالية والجفاف يفقد جزء من غاز ثنائي اوكسيد الكاربون فتتكون أملاح كاربونات الكالسيوم، وتتمثل مصادر كاربونات الكالسيوم في التربة بمادة أصل التربة (Parent material)، وقد تترسب كاربونات الكالسيوم بعد ان تتعرض بيكاربونات الكالسيوم الناتجة عن تفاعل حامض الكاربونيك مع التربة للهواء بعد فقدانها الماء وثاني اوكسيد الكاربون وقد تنتج عن معدنه بقايا النباتات في التربة ، أو في حركة الكاربونات الذائبة للأعلى من المياه الباطنية، (Dregne/ ١٩٧٦/ ١٧٢).

(جدول ١١) حدود درجة تفاعل التربة (PH) التي تحقق أعلى انتاج للمحاصيل الزراعية

المحاصيل الحقلية		محاصيل الخضروات		أشجار الفواكه والحمضيات	
المحصول	حدود درجة تفاعل التربة	المحصول	حدود درجة تفاعل التربة	المحصول	حدود درجة تفاعل التربة
الحنطة–القطن – الدخن	٧,٥–٥,٥	اللهانة–السبانغ–الجزر –القرنابيط	٧,٥–٦,٠	النخيل	٨,٠–٥,٥
البرسيم–الشيلم	٧,٤–٥,٣	الخيار – الطماطة– اللوبياء	٧,٥–٥,٠	الحمضيات	٦,٠–٥,٥
الشعير	٧,٨–٦,٥	البطاطا	٦,٥–٤,٨	التفاح	٦,٨–٥,٣
الرز	٦,٥–٥,٠	الخس–البطيخ–الباميا	٧,٠–٦,٠	الاجاص–العرموط	٧,٢–٥,٥
الذرة الصفراء والبيضاء	٧,٠–٥,٥	القرع–الفجل–اللفت–الفلفل الأخضر	٦,٥–٥,٥	الخوخ–المشمش–العنب	٦,٨–٥,٢
الجت	٧,٨–٦,٢	الكرفس–البصل	٧,٠–٥,٨	الرمان–التين–الزيتون	٨,٠–٥,٠
بنجر السكر	٨,٠–٦,٥	الرقي	٥,٥–٥,٠		
الكتان – الشوفان	٧,٥–٥,٠	الباذنجان	٦,٠–٥,٥		
قصب السكر	٨,٠–٦,٠	الباقلاء	٧,١–٦,٤		
عباد الشمس	٦,٨–٦,٠				
فستق الحقل	٦,٦–٥,٣				

المصدر: أعد الجدول اعتماداً على:

١. عدنان ناصر مطلوب، وزملائه, إنتاج الخضروات, ج١, جامعة الموصل, ١٩٨٠, صفحات متفرقة.

٢. مخلف شلال مرعي, التباين المكاني لأشجار الفاكهة وامكانيات تنمية زراعتها في العراق, أطروحة دكتوراه مقدمة إلى مجلس كلية الآداب – جامعة بغداد, ١٩٨٠, ص١٣٦, غير منشور.

3. Henry D. Foth. Fundamentals of soil science. 7th. Edition. John Wiley and Sons inc. U.S.A. 1984. P. 208

ومما تجدر الإشارة إليه ان أكثر معادن الكاربونات انتشاراً في التربة هو معدن الكلسايت (كاربونات الكالسيوم)، كما في الترب العراقية التي يشكل فيها هذا المعدن حوالي (٩٠%) من نسبه معادن الكاربونات فيها. تكمن أهمية دراستنا لمحتوى التربة من كاربونات الكالسيوم من تأثير هذه الأملاح على العديد من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، ففيما يتعلق بآثار أملاح كاربونات الكالسيوم على الخصائص الفيزيائية للتربة، هو أن وجود هذه الأملاح يقلل من قابلية التربة لتجهيز الماء، فالتربة تفقد الماء في المدى الذي يستطيع أن يمتصهُ النبات مما يستلزم الري المتقارب لهذه التربة وتؤدي هذه الأملاح إلى تكوين قشرة سطحية صلبة مما لهُ أثر في تأخير الإنبات وخفض نسبته، (Rimmer/ ١٩٧٦/ ١٢٩) فضلاً عن ذلك فقد لوحظ أن بناء التربة الكلسية يتعرض للانهيار عند الترطيب كما إنها تتصلب عند الجفاف، وهذا يستوجب إجراء عمليات حراثتها في مستوى معين ومناسب من المحتوى الرطوبي، وقد يسبب وجود أملاح كاربونات الكالسيوم المعروفة بكونها مادة غروية (لاحمة) تكوين طبقة غير منفذة قد تعترض نمو النباتات وإعاقة انتشارها. أما ما يخص تأثير أملاح كاربونات الكالسيوم على الخصائص الكيميائية للتربة فإنها تتمثل بأوجه مختلفة، ففي البداية تمتاز التربة الكلسية بارتفاع درجة تفاعلها (PH) على أساس أن انطلاق ايونات الهيدروكسيل (OH) عند تحلل كاربونات الكالسيوم كفيل برفع درجة التفاعل لمحلول التربة. وعموماً تتراوح درجة تفاعل التربة الكلسية بين (٨ – ٨,٤). (Fitzpatrick/ ١٩٧٤/ ٧١). بسبب القوة التنظيمية (Buffering action) لكاربونات الكالسيوم، إضافة إلى الذوبانية المنخفضة لها. وهناك علاقة بين محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم والقوة التنظيمية للتربة التي تعبر عن قابلية التربة على مقاومة التغيرات التي تطرأ على درجة تفاعلها عندما تعامل بحامض أو قاعدة وتتأثر هذه القوة بعدة عوامل منها كمية ونوع الطين والمادة العضوية للتربة فضلاً عن كمية الأملاح المترسبة مثل كاربونات الكالسيوم أو غيرها (فوزبوتسكايا/ ١٩٧٧/ ٣٠٣) وهناك علاقة بين محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم والسعة التبادلية الكاتيونية لها، حيث تشير احد المصادر إلى انخفاض السعة التبادلية الكاتيونية للتربة الكلسية، ويعتمد هذا الانخفاض على محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم ضمن مقدها (الراشدي/ ١٩٨٧/ ١٧٥).

ولمحتوى التربة من كاربونات الكالسيوم أهمية في تحديد مدى تيسر العناصر الغذائية للنباتات، فقد وجد أن ارتفاع درجة تفاعل التربة الناتج عن محتواها من كاربونات الكالسيوم وارتفاع تركيز ايون الكالسيوم، يؤدي إلى ترسيب الفسفور في صور مختلفة من فوسفات الكالسيوم، حيث لوحظ بأن لسطوح كاربونات الكالسيوم المقدرة على امتصاص الفسفور على سطحها، وبالتالي يفقد قدرته على الحركة مع الماء، ويصبح مقيداً فتنخفض بذلك إمكانية الاستفادة منه من قبل النباتات. كما وجد أن

وجود كاربونات الكالسيوم في التربة يخفض تيسر عنصر الحديد، فيقل بذلك امتصاص النبات لهذا العنصر (عبد العال وزميله،/١٩٨١/ ٢٥٣ – ٢٥٤).

وقد تبين أن علاقة محتوى التربة من كاربونات الكالسيوم بمدى تيسر عناصر الفسفور والحديد والمنغنيز والزنك للنباتات يعتمد على نسبة الحبيبات الدقيقة من كاربونات الكالسيوم التي توجد في دقائق الطين من مجموع التوزيع الحجمي لدقائق التربة، ولكاربونات الكالسيوم دوراً في تدهور صلاحية الأسمدة النتروجينية المختلفة المضافة من خلال التأثير المباشر وغير المباشر على تطاير الأمونيا، حيث تقوم أملاح كاربونات الكالسيوم في التربة ذات درجة التفاعل المرتفع بتحويل ايون الامونيوم (NH_4^+) إلى أمونيا (NH_3)، (عواد/ ١٩٨٦/ ٢٦).

وللكالسيوم أهمية واضحة في زيادة نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تقوم بتحليل المواد العضوية وقد يؤدي وجود أملاح كاربونات الكالسيوم إلى تجمع الدوبال وتحولهُ إلى دوبال كلسي لا تؤثر عليه البكتريا، فيعطي للتربة بناء ثابت ومرغوب لاستعمالات التربة الزراعية. إن المحتوى العالي من كاربونات الكالسيوم في ترب المناطق الجافة وشبة الجافة من شأنه أن لا يسبب مشكلة عند القيام باستصلاح الترب الملحية الواسعة الانتشار في هذه المناطق وبالتالي إمكانية استغلالها زراعياً، كما إنها لا تكون طبقة صماء (Hard pan) غير منفذة سواء داخل المقد أو على سطح التربة، وقد يعزى ذلك إلى أن محتوى التربة العالي من الأملاح يؤدي إلى زيادة ذوبان كاربونات الكالسيوم فتعمل هذه الكاربونات كوسيط لغسل الأملاح باتجاه الطبقات السفلى من التربة، كما ان هذا المحتوى العالي من كاربونات الكالسيوم قد يؤدي إلى قلة جاهزية عنصر الفسفور المضاف للتربة على شكل أسمدة فوسفاتية بسبب تكون مركبات معقدة غير جاهزة للامتصاص من قبل النباتات. (علاوي وزميله/ بلا سنة/ ٢٤٢).

وتنتشر الترب الكلسية في مناطق واسعة من العالم إذ تنتشر في دول آسيا الوسطى واستراليا وبعض ولايات الولايات المتحدة الأمريكية وجنوب أوربا، كما تنشر في بعض الترب في الوطن العربي كما في مصر وليبيا والمغرب والسودان وسوريا ودول الخليج العربي والعراق. (المالكي/ ٢٠١٢/ ٦٧).

وتصنف الترب على أساس محتواها من كاربونات الكالسيوم إلى ثلاث أصناف هي:

أ- ترب ضعيفة الكلسية (Slightly Calcareous) إذا كان محتواها من كاربونات الكالسيوم أقل من (٣%).

ب- ترب معتدلة الكلسية (Moderately Calcareous) إذا تراوحت نسبة محتواها من كاربونات الكالسيوم بين (٣- ١٥ %).

جـ- ترب شديدة الكلسية (Strongly Calcareous) إذا تراوحت نسبة محتواها من كاربونات الكالسيوم أكثر من (١٥ %). (العكيدي/ ١٩٨٦/ ٢٤٤).

وأخيراً لابد من التفريق بين محتوى الترب من كاربونات الكالسيوم الكلية ومحتواها من الكلس الفعال الذي هو عبارة عن كاربونات الكالسيوم الناعمة التي تقل أقطارها عن (٢) ميكرومتر ونظراً لصغر أقطار حبيبات الكلس الفعال وازدياد سطوحها النوعية فإن فعاليتها الكيميائية وتأثيراتها على خصائص التربة الخصوبية اكبر من تأثير كاربونات الكالسيوم الكلية، وتصنف التربة بأنها فقيرة بمحتواها من الكلس الفعال إذا كانت نسبتهُ أقل من ٢ % ومتوسطة إذا تراوحت نسبته بين (٣ – ٦ %) وعالية إذا تراوحت بين (٦ – ٩ %) وتكون عالية جداً إذا بلغت نسبة الكلس الفعال فيها أكثر من (٩ %). (الشاطر وآخرون/ ٢٠٠٩/ ٥٣ – ٥٧).

٤. محتوى الترب من كبريتات الكالسيوم (الجبس)

يعُد محتوى التربة من كبريتات الكالسيوم من الخصائص الكيميائية المهمة للتربة والتي هي عبارة عن كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSO_4.2H_2O$) التي أما أن تكون على شكل ترسبات جبسية نقية أو مختلطة مع الصخور الكلسية، وتوجد التكوينات الجبسيه في صورتين، الأولى وهي ما يسمى الجبس الأولي الذي يتكون نتيجة لتفتت الصخور الجبسية المتكونة أصلاً في بعض المناطق، أما الصورة الثانية فهي ما يسمى الجبس الثانوي الذي يترسب من مياه الري والبزل والمياه الجوفية. (حبيب/ ٢٠٠٨/ ١٩٣).

وتتكون الترسبات الجبسية في التربة وبأعماق مختلفة وخصوصاً في المناطق التي يكون فيها مستوى الماء الأرضي مرتفعاً إذ يتعرض الماء الأرضي الذي يصعد إلى الأعلى بفعل الخاصية الشعرية للتبخر الشديد وفي بعض المناطق تكون الصخور الأصلية للتربة غنية بمركبات الكبريتيد مثل معادن البايرايت ففي حالة تأكسدها يتكون حامض الكبريتيك الذي يتفاعل بدوره مع كاربونات الكالسيوم مكوناً ترسبات جبسية (العبد الله/ ٢٠٠٦/ ٢٤٣).

ففي حالة الترب المروية تقود عملية غسل التربة المالحة التي تحتوي كبريتات وكالسيوم في محلول التربة الى ترسيب كبريتات الكالسيوم (الجبس) وتراكمه في الأفق تحت السطحي، لذا فإن عملية تكوين الجبس في هذه الحالة قد تكون نتيجة لاستبدال ملح كلوريد الصوديوم $NaCl$ بملح كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ عند احتواء مياه الري على كميات كافية من الكبريتات والكالسيوم. (حبيب/ ٢٠٠٨/ ١٩١).

ويختلف الباحثون حول صلاحية الترب المتأثرة بالجبس للزراعة المروية والحدود التي يجب اعتمادها كنسبة الجبس في التربة وعمق الطبقة الجبسية فكلما كان عمق التربة أكبر ومحتواها من الجبس اقل كانت قابليتها للاستثمار أفضل ولمعظم المحاصيل حتى عند احتوائها على نسبة عالية من الجبس تزيد عن ١٠% ولكن على

شكل دقائق مفككة غير متصلبة وأن تراعى في إدارتها كمية وطريقة الري والتسميد العضوي والكيميائي. (دوغرامه جي/ ٢٠٠٠/٤٥).

يعُد الجبس من الأملاح السهلة الذوبان بالماء ويبلغ معدل ذوبانة حوالي (١,٨ غم/لتر ماء) أو ما يعادل حوالي (٣٠ مليمكافئ/لتر) ويزداد هذه الذوبان في المحاليل الحاوية على كلوريد الصوديوم وكلوريد المغنيسيوم ويقل عند وجود المحاليل الحاوية على كلوريد الكالسيوم.

وتعتمد الخصائص الكيميائية الحاوية على نسبة عالية من كبريتات الكالسيوم على طبيعة الترسبات الجبسية وعمق الطبقات التي تترسب فيها. إذ ثبت أن نسبة الجبس تتغير مع متغيرات عمق التربة. (جدول ١٢)

جدول (١٢)

النسبة المئوية لمحتوى التربة من الجبس حسب الأعماق/سم

العمق / سم	محتوى التربة من الجبس %
٥ ــ ١٥	٤١,٥
٢٥ ــ ٣٥	٤١,٥
٤٥ ــ ٥٥	٢٩,٠
١٢٠ ــ ١٣٥	٤٣,٥
١٥٠ ــ ١٦٠	١٩,٠
١٨٠ ــ ٢٠٠	٢,٠
٢٢٠ ــ ٢٤٠	١,٣

المصدر: شاكر مسير لفتة الزاملي، القابلية الإنتاجية للأراضي الزراعية في قضائي الكوت والنعمانية، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة بغداد، ٢٠١٤، ص١٨٣.

إن دراسة محتوى التربة من الجبس له أهمية كبيرة لما تؤثر به هذه التكوينات على بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، فزيادة نسبة الجبس في التربة يؤدي إلى انخفاض الكثافة الظاهرية لها، بسبب انخفاض الوزن النوعي للجبس، ويؤدي تكوين الجبس لطبقة صلبة في التربة إلى أعاقة نمو الجذور وانتشارها، ويؤدي تكون القشرة على سطح التربة الجبسية بعد الري إلى إعاقة نمو البذور والبادرات وتؤدي كذلك الى رداءة التهوية وانخفاض معدل غيض التربة، والتوصيل المائي المشبع للتربة، ويرافق ذلك زيادة مطردة في الكثافة الظاهرية للتربة، ومما ينجم عن ذلك من إعاقة لبزوغ بادرات المحاصيل الزراعية. (الجنابي وآخرون/ ١٩٨٩/ ١٤).

وقد وجد أن التربة ذات المحتوى العالي من الجبس تمتاز بقابليتها الضعيفة على الاحتفاظ بالرطوبة والعناصر الغذائية الصغرى والكبرى الضرورية للنبات فضلاً عن انخفاض سعتها على التبادل الأيوني وذلك لتشبُع مواقع التبادل بايونات الكالسيوم ومحلول التربة بنفس الايون والكبريتات وبالتالي انخفاض مستويات خصوبتها، ونظراً لعدم تجانس عمق التربة فوق الطبقة الجبسية وقلة عمقها في معظم الحالات فإنها تخلق صعوبات عند أجراء عمليات التعديل والتسوية المطلوبة لطرائق الري

التقليدية كالألواح أو الأحواض أو المروز وذلك لذوبانية الجبس العالية وخاصة عند أروائها بمياه ري وآبار تحتوي على ايونات الصوديوم أو المغنيسيوم أو الكلور وبالتالي عدم الوصول إلى كفاءة ري وإنتاجية عالية عند توسيع المساحة المزروعة. (دوغرامه جي/ ٢٠٠٠/ ٤٥). وبناءاً على مستوى قابلية الجبس على الذوبان لذا فإنه يعتبر ملحاً غير سام للنباتات ، حيث لا يؤثر على الضغط الازموزي (Osmotic pressure)
لمحلول التربة، (Buringh/ ١٩٦٠/ ١٠٦). وتوفر كمية مناسبة من الجبس يعُد أمراً ضرورياً لكونه يشكل مصدراً لأيونات الكالسيوم كأحد العناصر المهمة لتغذية النباتات، إضافة إلى أهميته في منع تكوين أملاح كاربونات الصوديوم (Na_2CO_3) المسؤولة عن تكوين التربة القلوية (Alkaline soil). وينتج عن تشبع سطوح الذوبان بأيونات الكالسيوم تشجيع الغرويات على التجمع فتتكون مجاميع أكثر ثباتاً، فيتحسن بناء التربة، وتجود مسامية التربة ونفاذيتها، لذا يمكن اعتبار الجبس أحد مصلحات التربة القلوية المهمة عند استصلاحها. (الزبيدي/ ١٩٩٢/ ٢٣٢).

وأخيراً لابد أن نشير إلى أن الترب الجبسية تنتشر في المناطق ذات المناخ الجاف أو شبه الجاف أو التي توجد فيها صخور ورواسب جبسية يرافقها انخفاض في كميات الأمطار الساقطة إذ تصبح غير كافية لغسل الرواسب الجبسية أسفل طبقات التربة، وأشارت إحدى المصادر إلى أن مساحة الأراضي الجبسية في العالم تبلغ حوالي ٨٥٩٠٠٠ كم^2 تقع معظمها في روسيا وجنوب شرق الصومال وشرق اسبانيا والجزائر وتونس وجنوب ووسط أستراليا، (المالكي وزميله/ ٢٠١٢/ ٦٩). وفي سوريا تشغل الترب الجبسية حوالي ٢٠ % من مساحة البلاد، (أبو نقطة وزميلة، ٢٠١٠، ٢٧٢). وفي العراق تشغل هذه الترب مساحة قدرها حوالي (١٠) ملايين دونم، (سوريال/ ١٩٧٩/ ٤١).

٥- السعة التبادلية الكاتيونية للتربة:

قبل دراستنا لموضع السعة التبادلية الكاتيونية للتربة لابد أن نعرف أن الكاتيون هو احد أنواع الأيونات التي هي عبارة عن جزيئات مشحونة كهربائياً تكونت عندما تفقد الذرة المتعادلة أو مجموعة من الذرات أو تكتسب واحداً أو أكثر من الالكترونات، فقدان الإلكترون من الذرة يجعلها ذات شحنة موجبة، وبذلك تسمى بالكاتيون وتصبح ذات شحنة سالبة عندما تكتسب الذرة إلكتروناً، فتسمى عندئذ بالانيون، وعملية التبادل هي عملية ابدال ايون بآخر، أو إبدال كاتيون بآخر في حالة التبادل الكاتيوني، وتتم من الطين المشحون كهربائياً أو من الغرويات العضوية إلى محلول التربة (النعيمي،/ ١٩٩٠/ ١٢١).

يقصد بالسعة التبادلية الكاتيونية للتربة بأنها عدد من المكافئات من الايونات الموجبة الموجودة على سطوح المعقد الغروي في (١٠٠ غم) من التربة الجافة عند درجة

حرارة (١٠٥ م°)، والتي يمكنها التبادل مع غيرها من الأيونات الموجبة عند درجة تفاعل (PH) مقدرها (٧) أو أي درجة تفاعل أخرى مناسبة. (Bear/ ١٩٧٧/ ١٦٦)

تعتمد السعة التبادلية الكاتيونية للتربة على ثلاث عوامل أساسية هي:

١- محتوى التربة من دقائق الطين من الناحيتين الكمية والنوعية فزيادة نسبة هذه الدقائق تزيد السعة التبادلية الكاتيونية للتربة مقارنة بتلك الحاوية على كمية كبيرة من الدقائق الخشنة. (جدول ١٣) كما أن دقائق الطين التي تحتوي على نسبة أعلى من معادن المونتموربللونايت لها سعة تبادلية كاتيونية أعلى من تلك التي تحتوي على معادن الألايت او الكاؤلينات، فالسعة التبادلية الكاتيونية لمعدن المونتمور يللونايت تتراوح بين (٨٠ – ١٠٠ سيمول/كغم) وتتراوح لمعدن الآلايت بين (١٥ – ٤٠ سيمول/كغم) ولمعدن الكاؤولينات بين (٣ – ١٥ سيمول/كغم). **(Gaston/ ١٩٩٠/ ٣١).**

(جدول ١٣)العلاقة العامة بين نسجة التربة والسعة التبادلية الكاتيونية

نسجة التربة	السعة التبادلية الكاتيونية سيمول /كغم
رملية	١ ـ ٥
رملية لومية	٥ ـ ١٠
سلتية لومية	٥ ـ ١٥
طينية لومية	١٥ – ٣٠
طينية	اكثر من ٣٠

المصدر: السيد احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي، الإسكندرية ٢٠٠٦، ص٤١٠.

٢- محتوى التربة من المواد العضوية فكلما أرتفع محتوى التربة من هذه المواد ارتفعت قيمة سعتها التبادلية الكاتيونية، وهناك من يشير إلى أن تأثير المادة العضوية على تبادل الأيونات الموجبة في التربة يكون مساوياً أن لم يكن أكثر من تأثير المعادن الطينية، علماً أن السعة التبادلية الكاتيونية للمواد العضوية المتحللة (الدوبال) تتراوح بين (١٥٠ – ٣٠٠ سيمول/كغم) . (Brady /١٩٧٤ /١٤٨)

٣- درجة تفاعل التربة (PH)، فعند انخفاض درجة التفاعل بشكل كبير جداً (حموضة شديدة جداً) فإن ايونات الهيدروجين تكون ممسوكة بقوة على سطوح الدقائق العضوية بحيث لا يمكن إبدالها بأيونات أخرى، لذا فأن هذه الحالة تؤدي إلى عدم وجود شحنة سالبة على المادة العضوية المتحللة فلا تكون لها القابلية على تبادل الايونات الموجبة، ومع تزايد درجة التفاعل تحصل الزيادة في الشحنة السالبة إلى أن يكون المحيط قاعدياً جداً عند ذلك تبدأ المادة العضوية المتحللة بالذوبان في محلول التربة.

تُعد السعة التبادلية الكاتيونية من الخصائص الكيميائية المهمة للتربة لذا تكتسب دراستها أهمية خاصة لما لها من تأثير على خصائص التربة الأخرى التي تؤثر على خصوبتها وإنتاجيتها، سواء بشكل مباشر أو غير مباشر، فالتربة ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية عادةً ما تحتوي على كميات كبيرة من العناصر الغذائية وبشكل

صالح لتغذية النبات، لأن ارتفاع قيمة السعة التبادلية الكاتيونية يعطي للتربة القابلية على مسك العناصر الغذائية والاحتفاظ بها، إضافة إلى ذلك فان التعرف على قيمة السعة التبادلية الكاتيونية للتربة يعطي بعض المؤشرات عن محتوى التربة من المواد العضوية المتحللة أو محتواها من المعادن الطينية، فارتفاع هذه القيمة قد يعد دليلاً على زيادة محتوى التربة من المواد العضوية المتحللة والمعادن الطينية ذات السعة التبادلية الكاتيونية العالية، والعكس هو الصحيح وتكتسب معرفة الكاتيونات السائدة على معقد التبادل أهمية في التعرف على نوع الكاتيونات المتوفرة في محلول التربة وهذا قد يعطي مؤشراً لطبيعة تفاعل التربة الذي يكشف بدوره عن العديد من الظروف الفيزيائية والكيميائية والبايلوجية للتربة.

وتحدث في التربة أيضاً ظاهرة التبادل الايوني Anion Exchange وهي غير ظاهرة التبادل الكاتيوني، وتتم عملية حدوثها عبر تبادل الايونات السالبة كالفوسفات والنترات والكبريتات، ويزداد التبادل الايوني مع انخفاض درجة تفاعل التربة (PH) وهذا عكس ما يحدث في التبادل الكاتيوني ولوحظ ان ظاهرة التبادل الأيوني تزداد في التربة الحاوية على الأطيان السليكاتية التي فيها نسبة عالية من أكاسيد الحديد والألمنيوم ، ولا تكتسب هذه العملية أهمية كبيرة لأن معظم الترب الزراعية لها درجة تفاعل متعادلة أو ضعيفة القلوية فتكون قيمة حدوثها اقل ما يمكن كما أن بعض الايونات السالبة قد تفقد من الترب عن طريق إجراء عمليات الغسل (Pitty/ ١٩٧٨/ ١٦١).

ويمكن تقسيم الترب على أساس سعتها التبادلية الكاتيونية حسب الجدول أدناه. (جدول ١٤)

(جدول ١٤)

تقسيم الترب على أساس سعتها التبادلية الكاتيونية وفقاً لمعيار (I. L. C. O. BV, ١٩٨١)

حدود السعة التبادلية الكاتيونية سيمول/كغم	صنف الترب
اقل من ٦	منخفضة جداً Very low
٦ – ١٢	منخفضة Low
١٣ – ٢٥	متوسطة Medium
٢٦ – ٤٠	مرتفعةHigh
أكثر من ٤٠	مرتفعة جداً very high

المصدر:

I. L. A. C. O. Bv (ed), Agricultural compendium Forr rural Development in the Tropics and sub tropics, Elservier, Amsterdam, ١٩٨١. P . ٧٩ .

٦. الايونات الموجبة والسالبة الذائبة في محلول التربة:

Positive and Negative ions soluble in soil solution

تكتسب دراسة محلوله التربة (Soil solution) أهمية كبيرة في وصف سلوك العناصر الغذائية للنبات في التربة، ويقصد بمحلول التربة هو ماء التربة الذي يحتوي على مختلف الكاتيونات والأنيونات بشكل ذائب، ويمكن القول أن تركيب وتركيز محلول التربة ينتج عن تفاعل مختلف العمليات الفيزيائية والكيميائية والبايلوجية التي تحدث في التربة، وهذه بدورها ترتبط مباشرةً بدرجة حرارة التربة ومحتواها الرطوبي وتهويتها، علاوةً على ذلك فإن تغير هذه العناصر، وما يجري للتربة من تغيرات تتعلق بالأحوال المناخية والعمليات الزراعية كالحراثة والتسميد والري وغيرها تجعل محلول التربة حالة غير ثابتة، فهو في حالة تغير وتبدل مستمرين (عواد/ ١٩٨٦/ ١٢٧).

تعد التربة هي المصدر الأساسي للغالبية العظمى للأيونات الموجبة والسالبة التي تذوب في محلول التربة ، ويستطيع النبات الاستفادة منها وامتصاصها بصور وأشكال مختلفة. ومما تجدر الإشارة إليه أن معظم الأيونات الموجبة التي تدخل في تركيب محلول التربة تمثل بايونات الكالسيوم (Ca^{+2})، المغنيسيوم (Mg^{+2})، الصوديوم (Na^{+1})، البوتاسيوم (K^{+1})، الأمونيوم (NH_4^{+1}) إضافة إلى المنغنيز (Mn^{+2})، الحديد (Fe^{+2})، الزنك (Zn^{+2})، النحاس (Cu^{+2}). أما الأيونات السالبة فإنها تمثل بأيونات البيكاربونات (HCO_3^{-1})، الكبريتات (SO_4^{-2})، الكلوريدات (Cl^{-1}) الفوسفات ($H_2PO_4^{-1}$، HPO_4^{-2})، النترات (NO_3^{-1}) النتريت (NO_2^{-1}). (جدول ١٥)

(جدول ١٥)متوسط تراكيز الايونات الداخلة في محلول التربة الحامضية والقاعدية

الايونات	الترب الحامضية مليمول/ لتر	الترب القاعدية مليمول/لتر
الكالسيوم	١,٦١	١٢.٨٦
المغنيسيوم	٠,٧٥	٢,٤٨
البوتاسيوم	١,٠٠	٢,٢٩
الالمنيوم	٠,١٣	-----
الكلوريد	١,٠٤	٣,٠٧
الفلوريد	١,١٦	--------
النترات	٠,١٦	٢١,٣٦
الكبريتات	١,٤٠	٥,٠١
الكاربونات	----------	٣,٢٦

المصدر: السيد احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي، الإسكندرية، ٢٠٠٦، ص٤٢٩.

يتضح في الجدول السابق ارتفاع تراكيز ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والنترات في الترب القاعدية مقارنة بالترب الحامضية.

يحصل محلول التربة على الأيونات السالبة والموجبة المذكورة آنفاً بطرائق متعددة منها تحلل المادة العضوية في التربة وكذلك انحلال وذوبان الأملاح والمعادن

فضلاً عن تفاعلات التبادل الكاتيوني والانيوني إذ تتحرر العناصر الغذائية إلى محلول التربة. وقد علمنا أن محلول التربة هو المصدر الأساسي للماء والعناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات ولما كان تركيز العناصر الغذائية في محلول التربة منخفض ولا يفي بحاجة النبات لإكمال دورة حياته فمن المؤكد أن تكون الكمية الذائبة في محلول التربة لا تمثل الكمية الكلية لذلك العنصر في التربة وإنما تمثل كمية العنصر الصالحة للامتصاص بوساطة النبات والتي يتم تعويض ما يمتصه النبات منها بوساطة الجزء الصلب، وهناك عاملين مهمين في التربة يؤثران على صلاحية أي عنصر للنبات هما مقدار تركيز العنصر في محلول التربة وكذلك قدرة الجزء الصلب من الأرض على تعويض الانخفاض في تركيز عنصر ما في المحلول الأرضي.

يتأثر تركيب وتركيز محلول التربة بالعديد من العوامل المتداخلة مع بعضها، كتفاعلات التبادل الكاتيوني والآيوني وتفاعلات الأسمدة العضوية والكيميائية التي تضاف للتربة، وكذلك امتصاص العناصر الغذائية من قبل النبات واحتمال تثبيت بعض العناصر في التربة كما يحصل لعناصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم. علاوة على دور المحتوى الرطوبي للتربة ومعدل نمو المحاصيل الزراعية ونشاط الحياء الدقيقة في التربة. (Wild/ ١٩٧٦/ ٤٦٠).

أما درجة ذوبان العناصر الغذائية الموجودة في محلول التربة والتي هي دائماً في حالة اتزان مع المكونات المعدنية للتربة فإنها تتأثر هي الأخرى بعاملين مهمين الأول هو درجة تفاعل التربة فتزداد درجة ذوبان بعض العناصر مع انخفاض درجة تفاعل التربة كالنحاس والزنك بينما تقل درجة ذوبان أكاسيد الحديد مع زيادة درجة التفاعل، أما العامل الثاني فهو ظروف الاختزال فعند حدوث هذه الظروف يحدث نقص في ايونات الهيدروجين فيرتفع تبعاً لذلك الرقم الهيدروجيني للتربة الأمر الذي ينعكس بأثرة على درجة ذوبان ايونات عناصر محلول التربة، أن زيادة أو انخفاض تراكيز بعض العناصر الداخلة في تركيب محلول التربة تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر بمستويات تراكيز عناصر أخرى وقد تؤثر أحياناً على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وهناك أمثلة كثيرة على ذلك سنستعرض بعضها. ان زيادة تراكيز أيونات الصوديوم في محلول التربة من شأنه أن يقلل من جاهزية عدد من العناصر الغذائية الأخرى. وخاصةً الكالسيوم والبوتاسيوم، حيث يقل تركيز هذه العناصر على سطوح التبادل فيقل امتصاصها من قبل النبات، كما يؤدي التركيز العالي لأيونات الصوديوم إلى تقليل محتوى التربة من الأوكسجين ، وهذا بحد ذاته يقلل من جاهزية العناصر الغذائية في التربة، أما زيادة تركيز ايونات الكلوريد فانُه يعتبر احد أسباب سمية العديد من المحاصيل الزراعية الحساسة كأشجار الفواكه والحمضيات والأعناب. (جيمز وآخرون/ ١٩٨٧/ ٢١٩). أما بالنسبة لأيونات الكالسيوم فقد وجد ان تركيزها يتناسب طردياً مع ملوحة التربة، وزيادة تركيز هذه

الايونات من شأنه أن يعمل على خفض معدل الإنبات، إضافة إلى الإخلال بموازنة العناصر الغذائية في محلول التربة. وخصوصاً إذا رافق ذلك تركيز عالٍ لأيونات الكلوريدات السالبة. وينطبق نفس الكلام على زيادة تركيز ايونات المغنيسيوم. وفيما يتعلق بأيونات البوتاسيوم فإن زيادة تركيزها في محلول التربة تزداد مع نعومة نسجتها كما ان تركيز هذه الايونات يتأثر قليلاً عندما تحدث تغييرات في المحتوى الرطوبي للتربة (Black/ ١٩٦٨/ ٦٥٥).

أما ما يخص أيونات البيكاربونات فتشير أحد المصادر إلى أنها أحد الأيونات التي تنتشر في الترب المتأثرة بالملوحة، علماً ان تركيزها يتأثر بتركيز ثاني أوكسيد الكاربون الذي ينتج عن فعالية الأحياء الدقيقة وتنفس جذور النباتات، وقد يحافظ هذا التركيز على مستواه العالي في التربة ذات المحتوى العالي من كاربونات الكالسيوم، حيث تذوب هذه الكاربونات في محلول التربة. (عواد/ ١٩٨٦/ ١٤٤). وتكمن خطورة زيادة تركيز أيونات البيكاربونات في ترسيب الكالسيوم والمغنيسيوم على شكل كاربونات فينتج عنه زيادة في نسبة أيونات الصوديوم في محلول التربة، وزيادة ارتباطه على سطوح غرويات التربة.

٧. ملوحة التربة Soil salinity

هي أحد الخصائص الكيميائية للتربة وتعبر عن مجموع الأملاح الذائبة والصوديوم القابل للتبادل في محلول التربة، وتشتمل هذه الأملاح على الأيونات الرئيسة وهي الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم والكلور والكبريتات والبيكاربونات والنترات الذائبة والتي تؤثر في جاهزية العناصر الغذائية والسمية وخصوصاً في مناطق الزراعة الأروائية ذات المناخ الجاف ووحدة قياسها هي ديسيسمنز/م عند درجة حرارة (٢٥م). (أبو نقطة/ ٢٠٠٤/ ٢١٩).

تنطلق أهمية دراستنا لخاصية ملوحة التربة من تأثيراتها على العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبايلوجية للتربة، ومن الطبيعي أن تنسحب هذه التأثيرات على ظروف نمو النباتات وإنتاجية المحاصيل الزراعية المختلفة، وهناك نوعين من الترب الملحية معروفة بين أوساط العاملين بالزراعة الأولى وتسمى (الشورة) وهي التربة التي تكتسي بطبقة ملحية بيضاء اللون والأملاح السائدة في هذه النوع هي كلوريدات وكبريتات الصوديوم، أما النوع الثاني فتسمى (السبخة) إذ يكون سطح هذه التربة ذو لون بني غامق وتبقى رطبة حتى خلال الفصل الحار من السنة والأملاح السائدة فيها هي كلوريدات الكالسيوم. (صورة ٣)، (صورة ٤).

إن زيادة تركيز الأملاح في محلول التربة يعود بأضرار كبيرة على المحاصيل الزراعية وأن هذه التأثيرات أما أن تكون مباشرة من خلال تأثيرها على الجوانب

الفسيولوجية والوظيفية للمحصول أو من خلال تأثيرها غير المباشر عن إيجاد ظروف غير ملائمة للنمو بسبب تأثير الأملاح على خصائص التربة ، ففيما يخص التأثيرات المباشرة فإنها تحدث من خلال أحد أو مشاركة من احد التأثيرات الآتية:

١- زيادة الضغط الازموزي (Osmatic pressre): يقصد بالضغط الأزموزي الشد الإضافي على ماء التربة المتسبب عن وجود الأملاح، إذ يؤدي وجودها إلى انخفاض جهد الماء potential Water الأمر الذي يعني زيادة القوة التي يمسك بها الماء في التربة رغم ثبات نسبة الرطوبة ويرتبط الشد الازموزي مع الملوحة بالعلاقة الآتية. (الراشدي/ ١٩٨٧/ ١٧٩):

الضغط الأزموزي = التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة الإشباع EC × ٠,٣٦

ويعمل هذا التأثير للأملاح على تقليل قدرة المحاصيل على امتصاص الماء من منطقة الجذور أو أن يجعل الماء غير متيسر للامتصاص من قبل جذور النباتات بسبب التراكيز العالية للأملاح في محلول التربة وقد يبذل النبات طاقة إضافية لامتصاص الماء من المحلول الملحي والتي يمكن ان يستفاد منها النبات في بناء خلاياه وأنسجته الجديدة ، ويبدأ التأثير السلبي للملوحة الكلية في منطقة جذور النبات في نموه وإنتاجيته عند قيمة حدية للملوحة تعتمد على نوع النبات والظروف البيئية الأخرى

(صورة ٣)نموذج لتربة ملحية من نوع الشورة

(صورة ٤)نموذج لتربة ملحية من نوع السبخة

المؤثرة فيه، وكلما ازدادت الملوحة الكلية لمستخلص التربة في منطقة جذور النبات أزداد تراجع نموه وإنتاجيته إلى أن يموت وتقدر الإنتاجية النسبية لكل محصول من المحاصيل المختارة في ضوء الملوحة الكلية المقاسة لمستخلص التربة باستخدام القيم الموضحة في المعادلة الآتية:

الإنتاجية النسبية للمحصول = ١٠٠- ث (ت – ح)

إذ أن ت = الملوحة الكلية ديسيسيمنز/م لمستخلص التربة

ح = القيمة الحدية للملوحة الكلية ديسيسمنز/م للمحصول

ث= مقدار التراجع في الإنتاج النسبي للمحصول لكل وحدة زيادة في الملوحة الكلية عن القيمة الحدية .

٢- التأثير الغذائي للأملاح Nutritional effect : يعزى انخفاض نمو وإنتاجية المحاصيل الزراعية بسبب هذه العامل إلى وجود احد ايونات الأملاح في المحلول الغذائي أو محلول التربة بتراكيز عالية يؤدي إلى امتصاصه وتجمعه بكميات كبيرة في أنسجة النبات، وتؤدي هذه الحالة إلى خفض في امتصاص وتركيز ايون أو عنصر غذائي آخر يحتاجه النبات في نموه وبالتالي تظهر أعراض نقص ذلك العنصر على النبات مما يؤثر في نموه وإنتاجيته، فمثلاً لوحظ زيادة تركيز ايون الصوديوم في محلول التربة أدى إلى امتصاصه بكميات عالية نتج عنه نقص في امتصاص ايونات الكالسيوم وظهور أعراض نقصها على النبات (Epstein/ ١٩٧٢/ ٣٦٦).

٣- التأثير السمي Toxicity effect : يأتي التأثير السمي نتيجة لتجمع وتراكم أحد الأيونات كالصوديوم والكلور والبورون بتراكيز عالية في أنسجة النبات إلى درجة يصبح عندها ذو أثر سمي، وعادة تكون تراكيز هذه الايونات التي تسبب السمية قليلة بالمقارنة مع الايونات الأخرى وتؤدي التراكيز العالية لأيونات هذه العناصر إلى أحداث حروق وتساقط الاوراق فقد وجد مثلاً أن تجمع ايونات الصوديوم في الأوراق وبمقدار اقل من (٠,٠٥) من الوزن الجاف للورقة ينتج عنه أعراض حروق وإضرار شديدة أخرى للورقة، ولابد من الإشارة إلى أن النباتات تتفاوت في درجات تأثرها ومقاومتها للأيونات، فمثلاً وجد أن كميات قليلة من الصوديوم والكلوريد تسبب السمية المباشرة لأشجار الفاكهة والحمضيات كالخوخ والأجاص والمشمش والعنب بينما تكون نفس التراكيز غير سامة لنباتات أخرى. يمكن تقدير التأثير السمي لتركيز البورون والكلور في محلول التربة في منطقة جذور النبات في نموه وإنتاجيته بالأسلوب نفسه المتبع في تقدير تأثير الملوحة الكلية على إنتاجية المحاصيل الزراعية باستخدام القيم الواردة في المعادلة الخطية الآتية:

الإنتاجية النسبية للمحصول = ١٠٠ – ث (ت – ح)

إذ أن : ت = تركيز أيونات البورون أو الكلور (مليمول / لتر) في مستخلص التربة

ح = القيمة الحدية لتركيز ايونات البورون أو الكلور (مليمول/لتر) الخاصة بالمحصول.

ث = مقدار التراجع في الإنتاجية النسبية للمحصول لكل وحدة زيادة في تركيز أيونات البورون أو الكلور (مليمول/لتر) عن القيمة الحدية.

٤- تؤثر ملوحة التربة على عملية إنبات المحاصيل بشكل مباشر، فقد وجد مثلاً ان سرعة إنبات بذور محاصيل القمح والبرسيم والذرة الصفراء كانت (١٠٠%، ٩٤%، ٩٦%) على الترتيب انخفضت إلى (٢٨%، صفر%، ٦٠%) عندما ارتفعت نسبة ملوحة التربة من (٠,١%) في الحالة الأولى إلى (١,٦%) في الحالة الثانية، كما لوحظ أيضاً أن إنتاجية المحاصيل المذكورة آنفاً قد انخفضت بنسبة ٥٠% عندما ارتفعت درجة ملوحة التربة من (٦، ١٠٥، ١٠٧) ديسيسمنز/م إلى (١٣، ٣، ١٠، ٩، ٥) ديسيسمنز/م على التوالي. (صفحات متفرقة /F.A.O/١٩٩٥) .

٥- تؤدي ملوحة التربة العالية إلى تقليل نشاط الكائنات الدقيقة في التربة التي تعمل على تحليل المواد العضوية، وقد يعزى ذلك إلى أن الأملاح تعمل على أحداث تغيرات في بروتوبلازم هذه الكائنات فينتج عن ذلك بروتين قلوي يجعل نشاط البروتوبلازم غير طبيعياً (المختار وآخرون/ ١٩٨٩/ ٩٢).

وفيما يخص نسبة الصوديوم المتبادل ESP فهي تمثل النسبة المئوية لأيونات الصوديوم المتبادلة من جملة السعة التبادلية الكاتيونية لمستخلص عجينة الإشباع للتربة ويمكن حساب هذه النسبة وفق العلاقة الآتية:

النسبة المئوية للصوديوم المتبادل (ESP) = الصوديوم المتبادل (EX. Na) * ١٠٠

السعة التبادلية الكاتيونية (CEC)

أما بالنسبة لنسبة امدصاص الصوديوم (SAR) فإنها تعني النسبة المئوية للصوديوم الممدص على سطح الطين من جملة الكاتيونات المتبادلة التي تشتمل على الكالسيوم والمغنيسيوم ويمكن حساب هذه النسبة عن طريق العلاقة الآتية:

$$\text{نسبة الصوديوم الممدص (SAR)} = \frac{Na^{+}}{\sqrt{\frac{Ca^{++}+Mg^{++}}{2}}}$$

وترتبط نسبة امدمصاص الصوديوم مع النسبة المئوية للصوديوم المتبادل إحصائياً بالعلاقة الآتية:

$$ESP\% = \frac{(-0.0126 + 0.01475\ SAR)}{1+(-0.0126 + 0.01475\ SAR)} \times 100$$

وتؤدي زيادة نسبة الصوديوم المتبادل في محلول التربة إلى جملة من الأضرار على العديد من خصائصها أهمها:

١- تؤدي زيادة نسبة الصوديوم المتبادل في محلول التربة إلى رداءة بنائها إذ تكون مجاميع التربة مشتته ومتفرقة Dispersion، وينتج عن ذلك تأثير ضار على المسامات الهوائية الكبيرة للتربة بسبب تحرك حبيبات التربة المشتتة إذ تعمل على سد تلك المسامات فتقل نفاذية التربة.

٢- يؤدي ارتفاع نسبة الصوديوم المتبادل في محلول التربة إلى انخفاض ملحوظ للتوصيل المائي للتربة ومعدل غيضها وسعة خزنها للماء وبالأخص عندما تصل هذه النسبة إلى (١٥%). (Abrol et .. al/ ١٩٧٨/ ٩٨).

٣- تؤدي زيادة نسبة الصوديوم المتبادل في محلول التربة إلى تكوين قشرة سطحية صلبة تعرقل نمو البذور وبزوغ البادرات وقد تتكون طبقة طينية صماء تحت التربة السطحية ناتجة عن حركة الدقائق الناعمة إلى الأسفل بسبب ما تتعرض له من تفريق وتشتت بفعل أيونات الصوديوم المتبادلة.

الفصل الخامس

الخصائص البايولوجية للتربة

أ- الكائنات النباتية للتربة

١- الكائنات النباتية المرئية

٢- الكائنات النباتية غير المرئية

ب- الكائنات الحيوانية للتربة

١- الكائنات الحيوانية المرئية

٢- الكائنات الحيوانية غير المرئية

الفصل الخامس

تعتمد الخصائص البايولوجية أو الحيوية للتربة بالدرجة الأساس على جانبين مهمين الأول هو الجزء العضوي الذي يعد من المكونات الأساسية للتربة والثاني وهو الذي يتعلق بالنشاط البايولوجي الذي يحصل بالتربة سواء في طبقتها السطحية أم في داخلها، كما وأن دراسة هذه الخصائص يرتبط الى حد ما بطبيعة العلاقة بين الكائنات الحية ومدى نشاطها والبيئة التي تعيش ضمنها هذه الكائنات سواء كانت كائنات نباتية او حيوانية، وهذا يستلزم بطبيعة الحال فهم وأدراك مدى تأثيرها وتأثرها مع عناصر هذه البيئة، وبناء على ذلك فإن وجود الكائنات وأعدادها ومدى نشاطها وفعالياتها يتحدد بتأثير عوامل البيئة سلباًأوإيجاباً وهذا الأمر يتطلب الإلماموالاستعانة بعلوم ومعارف كثيرة كعلوم الأرض والكيمياء والفيزياء والبيئة والأحياء المجهرية وغيرها. (المفرجي/١٩٩١/٦٢٤). وكنتيجة منطقية لما أسلفنا فإن عمل الكائنات الحية في التربة يتفاوت بشكل واضح حسب أنواع هذه الكائنات فعمل الكائنات الدقيقة ونشاطها في التربة يختلف كلياً عن عمل ونشاط وتأثير الأحياء الكبيرة كالحيوانات والإنسان كما وأن عمل هذه الكائنات له علاقة مباشرة بمدى انتشارها كمياً ونوعياً على مستوى الزمان والمكان تبعا لتأثيرات الخصائص البيئية التي تحيط بهذه الكائنات والتي هي الأخرى عرضة للتغيير المكاني والزماني.

يتكون الجزء العضوي للتربة من جزأينرئيسيين هما:

١- المواد العضوية الميتة والتي تشمل بقايا النباتات وأجسام وخلايا الأحياء المجهرية والحيوانات ومختلف الإفرازات العضوية ومخلفات فعاليات الكائنات الحية التي تعيش في التربة وقد سبق الكلام عن هذه المواد في الفصل الأول من هذا الكتاب ضمن موضوع المكونات العضوية للتربة.

٢-الكائنات الحية وهذه بدورها تنقسم إلى مجموعتين هما:

أ- الكائنات النباتية

ب- الكائنات الحيوانية

أ- الكائنات النباتية: تنقسم هذه الكائنات بدورها إلى فئتين هما:

١- النباتات المرئية أو غير المجهرية (Marco flora**):** تشتمل هذه الفئة على أنواع كثيرة من النباتات فمنها ماهو فصلي يكمل دورة حياته في فصل واحد ومنها ماهو سنوي يكمل دورة حياته خلال سنة واحدة إذ تتخلف جذوره في نهايتها وهناك النباتات المعمرة التي تقضي دورة حياتها خلال عدة سنين وتتميز بجذورهاالعميقة كالأشجار والشجيرات، ومن هذه النباتات ماهو دائم الخضرة ومنها ماهو نفضي تسقط أوراقها خلال فصل معين بسبب قلة ماء التربة الذي ينتج عادة،أما بسبب قلة التساقط أو بسبب انجماد ماء التربة، كما وتختلف أوراق هذه النباتات أيضاً فمنها ماله أوراق عريضة أوأوراق رفيعة ومنها أيضاً الأوراق ذات الطبيعة الحامضية

والأوراق ذات الطبيعة القاعدية ومن المؤكد أن تنعكس هذه الخصائص على التربة التي تنمو فيها هذه النباتات، وأخيراً قد تكون هذه النباتات عشبية ذات سيقان رخوة وجذور ليفية رقيقة كما هو الحالفي النباتات النجيلية والبقولية وقد تكون خشبية التي تتميز بسيقانها الصلبة وجذورها العميقة كما هو الحال في النباتات المعمرة. ويمكن إجمال أهمية الكائنات النباتية المرئية للتربة بما يأتي:

١- تشكل هذه الكائنات مصدراً للموارد العضوية للتربة والذي يتمثل ببقايا الأوراق والسيقان والأزهار وبقايا الجذور الميتة تحت سطح التربة.

٢- تسترجع إلى التربة ما أخذته منها من عناصر غذائية بعد موتها فبعد ان تمتصه هذه النباتات من التربة على شكل ايونات تطرحه إليها على شكل مواد عضوية وتضيف إليها مواد أخربأخذتها من الجو بعملية التمثيل الضوئي على شكل ثنائي اوكسيد الكاربون محولاًإلى نشا وسيليلوز ومواد عضوية أخرى.

٣- تسهم في خلط مواد التربة فالعناصر الغذائية التي تمتصها الجذور ترجع مرة أخربإلى الطبقة السطحية للتربة من خلال البقايا النباتية وغيرها.

٤- تسهم الكائنات النباتية في حماية التربة من التعرية بنوعيها الريحية والمائية إذ تعمل النباتات على أضعاف قوة الرياح والحد من قدرتها على انتزاع دقائق التربة، هذا من جانب ومن جانب أخر تعمل جذور النباتات على ربط دقائق التربة، مع بعضها وبالتالي زيادة مقاومتها لتأثير الرياح، أما على صعيد التعرية المائية فإن أوراق وأغصان النباتات تعمل على تقليل طاقة سقوط المطر على سطح التربة فتسقط وهي ضعيفة لا تقدر على انتزاع دقائق التربة فضلا عن ذلك تعمل هذه النباتات على إعاقة حركة ماء المطر(الجريان السطحي)فتزداد فرص امتصاص التربة للماء كما وان حركته البطيئة تفقده المقدرة على جرف سطح التربة.

٥- تسهم جذور النباتات بامتدادها خلال آفاق التربة في تحسين نفاذيتها للماء والهواء.

٦- تعمل النباتات على الحد من تطرف درجات الحرارة فخلال النهار تعكس هذه النباتات قسما من الإشعاع الشمسي الذي يسقط على سطح التربة وفي الليل تقلل من مقدار الإشعاع الأرضي للحرارة.

٧- نظرا لاختلاف متطلبات نمو النباتات المختلفة من الماء والعناصر الغذائية لذا فإن الآثار الناجمة عن حاجة النبات للماء وتغلغل جذورها على الخصائص الفيزيائية للتربة تختلف من نبات آخر كما وان تفاوت متطلبات النبات من العناصر الغذائية المختلفة هي الأخرى تتباين في مدى تأثيرها على الخصائص الكيميائية للتربة وبناءً على ذلك من المفضل إتباع نظم الدورات الزراعية عند استثمار التربة لزراعة الغلات الاقتصادية المختلفة.

٢- الكائنات النباتية غير المرئية (Micro flora): لابد أن نعرف أن الغالبية العظمى من الكائنات الحية في التربة (نباتية أو حيوانية) هي كائنات صغيرة جداً لا

يمكن رؤيتها بالعين المجردة لذلك يطلق عليها الكائنات الحية الدقيقة، وتتأثر أعداد وأنواع هذه الكائنات بعدة عوامل أهمها طبيعة المناخ فضلا عن الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، أما طبيعة نشاطها فإنه يتأثر بدرجة كبيرة بكل من أعدادها حسب أنواعها وكذلكوزن كل نوع من أنواعها لكل وحدة حجم من التربة فضلا عن طبيعة نشاطها الحيوي.(جدول ١٦)

(جدول ١٦)أعداد وأوزان الكائنات الحية في الطبقة السطحية للتربة في المناطق الرطبة

الكائن الحي	الوزن الجاف		العدد في	
	كغم/هكتار	%	الغرام	المتر المربع
جذور النباتات	١٠٠٠٠	٠,٥	-	-
البكتريا	٢٦٠٠	٠,١	$١٠^{٨}$-$١٠^{٩}$	$١٠^{١٣}$-$١٠^{١٤}$
الفطريات	٢٠٠٠	٠,١	$١٠^{٥}$-$١٠^{٦}$	$١٠^{١٠}$-$١٠^{١١}$
الأكتينويسيتات	٢٢٠	٠,٠١	$١٠^{٧}$-$١٠^{٨}$	$١٠^{١٢}$-$١٠^{١٣}$
الطحالب	١٠	٠,٠٠٠٥	$١٠^{٤}$-$١٠^{٥}$	$١٠^{٩}$-$١٠^{١٠}$
البروتوزوا	١٠٠	٠,٠٠٥	$١٠^{٤}$-$١٠^{٥}$	$١٠^{٩}$-$١٠^{١٠}$
النيماتودا	٢٠	٠,٠٠١	١٠-$١٠^{٢}$	$١٠^{٦}$-$١٠^{٧}$
الديدان الأرضية	١٠٠	٠,٠٠٥	-	٣٠-٣٠٠

المصدر: السيد احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي، جامعة الإسكندرية، ٢٠٠٦، ص٣١٠.

تضم الكائنات الحية النباتية غير المرئية في التربة عدة أنواع ممن الكائنات أهمها:

أ- البكتريا Bacteria**:** وهي كائنات حية دقيقة وحيدة الخلية تزيد أعدادها كثيراً عن أعداد الكائنات الحية الأخرى في التربة إذ يحتوي الغرام الواحد من التربة على حوالي (١٠٠) مليون خلية بكتيرية، وأكثر أنواع البكتيريا شيوعاً هي البكتريا العصوية وتقسم البكتريا إلىأقسام تبعاًإلىأسس متعددة الأساس الأول منها مصدر الغذاء والطاقة إذ تقسم إلى البكتريا ذاتية التغذية الضوئية إذ تحصل على الطاقة من أشعة الشمس وعلى الغذاء (الكاربون) من ثنائي اوكسيد الكاربون والبكتريا غير ذاتية التغذية الضوئية إذ تحصل على الطاقة من أشعة الشمس وعلى الكاربون من المادة العضوية وكذلك هناك البكتريا ذاتية التغذية الكيميائية إذ تحصل على الطاقة من أكسدة المواد غير العضوية كالنتروجين والحديد والكبريت وتحصل على الكاربون من ثنائي اوكسيد الكاربون وأخيراً هناك البكتريا غير ذاتية التغذية الكيميائية إذ تحصل هذه البكتريا على الطاقة والغذاء (الكاربون) من المواد العضوية. أما الأساس الثاني لتقسيم أنواع البكتريا فهو احتياجها من الأوكسجين وبموجبه تقسم البكتريا إلى بكتريا هوائية إذتحتاج إلى مصدر للأوكسجين الحر وهذا النوع شائع الوجود، وبكتريا لا هوائية التي يمكنها استخدام مستقبلات الالكترونات مثل النترات NO_3^- والكبريتات SO_4^{-2} ولا تحتاج إلى مصدر أوكسجين

حر وأخيراً البكتريا التي يمكن أن تكون هوائية أو غير هوائية، أما الأساس الثالث لتقسيم البكتريا فهو وجود علاقة تكافلية إذ هناك البكتريا المثبتة للنتروجين تكافلياً فهناك علاقة بينها وبين النبات إذ تستطيع أنتثبت النتروجين الجوي وهناك البكتريا المثبتة للنتروجين ولكن دون علاقة تكافلية بينها وبين النبات، وفيما يلي عرض لأهم أقسام البكتريا المصنفة حسب مصدر الغذاء والطاقة وكذلك حسب وجود العلاقة التكافلية.

١- البكتريا ذاتية التغذية:

تحصل البكتريا ذاتية التغذية على الكربون (الغذاء) من ثاني اوكسيد الكربون ولكن طريقة حصولها على الطاقة اللازمة لها هي التي تجعلها مفيدة للإنسان. فبعض المجاميع المتخصصة من هذه البكتريا تستطيع أكسدة الأمونيوم والنيتريت وأول اكسيد الكربون. وعملية الأكسدة هي ببساطة تغيير الصور المعدنية غير المفيدة والسامة مثل النيتريت، الكبريتيد وأول اكسيد الكربون إلى صور مفيدة مثل النترات، الكبريتات وثاني اكسيد الكربون.

وتعد مجموعة البكتريا التي تقوم بأكسدة الأمونيوم إلى نيتريت ثم إلى نترات (صالح للاستخدام بواسطة النبات) من أهم مجموعات بكتريا ذاتية التغذية.

٢- البكتريا غير ذاتية التغذية:

وهي البكتريا التي تعتمد على المادة العضوية كمصدر لغذائها وأغلب البكتريا الموجودة في التربة تتبع هذا النوع – وتشمل البكتريا غير ذاتية التغذية كلا من البكتريا المثبتة للنتروجين، البكتريا غير المثبتة للنيتروجين.

وتقسم البكتريا المثبتة للنيتروجين إلى بكتريا تكافلية (تصاحب عادة النباتات البقولية) وبكتريا لا تكافلية. وتعتبرالبكتريا غير ذاتية التغذية والتي لا تثبت النيتروجين من أكثرأنواع البكتريا انتشار في التربة والتي يتوقف عليها تحلل المادة العضوية إلى درجة كبيرة.

٣- البكتريا التكافلية:

البكتريا التي تقوم بتثبيت النيتروجين الجوي في عقد جذور النبات تعيش معيشةتكافلية مع النبات.

٤- البكتريا غير ذاتية التغذية والمثبتة للنتروجين لا تكافلياً

لا يحتاج هذا النوع من البكتريا إلى النبات لكي يقوم بتثبيت النتروجين وإنما يعيش معيشةحرة ومثال على ذلك البكتريا اللاهوائية التي توجد في التربة الحامضية رديئة الصرف والبكتريا الهوائية التي توجد بكثرة في الترب الجيدة الصرف والتهوية (الخطيب/ ٢٠٠٦/ ٣٢٦-٣٢٧).

يتأثر وجود البكتريا في التربة بعدة عوامل هي:

١- **المادة العضوية:** تصنف معظم بكتريا التربة بالنسبة لمصدر الكاربون والطاقة بأنها عضوية التغذية أي تستعمل المادة العضوية في بناء بروتوبلازم الخلية، وبناءً على ذلك فإن أعداد البكتريا تتزايد بازدياد نسبة محتوى التربة من المواد العضوية والدوبال كماأن إضافة المواد الكاربونية بصورة مخلفات عضوية نباتية أو حيوانية لها آثار ايجابية في زيادة أعداد البكتريا وهذا يفسر لنا ازدياد أعداد البكتريا في الطبقة السطحية للتربة التي غالبا ما تكون غنية بالمادة العضوية الناتجة من مخلفات النباتات والحيوانات المضافة إلى التربة.

٢- **العناصر المعدنية:** تحتاج البكتريا كأي كائن حي آخرإلى العديد من العناصر المعدنية اللاعضوية كالصوديوم والنتروجين والفسفور والمغنيسيوم والحديد وغيرها من العناصر ويمكن أن تعمل الأسمدة اللاعضوية التي تضاف إلى التربة على زيادة أعداد البكتريا وفي نفس الوقت قد تعود بعض الأسمدة النتروجينية بآثار سلبية على بعض أنواع البكتريا.

٣- **رطوبة التربة:** تحتاج البكتريا إلى الرطوبة لغرض بناء أجسامها وتكاثرها ونموها لذلك فإن زيادة الرطوبة تولد ظروفاً لاهوائية تساعد على نمو البكتريا اللاهوائية فقط أما البكتريا الهوائية فهي أماأن تموت عند هذه الظروف أو قد تبقى ساكنة لحين توفر الأوكسجين.

٤- **درجة الحرارة:** تمتاز البكتريا بان كل جنس من أجناسها له درجة حرارة ملائمة لنموه، وعموماً معظم بكتريا التربة تقع ضمن المدى الحراري المتوسط وأفضل نمو لها يكون بين (٢٥-٣٥ م°) ويمكن أن تنمو أيضاً بين (١٥-٤٥م°) بل هناك نوع من البكتريا تفضل درجات الحرارة المرتفعة إذ يكون أفضل نمو لها بين (٤٥-٦٠م°).

٥- **درجة تفاعل التربة** PH**:** تعد الترب المتعادلة هي أكثرأنواع الترب ملائمة لنمو معظم أنواع البكتريا، وعندما تتراوح درجة تفاعل التربة بين (٥- ٥,٥) تبدأ أعدادها بالتناقص وعند درجة التفاعل (٤) يقل عددها بشكل ملحوظ، ووجد أنإضافة مادة الكلس (كاربونات الكالسيوم) إلى الترب الحامضية سوف يزيد من أعداد بكتريا التربة.

٦- **العمليات الزراعية:** عمليات حراثة التربة لها تأثير مباشر أو غير مباشر في نمو بكتريا التربة وأعدادها فهي تحسن تركيب التربة ونفاذيتها وبالتالي فهي تساعد على حركة الهواء والماء فتولد ظروفاً هوائية تساعد على زيادة أعداد البكتريا الهوائية كما تعمل الحراثة أيضاً على قلب بقايا النباتات والأدغال داخل التربة فتوفر مصدراً غذائياً جيداً للبكتريا، وبصورة عامة تكون أعداد الخلايا البكتيرية أكثر في التربة المحروثة عنها في التربة البكر وفي التربة المزروعة بمراع أو حشائش عن غير المزروعة.

٧- **عمق التربة:** تزداد أعداد البكتريا في الطبقة السطحية للتربة بسبب زيادة نسبة المادة العضوية وبالتحديد ضمن الخمسة عشر سنتيمتراً الأولى من سطح التربة وتقل أعدادها على السطح مباشرة بسبب تأثير أشعة الشمس المباشرة عليها، وتقل أعدادها مع زيادة العمق بسبب قلة المادة العضوية والأوكسجين وزيادة تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون وفي ترب الغابات والبساتين والمساحات الخضراء يكون عدد البكتريا كبيراً في الطبقة السطحية، أما في الترب العضوية تكون أعداد البكتريا كبيرة جداً اعتباراً من السطح وحتى عمق (١٦٠سم).(جدول ١٧).

(جدول ١٧)
تأثير عمق التربة على أعداد البكتريا في الغرام الواحد من التربة

نوع التربة	العمق/سم	أنواع البكتريا/غم من التربة		
		بكتريا المكورات	البكتريا العصوية	البكتريا المثبتة للنتروجين
تربة غابات	السطح	١٣٧٩٠٠٠	١٢١٢٠٠٠	١٠٠٠
	١٠	٩٩١٠٠٠	٤٦٦٠٠٠	٣١٠٠٠
	٢٠	٢٨١٠٠٠	١٦٩٠٠٠	-
تربة لومية بنية	السطح	٨٧٠٠٠٠	٣٧٦٠٠٠	٨٤٠٠٠
	١٠	٥٦٩٠٠٠	١٠٦٠٠٠	١٠٠٠
تربة رملية	السطح	٥١٩٠٠٠	١٩٢٠٠٠	٧٩٠٠٠
	١٠	٤٠٧٠٠٠	١٥٣٠٠٠	٢٣٠٠٠
	٢٠	٢٦٩٠٠٠	١٣٩٠٠٠	٨٠٠٠

المصدر: عبد الفتاح العاني، أساسيات علم التربة، مطبعة مؤسسة المعاهد الفنية، بغداد، ١٩٨٤، ص٧٠.

٨- **ملوحة التربة:** تؤدي زيادة ملوحة التربة إلىآثار سلبية على نمو وتكاثر البكتريا بصورة خاصة والأحياء الدقيقة الأخرى عموما، ووجد أن البكتريا يمكن أن تتحمل درجات ملوحة عالية نسبياً قد تصل إلى ٨ ديسيسيمنز/م.

٩- **فصول السنة:** تزداد أعداد البكتريا عموماً خلال فصلي الربيع والخريف بسبب ملائمة درجات الحرارة وكذلك توفر الرطوبة الملائمة فضلاً عن وجود بقايا النباتات التي تختلط مع التربة لتشكل غذاءً لها، ويقل نمو البكتريا وأعدادها خلال فصلي الشتاء البارد والصيف الحار، وفي الواقع أن البكتريا خلال هذين الفصلين تبقى ساكنة وقليلة النشاط في سبيل مقاومة البرودة القاسية والأنجماد أو الحرارة العالية. (قاسم وزميله/ ١٩٨٩/ ٤١-٤٥).

تلعب بكتريا التربة دورا مهما في الكثير من الخصائص البايولوجية ذات العلاقة بخصوبة التربة وإنتاجيتها. إذ تقوم بعض أنواعها بفعاليات حيوية كالنترجة وأكسدة الكبريت وتثبيت النتروجين، وهناك أنواع منها تقوم بأكثر من فعالية واحدة كالبكتريا المحللة للمواد العضوية، كما وان مخلفات الخلايا البكتيرية وإفرازاتها المختلفة لها دور في تحسين ثبات مجاميع التربة، وتؤدي المركبات العضوية التي تنتجها الأحياء

المجهرية عموماً والبكتريا المتباينة التغذية بصورة خاصة إلى زيادة ثبات مجاميع التربة وبالتالي تحسين بنائها.(العاني/ ١٩٨١/ ١٩٨).

ب- مجموعة اكتينوميسيتات التربة: تتشابه الأكتينوميسيتات من الناحية المورفولوجية مع كل من الفطريات والبكتريا ولكنها عادة ما توضع من الناحية التصنيفية مع البكتريا، وهي كائنات وحيدة الخلية تتراوح أقطارها بين (٠,٥-١ ميكرون)، وتفضل هذه الكائنات العيش في درجات حرارة معتدلة إلاأن البعض منها يفضل العيش في درجات حرارة عالية. توجد الأكتينوميسيتات في الطبقة السطحية للتربة وبأعداد كبيرة، إذأنأعدادها تأتي بالدرجة الثانية بعد أعداد البكتريا وقد تناظرها عددياً في الترب التي تميل للتفاعل القاعدي، وقد تصل أعدادها في ترب المناطق المعتدلة بين (٠,١-٣٦) مليون لكل غرام من التربة وقد تسهم بحوالي ٩٥% من مجموع الأحياء المجهرية في بعض الترب القاعدية، وتنخفض أعداد هذه المجموعة مع انخفاض درجة تفاعل التربة إذ تتكاثر كثيراً عندما تصل درجة التفاعل إلى (٥)، كما تنخفض أعدادها في الترب الغدقة والتي تقل فيها المادة العضوية، ويصل وزنها إلىأكثر من نصف طن في الهكتار الواحد، وتقوم هذه الأحياء بتحليل البقايا العضوية الموجودة في التربة ولها القابلية على تحليل أكثر البقايا العضوية مقاومة مثل اللكنين وهي بذلك تؤدي عملاً مهماً في تحويل العناصر الغذائية الموجودة في البقايا النباتية إلى صورة جاهزة للنبات.

جـ- مجموعة فطريات التربة: وهي كائنات حية قد تكون وحيدة الخلية كما في الخمائر أو متعددة الخلايا كما في الأعفان، وبالنظر لأن هذه الكائنات ليس لها القدرة على استخدام أشعة الشمس لإنتاج طاقة لذلك فهي تعيش على أنسجة النباتات الحية والميتة ولهذا فإن الفطريات تعتمد اعتماداً كلياً في غذائها على المادة العضوية في التربة، أماأعدادها في التربة فتقدر بين (١٠-٢٠) مليون فطر في الغرام الواحد من التربة، وقد يفوق عددها عدد البكتريا في ترب الغابات، أما وزنها فقد يصل إلىأكثر من طن واحد لكل هكتار ويتأثر وجود فطريات التربة بعدة عوامل أهمها:

١- **المادة العضوية:** تصنف الفطريات بالنسبة لمصدر الكاربون والطاقة ضمن قسم عضوية التغذية ولا يمكن لأشعة الشمس أوأكسدة المركبات المعدنية أنتزيد أعداد الفطريات ووجد أنإضافة الأسمدة العضوية تزيد من أعداد الفطريات كما لوحظ أنإضافة هذه الأسمدة إلى الترب الحامضية يؤدي إلى زيادة أعداد الفطريات أكثر من باقي الكائنات الحية الأخرى عند توفر الظروف الملائمة وخصوصاً النتروجين الجاهز.

٢- **درجة تفاعل التربة** PH: تزداد أعداد الفطريات في الترب الحامضية ومع ذلك هناك أنواع منها تنمو في مدى واسع من درجة التفاعل يمتد من الحامضي إلى

القاعدي، وقسم منها ينمو في درجة تفاعل (٩) أوأكثر، ويعزى ازدياد أعداد الفطريات في الترب الحامضية إلى قلة منافسة البكتريا إذأن الفطريات اقل حساسية لزيادة تركيز ايون الهيدروجين من البكتريا.

٣-**الأسمدة المعدنية:** تؤدي إضافة الأسمدة المعدنية وخصوصاً النتروجينية إلى زيادة أعداد الفطريات وذلك لأهمية عنصر النتروجين لبناء خلايا الفطريات فضلاً عن ذلك فإن أكسدة الأمونيوم الناتجة عن هذه الأسمدة تزيد من حموضة التربة إذ تتوفر بيئة مناسبة لنمو الفطريات، ومع ذلك تحتاج الفطريات إلى جميع العناصر الغذائية اللازمة لنمو أي كائن حي.

٤- **الرطوبة والتهوية:** يؤدي توفر الرطوبة والتهوية المناسبتين إلى زيادة أعداد الفطريات ولكن الرطوبة العالية تقلل من نشاط الفطريات في تحليل الأسمدة العضوية ويحدث نفس الشيء عند قلة الرطوبة (الجفاف).

٥- **درجات الحرارة:** تختلف الفطريات من حيث متطلبات نموها الحرارية ولكن معظمها يتلائم مع الحرارة المعتدلة وبعض أنواعها يمكن أن تعيش في درجات حرارة قد تصل إلى (٥٥ م°).

٦- **عمق التربة:** تتواجد الفطريات بأعداد كبيرة قريبا من سطح التربة، وقد تتواجد أعداد كبيرة منها في الأفقBمن قطاع التربة بسبب تكيفها لظروف قلة الأوكسجين وزيادة تركيزغاز ثنائي اوكسيد الكاربون مع زيادة عمق التربة.

٧- **العمليات الزراعية:** تزداد أعداد الفطريات عند زيادة تهوية التربة الناتجة عن عمليات تهيئة التربة كالحراثة والتعديل وغيرها، كما وجد أنأعداد الفطريات تتأثر بنوع المحصول المزروع إذ لوحظ ان الحقول المزروعة بالشوفان تزداد فيها أعداد الفطريات مقارنة بتلك المزروعة بالذرة أو الحنطة بشكل متواصل.

٨- **فصول السنة:** تشبه الفطريات البكتريا في هذا الجانب إذ تزداد أعدادها عموما خلال فصلي الربيع والخريف وتقل في فصلي الشتاء والصيف.

تلعب الفطريات دورا مهما في خصوبة التربة فهي تساعد على انحلال المادة العضوية بما في ذلك السيليلوز واللكنين والأحماض والمركبات المعقدة حتى في الظروف الصعبة كالحموضة الزائدة، ووجد أن الفطريات تكون أكثر كفاءة من البكتريا في تحويل جزء كبير من المواد العضوية المحللة إلىأنسجتهافحوالي ٥٠% من المواد العضوية المحللة بوساطة الفطريات تتحول إلىأنسجةالفطريات نفسها بالمقارنة ب ٢٠% بالنسبة للبكتريا، فضلا عن ذلك فإن للفطريات دور مهم في زيادة حجم وثبات مجاميع التربة وتحسين بنائها.

د- **مجموعة طحالب التربة:** وهي أكثر الأحياء المجهرية التي تقوم بعملية التركيب الضوئي شيوعاً في التربة، وتتراوح في التركيب والحجم بين وحيدة الخلية التي يبلغ قطرها (٥-١٠) مرات قطر البكتريا إلى حجم عشب البحر الذي يبلغ طوله

حوالي (٣٠ م)، وتوجد الطحالب دائما قريبة من سطح التربة لأنها تقوم بعملية التركيب الضوئي إذإنها تأخذ غاز ثنائي اوكسيد الكاربون من الجو كما وتأخذ العناصر المعدنية المهمة من التربة، ومن حيث مصدر الكاربون والطاقة فإنها تصنف ضمن ذاتية التغذية الضوئية، وتتراوح أعداد الطحالب في التربة بين (١-١٠) بليون/ م^{٢} وذلك حتى عمق (١٥ سم) (الخطيب/ ٢٠٠٦/ ٣١٩). وتنطبق نفس العوامل التي تؤثر على وجود البكتريا والفطريات المذكورة قبل قليل على وجود الطحالب أيضاً، فالمادة العضوية لها تأثير غير مباشر على وجود الطحالب لأن تحللها ينتج عنه غاز ثنائي اوكسيد الكاربون الذي تستخدمه الطحالب في عملية التركيب الضوئي، كما أن توفر العناصر المعدنية في التربة ضروري جدا لنمو الطحالب وتكاثرها، كما يؤثرجفاف التربة ودرجة تفاعلها على بعض أنواع الطحالب وقد تؤثر المبيدات عليها بشكل غير مباشر كونها نباتات خضراء أيضاً، وتضم الطحالب عدة أصنافأهمها الطحالب الخضراء والخضراء المزرقة والخضراء المصفرة والسوطية وكذلك الدايتومات، وتتلخص أهمية الطحالب في التربة بزيادة الكاربون العضوي في التربة لأنها تقوم بعملية التركيب الضوئي وتحول غاز ثنائي اوكسيد الكاربون الجوي إلى كاربون عضوي كما تساهم بعض الطحالب الخضراء المزرقة في تثبيت النتروجين بصورة غير تعايشية.

هـ- **الأشنات:** وهي كائنات حية تتكون من تجمع فطر وطحلب ويعيش كلاهما بصورة تكافلية إذ يقوم الطحلب بتكوين الكاربوهيدرات بعملية التركيب الضوئي لكي يوفرها للفطر بينما يقوم الأخير بتزويد الطحلب بالعناصر الغذائية الضرورية التي يحصل عليها من تحليل المركبات العضوية الموجودة في التربة، ويكثر وجود الأشنات على سطح التربة وتنمو بصورة بطيئة جدا وتلعب الأشنات دوراً مهماً في تجوية الصخور.

و- **فيروسات التربة:** وهي كائنات دقيقة جدا لايمكن رؤيتها باستعمال المجهر الضوئي وإنما بالمجهر الالكتروني الذي يكبر عشرات أو مئات الألوف من المرات، وتعد التربة مأوى للكثيرمن هذه الفيروسات التي تسبب أمراض للنبات كمرض الموزائيك الذي يصيب التبغ والحنطة والشوفان إذ يبقى هذا الفيروس في التربة بصورة غير نشطة إلى حين زراعة النبات العائل، وقد ينتقل بوساطة الفطريات أوالحشرات من تربة إلى لأخرى أو مياه الأنهار التي تستعمل للشرب فتسبب أمراض مختلفة للإنسان.(قاسم وزميله/ ١٩٨٩/ ٦٨).

ز- **مجموعة ابتدائيات التربة:** وهي كائنات حية وحيدة الخلية متغايرة التغذية الكيميائية عدا البعض منها التي تحتوي على الكلوروفيل، وتتغذى هذه الكائنات على المواد العضوية واللاعضوية الذائبة ومع ذلك تعد الخلايا البكتيريةهي الغذاء الرئيس لأبتدائيات التربة، ويتأثر وجود هذه الكائنات في التربة بعدة عوامل مختلفة

فإضافة المخلفات العضوية تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة في أعداد ابتدائيات التربة. حيث أن قسما منها يتغذى على المادة العضوية مباشرة والقسم الآخر يتغذى على البكتريا التي بدورها تنمو وتتكاثر على حساب المادة العضوية. والرطوبة مهمة للقيام بالعمليات الحيوية ولحركة الأبتدائيات داخل التربة معظمها هوائيات إجبارية ويمكن وجود الأبتدائيات في مجالات واسعة من الـ PH حتى ان بعض الباحثين وجد إنها غير حساسة لا لزيادة ولا لنقصان تركيز ايون الهيدروجين ولكن هناك بعض الأجناس يلائمها رقم PH يتراوح بين ٦-٨ وبعض الأميبيات توجد بكثرة في الترب الحامضية ولا تلائمها الترب المتعادلة أو القاعدية. أحسن درجة حرارة ملائمة للأبتدائيات تكون بين (١٨-٢٣ م°). عمليات إدارة التربة المختلفة التي تزيد من أعداد ابتدائيات التربةعند الظروف القاسية من قلة الغذاء أو الأوكسجين فإن معظم الأنواع تمر في أطوار ساكنة (تتكيس). فائدة الأبتدائيات للتربة هي القيام بعملية تحليل المخلفات العضوية وتحرير العناصر الغذائية المختلفة ولكن قد تضر التربة من ناحية تغذيتها على الأجناس البكتيرية النافعة. (قاسم وزميله، ١٩٨٩، ٧٢)

ب- الكائنات الحيوانية: تنقسم هذه الكائنات بدورها إلى قسمين هما:

١- الكائنات الحيوانية المرئية ٢- الكائنات الحيوانية غير المرئية

١- الكائنات الحيوانية المرئية: معظم الترب تحتوي على أعداد كبيرة وأنواع كثيرة من الحيوانات التي لها تأثيرات مختلفة على العديد من خصائص التربة ومن أهم هذه الحيوانات.

أ- الديدان الأرضية: تتبع الديدان الأرضية المملكة الحيوانية ويعتمد عددها في التربة على مدى توفر الغذاء والماء الذي يشكل بين (٥٠-٩٠%) من وزنها وعموماً تتراوح أعدادها بين (١-٤٠٠) لكل متر مربع من التربة أما كتلتها فتتراوح بين (١-٢٥٠غم) لكل متر مربع. تتغذى هذه الديدان على البقايا النباتية والحيوانية الميتة ولا تتغذى على النباتات الحية، ولهذه الديدان أهمية كبيرة للتربة وبالأخص للطبقة السطحية (١٥-٣٥سم) فهي تقوم بابتلاع المواد العضوية والتربة وتمر هذه المواد خلال أجسامها ثم يتم إخراجها، ويبلغ وزن التربة التي تمر خلال أجسام هذه الديدان في المناطق الاستوائية حوالي (٢٥٠ سيمول /هكتار)، ولوحظ أن المادة الخارجة من أجسام الديدان الأرضية تحتوي على كميات اكبر من العناصر والمواد العضوية والبكتريا مقارنة مع المادة الأصلية. (جدول ١٨).

(جدول ١٨)
مقارنة بين خواص التربة قبل وبعد مرورها خلال أجسام الديدان الأرضية

الخصائص	التربة الأصلية	التربة بعد مرورها بأجسام الديدان الأرضية
الطين والغرين%	٢٢,٢	٣٨,٨
الكثافة الظاهرية ميكاغرام/م^{٣}	١,٢٨	١,١١
السعة التبادلية الكاتيونية سيمول/كغم	٣,٥	١٣,٨
الفوسفات جزء بالمليون	٦,١	١٧,٨
النتروجين الكلي%	٠,١٢	٠,٣٣
عدد قطرات المطر اللازمة لتفتيت حبيبات التربة	٦٥	٨٤٩

المصدر السيد احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي، الإسكندرية، ٢٠٠٦، ص٣١٢.

كما إنها تعمل على خلط التربة وجعلها أكثر نفاذية وامتصاصاً للماء وذلك عن طريق تحقيق أفضل نسب لمكونات التربة الثلاث وهي الهواء: الماء: التربة. من شأن ذلك ان يحسن قدرة التربة على امتصاص الماء والاحتفاظ بجزء جيد منه. وفي الوقت نفسه تصريف الماء الزائد ورفع محتوى التربة من المواد العضوية، كل ذلك يؤدي إلى الرفع من وتيرة النشاط الميكروبي في التربة وتحسين خصائصها وتوفير الظروف الأفضل لنمو النباتات فيما بعد. وبدون ديدان التربة فإن الأرض تحتاج بصورة دائمة إلى تكرار في الحراثة العميقة منها والسطحية والتي بدورها تؤدي إلى زيادة رص التربة في طبقاتها تحت السطحية وظهور ما تسمىHard pan التي تعيق حركة الديدان وحركة المياه إلى الأسفل والى الأعلى واختراق الجذور لهذه الطبقة مما يحصر امتصاصها للعناصر الغذائية في الطبقة السطحية.

وتسهم هذه الديدان في رفع معدل نفاذية التربة للماء بزيادة القنوات في التربة مما يؤدي إلى زيادة قدرة التربة على امتصاص الماء والتخلص من الماء الزائد وبذلك تتحقق الخصائص الايجابية المذكورة آنفاً.

كما أنها تعمل على معادلة حموضة التربة ذلك لأن مخلفات ديدان الأرض أو فضلاتها الخارجية من القناة الهمضية بعد هضمها تتميز بدرجة حموضة متعادلة (PH=٧)، بغض النظر عن حموضة تلك الفضلات قبل هضمها سواء كانت أكثرأو اقل من ٧ وهذا يتم بواسطة غدة موجودة في الدودة تنتج حامض الكربونيك والذي له مفعول معادلة الحموضة وان مزج تلك المخلفات مع التربة يسهم في معادلة حموضتها وتعمل ديدان الأرض على رفع العناصر الغذائية والمعادن من الأعماق إلى المناطق السطحية حيث تتوفر اغلب جذور المحاصيل وجعلها أكثر قابلية للامتصاص.

فضلا عن ذلك فهي تساعد على تنشيط الكائنات الحية الدقيقة في التربة،يؤكد ذلك ما تم التوصل إليه من تزايد أعداد بكتريا تثبيت النتروجين على الجذور التي تخترق

أو تكون محاذية لممرات دودة الأرض. ذلك لأن المادة المخاطية التي تفرزها الدودة على سطح الممرات هي مصدر غذائي ممتاز وبيئة مناسبة لنمو هذه البكتريا ونشاطها. على العكس من ذلك فإن الحراثة والتسميد وان كانت تسهم في توفير ظروف مناسبة (تربة رخوة ناعمة) لنمو وتطور الجذور، إلاإنها تقوم بتدمير كثير من الجذور والشعيرات الجذرية وبالتالي القضاء على جزء من التجمعات البكتيرية.

وأخيراً وجد أن لها الدور الهام في تقليل أعداد ديدان النيماتودا والتي تعتبر من أكثر ديدان التربة ضرراً للنباتات التي تهاجمها، فقد وجد أن التربة التي تحتوي على ديدان الأرض يوجد بها أعداد اقل من النيماتود الضارة من التربة التي لايوجد فيها ديدان الأرض. ذلك لما توفره تلك الديدان من نشاط وحيوية في التربة تزيد من منافسة الكائنات النافعة للديدان والكائنات الضارة. (أبو ريان/٢٠١٠/ ٢٣٣-٢٣٤).

ب- الحشرات: توجد الحشرات في التربة بأعداد كبيرة ومعظمها من المفصليات بدون أجنحة منها العث أو السوس والذيل النابض وألفية الأرجل وأم أربعةوأربعين والخنافس وكذلك النمل والنمل الأبيض أو الأرضة، ولا يختلف نشاط النمل والنمل الأبيض عن نشاط ديدان الأرض في نقل كميات كبيرة من أسفل التربة إلى السطح وبالتالي فهي تعمل على تجديد الأفق الأعلى للتربة باستمرار وذلك من خلال عمل قنوات لنقل هذه التربة ولهذا تعد هذه الحشرات من العوامل المهمة في تكوين التربة في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، وتعمل الحشرات كذلك على تفتيت وتحليل المواد العضوية وخلطها مع المواد المعدنية فضلاً عن زيادة نفاذية التربة وتحسين تهويتها وما توفره من مادة عضوية للتربة بعد موتها وأخير تسهم تغذيتها في تسريع تحليل المخلفات العضوية الموجودة على سطح التربة خصوصا في مناطق الغابات.

جـ- القوارض: وتشتمل على أنواع كثيرة من الحيوانات كالزواحف والثعالب والأرانب البرية والجرذان والفئران وغيرها، وتعمل هذه الحيوانات على نبش التربة وحفر الأنفاق فيها وهي بذلك تسهم بخلط مواد التربة المختلفة وتحسين نفاذيتها للماء وبنائها وتهويتها.

٢- الكائنات الحيوانية غير المرئية: يوجد نوعين من الكائنات الحيوانية الدقيقة التي تعيش في التربة إذتوجد أعداد كبيرة منها وهي:

أ- البروتوزوا:وهي حيوانات بسيطة وحيدة الخلية لكنها اكبر حجماً من خلية البكتريا وأجزائها أكثر تخصصاً، ويتراوح الوزن الحي للبروتوزوا في التربة بين (١٥-١٧٥) كغم في الهكتار الواحد، وتكثر في الطبقة السطحية للتربة (٠- ١٥سم) وتقل أعدادها مع ازدياد العمق، وتشير بعض الدراسات إلىأن هذه الكائنات لها مقاومة عالية للجفاف ودرجات الحرارة العالية واختلاف درجة تفاعل التربة، ولكنها تتأثر كثيراً من حيث أعدادها وتنوع أصنافها بعامل الرطوبة، كما تؤثر نسبة المادة العضوية في التربة على أعدادها لأنها تمثل غذائها الرئيس، وبعضها تعتمد على البكتريا والفطريات

غذاءاً لها. وقد تسبب تغذية البروتوزوا على بكتريا العقد الجذرية تأثيراً سلبياً على كمية النتروجين المثبتة في التربة وعموما فإن هذه الكائنات ليس لها دور هام في تحليل المواد العضوية وتجهيز العناصر الغذائية.

ب- النيماتودا: وهي ديدان خيطية دقيقة لاترى بالعين المجردة، وحسب تغذيتها يمكن أن تقسم إلى ثلاث أقسام فهي أماأن تعيش على المواد المتحللة وهذا هو النوع الشائع في التربة أوإنها تعيش على البكتريا والطحالب والفطريات أوأنها تتطفل على جذور النباتات وهي سريعة الانتشارإذ تستطيع هذه الكائنات إصابة حقل من حقول الخضروات في فترة قصيرة، ودخول النيماتودا الى جسم النبات يسهل دخول كائنات حية ضارة لذلك النبات.

وبشكل عام يمكن إجمال الوظائف التي تقوم بها الأحياء الدقيقة النباتية منها والحيوانية للتربة بالنقاط الآتية:

١- تحليل المواد العضوية الأولية وتحويلها إلى دوبال ومواد عضوية أخرى.
٢- أكسدة المواد العضوية المحللة وتحويلها إلى مواد معدنية أخرى.
٣- تحويل النتروجين إلى مركبات نتروجينية عضوية.
٤- تحويل المركبات النتروجينية إلى ايونات امونيوم أوإلى غاز الأمونيا.
٥- تحويل ايونات الأمونيوم أو الأمونيا إلى نترات.
٦- إضافة مواد عضوية جديدة للتربة بعد موت هذه الكائنات.
٧- العمل على مزج المكونات المعدنية للتربة مع مكوناتها العضوية باستمرار وكذلك تحسين تهوية التربة ونفاذيتها للماء وكذلك العمل على جودة بنائها. (سمور/٢٠٠٥/٢٤١).
٨- تشارك أعداد كبيرة من الأحياء الدقيقة في دورة العناصر الغذائية في التربة ومن هذه العناصر الكاربون والنتروجين والفسفور والكبريت.
٩- تقوم الكائنات الحية الدقيقة بإنتاج الأحماض الكاربونية العضوية التي تحفز تجوية مادة أصل التربة وتحرر محتوياتها وعناصرها. (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٤٩٦).

الفصل السادس

تأثيرات العمليات الزراعية على خصائص التربة

١- الحراثة وتهيئة التربة
٢- التسميد
٣- الري والبزل
٤- الحصاد وجني المحاصيل

الفصل السادس

يبحث هذا الفصل أثر العمليات الزراعية على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة على أساس أن هذه العمليات تلعب دوراً في تغيير بعض خصائص التربة من خلال الفعاليات المختلفة التي ترافق عملية الإنتاج الزراعي ومع التطور الحضاري والتكنولوجي الذي طرأ على وسائل الإنتاج الزراعي يمكن القول أنالإنسان أستطاع أن يغير نسبياً من خصائص التربة في أية بيئة زراعية إلى ما يلائم منتوجاته من المحاصيل كالبناء والخصوبة والنفاذية ودرجة التفاعل والملوحة وغيرها.

إن طبيعة استخدام وسائل الإنتاج الزراعي في تنفيذ العمليات الزراعية ومستوى هذا الاستخدام من النواحي العقلانية والعملية هي التي تحدد بالتأكيد مستوى تأثير هذه الوسائل على خصائص التربة وما يعودعليها من نتائج ايجابية كانت أم سلبية.

وبناءً على ماتقدم سوف يبحث هذا الفصل الممارسات الزراعية وتأثيرها على بعض خصائص التربة والتي تتمثل بالحراثة وتهيئة التربة ثم عمليات التسميد فعمليات الري والبزل وأخيراً عمليات الحصاد وجني المحاصيل الزراعية.

١- الحراثة وتهيئة التربة

تتمثل أهمية الحراثة من خلال ما تحققه من أهداف مختلفة فهي كفيلة بإعداد مهد مناسب لنمو البذور (Seed bed)، وتنمو جذور المحاصيل من خلال تفكيك التربة وتفتيتها وخلط جزيئاتها للعمق المناسب للمحصول، وتعمل كذلك على خلط بقايا النباتات إلى مواد عضوية مهمة للنبات، فضلاً عن مقاومة الأدغال والحد من انتشارها وإيجاد طبقة في التربة تعيق تبخر الماء من سطح الأرض كونها تضعف قوة خاصية الجذب السطحي ومن أهدافها أيضاً تحسين ظروف التربة والعمل على أعطاء الشكل المحبب أوالحالة المثالية لنمو النبات من خلال عملها على أعادة التوازن المائي والهوائي، وتحسين التهوية وحركة المياه داخل التربة، وجعلها هشة وكسر صلابتها (Karlen/ ١٩٩٠/ ١٣٤).

تختلف المحاريث المستعملة في عملية الحراثة تبعاً لعدة أسس منها نسجة التربة والغرض من الحراثة ونوع المحصول المراد زراعته، إذ أن لكل نوع من أنواع المحاريث مزاياه التي تختلف عن الأنواعالأخرى.

كان المحراث الخشبي (البلدي) هو المحراث السائد بين أوساط الفلاحين في السنين الماضية والذي يتكون من جزأين أساسيين هما السكين وقبضة التوجيه الخشبية، ومن خصائصهأنه كان لايُقَلِّب التربة وإنما يحدث شقاً في خط الحرث لايتعدى بضع سنتمترات أفقياً وعمودياً، أما في الوقت الحاضر فتستخدم أنواع مختلفة من المحاريث أهما المحاريث القلاّبة والقرصية والدورانية والحفارة، فالمحراث المطرحي القلاب (Mold board plow) هو أكثر الآلات الزراعية شيوعاً واستعمالاً في حراثة التربة الزراعية إذ يعمل على تفكيك التربة وقلبها لتغطية بقايا المحاصيل السابقة، والقضاء على الأدغال، وطمر السماد الأخضر(Green

manures) لتحسين التربة كما هو الحال في قلب التربة المزروعة بالعلف الأخضر كالجت والبرسيم، كما انه يعد آلة أساسية لاستصلاحالأرض البكر في الحراثة الأولى، ويختلف هذا المحراث بحسب نوع مطرحته، فالمحراث ذو المطرحة الحلزونية له القابلية على قلب مقطع التربة بشكل كامل، ويستخدم عندما يراد دفن بقايا المحاصيل السابقة، وفي حراثة الترب المتماسكة اللزوجة التي تتصف بضعف معامل التصاقها، أما المحراث ذو المطرحة نصف الحلزونية فله قابلية على تكسير وتفتيت مقطع التربة بشكل أفضل ولكن قلبه للمقطع يكون جزئياً ويستخدم في مناطق زراعة المحاصيل الصناعية المجهدة للتربة، المحراث ذو المطرحة الاسطوانية يمتاز بقابليته على تفتيت التربة جيداً ولكن قلبه للمقطع رديء لذلك فأنة يترك كتلاً ترابية متناثرة ويشيع استعماله في المناطق المحروثة سابقاً، وفيما يتعلق بالمحراث ذو المطرحة المهذبة فهو يمثل الحالة الوسط بين المحراث ذو المطرحة الحلزونية والاسطوانية، لذلك فهو يعطي مظهراً لائقاً للحراثة وبالأخص إذا تمت الحراثة في الترب المزيجية ذات المحتوى الرطوبي المثالي. (البنا/ ١٩٩٠/ ١٢٩).

ويعد المحراث المطرحي القلاّب من أهم المحاريث التي تقلل الكثافة الظاهرية للتربة لأنه يؤدي إلى تفكيك التربة وزيادة مساميتها (Porosity).

كما أنه يعمل على زيادة معدل غيض الماء(Water Infiltration Rate) للتربة وزيادة نفاذيتها إضافةإلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة، كونة يترك تجمعات تربة صغيرة الحجم ومسامات قابلة للاحتفاظ بالماء مما يقلل التبخر (العبادي/ ٢٠١١/ ٥٣- ٥٤) (صورة ٥)

أما بالنسبة للمحراث القرصي (Disc Plow) فهو من المحاريث التيتستخدم في الترب التي لايمكن للمحراث المطرحي القلاب حراثتها كالترب الصلبة والثقيلة والتي تكثر فيها الأدغال وكذلك الأراضي التي تقع تحت ظروف مناخية تساعد على تحلل المادة العضوية بسرعة ولايعمل هذا المحراث على طمر بقايا النباتات بعيداً عن سطح التربة كما في المحراث المطرحي القلاب بل تبقى قريبة منهُ وفي ظروف التربة الجيدة تكون أمكانية هذا المحراث في الوصول إلىالأعماق المطلوبة للحراثة أكثر من المحراث المطرحي القلاب، ولكن من أهم عيوبه هو أن حجم الكتل الترابية الظاهرة عند السطح كبيرة الأمر الذي يتطلب أجراء عمليات التنعيم لتوفير المرقد المناسب للبذور وفيما يخص المحراث الدوراني (Rotary plow) فقد انتشر استعماله كثيراً كونه يعمل على تفتيت التربة بشكل كامل ، ويجعلها صالحة للبذار دون الحاجة لعمليات أخرى قد تحتاجها التربة عند حراثتها بالمحراث المطرحي القلاب، ويشيع استعمال هذا المحراث في بساتين النخيل والفواكه للقضاء على أدغال الحلفا والأشواك وغيرها، ومع ذلك لاينصح باستعماله في الترب الجافة كونه يحطم البناء الحبيبي للتربة (Granular structure) تماماً وتتحول دقائق التربة إلى دقائق ناعمة سريعة الذوبان عند الري الأمر الذي يسبب تكوين قشرة صلبة بعد جفاف التربة.

صورة (٥)
تربة محروثة بالمحراث المطرحي القلاب

وفيما يتعلق بالمحراث الحفار (Chisel Plow) فهو يشبه من الناحية النظرية المحراث الخشبي (البلدي) إذ يعمل على تفكيك موضعي وتفتيت نسبي للتربة دون قلبها، لذا فإن بقايا النباتات بعد قلع جذورها تصبح ظاهرة على السطح ولاتدفن في باطن الأرض، وينصح باستعماله في الترب الملحية سواء تركزت الأملاح في السطح أو تحت الطبقة السطحية، في الحالة الأولى ونتيجة لعدم قلب الطبقات السطحية تبقىالطبقة الملحية إلىالأعلى بعيده عن الجذور، وفي الحالة الثانية وبسبب عدم قلب مقطع التربة أيضاً فإن باطن التربة المالحة لايرفع إلى السطح، وينصح باستخدامه في الترب ذات المستوى الخصوبي القليل إذ تبقى تلك الطبقة عند السطح دون تحريك أو نقل للأسفل باستخدام هذا المحراث.

ووجد أن المحراث الحفار هو أكثر المحاريث التي تعمل على ثبات مجاميع التربة وربط دقائقها لأنه يقلب التربة ويترك بقايا النباتات قريبة من السطح مما يزيد المواد العضوية ذات الأهمية الكبيرة في ربط الدقائق، ووجد أيضاً انه أكثر المحاريث التي تؤدي إلى زيادة معدل غيض الماء لأنه يترك كتلاً كبيرة من شأنها أن تزيد من حجم المسامات الكبيرة المسئولة عن حركة الماء داخل التربة كما أن المحتوى الرطوبي الذي تحتفظ به التربة المحروثة به يكون منخفضاً فيساعد على زيادة غيض الماء، وهو يزيد كذلك من قيم التوصيل المائي المشبع للتربة لأنه يقلل الكثافة

الظاهرية للتربة فتزداد المسامية الكلية وبالتالي سرعة حركة الماء داخل التربة، ولكن هذا المحراث يؤدي إلى فقد كبير لرطوبة التربة لأنه يترك كتلاً كبيرة حيث تزداد المساحة السطحية المعرضة للجو فتزداد معدلات التبخر وعلى الرغم من مزايا هذا المحراث فهناك الكثير من الفلاحين يعزفون عن استعماله بسبب عدم السيطرة على عمق الحراثة بشكل متساوي كما انه يترك أماكن دون حراثة بسبب انحرافه عند ظهور مقاومات موضعية.(أبو سبع/ بلا سنة/ ٢٠٨-٢٠٩)

وعلى الرغم من إن عمليات الحراثة وتهيئة التربة ذات تأثير واضح على خصائص التربة الفيزيائية، فهي أيضاً لها تأثيرات على بعض الخصائص الكيميائية للتربة بشكل مباشر أو غير مباشر، فهي تعمل على خلط الأسمدة والمواد العضوية جيداً في التربة، فيزداد محتواها من تلك المواد ذات الأهمية البالغة لنمو النباتات، كذلك تعمل على تنشيط الكائنات الدقيقة في التربة التي لها دورها في تحلل المواد العضوية، الأمر الذي ينتج عنه أطلاق العناصر الغذائية المهمة لتغذية النباتات، وأشارت أحدى الدراسات إلىانخفاض لدرجة ملوحة وتركيز الصوديوم والكلور والكبريتات بعد أجراء عمليات الحراثة، وأوضحت هذه الدراسة أن المحراث المطرحي القلاب هو الأكثر تحقيقاً لانخفاض الملوحة من المحراث الحفار (الخرماشة).

(Rashid *et .. al*/ ١٩٨٧/ ١٦)

كما أشارت دراسة أخرى إلى أهمية الحراثة في تجميع المواد العضوية للتربة وتنظيم درجة تفاعلها (Soil Reaction) وخصوصاً بعد الشهرين الأولين من الحراثة (Al-Amadi/ ١٩٧٣/ ١٥٩)، ووجد أيضاً أن الحراثة العميقة من شأنها أن تزيد محتوى التربة من النترات والفوسفات الذائبة، وتعمل معدات تهيئة التربة أيضاً على تحقيق التوازن في توزيع منظمات نمو النباتات والأسمدة أو المثبتات الخاصة بالتربة فتؤثر بذلك على درجة خصوبتها (البنا/ ١٩٩٠/ ٤٨).

ومن المعدات التي تستخدم لتهيئة التربة ما يسمى بمعدات تهيئة التربة (Tillage Equipments) للمعاملات الثانوية التي تهدف الى تفكيك الكتل الترابية بعد الحراثة، وكسر الطبقة السطحية الصماء لتحسين التهوية وتنعيم السطح وتهيئتها للمعاملات اللاحقة إضافةإلى تغطية البذور والأسمدة وخلط البقايا النباتيةوالأسمدةالعضوية في التربة.

إن أهم هذه المعدات هي العازقات (Harrows) التي تستعمل لتكسير الكتل الترابية المتكونة بعد الحراثة ومقاومة الأدغال وقد تستخدم لتغطية البذور، وأكثر أنواعها شيوعاً هي العازقات القرصية (Disc Harrows)التي يؤدي استخدامها بكثرة إلى تفتيت التربة بدرجة كبيرة فيسبب ذلك انتقال دقائق التربة الناعمة بسرعة مع الرياح ومياه الري، ومن المعدات الأخرى هي الحادلات (Rollers) التي تستعمل

لتكسير الكتل الترابية الكبيرة، وكذلك في ضغط حبيبات سطح التربة لأحكام الاتصال بينهما وبين التربة التي تحتها،وهناك أيضاًالأمشاط التي تستخدم لتمهيد سطح التربة وتفتيت الكتل والقضاء على الأدغال والحشائش، ويمكن الاستفادة منها قبل الحرث لقطع النباتات على الأرضوإيجاد مرقد صالح للبذور كما يمكن استعمالها في عزق المحاصيل وتغطية البذور بعد نثرها، أما معدات تسوية التربة فتكمن أهميتها في المناطق المروية حيث تؤمن توزيع مياه الري بانتظام على جميع أجزاء الحقل وسهولة وضع البذور على أعماق متساوية وبالتالي ضمان انتظام نمو النبات وتسهيل إجراء العمليات الزراعية اللاحقة، وهناك آلات التخطيط والمرازات التي تستعمل لتخطيط الحقل بعد حراثته وتنعيمه وبالأخص للمحاصيل التي تزرع على مروز كالقطن والذرة الصفراء وغيرها والتي ينصح عند استعمالهاأن يكون التخطيط عكس اتجاه آخر حرثه.(الراوي/ ١٩٧١/ ٣٥).

إن استخدام المحاريث ومعدات تهيئة التربة الأنفة الذكر ولفترة طويلة من الزمن من شأنه أن يجعل جميع الأراضي الزراعية معرضة إلى تكوين طبقة صلبة (Hard-pan) تتكون بسبب المرور المستمر لتلك المعدات فينتج عنه ما يسمى بكبس التربة أو تضاغط التربة(Soil Compaction)، وتحدث أخطر أشكالها عند معاملة التربة بالمعدات عند مستوى عالي من الرطوبة ومن صفات هذه الطبقة تماسك حبيباتها بحيث تعرقل بزل المياه الجوفية وتحد من انتشار وتعميق المجموع الجذري للمحاصيل، كما أنها تعرقل حركة الماء والهواء والكائنات الحية المفيدة داخل التربة وهنا يتطلب الأمر كسر هذه الطبقة بواسطة الحراثة العميقة(Deep plowing) التي تجري بواسطة محراث تحت التربة (sub-soiler plow) الذي يشبه المحراث الحفار ولكن بعدد أقل من الأسلحة، وتجري هذه الحراثة لعمق يتراوح بين (٦٠-٧٥سم) وبمعدل زمني يتراوح بين (٤-٥ سنوات) وحسب طبيعة التربة والآلات المستخدمة.

وللحصول على أفضل حالة لحراثة التربة يجب الاهتمام بجانبين أساسيين هما المحتوى الرطوبي للتربة ونوع الآلةالمستخدمة إذ أن التربة الرطبة تساعد على سهولة اختراق وقص الطبقة السطحية للتربة التي تكون صلبة كونهاالمنطقةالواقعة في مواجهة سلاح المحراث، كما أن حراثة التربة وهي ذات رطوبة عالية تؤدي إلى سحب التربة على شكل كتل متماسكة وملتصقة بسلاح المحراث فيصعب فصلها مما يسبب تأثيرات ضارة ببناء التربة وعدم انتظام الحراثة إذ أن هناك علاقة متبادلة بين رطوبة التربة وسرعة المحراث المستخدم في التأثير على خصائص التربة وحجمها. (الزاملي/ ٢٠١٤/ ٦٥).

وقد يتبع المزارعون في بعض المناطق الجافة وشبة الجافة التي تسود فيها الزراعة الاروائية بعض الممارسات الخاطئة في حراثة التربة وتهيئتها للزراعة الأمر

الذي يؤدي إلىإلحاق الضرر بخصائص التربة، ومن هذه الممارسات القيام بعمليات الحراثة خلال فصل الصيف لتهيئتها للموسم الزراعي الشتوي اللاحق وبسبب ارتفاع درجات الحرارة في هذا الفصل وزيادة سرعة الرياح يؤدي ذلك إلى نقل دقائق التربة الناعمة بواسطة الرياح إلى أماكن أخرى، علماً أن هذه الدقائق هي المعول عليها في نمو النبات، ومن الممارسات الأخرى هي أجراء عمليات الحراثة دون اعتبار للمحتوى الرطوبي للتربة، مما يترك أثراً سيئاً على طبيعة بناء التربة فإذا كانت نسبة الرطوبة قليلة جداً فإن ذلك يؤدي إلى تحطيم تجمعات التربة وحدوث التضاغط للطبقات تحت السطحية، وأشارت أحد الدراسات بهذا الصدد إلى أمكانية أجراء عمليات الحراثة عندما تتراوح رطوبة التربة بين (١٤- ١٨ %) .(الموسوي/ ١٩٩٧/ ٨٥).

وقد يعزف الفلاحون والمزارعون عن أجراء الحراثة العميقة بين فترة وأخرى والاقتصار على الحراثة السطحية على أعماق تتراوح بين (١٨ – ٢٠ سم) ولسنوات طويلة علماً أن الكثير من الدراسات تشير إلى أهمية الحراثة العميقة في توفير بيئة مناسبة لنمو جذور المحاصيل وانتشارها، وأهميتها في خفض الكثافة الظاهرية وتحسين نفاذية التربة فضلاً عن زيادة كل من المحاصيل ونمو المحصول، كما أن العزوف عن استعمال معدات تهيئة التربة بعد حراثتها كالعازقات والحادلات والأمشاط وآلات التسوية للتربة ينتج عنه كتل كبيرة من التربة دون تكسير وهذا من شأنه زيادة المساحة السطحية للتربة المعرضة لأشعة الشمس والرياح بشكل مباشر فيزداد التبخر من السطح إذ يعمل على تقليل المحتوى الرطوبي للتربة كما أن هذه الكتل لاتوفر مهاد ملائمة لنمو البذور فيكون النمو عندئذ غير منتظم فضلاً عن ما ينتج من عدم انتظام في توزيع مياه الري، ونظراً لما تتطلبه عملية الحراثة من مهارة خاصة لها أهميتها في قيادة الساحبة التي يربط بها المحراث والآلات وما يتعلق بها من ضبط لاتجاه الحراثة ومستوى عمقها لذا لابد من توفر تلك الاعتبارات بشكل مرضٍ بين أوساط القائمين بالحراثة وعدم ترك الأمر لذوي الخبرة القليلة في هذا المجال.

٢- التسميد

التسميد هو إضافة العناصر الغذائية بهيئة مركبات أو أملاح إلىالتربة للحصول على الإنتاجالأفضل، وتأتي هذهالإضافة من اجل التعويض السريع للنقص الموجود في التربة من العناصر الغذائية المهمة للنبات من خلال الفقد الذي يحصل لهذه العناصر، سواء كان فقد بايلوجي نتيجة لما تستهلكه المحاصيل المختلفة، أو فقد غير بايلوجي كالفقد بالغسل أو التطاير ويؤدي هذا بطبيعة الحال إلى ضعف خصوبة التربة (Soil Fertility)أي خفض قدرة التربة على أمداد العناصر الغذائية بالكميات والصور الملائمة لنمو النبات، الأمر الذي يتطلب معالجة هذا النقص بإضافةالأسمدة.

إن إضافةالأسمدة لأجل تغذية النبات بالعناصر الضرورية يعتمد على عوامل كثيرة من حيث معدل التسميد ووقته وطريقة وضع الأسمدة، أن أهم العوامل التي تهمنا في هذا المجال هي التي تتعلق بالتربة من حيث كمية العناصر المتوفرة للنبات فيها خلال فصل النمو، فلذلك أهمية في تحديد كميات الأسمدة المضافة، ومن الوسائل المتبعة في تحديد كمية العناصر الغذائية المتاحة للنبات هي تحليل التربة وتحليل النبات إضافةإلى الخبرة في إدارة المزرعة وملاحظة نمو النبات، وأعراض نقص العناصر الغذائية، كما ان الترب تختلف في قابليتها لتثبيت العناصر الغذائية، ومن الحقائق الأخرى المتعلقة بالتربة هي نسجة التربة، فالترب ذات النسجات الخشنة أو الخفيفة تحتاج إلى تسميد أكثر من الترب ذات النسجات الناعمة أو الثقيلة ولخصائص التربة الفيزيائية الأخرىتأثير على حركة وانتقال الماء في التربة وبالتالي جاهزية العناصر الغذائية للنبات، كما لاننسى تأثير عمق التربة في عمليات التسميد فحاجة الترب الضحلة للتسميد أكثر مماهو علية بالنسبة للترب العميقة بشكل عام. (محمد/ ١٩٧٧/ ٢١٩٠-٢٢٠).

عموماً تنقسم الأسمدة مهما اختلفتأنواعهاإلى صنفين هما الأسمدة الكيميائية والأسمدة العضوية.

أ- الأسمدة الكيميائية

تمتاز هذه الأسمدة بقدرتها على التحكم في نوع العناصر المراد إضافتهاإلى التربة لزيادة نمو المحصول كله أو جزء منه، والتحكم بكمياتها لتعويض أي نقص بالإضافةإلى سهولة استعمالها للنبات وتحتوي على نسبة عالية من العناصر الغذائية وسرعة ذوبانها وتحللها بالماء، وهي أماأن تكون فردية أي تحتوي على عنصر غذائي واحد ويهدف من إضافتها تجهيز عنصر غذائي واحد مثل الأسمدة المجهزة لعنصر النتروجين كنترات الالمنيوم واليوريا، والأسمدة المجهزة لعنصر الفسفور كالسوبر فوسفات وقد تكون أسمدة كيميائية مركبة تحتوي غالباً على العناصر الغذائية الرئيسية (N. P. K.). (عبد الكريم/ ١٩٦٣/ ٦٩).

تتباين حاجة المحاصيل الزراعية من الأسمدة نوعاً وكماً تبعاً لعوامل كثيرة تخص نوع النبات وخصائص التربة وموسم النمو وطريقة الري وطريقة الزراعة وغيرها من العوامل. (جدول ١٩)

إن أهمالأسمدة المستخدمة في الحقول الزراعية هي الأسمدة النتروجينية (اليوريا) والأسمدةالمركبة (N.P.K) فضلاً عن بعض الأسمدة الفوسفاتية، وتتطلب

(جدول ١٩)

المتطلبات المثلى من العناصر الغذائية الرئيسة للإنتاج الملائم من بعض المحاصيل الزراعية

المحصول	النتروجين كغم/دونم	الفسفور كغم/دونم	البوتاسيوم كغم/دونم
القمح	١٩	٩	١٦
الشعير	٢٥	٨	٢٠
الرز	١٧	٥	٢٠
النخيل	٨	٥	١٢
الطماطه	٢٩	٨	٤٣
البصل	٢١	١١	٣٢
اللهانة	٥٣	٢٧	٥٣
الشونذر	٤٠	١٣	٧٣
القرنابيط	٥٣	١٦	٤٨
البطاطا	٢٢	٧	٣٧

المصدر: طايس سلمان وآخرون، تسميد المحاصيل الزراعية، مطبعة وسائل الإيضاح والمعارض الزراعية، بغداد، ١٩٧٠، ص٢٢-٢٣.

عملية التعامل مع هذه الأسمدة من حيث كميتها وأنواعها وطرائق إضافتها وخزنها إلى الكثير من الشروط الواجبة مراعاتها والتي قد يجهل الكثير من الفلاحين والمزارعين الكثير منها، فعلى سبيل المثال تتعرض الأسمدة النتروجينيةإلى عملية تطاير الامونيا مع ارتفاع درجات الحرارة وارتفاع قيمة تفاعل التربة (PH) وزيادة الأملاح في التربة وزيادة محتواها الرطوبي، كما أن نسبة الفقد تزداد مع زيادة كمية السماد المضاف وهذا يستلزم حفظ السماد في مكان غير حار ومضلل ومحمي من الشمس والرياح وان عملية تطاير الامونيا قد تحدث قبل تحول المركبات العضوية النتروجينيةإلى ايون الامونيوم بعملية النشدرة(Ammonification)، وتحتاج العملية الأخيرةإلى وفرة من الأوكسجين وقد تتعطل عند الظروف اللاهوائية (الرطوبة العالية) كما إنها تحتاج إلى أحياء دقيقة متخصصة ومحددة ودرجة حرارة تربة مناسبة، أما عملية عكس النترجة (Denitrification) فهي عملية اختزال النترات والنتريت إلى صور غازية تنطلق إلى الهواء الجوي ويستلزم حدوثها إحياء تربة دقيقة ومحدده وتوفر الظروف اللاهوائية، إضافةإلى توفير الصور النتروجينية مثل:

NO_3، NO_2، NO، N_2O، (عــواد/ ١٩٨٧/ ٥٦-٦٦)، (النعيمـــي/ ١٩٨٧/ ١٠١-١٠٥).

وقد لاتنجز عملية إضافةالأسمدة الكيميائية من قبل مستخدميها على أسس صحيحة وذلك دون الأخذ بنظر الاعتبار العوامل المؤثرة في ذلك كخصائص التربة والظروف البيئية ونوع المحصول والعمليات الزراعية وغيرها من العوامل المهمة وهذا بالتأكيد يقلل من الفوائد المرجوة من إضافةالأسمدة ويقلل من فاعليتها إذا ما علمنا أن بعض أنواعها يشكل سلاحاً ذو حدين، إذ أنإضافة كميات كبيرة منها يصبح مصدر خطر لحياة الإنسان والثروة الحيوانية كما هو الحال في الأسمدة التي تتولد عنها النترات.

إن أكثر تأثير للأسمدة على خصائص التربةيتمثل بطبيعة التفاعلات الكيميائية لهذهالأسمدة مع مكونات التربة، فيبرز عندئذ أثرها على درجة تفاعل التربة (PH) فيكون ذات تأثير حامضي إذا كانت مولدة للحموضة كسماد السوبرفوسفات العادي والمركز وسماد فوسفات أحادي الامونيوم، وكذلك الحال بالنسبة للأسمدة الكبريتية، وتكون ذات تأثير قاعدي إذا كانت مولدة للقاعدية (القلوية) كسماد كلوريد الامونيوم وسماد نترات الكالسيوم وسماد اليوريا إذا لم تتوفر الظروف الخاصة بعملية النترجة التي سبقت الإشارةإليها. وهناك أسمدة ذات تأثير متعادل على التربة كسماد فوسفات ثنائي الامونيوم مثلاً ومن هنا تبرز أهمية معرفة درجة تفاعل التربة مسبقاً وقبل اختيار السماد الكيمياوي المناسب لها مع الأخذ بنظر الاعتبار نوعية المحصول المزروع.

ب-الأسمدة العضوية Organic Fertilizers

تشتمل هذه الأسمدة على المخلفات ذات المصدر الحيواني أو النباتي، وتكمن أهميتها لاحتوائها على المواد العضوية اللازمة لتحسين خواص التربة الفيزيائية إذ تزداد قدرتها على امتصاص الماء والاحتفاظ به، فضلاً عن احتوائها على الكثير من العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات، وتحتوي بعض الأسمدة العضوية على الأحياء الدقيقة التي تفيد التربة في تخلل المواد العضوية فيها، ففيما يتعلق بالأسمدة العضوية الحيوانية فإنها ذات أهمية كبيرة في تحسين خصوبة التربة لما تحتويه من نسب من العناصر الغذائية الرئيسة والثانوية لنمو النبات. (جدول ٢٠)

جدول (٢٠)

التركيب الكيمياوي للسماد الحيواني ولحيوانات مختلفة كغم/طن

نوع الحيوان	الرطوبة	نتروجين	فسفور	بوتاسيوم	كبريت	كالسيوم	حديد	منغنيز	الدهون
الأبقار	٧٩	٥,٦	١,٠	٥,٠	٠,٥٠	٢,٨٠	٠,٠٤	١,١	٣,٥
الخنازير	٧٥	٥,٠	١,٤	٣,٨	١,٣٥	٥,٧٠	٠,٢٨	٠,٨	٤,٥
الخيول	٦٠	٦,٩	١,٠	٦,٠	٠,٧٠	٧,٨٥	٠,١٤	١,٤	٣,٠
الأغنام	٦٥	١٤,٠	٢,١	١٠,٠	٠,٩٠	٥,٨٥	٠,١٦	١,٩	٧,٠
الدواجن	٣٧	١٣,٠	١٢,٠	١١,٤	-	-	-	-	-

المصدر: سعد الله نجم عبد الله النعيمي، الأسمدة وخصوبة التربة، جامعة الموصل، ١٩٨٧، ص٢٦٣.

يتضح من الجدول الأنف الذكر أن مخلفات الدواجن هي أفضلالأسمدة الحيوانية لمحتواها العالي من العناصر الغذائية الرئيسة تليها مخلفات الأغناموالأبقار، ولذا يفضل الفلاحون والمزارعون في المناطق التي تستعمل هذه الاسمدة مخلفات الدواجن لتأثيرها الفعال في نمو المحاصيل الزراعية، فضلاً عن أنها لاتنقل الأعشاب والحشائش لمزارعهم مقارنة بسماد مخلفات الأبقاروالأغنام التي تعد أسمدة غير مفضلة لديهم بشكل عام، ولكن وفرة هذه الأسمدة من جانب وأسعارها من جانب آخر قد يحددان طبيعة السماد المستخدم لديهم فبسبب شحة سماد مخلفات الدواجن وارتفاع أسعاره وصعوبة الحصول علية يجري الاتجاه نحو استعمال سماد مخلفات الأبقار على الرغم من مساوئه الكثيرة.

تحتاج عمليات جمع وخزن الاسمدة العضوية إلى العديد من الضوابط التي ينبغي معرفتها من قبل مستخدميها إذ أن جمع المخلفات الحيوانية على شكل أكوام وتركها عرضة للأمطار والرياح وأشعة الشمس يعتبر احد الأسباب الرئيسية لتطاير وفقدان بعض العناصر المهمة كتطاير الامونيا، مما يقلل من القيمة الغذائية للسماد، وقد يحدث الفقدان بالغسل من خلال تعرض الاسمدة للأمطار، كما قد يحدث الفقدان أثناء خزن الاسمدة وعند توفر الظروف المشجعة لعملية التحلل وهذا يتطلب إتباع الطرائق المناسبة لحماية هذه الاسمدة من الفقدان وحفظها مكبوسة تماماً لتوفير ظروف لاهوائية (Anaerobic Conditions) تمنع حدوث عملية عكس النترجة ويفضل خزنها في ظروف رطوبة معتدلة، كما يجب عدم جمعها فوق ارض مالحة

لأن ذلك يؤدي إلى ذوبان الأملاح في رطوبة الاسمدة وبالتالي انتقالها إلى الكومة السمادية بالخاصية الشعرية.

أما بالنسبة للأسمدة العضوية النباتية (الاسمدة الخضراء) (Green Manures) فتشمل النباتات التي تزرع لأجل قلبها في التربة، وتعتبر المحاصيل البقولية أكثر هذه النباتات شيوعاً، كالجت والبرسيم والباقلاء وفول الصويا واللوبياء، كما يمكن اعتبار بعض المحاصيل غير البقولية كالشعير والشوفان والذرة الصفراء والذرة البيضاء كأسمدة خضراء أيضاً وتعد مرحلة ما قبل التزهير لهذه المحاصيل أنسب المراحل لقلب النبات في التربة لغزارة النمو الخضري وزيادة محتوى النبات من العناصر الغذائية، وتكتسب هذه الاسمدة أهمية في إضافة المواد العضوية للتربة والتي تصبح مواد غروية بعد تحللها وأهميتها في تحسين الخصائص الفيزيائية للتربة وزيادة نسبة النتروجين وزيادة معدل النشاطات والعمليات الحيوية للتربة والكائنات الحية الدقيقة، وقد تتم زراعة محاصيل الاسمدة الخضراء كعلف للحيوان في بعض الأحيانكمحاصيل الجت والبرسيم مثلاً، أما ما يزرع منها لغرض التسميد فيتم أما قبل الزراعة الصيفية أو قبل الزراعة الشتوية فعند زراعتها قبل الزراعة الصيفية (زراعة الرز والقطن مثلاً) تأخذ منها حشة واحدة ثم يترك النبات لينمو إلى ارتفاع (٤٠سم) تقريباً ثم يتم قلبها في التربة بواسطة المحراث المطرحي القلاب أو المحراث القرصي (الدسك) وتترك النباتات مدة حوالي (٢٠ يوم) لتتحلل داخل التربة قبل بدء الزراعة الصيفية، أماإذا تمت زرعتها قبل الزراعة الشتوية ففي هذه الحالة تؤخذ منها (٤) حشات، ثم تترك النباتات لتنمو خلال شهر نيسان، وتتم عملية قلبها في التربة مطلع شهر مايس، وتترك النباتات مدة حوالي أربعةأشهر قبل البدء بالزراعة الشتوية وتسقى النباتات خلال هذه المدة (٤-٦) مرات للمساعدة على تحلل النباتات من جهة، وللحفاظ على قسم من رطوبة التربة خلال فصل الصيف فيقل بذلك فقدان النتروجين من التربة من جهة أخرى، وأشارت احد الدراسات إلى تفوق المحاصيل الشتوية في كمية المحاصيل المزروعة بعد البرسيم على نفس المحاصيل الزراعية المزروعة بعد بور (المعيوف/ ١٩٦٧/ ٢٥).

٣- الري والبزل

الري هو إيصال المياه من المصدر إلى النبات بصورة تكفي لنموه وتكاثره، أما البزل فهو تفريغ المياه الزائدة من التربة عن حاجة النبات. بحيث يكون وضع التربة الرطوبي مناسب في الحالتين، وتعد عمليات الري والبزل واحدة من الممارسات الزراعية التي يؤثر من خلالها الإنسان على خصائص التربة وخصوصاً في المناطق ذات المناخ الجاف وشبة الجاف إذ تسود الزراعة الاروائية منذ سنين طويلة.

يمكن ملاحظة أسلوبان للري في مناطق الزراعة الاروائية هما أسلوب الري الحر (السيحي) وأسلوب الري بالواسطة، ويتم الأسلوبالأول في المناطق التي تقع

تحت مستوى منسوب المياه في الأنهار وقنوات الري وهو من أقدم طرائق الري التي استعملها المصريون عند بدء موسم الفيضان وارتفاع منسوب مياه نهر النيل بأن يوجهوا مياه النهر ليغمر الأراضي الزراعية كما يستخدم هذا الأسلوب في آسيا وجنوب أوربا. يمكن إتباع طريقة الري الحر عند زراعة المحاصيل الكثيفة التي تزرع في الأراضيالمنبسطةأو القليلة الانحدار بل وحتى في الأراضي المنحدرة أو المتعرجة وذات التربة الضحلة والتي من الصعوبة تسويتها وتعديلها لأسباب مختلفة فضلاً عن ذلك فأنها تلائم ري المحاصيل الحقلية والعلفية إذ أن زراعة هذه المحاصيل قد توفر الحماية الكافية للمناطق المنحدرة من التعرية وقد لاتناسب هذه الطريقة ري المناطق ذات التربة الرملية ذات النفاذية العالية والترب الغرينية ذات البناء غير المستقر إذ يمكن أن تسبب مياه الري بهذه الطريقة انجرافها بسهولة كما لايفضل استعمالها في الترب الطينية التي سرعان ما تتعرض للتشقق عند جفافها، أن استعمال هذه الطريقة في الري له بعض المزايا أهمها توفير النفقات اللازمة لتسوية التربة وتعديلها. وإمكانيةاستخدامها في المناطق المنحدرة حتى تلك التي يصل انحدارها ١٠% ومع ذلك فإن لهذه الطريقة مساوئ كثيرة يمكن إجمالها بالنقاط الآتية:

١- لاتوفر هذه الطريقة توزيعاً منتظماً للمياه الأمر الذي يقلل من كفاءتها.

٢- تسبب هذه الطريقة انجراف التربةولاسيما في مناطق المنحدرات الأمر الذي يتطلب زراعة المحاصيل الدائمة لحماية التربة من الانتقال عند الري.

٣- تسبب هذه الطريقة ضياعاً كبيراً في المياه المستخدمة بسبب الرشح والغور العميق والجريان السطحي بعيداً عن الأماكن المعنية بالري.

٤- أن استخدام كميات كبيرة من المياه تسهم في تغدق التربة Water Logging وبالتالي زيادة ملوحتها بعد تعرض هذه المياه للتبخر بفعل ارتفاع درجات الحرارة في المناطق ذات المناخ الجاف وشبة الجاف.

٥- تسبب المياه الفائضة باستخدام هذه الطريقة رفع مستوى المياه الأرضية في المناطق المنخفضة المجاورة التي تسبب هي الأخرىارتفاع درجة ملوحة التربة بعد ظهورها على السطح بفعل الخاصية الشعرية ثم تعرضها للتبخر.

٦- تعمل المياه الفائضة على إيجاد ظروف غير ملائمة لنمو الجذور بسبب امتلاء مسامات التربة بالماء فتقل نسبة الأوكسجين إذ تصبح التربة رديئة التهوية.

٧- صعوبة وصول المياه إلى الحقول الزراعية الواقعة في نهايات قنوات الري فينتج عن ذلك انخفاض المحتوى الرطوبي للتربة والذي يعود بآثار سلبية على التربة والنبات معاً.

٨- يسبب استخدام هذه الطريقة هدراً كبيراً للمياه التي تعد ثروة طبيعية بالغة الأهمية تزداد الحاجة لها سنة بعد أخرى وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة.

أما أسلوب الري بالواسطة فهو الأسلوب السائد في معظم مناطق الزراعة الاروائية لأنه لايمكن نقل المياه من المصدر إلى الحقول الزراعية سيحاً بسبب تباين التصريف المائي للأنهار وقنوات الري الذي ينخفض كثيراً في موسم الجفاف (الزراعة الصيفية) إذ يصبح منسوب المياه أقل من منسوب الأراضي الزراعية المجاورة أو بسبب ارتفاع ضفاف الأنهار مقارنة بالمناطق المجاورة مما يحتم استخدام الواسطة لرفع المياهإلى الحقول الزراعية، وكما ذكرنا فيما تقدم أن عدم أتباع طرائق الإرواءالصحيحة واستخدام الكميات غير الفعلية من المياه لحاجة المحاصيل، يترتب عليهنقل كميات كبيرة من المياه مما ينتج عنه أثار سلبية على خصائص التربة وخصوصاً ارتفاع معدلات ملوحتها إذا ما رافق ذلك افتقارالأراضي الزراعية لوسائل الصرف الملائمة.

تتبع طرائق ري متعددة في سقي المزروعات كالري بالأحواض والري بالشرائح والري بالمروز (الخطوط) وكذلك الري بالرش والري بالتنقيط، ومن المعلوم أن تحديد طريقة الري يعتمد على عوامل كثيرة أهمها نوعية التربة وانحدار السطح وكمية ونوعية مياه الري ونوع المحصول الزراعي فضلاً عن التكاليف الاقتصادية للعمل (Zimmerman/ ١٩٦٦/ ٩٦).

إن طريقة الري المثلى هي تلك التي تزود التربة بالرطوبة اللازمة لنمو النبات دون فقد المياه أو التربة وتؤمن المحصول ضد فترات الجفاف القصيرة وتغسل الأملاح الموجودة في قطاع التربة لتصبح دون الحد الحرج للحصول على اكبر إنتاج مع كفاءة استخدام المياه والحصول على أقصى عائد اقتصادي من وفرة المياه.

تعد طريقة الري بالأحواض من طرائق الري السطحي الأكثر سهولة واستخداماً فهي تمارس لزراعة محاصيل الحبوب كالقمح والشعير والرز وكذلك محاصيل الخضروات الورقية بشكل خاص ومحاصيل الأعلاف وأشجار الفاكهة، والأحواض هي أية مساحة في الحقل محاطة من جميع جهاتها بأكتاف ترابية وتختلف مساحة هذه الأحواض بين عدة أمتار مربعة كما هو الحال في محاصيل الخضروات إلى أن تصل إلى عدة دونمات كما هو الحال في محاصيل الحبوب.

إن أجراء هذه الطريقة في الري يتطلب أن تكون الأرض ذات انحدار محدود ومن الأفضل أن تتراوح درجة الانحدار بين (١- ٣ %). وإذا أجريت عمليات تسوية سطح التربة فتكفي أن تكون درجة الانحدار (٠,٥ %)، أما إذا لم تجرى هذه العمليات فإن درجة الانحدار يجب أن تصل إلى أعلى قيمها أي أكثر من ١٠% وذلك لكي لاتؤدي المياه المنتشرة إلى غسل التربة، وبما أن الأحواض المعنية بالري لاتلغي أمكانية حدوث تعرية للتربة لهذا يفضل استخدام هذه الطريقة عند أجراء الري التكميلي أو الري التسميدي في أراضي المراعي والمروج، ومن أجل المحاصيل الحقلية يمكن استخدام الري بالأحواض عندما تكون درجة الانحدار قليله جداً

ومحدودة لأن هذه الطريقة تؤدي إلىانجراف وتخريب وغسل التربة بسهولة وبالأخص عندما يكون انحدارها كبيراً. (حسن/ ٢٠٠٠/ ١١٩).

وتحمل هذه الطريقة أيضاً بعض العيوب التي تؤثر على بعض خصائص التربة فعند عدم الاهتمام بتوفير التوزيع الملائم للمياه بسبب قلة الاهتمام بتسوية وتنعيم التربة وتحقيق الانحدار المناسب فسوف يؤدي ذلك إلى تجمع المياه في المناطق المنخفضة الأمر الذي يزيد من ملوحة التربة بعد تعرض تلك المياه للتبخر، كما أن استخدام مياه كثيرة تفوق الحاجة الفعلية للمحاصيل يسبب زيادة الضائعات المائية وزيادة مياه الرشح والتسرب التي ينتج عنها تراكم الأملاح ويسهم في ذلك ضعف كفاءة الفلاح في تصميم نظام الري بدقة وإحكام عملية توزيع المياه وتحويلها. (صورة ٦).

صورة (٦)الضائعات المائية الناتجة عن طريقة الري بالألواح (الأحواض)

وتؤدي طريقة الري بالألواح أيضاً إلى تقليل تهوية التربة بسبب امتلاء مساماتها عند النطاق الجذري للمحاصيل بالماء وبالأخص في المناطق ذات التربة الثقيلة المتماسكة وقد تؤدي أيضاً إلىالإضرار ببناء التربة جراء عمليات الحراثة وتهيئة التربة التي تعمل على سحق تجمعات التربة وبالتالي تحطيم بنائها. فضلاً عن ذلك فإن المياه الزائدة جراء استخدام هذه الطريقة تعمل على إذابة ونقل المواد الغذائية العضوية والمعدنية إلىالأعماق البعيدة عن متناول جذور النباتات بفعل حدوث التسرب والغور العميق للمياه الأمر الذي يؤدي إلى جعل الطبقة السطحية للتربة فقيرة بتلك المواد ، ويؤدي النقل المستمر لدقائق التربة المعدنية من السطح إلىالأسفلإلى أن تصبح الطبقة السطحية ذات نسجة خشنة وتتجمع الدقائق الطينية الناعمة تحت سطح التربة فيسبب تكوين طبقة صماء (Hard pan)تقلل من نفاذية التربة وتعيق تغلغل جذور النباتات بمرور الزمن (العبد الله/ ٢٠٠٦/ ٥٤). وأخيراً لابد من الإشارةإلى إن

تقويم طريقة الري يخضع لمدى كفائتها التي تعبر عن النسبة بين كمية المياه المعطاة فعلاً لمنطقة الجذور وبين كمية المياه الواصلة إلى الحقل وتزداد هذه الكفاءة عندما تقل الضائعات المائية إلىأدنى حد ممكن ويمكن حساب كفاءة ماء الري حسب العلاقة الآتية (Michael/ ١٩٨١/ ٥٤٧):

$$\text{كفاءة ماء الري} = \frac{\text{الاستهلاك المائي الكلي} - \text{الضائعات المائية الكلية}}{\text{الاستهلاك المائي الكلي}}$$

تعتمد كفاءة تقويم طريقة الري بالألواح على مدى ملائمة كفاءتها الاروائية التي تقوم أساساً على حجم الضائعات المائية التي تصاحب نقل وإيصال المياه إلىالألواح، وكذلك من خلال عمليتي إضافة وتوزيع مياه الري للأحواض فطريقة الري تعد ناجحة عندما توفر محتوى رطوبي في التربة وتضمن للنبات نمو جيداً في المنطقة الجذرية وتحقق أكبر قدر من الاستفادة من المياه التي يتم تجهيزها، كما تكون طريقة الري كفوءة أيضاً عندما لاتسبب زيادة في مستوى مناسيب المياه الجوفية التي تسبب تراكم الأملاح في التربة وانخفاضإنتاجيتها، وهذا يعني أن اختيار طريقة الري الكفوءة على ما تحققه من توازن في قيم الاحتياجات المائية الفعلية وبين كمية المياه التي يتم تجهيزها بشكل يوفر محتوى رطوبي في التربة يقع بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ولايؤدي استعمالها إلى تجمع المياه في الأحواض وتعرضها لظروف الجفاف وما ينتج عنه من مشكلات تؤثر على العديد من خصائص التربة.(الموسوي/ ٢٠١١/ ١٩ – ٢٠).

وبناء على ما تقدم فإن كفاءة الري بطريقة الألواح والتي حددتها منظمة الغذاء والزراعة الدولية (F. A. O) تتراوح بين (٦٠ – ٨٠ %) في ظل ظروف المناخ الجاف.

وتمثل طريقة الري بالشرائح أحدى طرائق الري السطحية الأخرى إذ بموجبها يتم تقسيم الحقل إلى شرائح طويلة تغمرها مياه الري على شكل طبقة يتراوح ارتفاعها بين (٥ – ١٠ سم)، وتحدد الأحواض الطويلة (الشرائح) باتجاه انحدار الأرض بحيث تغمر مياه الري كامل مساحة الأحواض، ومن الطبيعي أن تتلائم أطوال الشرائح مع طبيعة التربة ونفاذيتها ودرجة انحدار الحقل وعموماً تتراوح هذه الأطوال بين (٥٠-١٥٠م) للشرائح الطويلة، أما الشرائح القصيرة فإن أطوالها تتراوح بين (٤٠ – ٦٠م) وهي تناسب الترب الخشنة النسجة ذات النفاذية العالية والتي تتراوح درجة انحدارها بين (٠,٢ – ١ %)، ويتطلب سطح التربة عند استخدام هذه الطريقة في الري التسوية المناسبة بحيث تغمر المياه كامل مساحة الحقل وكامل طول وعرض الشرائح ومنع حدوث الأخاديد التي تسبب تعرية التربة، وان أقصىانحدار يمكن من خلاله استخدام هذه الطريقة دون حدوث انجراف التربة أو غسلها يصل في الترب الخشنة النسجة إلى ١% وفي الترب المتوسطة ١,٢% وفي الترب الناعمة النسجة ١,٥%

كما وأن أنسب ميل لهذه الطريقة هو الذي تتراوح درجته بين (٠,٢ – ١%)، وعموماً لايمكن استعمال هذه الطريقة للترب ذات الانحدار الشديد والتي لايمكن تسويتها وتعديلها أو تلك التي تكون ذات معدل رشح عالي جداً إذ أن هناك صعوبة كبيرة لمنع الجريان السطحي والتسرب العميق والتعرية كما أنه من الضروري دراسة الخصائص الفيزيائية للتربة من اجل تحضير الأرض للري بهذه الطريقة إذ أنه في حالة وجود طبقة غير نفاذة خلال مقطع التربة مغطاة بطبقة مزيجية مضغوطة من شانهأن يسمح باستخدامألواحطويلة على عكس الترب ذات النفاذية العالية التي تتطلب استعمال ألواح ضيقة. (نجم وزميلة/ ١٩٨٠/ ٢٢٥).

أما طريقة الري بالخطوط (المروز) فتستخدم في زراعة أشجار الفاكهة والخضروات عموماً والقطن والذرة الصفراء والذرة البيضاء والكتان وزهرة الشمس وقصب السكر والبطاطا وغيرها ويتم أنشاء هذه المروز بعد الانتهاء من عمليات حراثة التربة وباستخدام المحراث الحفار (الخرماشة) وعلى الرغم من ميزات هذه الطريقة من حيث ضائعات التبخر وتكاليف العمل وكفاءة الري وغيرها إلا أنها تحمل بعض العيوب التي تؤثر بشكل أو بأخر على خصائص التربة، فنظام الحراثة غير الكفوء والذي ينتج عنه كتلاً ترابية كبيرة يترتب علية تسرب للمياه (Leakage) خلال هذه الكتل من شأنها أن تؤدي إلى تراكم الأملاح بعد تبخرها ويزداد حصول هذه الظاهرة مع عدم اهتمام الفلاحين بعملية تسوية الأرض (Land leveling)لتحقيق التجانس في توزيع المياه، وينتج عن ذلك أيضاً عدم توفير الانحدار المناسب للمروز لجريان تيار الماء، فتتجمع المياه في المناطق المنخفضة بينما تحرم المناطق المرتفعة منها، فتكون المناطق المنخفضة بؤراً لتجمع الأملاح بعد تبخر المياه، وتؤدي الحركة الجانبية للمياه نحو الأعلىإلى تراكم الأملاح بشكل قشرة بعد تبخر الماء فتصبح قمة المرز محيطاً غير ملائم لنمو النباتات لذا يتطلب الأمر القيام بالزراعة عند الثلث الأسفل من المروز. (إسماعيل/ ١٩٨٨/ ٢٤٣).

إن ارتفاع حجم الضائعات المائية في هذه الطريقة والناتج عن كميات المياه الكبيرة المستخدمة وزيادة معدلات التبخر في المناطق الجافة والرشح والغور العميق فضلاً عن ضعف تنظيم عملية توزيع المياه ودقة تصميم هذا النظام يعمل على زيادة ملوحة التربة بمرور الزمن وانخفاض إنتاجية الترب الزراعية، ومما تجدر الإشارةإليهأن كفاءة الري بهذه الطريقة والتي حددتها منظمة الغذاء والزراعة الدولية (F. A. O) تتراوح بين (٥٥ – ٧٠%). (F. A. O, ١٩٥٤, ١١٦). (صورة ٧)

(صورة ٧)
زراعة المحاصيل الزراعية باستخدام طريقة الري بالخطوط (المروز)

أما بالنسبة لطريقة الري بالرش فهي طريقة ري حديثة نسبياً بالمقارنة مع طرائق الري السطحي التي سبقت الإشارة إليها وهي طريقة آلية وميكانيكية كما أنها طريقة اقتصادية تحد من الهدر في مياه الري فضلاً عن كفائتها التي تتراوح بين (٨٠ – ٩٠%) ولاتسبب تدميراً لبناء التربة وتقل فيها احتمالات تشكل الكتل الترابية على سطح التربة المروية بشكل كبير ولا تؤدي إلىإشباع التربة بالمياه بشكل غير مناسب الأمر الذي تستبعد فيهاحتمالات تغدق التربة أو تملحها وتستبعد أيضاً احتمالات تشكل الأراضي السبخة والمستنقعات في الأراضي المروية، وفي هذه الطريقة أيضاً يتم الاستغناء عن عمليات تسوية وتعديل التربة وعمليات صرف المياه الضائعة، ولعل انتشار هذه الطريقة للري في الكثير من بلدان العالم يعزى إلى أمكانية استخدامها في مختلف أنواع الترب ومختلف الظروف الطبوغرافية وانحدارات التربة وهي ملائمة لمعظم المحاصيل الحقلية والخضروات وأشجار الفاكهة ويعزى كذلك إلى سهولة العمل بهذه الطريقة واقتصادها الكبير في مياه الري واليد العاملة، كما لاننسى أن استخدام هذه الطريقة يمنع حصول التعرية أو التقليل منها وبالتالي المحافظة على خصوبة التربة السطحية مقارنة بالري السطحي، ويمكن استخدامها في حالة الترب ذات المستوى العالي للماء الأرضي لمنع ارتفاع هذا المستوى، ولعل من أهم عيوب طريقة الري بالرش هي حاجتها لنفقات وتكاليف عالية والى عمال ذوي خبرة عالية في هذا المجال كما إنهاتتأثر بالرياح الشديدة والخفيفة إذ تؤدي إلى عدم انتظام توزيع مياه الري على كافة أرجاء الحقل وتسبب هذه الطريقة ضياع لبعض مياه الري عن

طريق التبخر السطحي وخصوصاً إذا تمت عملية الري في ظروف حارة وجافة وأخيراً قد تسبب هذه الطريقة انتشار بعض الأمراض النباتية بسبب ارتفاع رطوبة الحقل والتي تسبب كذلك نمو الأعشاب الضارة.(حسن/ ٢٠٠٠/ ١٤٣).

وأخيراً هناك طريقة الري بالتنقيط التي تستخدم لري أشجار الفاكهة المستديمة والمتساقطة الأوراق ومحاصيل الخضروات وخصوصاً في الترب الرملية ذات النفاذية العالية، وبهذه الطريقة يتم إيصال الماء بالتنقيط إلى منطقة انتشار الجذور المعنية بالري ويكون التنقيط مستمراً أو متقطعاً ويتم باستخدام تدفقات صغيرة نسبياً تتراوح بين (٢ – ١٠ لتر/ساعة) وتصلح هذه الطريقة لري الترب الرملية والترب الصحراوية الجافة ذات الاحتياطات المائية المحدودة ولاينصح باستعمالها في الترب الطينية بسبب قلة نفاذيتها فيؤدي ذلك إلى تجمع المياه على سطح التربة لفترة طويلة والكلام نفسه ينطبق على الترب الحجرية الضحلة، وقد أثبتت هذه الطريقة نجاحها في الترب المالحة بشرط مراعاة عمليات غسل هذه الترب والانتباه إلى حركة الأملاح وكميتها خلال آفاق التربة وعندما لايكون الري مستمراً في هذه الترب فقد يتضرر النبات بسبب حركة الأملاح المعاكسة التي تكون نحو الأعلى إذ ينبغي أن تبقى منطقة جذور الأشجار والنباتات رطبة بما فيه الكفاية وبشكل مستمر حتى عند هطول الأمطار لغرض غسل الأملاح وأبعادها عن منطقة الجذور دائماً، فضلاً عن ذلك يتطلب الأمر غسل التربة عند انتهاء الموسم الزراعي بطرائق الري السطحي أو بالرش من اجل غسل الأملاح وأزالتها عن التربة، ويترك استخدام هذه الطريقة تأثيرات جيدة على خصائص التربة منها عدم حدوث تعرية للتربة الزراعية الخصبة الذي تحدث بسبب جريان الماء على سطح التربة كما لاتتشكل طبقة صلبة ناتجة عن تأثير مياه الري ولا ينضغط سطح التربة بتأثير هذه المياه، وفي هذه الطريقة أيضاً يمكن استخدام مياه مالحة للري لأنها لاتسبب ملوحة كل قطاع وطبقات التربة فضلاً عن اقتصادها الكبير بالمياه وقلة الحاجة إلى أعمال تعديل وتسوية التربة وإمكانيةاستخدام المكننة الزراعية وتسميد المحاصيل وعدم تأثرهابأحوال المناخ. (حسن/ ٢٠٠٠/ ١٧٨–١٨٠).

ومع ذلك قد يصاحب استخدام هذه الطريقة بعض المشاكل منها تلف وتكسير الأنابيب والمنقطات خاصة عند استخدام مواد أولية غير جيدة في صناعتها وتعرض نظام الري إلى عبث القوارض الموجودة في الحقل وحاجة النظام إلىأعمال صيانة مستمرة الأمر الذي يتطلب قدراً كبيراً من الخبرة والتدريب والكفاءة. (الحديثي وآخرون/ ٢٠١٠/ ٦٧).

وأخيراً لابد من الإشارةإلى أن كفاءة الري بهذه الطريقة تبلغ حوالي (٩٥%) لأنها تستطيع أن توفر نسبة عالية من الرطوبة لمنطقة جذور النباتات تتراوح بين (٨٠–١٠٠%) من رطوبة السعة الحقلية.

أما بالنسبة للبزل الذي يعني تصريف المياه الزائدة خلال مسامات التربة، وسرعة حركة هذه المياه تعتمد على عدة عوامل منها طبيعة الانحدار وبناء التربة ولكن العامل الأكثرأهمية هو مدى نفاذية التربة التي تحددها طبيعة نسجتها، وعلى هذا الأساس فالترب تكون على ثلاثة أصناف من حيث قدرتها على صرف المياه،الأول هو الترب ذات التصريف الرديء إذ تبقى مسامات هذه الترب مملوءة بالماء لمعظم أيام السنة وتكون الطبقة المشبعة بالمياهالأرضية فيها قريبة من السطح دائماً وقد تظهر فوقه الأمر الذي ينتج عنه عدم توفر الهواء داخل التربة، أما الصنف الثاني فهو الترب الجيدة الصرف التي تكون فيها حركة الماء العمودية والأفقية بطيئة نسبياً، وفي هذه الترب أيضاً تتجمع المياه فوق سطحها لفترة من الزمن بحيث أن قسماً من هذه المياه ترجع إلى الغلاف الجوي عن طريق التبخر والقسم الآخر تمتصه التربة وبذلك تحتفظ الترب الجيدة الصرف بمقدار مناسب من الرطوبة طوال السنة فتصبح ملائمة لزراعة معظم المحاصيل الزراعية عدا محصول الرز، أما الصنف الثالث فهو الترب ذات التصريف الشديد التي تنخفض فيها معدلات الاحتفاظ بالمياه بشكل كبير جداً، إذأن ما يتبقى فيها لا يسد حاجة النبات من المياه خلال معظم أيام السنة كما هو الحال في التربات الضحلة التي توجد في المناطق المنحدرة بشدة وكذلك الترب الرملية العميقة ذات النفاذية العالية جداً.

ويعد البزل عملية مكملة للري في المناطق الجافة وشبه الجافة لما له من تأثيرات مباشرة أو غير مباشرة على خصائص التربة وبالتالي على نمو النباتات وإنتاجيتها، وتتمثل هذه التأثيراتبإزالةالأملاح من تربة منطقة جذور النباتات، وتقليل المحتوى الرطوبي للطبقات السطحية للتربة عن طريق خفض مستوى المياه الجوفية المالحة وتعطيل نشاط الخاصية الشعرية وكذلك منع إعادة تملح التربة (Resalinization) عن طريق الموازنة الدقيقة بين الأملاح التي قد تدخل التربة مع مياه الري والأملاح التي تغادر التربة مع مياه البزل (عبد العزيز/ ١٩٨٠/ ٢٠٣– ٢٠٤).ومن تأثيرات البزل الأخرى أيضاً تحسين بناء التربة وتحسين مساميتها وتهويتها، وتنظيم عمليات التفسح والانحلال داخل التربة وتنظيم درجة حرارتها لأن ارتفاع مستوىالمياه الجوفية يسبب عدم ارتفاع درجة الحرارة في أوائل الربيع فيتأخرالإنبات، وقد تتعفن البذور قبل إنباتها لذا تعد الترب المبزولة أكثر دفأً من الترب غير المبزولة (الصوفي/ ١٩٨٢/ ١٣).

إن افتقار الترب الاروائية لأنظمة بزل متكاملة ستكون له أثار سلبية على بعض خصائص التربة، ولعل زيادة ملوحة التربة وزحف الأملاح على الأراضي الزراعية بشكل متواصل هي في مقدمة هذه الآثار، بحيث أصبحتالملوحة المشكلة الرئيسة التي تعاني منها الترب المروية في العالم بسبب ارتفاع مستوى المياه الجوفية وتغدق التربة، كما أن عدم وجود المبازل من شأنه أن يعمل على إيجاد ظروف غير مناسبة

للإنبات بسبب سوء التهوية للطبقات السطحية للتربة والناتج عن تشبع التربة بالمياه الجوفية علاوة على تقليل مسامية التربة والأضرار ببنائها، وكل ذلك يعود بنتائج سلبية على نمو النباتات وبالتالي على إنتاجيتها الزراعية (صورة ٨)

(صورة ٨)تربة متغدقة بسبب رداءة تصريفها

٤- الحصاد وجني المحاصيل

تجري عمليات الحصاد وجني المحاصيل أما يدوياً أو آلياً فالطريقة الأولى يمكن أستخدمها لبعض المحاصيل لجني ثمار النخيل والفواكه عموماً ويمكن استخدامها أيضاً لجني محصول القطن والبطاطا والخضروات أيضاً، وكذلك بعض المحاصيل البقولية ومحاصيل الحبوب في المزارع الصغيرة المساحة، أما الحصاد وجني المحاصيل آلياً فيتبع لمحاصيل الحبوب في المزارع الواسعة وكذلك لجني المحاصيل الدرنية وجني ثمار الفواكه على نطاق محدود ويمكن استخدامه للمحاصيل العلفية ويفضل استخدام الآلة للقيام بأعمال الحصاد والجني لتقليل الأيدي العاملة والجهد المبذول واختصار الوقت اللازم للحصاد إضافةإلى التسويق المبكر للمحاصيل وإمكانية أجراء العمليات في الحصاد الآلي مرة واحده، وغير ذلك من المزايا التي لامجال لحصرها هنا.(الفاضل/ ١٩٩٠/ ١٠).

ولا زالت تستخدم في بعض الجهات من العالم وسائل حصاد وجني بدائية كما هو الحال في جني ثمار الفواكه كقطف الثمار باليد مرة واحدة سواء كانت ناضجة أم غير ناضجة أو ضرب الأشجار بالعصي أو صعود الفلاحين على الأشجار وهزها وكذلك الحال في جني محصولي السمسم والماش حيث يعمد إلى قلع النباتات من التربة باليد، ثم تحزم وتترك في الأرض معرضة لأشعة الشمس لمدة لاتقل عن(١٠ أيام) ثم تضرب هذه الحزم بالعصي المعدة لهذا الغرض فتسقط الحبوب من النباتات.

إن ممارسات الحصاد وجني المحاصيل يدوياً من شأنها أن تترك آثاراً على خصائص التربة، فهي أولاً تحتاج إلى عدد كبير من الأيدي العاملة التي تجوب

الحقول الزراعية فتعمل بذلك على رص التربة وتضاغطها، ويظهر تأثير ذلك بوضوح عندما تكون التربة رطبة، ويؤثر ذلك بالطبع على تغير بناء التربة وتقليل مساميتها حيث تزداد كثافتها الظاهرية، فيقل تبعاً لذلك معدل غيض الماء للتربة وتقليل تهويتها، وقد تسبب حركة العمال بين أرجاء الحقل الى نقل حبيبات التربة وبالتالي يكون ذلك احد أسباب تعريتها، ومع ذلك لاينكر ما للحصاد اليدوي من اثر في دعم المادة العضوية بسبب كثرة مخلفات المحاصيل عند حصادها بهذه الطريقة والتي تبقى في مكانها، أو من خلال القيام بعملية التذرية اليدوية بعد الحصاد حيث تعود المخلفات النباتية إلى التربة مرة أخرى فتصبح مصدراً للمواد العضوية بعد تحللها، كما يحصل ذلك بعد حصاد محصولي القمح والشعير مثلاً. (صورة ٩).

(صورة ٩)مخلفات حصاد وجني المحاصيل التي تعود للتربة مرة أخرى

أما بالنسبة لعمليات الحصاد الآلي المستخدمة في الحقول الزراعية فاهمها تلك التي تستعمل لحصاد القمح والشعير والرز ومعظمها من نوع الحاصدات المركبة، حيث تجمع بين الحصاد والدراس مرة واحدة، وهناك آلات جني المحاصيل الجذرية والدرنية كالبطاطا وفستق الحقل من خلال قيامها بحفر أخاديد في التربة وإخراج الثمار منها تمهيداً لجمعها، وتستخدم لحصاد محاصيل العلف كالجت والبرسيم والمعدات المعروفة بقاصلات العلف الأخضر (Mower).

يتمثل تأثير آلات ومعدات الحصاد الآلي على خصائص التربة من خلال ما تحدثه من تضاغط لحبيبات التربة نتيجة لثقل وزنها وخصوصاً إذا كان عملها متزامناً مع زيادة رطوبة التربة فيؤدي ذلك إلىالأضرار ببناء التربة وتقليل نفاذيتها وبعض الخواص التي سبقت الإشارة إليها، كما أن ما يسقط من مؤخرة الحاصدات من مخلفات نباتية تعود إلى التربة ثانية فتصبح مصدراً لمحتواها من المواد العضوية بعد تحللها.

الفصل السابع

تصنيف التربة

١ – الترب النطاقية.

أ – مجموعة ترب البيدالفير.

ب – مجموعة ترب البيدوكال.

التوزيع المكاني للترب النطاقية في العالم

أ – ترب اقليم التندرا.

ب – ترب الاقاليم الرطبة.

جـ – ترب الاقاليم شبه الرطبة والجافة.

٢ – الترب المتداخلة :

أ – الترب المائية.

ب – الترب الملحية.

جـ – الترب الكلسية.

٣ – الترب اللانطاقية :

أ – الترب الجبلية والصخرية.

ب – ترب الترسبات غير المائية.

جـ – الترب الفيضية.

يعد تصنيف التربة من الموضوعات الصعبة بسبب تداخل عوامل تكوينها وتطورها إذ ينتج عن تداخل المادة الأم وظروف المناخ والغطاء النباتي والكائنات الحية والسطح والزمن والإنسان مجموعة كبيرة من الأنواع الرئيسة والثانوية من الترب في العالم،وهنا يمكن اعتبار تصنيف التربة بمثابة وسيلة يتم من خلالها جمع التربات المتشابهة بخصائص معينة تجعلها تختلف عن تربات أخرى لها نفس الخصائص التي اكتسبتها خلال مراحل تكوينها وتطورها في مكان معين وعبر فترة زمنية معينة، ولتصنيف الترب الزراعية عدة أغراضأهمها تعيين التربة المنتجة وتنسيب المحاصيل الاقتصادية المهمة لكل نوع من أنواع الترب وتحديد صلاحيتها لأغراضأخرى فضلاً عن تعيين وتحديد احتياج المشاريع من مستلزمات الإصلاح وغيرها وكذلك تنفيذ مشاريع الري والصرف وإعلان المقننات المائية المخصصة لمختلف المحاصيل وحاجتها الفعلية من الأسمدة لكل محصول وحسب نوع التربة.(العكيدي/ ١٩٨٦/ ٤٥٣).

ولابد أن نشير هنا إلىأن عملية تصنيف التربة هي ليست عملية سهلة إذأنها ينبغي أن تستند إلى نظام معين وتسير وفق وحدة قياس مختارة وبدون ذلك يفقد التصنيف أهدافه التي وضع من الوصول إليها، ويشترط في وحدة القياس التي يتم اختيارها من قبل المصنف أن تعبر عن خصائص الموضوعات التي يدور البحث حولها وتدل دلالة واضحة عن طبيعتها،ويعد الكثير من الجغرافيين أن دراسة التربة يجب أن تبدأ من تصنيفها إلا انه من الصعب جداً فهم خصائص التربة وتوزيعها المكاني دون معرفة مسبقة وتصور شامل للبيئة الطبيعية التي تكونت فيها التربة فضلاً عن مؤثرات تكوينها وعوامل تطورها.(الشلش/ ١٩٨٥/ ١٠٨).

لقد ظهرت العديد من أنظمة تصنيف التربة، وفي الحقيقة أن تعدد هذه التصنيفات يعود إلى عدة أسبابأهمها:

١- توفر المعلومات بصورة متجددة بكل ما يتعلق بالعمليات البيوكيميائية التي تحصل في جسم التربة ومالهذه العمليات من علاقة بالبيئة التي تتواجد فيها التربة، ومن الطبيعي أن تؤدي هذه المعلومات المتجددة إلى تعدد تصانيف التربة وفق أسس علمية متجددة أيضاً.

٢- تعدد الأهداف التي تصنف من اجلها التربة الأمر الذي يؤدي إلى تعدد الأسس المعتمدة في تصنيف التربة، وربما تكون تلك الأهداف بمثابة استجابة لحاجة محلية أو وطنية بحيث لايمكن تعميمها على المستوى العالمي، فعلى سبيل المثال لا الحصر يستند التصنيف الأمريكي للتربة على خصائصها الطبيعية دون الاهتمام بعوامل نشوؤها وتكوينها بينما يستند التصنيف الروسي إلى عمليات وعوامل تكوين التربة وبالأخص منها أحوال المناخ والغطاء النباتي. (أمين وزميله/ ١٩٩٠/ ٧٦).

وبناءً على ما تقدم فإن جميع أنظمة تصنيف التربة لها أهداف محدودة يمكن إجمالها بالآتي:

١- تحديد موقع كل تربة في النظام التصنيفي يعطي الاسم للتربة مع تنظيم أنواع الترب كافة في نظام مركب متعدد المستويات.
٢- تسهيل عملية المقارنة بين الترب المختلفة إذ يعكس موقع التربة في نظام التصنيف خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبايلوجية وغيرها.
٣- إمكانيةإعداد خرائط توزيع الترب بمستوى عالٍ من الدقة.(المالكي وزميله/ ٢٠١٢/ ٩٥).

لقد تعددت الطرائق التي تتم على أساسها التصنيفات الحديثة للتربة إلى مجموعات تشترك كل منها بخصائص معينة وذلك وفقاً للمنهج المتبع في التصنيف واهم هذه الطرائق:

أ- طريقة المنهج التجريبي: تستند هذه الطريقة على طبيعة نسجة التربة وبموجبها تصنف الترب إلى ترب رملية ذات النسجة الخشنة والنفاذية العالية التي تجعل قابليتها للاحتفاظ بالمياه قليلة والترب الطينية ذات النسجة الناعمة وهي عكس التربة الرملية تكون ذات نفاذية قليلة ترتفع قابليتها للاحتفاظ بالمياه ولكنها تربة رديئة الصرف للمياه وذات تهوية رديئة وهناك أيضاً التربة الغرينية وهي تجمع في خصائصها بين النوعين السابقين مساماتها متوسطة الحجم وقابليتها للاحتفاظ بالمياه جيدة كما إنها ذات صرف جيد وحسنة التهوية ولها قابلية جيدة للاحتفاظ بالعناصر الغذائية.

ب- طريقة المنهج التشكيلي: تستند هذه الطريقة على أساس تطور مقطع التربة وبموجبهاتصنف الترب إلى تربات شابة التي تتميز بعدم استقرارها وناقصة التطور كما هوالحال في الترب الواقعة على المنحدرات إذ تمنع عوامل الإزالة والتعرية من تطور مقطع التربة وكذلك ترب السهول الفيضية المتجددة وهناك أيضاً الترب الناضجة التي تتميز بخصائص واضحة تختلف عن خصائص الصخور الأصلية المشتقة منها وذلك بسبب عدم تأثرها بعوامل الإزالةوالإضافة للمواد الصخرية، ويمكن تواجد هذه الترب في مناطق الانحدار المعتدل ذات التصريف الجيد، وأخيراً هناك الترب التي في مرحلة الشيخوخة التي تتميز باستقرارها وتوزيعها مع الظروف البيئية التي توجد فيها كما إنها تتميز بمقطعها المتميز المتطور بشكل كامل واحتفاظها بخصائصها الفيزيائية والكيميائية لفترة زمنية طويلة دون أن تتأثر بعوامل الإضافةوالإزالة.

جـ- طريقة المنهج الأصلي والتطوري: تستند هذه الطريقة على أساس تطور التربة والعوامل التي تؤثر فيها منذ بداية تفتت الصخور وحتى نهاية مراحل تطورها ومن وجهة نظر هذه الطريقة أن التربة جسم متساوي الخصائص أثرت على تكوينها وتطورها عوامل عديدة كالسطح والمناخ والنبات الطبيعي والمادة الأم وغيرها من العوامل.

إن فكرة المنهج الأصلي والتطوري كطريقة لتصنيف التربة هي في الحقيقة طريقة مطورة عن العالم الروسي (دوكوتشاييف) الذي يُعد من أوائل الذين أرسوا قواعد تصنيف التربة بشكل منتظم ربط بين البيئة والتربة كعلاقة سببية وكان ذلك في نهاية القرن التاسع عشر، وعلى أساس طريقة هذا المنهج تصنف التربة إلى قسمين رئيسين هما الترب النطاقية والترب غير النطاقية فالأولى تشتمل على الترب الناضجة والخصائص الكاملة التطور والناتجة عن تأثير وتفاعل أحوال المناخ والغطاء النباتي في البيئة التي نشأت فيها التربة وتطورت، وتكاد تتفق حدود التوزيع المكاني لهذه الترب مع حدود الأقاليم المناخية والنباتية معاً. (جدول ٢١).

(جدول ٢١)توافق أنواع الترب النطاقية مع الأقاليم المناخية والنباتية على سطح الأرض

نوع المناخ	نوع النبات الطبيعي	نوع التربة
المناخ البارد	حشائش التندرا	تربة التندرا
المناخ البارد	الغابات الصنوبرية	تربة البودزول
المناخ البارد المعتدل	الغابات النفضية	التربة البنية
المناخ المداري المعتدل	حشائش المنطقة المعتدلة	التربة السوداء
المناخ المداري	حشائش السفانا والغابات المدارية	التربة الحمراء المدارية
المناخ الاستوائي	الغابات الاستوائية	تربة اللاترايت

المصدر: أزاد محمد أمين وتغلب جرجيس داود، جغرافية الموارد الطبيعية، مطبعة دار الحكمة،البصرة، ١٩٩٠، ص ٧٨.

إما الترب غير النطاقية فتقسم بدورها إلى قسمين هما الترب المتداخلة التي هي ترب ناضجة كسابقتها ولكن خصائصها لا ترجع إلى المناخ والغطاء النباتي وإنما لعوامل أخرى كالانحدار والمادة إلام والتصريف وغيرها من العوامل، إما القسم الثاني فهي الترب غير المتطورة التي تتميز بعدم نضوجها فهي تمثل حصيلة لعمليات الإزالة والإضافة للمفتتات الصخرية بشكل مستمر كما هو الحال في ترب المنحدرات وترب السهول الفيضية (شريف وزميله/ ١٩٨٥/ ١٥٨-١٥٩).

وفي عام (١٩١٤) أعطى(سيبيريتزيف) تلميذ العالم (دوكوتشاييف) تصنيف الترب الأنف الذكر اسم التنصيف النطاقي كتصنيف متميز للمدرسة الروسية وفي عام (١٩٤٩) أدخلت على هذا التصنيف بعض التعديلات الجزئية، وقد أدرك عالم التربة الأمريكي (ماربوت) عام ١٩٥٣ أهمية العلاقة بين الخصائص الطبيعية والكيميائية والبايلوجية للتربة مع طبيعة الظروف المناخية والغطاء النباتي ووضع ما يسمى بالتصنيف ألنطاقي للتربة الذي يقوم على أساس العلاقة بين البيئة والتربة وفيه تتفق نطاقات التربة مع النطاقات المناخية. ويُعد هذا التصنيف هو أكثر التصانيف التي تتبع

في تحديد أنواع التربة ورسمها على خرائط كما تسود فيه الملامح الجغرافية ويأخذ به معظم المختصين بعلوم التربة في العالم.

وقبل الخوض في تفاصيل التصنيف ألنطاقي للتربة لابد إن نستعرض بعض التصانيف الأخرى للتربة التي اعتمدت على عدة أسس فهناك التصنيف على أساس بعض العوامل الجغرافية الذي يستند على درجة تأثر التربة بعوامل التكوين المناخية وغير المناخية إذ يشتمل على تكوين التربة بفعل عوامل حرارية أو مائية أو ملحية، وهناك التصنيف على أساس نوعية التأثير المناخي ويشتمل على الترب المتأثرة بالعوامل المناخية الفيزيائية كمناطق التندرا والمرتفعات والترب المتأثرة بالعوامل المناخية الكيميائية والتي تشتمل بدورها على الترب المتأثرة بعامل الغسل والترشيح والترب الجافة، وقد يستند التصنيف المناخي على درجة وضوح تأثير المناخ الذي يمكن تحديده من خلال مستوى نضوج التربة وفيه تتميز الترب التي يكون فيها تأثير العوامل الخارجية أكثر من تأثير الصخور إلام والترب التي يكون فيها تأثير هذين العنصرين معكوساً تماماً،وقد يتخذ عامل المطر أساسا للتصنيف ويستند على طبيعة العلاقة بين الحرارة والتساقط من جهة وخصائص التربة من جهة أخرى،وقد تستند بعض التصانيف على أساس خواص المحلول الأرضي إذ هناك الترب المشبعة بالقواعد والترب غير المشبعة بالقواعد،وفي عام ١٩٥٣وضع كوبيينا تصنيفاً للترب حاول فيه تجنب الصعوبات التي واجهت أساليب التصانيف الأخرى ويقوم على أساس دراسة شاملة لجميع أنواع الترب المعروفة في العالم وقارة أوربا بشكل خاص وقد اشتمل على ثلاثة أقسام رئيسة هي الترب تحت مائية وترب برمائية وترب برية، والى جانب التصنيفات المذكورة ظهرت اتجاهات حديثة لتصنيف الترب أهمها الاتجاه التطبيقي الذي يصنف التربة من اجل غرض عملي تطبيقي والاتجاه المورفولوجي الذي يستند على دراسة القطاع العمودي للتربة حقلياً والذي يعكس عمليات تكوين التربة والاتجاه التكويني الذي يعتمد على العوامل البيئية التي أسهمت في تكوين التربة وتطورها وأخيراًهناك الاتجاه المورفولوجي- التكويني الذي يستند على كلا الاتجاهين معاً.(المطري/ ٢٠٠٤/ ١٠١-١٠٢).

التصنيف النطاقي للتربة:

يعتمد هذا التصنيف على العلاقة بين التربة والبيئة وفيه يحصل نوع من الاتفاق بين أصناف الترب والنطاقات المناخية، ويشتمل هذا التصنيف على ثلاثة أنواع من الترب هي:

١- الترب النطاقية Zonals Soils: تتمثل هذه الترب بالترب الناضجة التي تكون في توازن مع النطاقات المناخية والغطاء النباتي وهذا التوازن والتوافق يأتي بسبب بقاء المفتتات الصخرية المشتقة من الصخور إلام في مكانها لفترة زمنية طويلة تستطيع عوامل تكوينها من إنتاج قطاع ناضج لها، وعلى الرغم من تغير الظروف

التـي تنشـأ مـن خلالهـا هـذه التـرب إلا أنهـا بحالـة مـن الاسـتمرارية تكفـي لإنتـاج مساحات واسعة منها تتسم بالتماثل وسهولة التمييز. ويمكن تقسيم الترب النطاقية إلى قسمين رئيسين هما:

أ- مجموعـة تـرب البيـدالفير Pedalfers: وهـي التـرب التـي تحتـوي علـى الحديـد والألمنيوم بشكل خاص، وتنتشر هذه الترب في مناطق المناخ الرطب الذي تتراوح فيـه كميـات الإمطـار السـاقطة بـين (٦٠٠-٧٥٠ملـم). الأمـر الـذي يعنـي بقـاء هـذه الترب والصخور الواقعة تحتها رطبة دائماً، وتتعرض إلى غسل الأملاح بصورة مستمرة لذلك فإنها ترب فقيرة للمواد القابلة للذوبان كالكالسيوم والبوتاسيوم فضلاً عن فقرها بالمواد العضوية، ومن أهم أنواع هذه المجموعة هي تربة اللاترايت التـي تنتشـر فـي الأقـاليم المداريـة الغزيـرة الإمطـار التـي تحـدث فيهـا ظـاهرة غسـل التربة لذا لابد من استعمال الأسمدة عندما يراد استثمارها زراعياً.

ب- مجموعة ترب البيدوكال Pedocals: وهـي التـرب التـي تحتـوي علـى الكالسيوم وتتطـور هـذه المجموعـة مـن التـرب تحـت ظـروف المنـاخ الجـاف وشـبه الجـاف، وتنتشر في المناطق التي تقل فيها الإمطار الساقطة عن (٦٠٠ملم)، وهذه الكمية من الإمطار لاتسمح بحدوث ظاهرة الغسل كما هو الحال في المجموعة السابقة، وتمتاز هذه الترب باحتوائها على جميع العناصر القابلة للذوبان الأمر الذي يجعلها تـرب خصـبة صـالحة للإنتـاج الزراعـي، وتشـتمل هـذه التـرب علـى أنـواع ثانويـة تتفاوت في مستوى خصوبتها من تربة الشرنوزم(التربة السوداء) الخصبة جداً إلـى تربة الصحاري الرمادية غير الخصبة.(كربل/١٩٨٦/ ١٠٧).

التوزيع المكاني للتربالنطاقية في العالم:

لقد تبين فيما تقدم من البحث إن التصنيف الأكثر قبولاً للترب لدى الجغرافيين هو الذي يجعل من التربة وحدة جغرافية تتشكل فوق جزء من سطح الأرض لها خصائصها المرتبطة بالبيئة التي تتواجد فيها وعلى هذا الأساس فان مضمون تصنيف الترب المقبول والمشار إليه آنفاً يتضمن الترب النطاقية والترب المتداخلة والترب اللانطاقية، وبقدر ما يتعلق الأمر بالترب النطاقية وتوزيعها المكاني على سطح الأرض فان هذه الترب تمتدعلى مساحات واسعة في مختلف جهات العالم، ونظراً لان عمليات تكوين التربة والعوامل المؤثرة على هذا التكوين ترتبط ارتباطاً وثيقاً بعناصر البيئة التي تتكون فيها التربة سواء كانت عناصر غير حية أم عناصر حية لذا فإن التوزيع المكاني لهذه الترب يكاد إن يكون متناسقاً مع طبيعة هذه العناصر وعلى وجه التحديد منها أحوال المناخ والنبات الطبيعي، وبناءً على ذلك فإن أحوال المناخ وخصوصاً ما يتعلق منه بدرجات الحرارة والتساقط فضلاً عن الغطاء النباتي على مختلف إشكاله لاتعد عوامل أساسية في تكوين التربة فحسب وإنما تكسبها خصائصها المميزة أيضا سواء منها الطبيعية أو الكيميائية أو البايلوجية التي سبق الكلام عنها في الفصول السابقة. وعلى أساس الحقائق المشار إليها يمكن تقسيم الترب النطاقية إلى

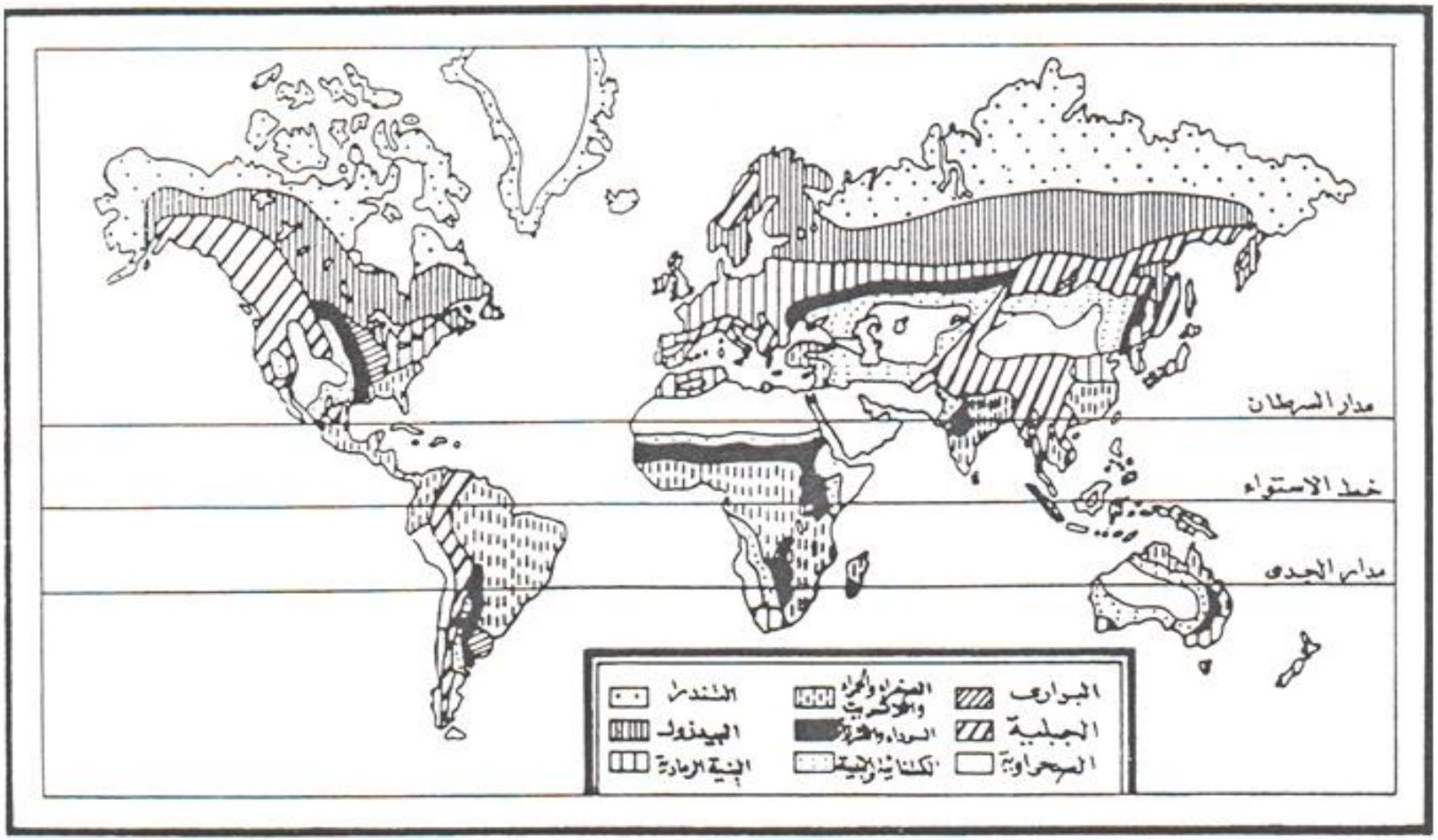
ثلاث مجموعات رئيسة تتفق عملياً مع ظروف الحرارة والبرودة من جانب وظروف الرطوبة والجفاف من جانب آخر وما ينعكس من تفاعل هذين الجانبين من غطاء نباتي يسهم كطرف ثالث في مبررات هذا التقسيم، وتتمثل هذه المجموعات بما يأتي (خارطة ١):

أ- ترب التندرا ب- ترب الأقاليم الرطبة جـ- ترب الأقاليم شبه الرطبة والجافة

أ- **ترب إقليم التندرا:** يمتد إقليم التندرا على حافات المناطق القطبية وشبه القطبية ففي اوراسيا تشغل أراضي التندرا مناطق شمال النرويج عبر شمال سيبيريا حتى سواحل شبه جزيرة كمشتكا، وتمتد في أمريكا الشمالية من شمال ألاسكا إلى بحيرة الدب الكبير والساحل الجنوبي لخليج هدسن مروراً بهضبة لبرادور وحتى سواحل المحيط الأطلسي، أما في نصف الكرة الأرضية الجنوبي فإنها تشغل مساحات صغيرة متمثلة بمرتفعات الانديز وجبال الألب الجنوبية في نيوزيلندة.(خارطة ٢).

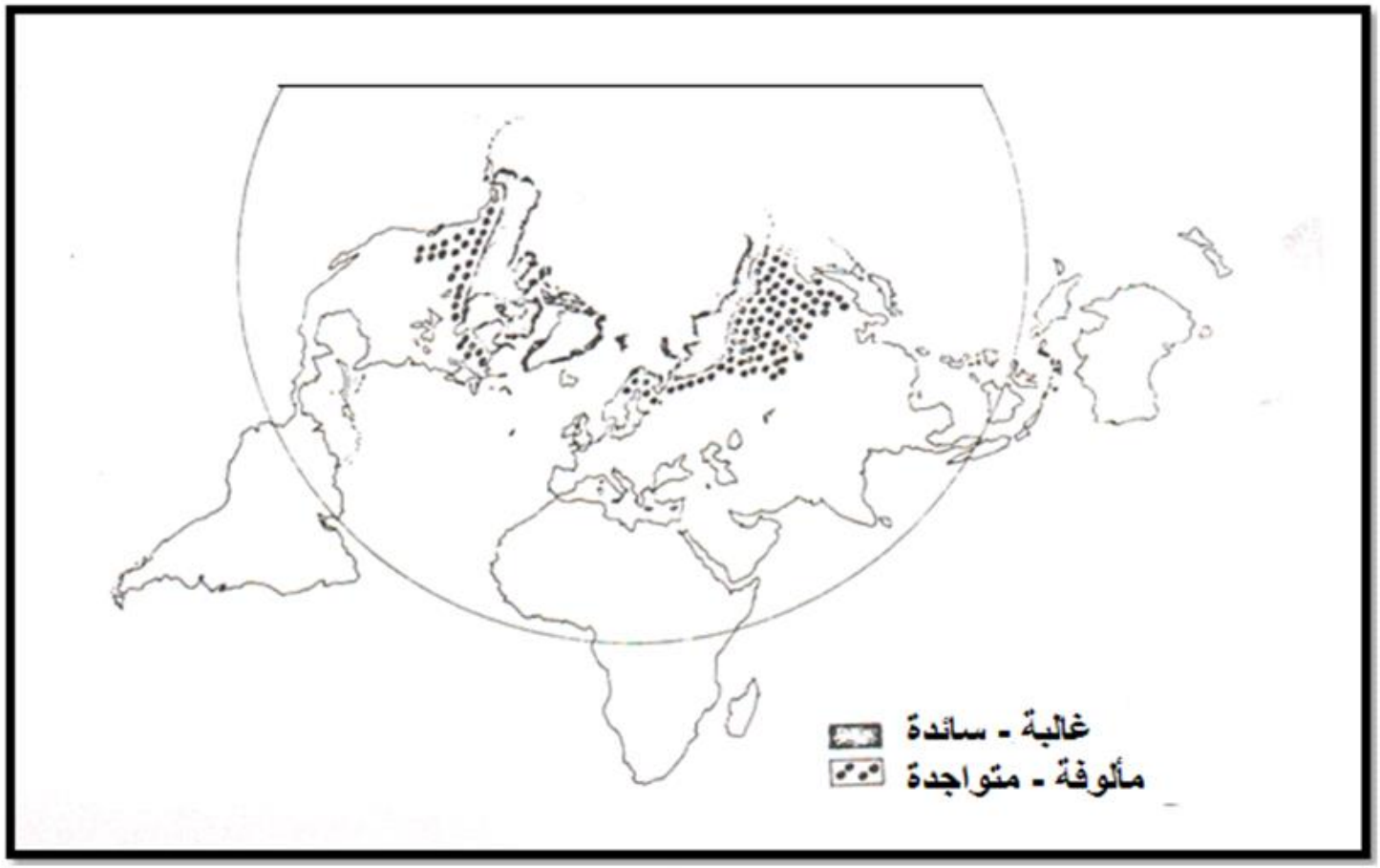
تشغل تربة التندرا حوالي ٤% من مساحة الكرة الارضية ويُعد عاملي المناخ والتضاريس أهم عوامل تكوين هذه التربة إذ يبلغ معدل درجة حرارة فصل الشتاء الطويل (-٤٠°م).بينما معدل درجة حرارة فصل الصيف القصير (١٠°م)، وتتراوح كميات الإمطار الساقطة في مناطق التندرا بين (٢٥-٣٠ملم)، لقد أدت الخصائص المناخية المذكورة في مناطق التندرا إلى عدة نتائج على تربتها منها تجمد التربة تحت السطحية فتصبح طبقة غير نفاذة وفي فصل الصيف تتجمع المياه الناتجة من ذوبان الجليد على سطح التربة فتصبح الطبقة السطحية مشبعة بالمياه فتكون التربة عندئذ رديئة الصرف عدا بعض المناطق المرتفعة إذ يسمح انحدار هذه المناطق تصريف المياه لذا تسود في المناطق السهلية عمليات الاختزال في تكوين التربة وتصبح التربة ذات حموضة عالية، ومن النتائج الأخرى أيضا هو إن انخفاض درجات الحرارة وقلة التساقط أسهم في قلة الغطاء النباتي في هذه المناطق فهي تخلو من الغابات وتنتشر الطحالب والحزازيات بشكل واسع وكذلك بعض أنواع السعد والحبوب البرية ومع ذلك فهي لاتشكل غطاءاً شاملاً وإنما مجموعاتمتفرقة فضلاً عن ذلك فان بعض هذه النباتات متكيفة لظروف الجفاف السائدة في مناطق التندرا كنباتات المستنقعات التي تنمو في فصل ذوبان الثلوج، وبسبب انخفاض درجات الحرارة ولكون التساقط على شكل ثلوج في معظم أيام السنة فقد أدى ذلك إلى ضعف نشاط العمليات الحيوية بدرجة كبيرة.

خارطة (١) التوزيع المكاني للترب النطاقية في العالم



المصدر: السيد خالد المطري، جغرافية التربة، الدار السعودية للنشر والتوزيع، جدة، ٢٠٠٤، ص١١٦.

(خارطة ٢) التوزيع المكاني لترب التندرا في العالم



المصدر: إبراهيم شريف وعلي حسين شلش، جغرافية التربة، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٥، ص٢٩٤.

وتتميز التجوية الكيميائية ببطئها الشديد وبسبب هذه الظروف أيضاً فإن عمليات التجوية الفيزيائية الناتجة عن تكرار ذوبان وتجمد الثلوج هي السائدة وتؤدي إلى غسل ميكانيكي لمكونات التربة في المناطق الرديئة الصرف.

إما الغسل على المستوى الأفقي فانه يحدث في المناطق المنحدرة إذ يتم نقل المفتتات الصخرية من السفوح العليا إلى أسفل المنحدرات التي تتغطى بهذه المفتتات، ولهذا يمكن تمييز نوعين من الترب في مناطق التندرا، النوع الأول ويسمى تربة التندرا الرمادية التي تتميز بوجود الأفق B الذي يتكون بسبب انتقال دقائق التربة إليه بفعل الانجماد والذوبان من الطبقة السطحية ويتصف بلونه الفاتح ويتكون أساساً من الرمل وخالي من المواد العضوية، وقد يتكون هذا النوع من التربة فوق المنحدرات إذ توجد الأراضي ذات الصرف الجيد، إما النوع الثاني فهو تربة التندرا المتأثرة بالاختزال وتتكون هذه التربة من الأفق A الأعلى الغني بالمواد العضوية والى الأسفل منه الأفق B الذي يتأثر بالاختزال نتيجة لسيادة الظروف اللاهوائية.

وبسبب هذه الظروف تسود عمليات تكوين الوحل في اغلب ترب التندرا وقد تكون هذه العمليات شديدة تشمل كل مقطع التربة أو قد تكون على شكل بقع زرقاء رمادية متفرقة، ولعل من أهم خصائص تربة التندرا هي ضحالة عمقها الناتجة عن التطور الضعيف للعمليات الكيميائية والحيوية إذ لاتزيد طبقة التربة في اغلب ترب التندرا عن (٢٥سم)، وتتراوح نسبة الدوبال فيها بين (١-٢%) ومحلولها فقيراً بالمركبات المعدنية وقليلة التشبع بالقواعد (أبو نقطة وزميله/٢٠١٠/ ٢٠٦).

ب- ترب الأقاليم الرطبة: تتكون هذه الترب في مناطق المناخ الرطب والتي يكون غطائها النباتي على شكل غابات، وتُعد هذه الترب من مجموعة ترب البيدالفير بسبب زيادة اكاسيد الحديد والألمنيوم في قطاعها وقلة تجمع الكالسيوم، ولابد من الإشارة هنا إلى إن الترب التي نشأت وتطورت في مناطق المناخ الحار الرطب أو الدافئ الرطب تختلف في العديد من خصائصها عن تلك الترب التي نشأت وتطورت في مناطق المناخ المعتدل الرطب أو البارد الرطب. واستناداً إلى درجات الحرارة ونوع الغابات يمكن تقسيم ترب الأقاليم الرطبة إلى الأقسام الآتية:

١- مجموعة ترب البودزول في العروض العليا والوسطى وشبه المدارية: وتشمل هذه المجموعة على عدة أصناف فرعية هي:

أ- ترب البودزول الحقيقية في العروض العليا: تنتشر هذه الترب في العروض الشمالية الباردة في مناطق الغابات الصنوبرية ذات الأوراق الابرية، وقد خضعت هذه الترب خلال عملية تطورها إلى الإزالة المستمرة لاكاسيد الحديد والألمنيوم والمواد العضوية وتجمعها في الأفاق السفلى للتربة، ولعل من أهم خصائصها الكيمائية هي كونها ترب حامضية قليلة الخصوبة ويعزى سبب حموضتها إلى إن أشجار الغابات الصنوبرية لاتحتاج إلى كميات كبيرة من الكالسيوم لذا فإن مقدار ماتضيفه هذه الأشجار من العناصر القاعدية قليل جداً وهو بالعكس من أشجار الغابات النفضية ذات الأوراق

العريضة أو الحشائش التي يحتاج نموها إلى وفرة من الكالسيوم الذي يتم إرجاعه للتربة بعد موتها وتحلل بقاياها، وبسبب انخفاض درجات الحرارة الذي ينعكس بأثره على ضعف نشاط البكتريا والإحياء الأخرى لذا فان عمليات تحلل المخلفات النباتية ستكون بطيئة جداً فتتراكم هذه المخلفات سنة بعد أخرى على سطح التربة الأمر الذي يترتب عليه فقر التربة بالمواد العضوية من جانب وحموضتها الشديدة من جانب آخر فضلاً عن ذلك فأنها تكون فقيرة بالعناصر القاعدية إذ تعمل المياه على إذابتها وإزالتها باستمرار، وعموماً يتميز المقطع العمودي لترب البودزول الحقيقية بوجود طبقتين هما الطبقةA وتتكون من ثلاثة آفاق هي:

١- الأفق الأعلى الذي يتكون أساساً من المخلفات النباتية المتراكمة غير كاملة التحلل.

٢- الأفق الأوسط الذي يقع تحت الأفق الأعلى مباشرة ويحتوي على مواد متحللة وبعض العناصر المعدنية ويتراوح سمكه بين(٢-٥سم).

٣- الأفق الأسفل الذي يتميز بلونه الرمادي الفاتح الذي يميل إلى اللون الأبيض بسبب تصفيته من مركبات الحديد والألمنيوم بل وحتى من دقائق الطين الناعمة، وهذا الأفق هو الذي يميز تربة البودزول الحقيقية ذات اللون الرمادي الفاتح الذي يميل للبياض.

إما الطبقة الثانية لهذه التربة فهي الطبقة B التي تقع أسفل الطبقة A الرمادية اللون وتتصف هذه الطبقة بلونها البني الغامق إذ تحتوي على مركبات الحديد والألمنيوم التي انتقلت إليها من الطبقة A بوساطة المياه كما تحتوي هذه الطبقة على دقائق الطين والمواد العضوية. ويؤدي تراكم هذه المواد في هذه الطبقة إلى تكوين طبقة صماء صلبة بمرور الوقت، وعموماً تتصف ترب البودزول بضحالتها وقلة عمقها إذ يتراوح سمك الطبقتين A وB بين (٤٥-٦٥سم) إذ أن ظروف المناخ والغطاء النباتي قد أثرت بشكل واضح على مجمل خصائص هذه الترب.

وعلى الرغم من فقر ترب البودزول الحقيقية بالعناصر الغذائية إلا انه يمكن زراعة بعض المحاصيل التي تنمو في الترب الحامضية فيها كالبطاطس والشوفان والشيلم، ومع ذلك فان الاستمرار بزراعتها يتطلب إضافة كميات كبيرة من الجير لتقليل درجة حموضتها من جانب وإضافة الأسمدة المعدنية والعضوية لمعالجة فقرها للمواد الغذائية من جانب آخر.

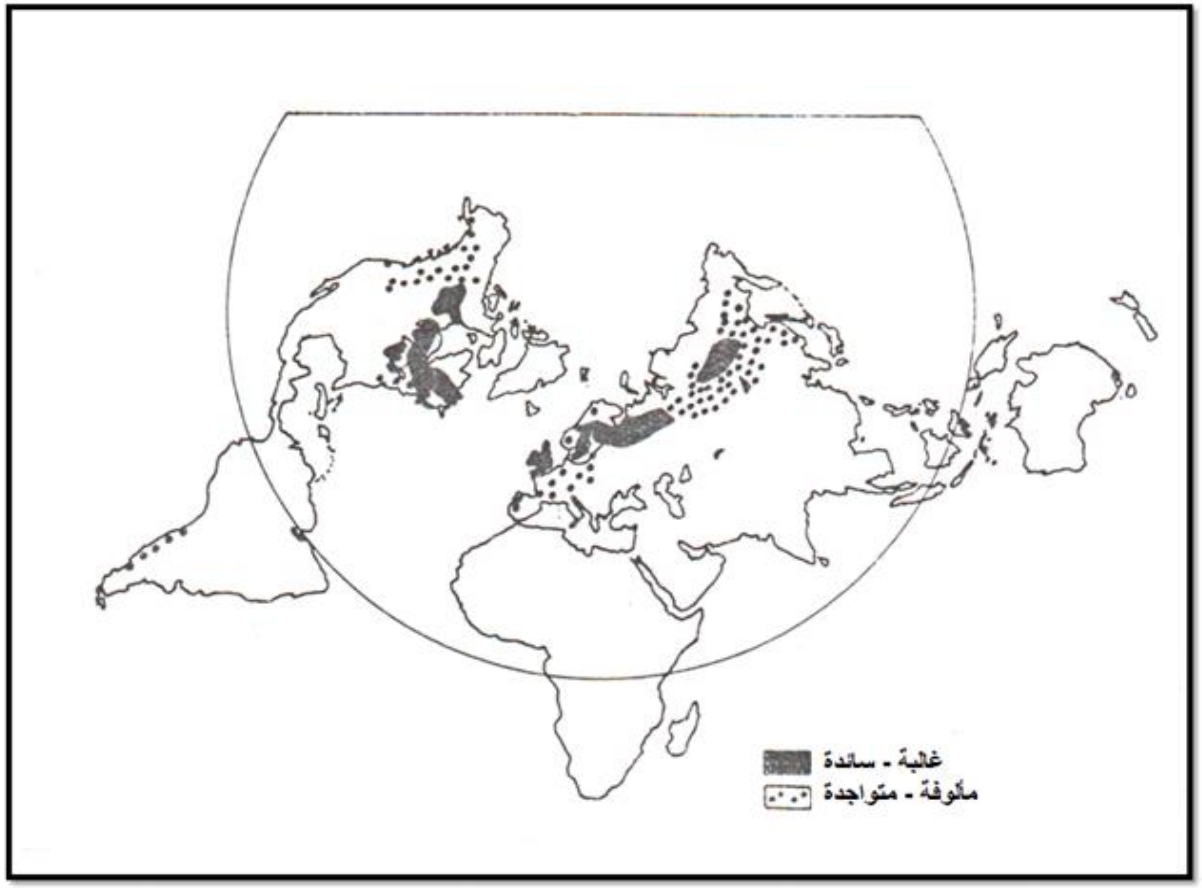
وأخيراً لابد من الإشارة إلى إن ترب البودزول الحقيقية تشغل مساحات واسعة من العروض العليا الشمالية الباردة في كل من آسيا وأوربا وأمريكا الشمالية إذ تمتد على شكل نطاق واسع من الغرب إلى الشرق بامتداد غابات (التايكا) الصنوبرية.(خارطة٣)

ب- ترب البودزول في العروض الوسطى: تطورت ترب البودزول الرمادية- البنية تحت ظروف مناخية معتدلة وتحت نطاق الغابات الصنوبرية من الشمال والغابات النفضية من الجنوب، تغطي سطح هذه الترب طبقة من المواد العضوية المتحللة

(الدوبال) يتراوح سمكها بين(٣-٨سم) وتتراوح درجة تفاعلها بين(٥-٦) وهي بذلك تكون اقل حامضية من ترب البودزول الحقيقية، فضلاً عن ذلك فإنها تحتوي على مقادير من الكالسيوم والبوتاسيوم وبعض العناصر القاعدية الأخرى التي تنتج من تحلل المخلفات المختلفة للغابات في تلك المناطق كما إن مركبات الحديد والألمنيوم والمواد العضوية لم تتعرض تماماً لعمليات الترشيح والانتقال إلى الآفاق السفلى للتربة، وتكتسب ترب البودزول في العروض المتوسطة العديد من الخصائص الجيدة التي تميزها عن باقي الترب التي تتطور تحت أشجار الغابات كاستجابتها لعمليات التسميد والتوزيع المتوازن للمواد القاعدية في الطبقة العليا للتربة بسبب الكائنات الحية المختلفة التي تكثر في هذه الترب وما تقوم به من خلط مستمر للمواد المعدنية والعضوية على مختلف آفاق التربة، ويسود نمط الزراعة الكثيفة في ترب الغابات في مناطق العروض الوسطى إذ تعد مناطق وجودها من أفضل المناطق الزراعية في العالم كما هو الحال في الإقليم الزراعي في قارة أمريكا الشمالية الذي يمتد من جنوب ولايات نيوانكلاند والبحيرات العظمى في الشمال وحتى جنوب ولاية تكساس وألينوي في الجنوب الذي تزرع فيه مختلف محاصيل الحبوب والعلف والخضروات والمحاصيل الجذرية وغيرها وكذلك هناك إقليم شمال غرب أوروبا وإقليم شمال الصين وغيرها من الأقاليم الزراعية المشهورة في العالم.(شريف وزميله/ ١٩٨٥/ ١٨٨).

جـ- ترب البودوزول في العروض شبه المدارية: يرتبط التوزيع المكاني لهذه الترب مع امتداد نطاق الغابات النفضية تقريباً فهي تتواجد في جنوب شرق أمريكا الشمالية وفي جنوب الصين، وتتعرض الطبقة السطحية لهذه الترب لعمليات الإذابة وإزالة السيلكا الأمر الذي يضفي عليها اللون الأحمر أو البني إذ تكون الطبقة العليا غنية بمركبات الحديد والألمنيوم، إما طبقتها السفلى فيتراوح لونها بين الأحمر والأصفر الفاتح، وتتصف هذه الترب بغناها بالمادة العضوية ويعزى ذلك إلى سرعة تحلل أوراق الأشجار النفضية تحت ظروف المناخ الدافئ الرطب ولكن في نفس الوقت تسهم عمليات الغسل والترشيح في فقرها بالمواد العضوية والكلس الأمر الذي يتطلب إضافة هذه الموادللتربة عند الاستمرار باستثمارها زراعياً إذ أنها تستجيب سريعاً لإضافة هذه المواد، ومن الخصائص الأخرى لهذه التربة هي قلة شدة حموضتها بالمقارنة مع ترب البودزول الحقيقية وهذا ناتج عن عودة المواد القاعدية للتربة التي استمدتها أشجار الغابات بكميات كبيرة وذلك بعد تحلل مخلفاتها فضلاً عن ذلك فإنها تتصف بجودة نسيجها وحسن بناءها.

خارطة (٣) التوزيع المكاني لترب البودزول في العالم



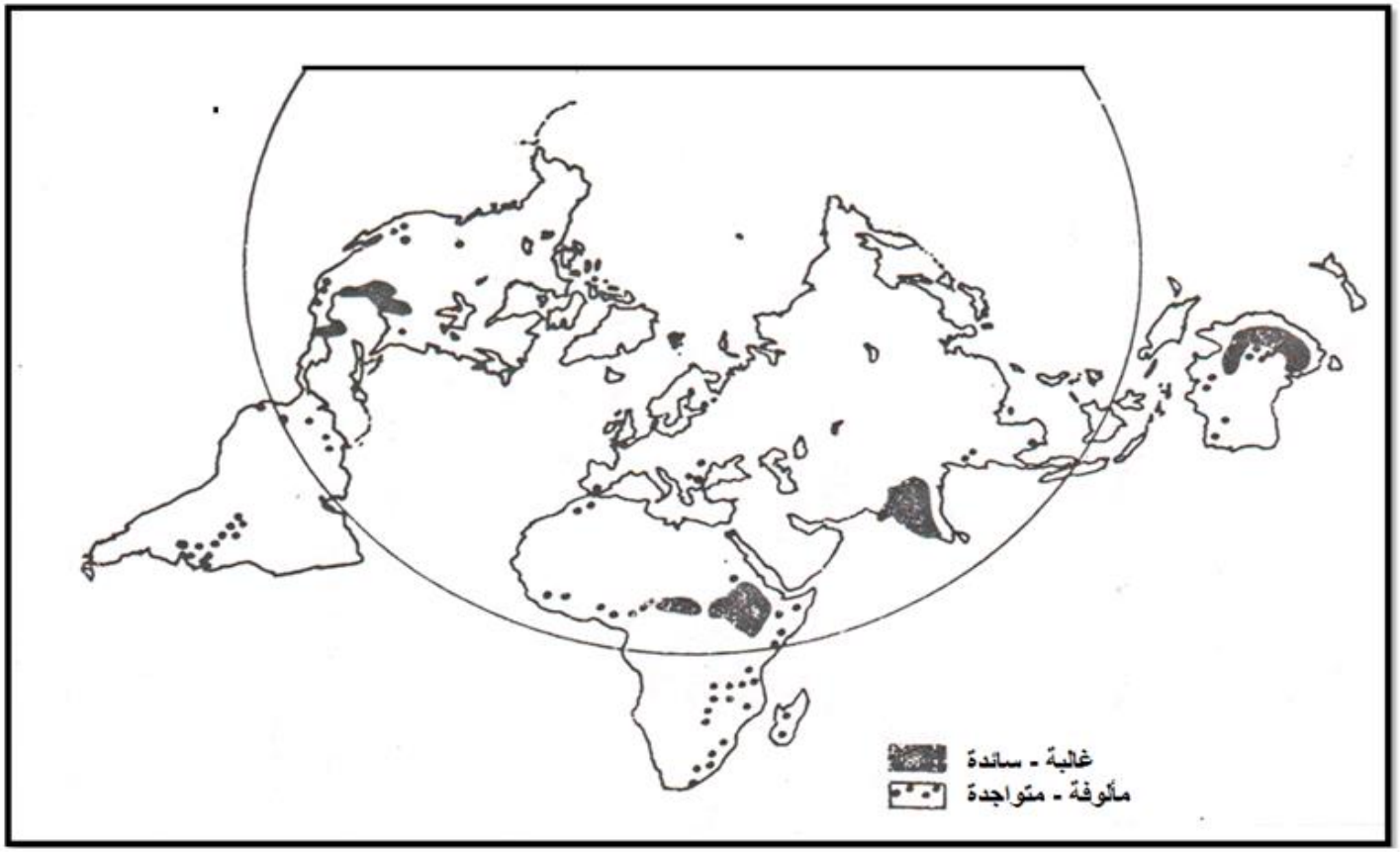
المصدر: علي حسين الشلش، جغرافية التربة، ط٢، جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٥، ص١٢٣.

٢- مجموعة ترب الكروموصول في العروض المدارية وشبه المدارية: تنتشر هذه المجموعة من الترب في الأقاليم المدارية وشبه المدارية ذات الأمطار الفصلية، وقد تطورت هذه الترب تحت غطاء نباتي تختلط فيه الأعشاب الطويلة مع بعض الشجيرات القصيرة ولذلك فان الطبقة السطحية لها تميل إلى اللون الأسود الذي يعود إلى محتواها من المواد العضوية إذ تشبه في ذلك تربة الجيرونوزم، أما في المناطق الأقل مطراً فان لون طبقتها السطحية يميل إلى اللون الأحمرإذ تزداد مركبات الحديد وتقل نسبة المواد العضوية، ولعل من أهم خصائص مجموعة ترب الكروموصول أيضاً زيادة نسبة دقائق الطين الأمر الذي يجعلها تتمدد عندما تكون رطبة وتتشقق عندما تكون جافة وهذا يؤدي بدوره إلىأن المياه سوف تغور إلى داخل الشقوق فيزداد المحتوى الرطوبي للطبقة السفلى من التربة بينما تبقى الطبقة العليا جافة وبذلك ينتج عن هذه الخاصية وغيرها صعوبات تحول دون استثمار هذه الترب بالشكل المطلوب، أما التوزيع المكاني لهذه الترب فهي تنتشر بشكل واضح في إقليم السفانا المداري شبه الرطب والموسمي إذ تسقط الأمطار في فصل معين وتنقطع في الفصل الأخر لذا تتواجد هذه الترب في شبه القارة الهندية واستراليا وأواسط افريقيا وجنوب شرق المرتفعات الشرقية للبرازيل وبعض المناطق القريبة من السهول الساحلية للولايات المتحدة الأمريكية.(خارطة ٤).

٣- مجموعة ترب اللاتصول في المناطق الاستوائية الحارة الرطبة: تنتشر هذه الترب في المناطق الحارة الرطبة وبعض المناطق الموسمية ومناطق حشائش السفانا، ففي المناطق الاستوائية الحارة الرطبة إذ ترتفع درجات الحرارة إلىأكثر من ٢٥°م وتبلغ كميات الأمطار الساقطة فيها أكثر من ٢٠٠٠ملم سنوياً الأمر الذي ساعد على قيام غطاء كثيف من النبات الطبيعي المتمثل بأشجار الغابات التي تتخلف عنها مخلفات نباتية غزيرة ويظهر تباين الأحوال المناخية بالابتعاد عن خط الاستواء إذ تقل كميات الأمطار ويظهر فصل جفاف واضح ويزداد المدى الحراري اليومي والسنوي فتقل كثافة أشجار الغابات وتحل محلها الحشائش والشجيرات الصغيرة.

وتسهم درجات الحرارة المرتفعة والأمطار في زيادة معدلات التجوية الكيميائية التي تصل إلى عمق ٦٠م فتتكونالتربة العميقة وفي نفس الوقت تفتقر التربة إلىأملاح السيلكا بسبب ذوبانها بينما تتجمع على أعماق مختلفة مركبات اكاسيد الحديد والألمنيوم غير القابلة للذوبان وبسبب عمليات الإذابة والترشيح الشديدتين في المناطق الأكثر رطوبة تفتقر التربة المتكونة إلىالأفقB بينما قد يتضح هذا الأفق في المناطق الأقل رطوبة إذ تقل حدة عمليات الإذابة والغسل لأملاح السيلكا. وبسبب ارتفاع درجات الحرارة في مناطق انتشار هذه التربة فقد أسهم ذلك بتأكسد المواد العضوية ومن ثم إزالتها بسببسقوط الأمطارالأمر الذي ينتج عنه فقر التربة بالمواد الدوبالية فضلاً عن ذلك فان حموضتها ستكون قليلة بسبب استمرار تحلل المواد العضوية.

خارطة (٤) التوزيع المكاني لترب الكروموصول في العالم



المصدر: علي حسين الشلش، جغرافية التربة، ط٢، جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٥، ص١٢٩.

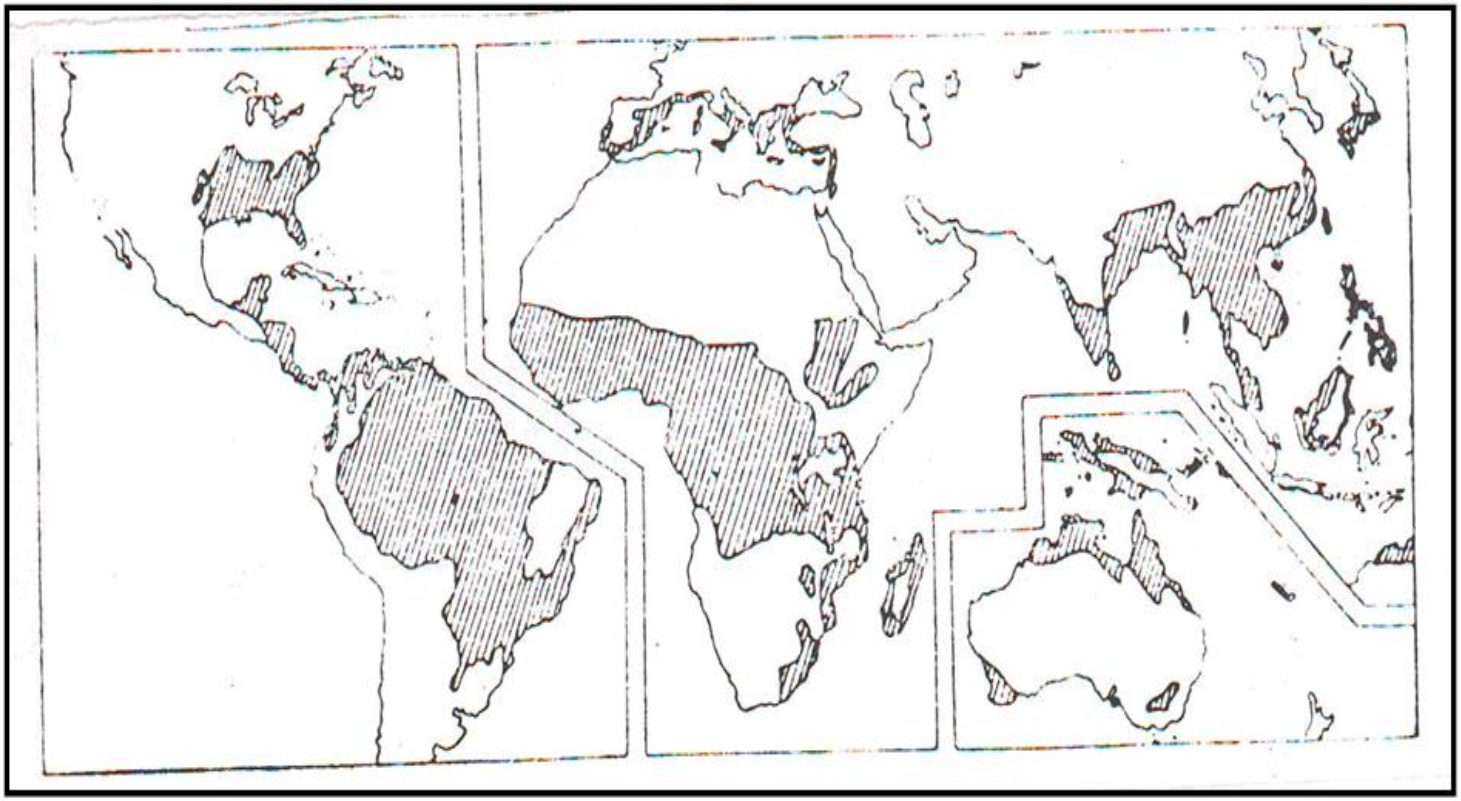
واستناداً إلى اختلاف البيئة من حيث أحوال المناخ والغطاء النباتي يمكن تمييز عدة أصناف لتربة الغابات المدارية أهمها التربة الحديدية الحمراء – الصفراء ويمكن تواجد هذه التربة في المناطق المدارية الغزيرة الأمطار مع وجود فصل جفاف قصير نسبياً وتتميز هذه التربة بتطور آفاقها ويتكون الأفق A من تراكم أملاح الحديد والألمنيوم غير القابلة للذوبان بالماء وأسفل هذا الأفق وبعمق قدم واحد تقريباً يوجد الأفق B الذي يتكون من تجمع أملاح السيلكا التي تتكون بدورها من أطيان الكاؤولين فيكون لون هذا الأفق احمراً فاتحاً بينما يكون لون الأفق الذي يعلوه A احمراً– مصفراً، ولكون عمليات التجوية لا تحدث بشدة في هذه المناطق لذا فإن مقد هذه التربة لا يكون عميقاً بشكل كبير فهو يتراوح بين (١٠٠- ٢٥٠سم) من سطح الأرض والى أسفل الأفق B يتواجد الصخر الأساس، إما الصنف الثاني من ترب الغابات المدارية فهي التربة المدارية الحديدية الحمراء التي تنتشر في المناطق المدارية الرطبة التي تزيد فيها كميات الأمطار الساقطة عن (٢٠٠٠ملم) فتسهم هذه الظروف بشدة عمليات التجوية الكيميائية وشدة غسل مركبات الحديد والألمنيوم السريعة الذوبان والتي تتجمع على أعماق مختلفة من قطاع التربة ولذا لا تساعد عمليات تكوينها على تطور آفاق واضحة لها فالأفق A يكون واضحاً بينما لا يكون الأفق B كذلك كونه يتكون أساساً من تجمع مركبات الحديد والطين ذات اللون الأحمر، وبشكل عام تتصف التربة الحديدية الحمراء التي تتكون في المناطق الاستوائية التي تشتد فيها عمليات الإذابة والغسل بصفات محددة أهمها أنها تكون تربة عميقة جداً وذات نفاذية عالية واختلاف قليل بين طبقاتها، إما التربة التي تتكون في حافات المناطق الاستوائية إذ تقل كميات الإمطار الساقطة وتقل معها شدة الإذابة والترشيح فإنها تكون ترب خصبة بالمقارنة مع الترب السابقة، إما الصنف الثالث من أصناف ترب الغابات المدارية فهي تربة اللايترايت التي تنتشر في المناطق المدارية ذات الإمطار الغزيرة مع وجود فصل جفاف قصير فيها إذ تؤدي عمليات الغسل والترشيح إلى إزالة جميع أملاح السيلكا من الطبقة العليا للتربة وتبقى فقط اكاسيد الحديد والألمنيوم، وخلال الفصل الجاف يرتفع مستوى المياه الجوفية بالخاصية الشعرية حاملة معها اكاسيد الحديد والألمنيوم التي تترسب بين حبيبات التربة فتعمل على التحامها كما تعمل على التحام الآفاق مع بعضها البعض وتتكون طبقة طينية حمراء اللون صلبة على سطح الأرضأو قريباً منه تصلح لعمليات البناء، وتؤدي عملية تكوين طين اللايترايت إلىإزالة جميع القواعد من التربة ولكن درجة تفاعلها تتراوح بين (٦-٧) بسبب وجود النباتات الطبيعية (أمين وزميله/ ١٩٩٠/ ٩١-٩٢).

ويمكن تقسيم قطاع تربة اللايترايت إلى ثلاثة آفاق هي الأفقA الذي يقسم بدوره إلى ثلاثة طبقات الأولى (A_1) وهي طبقة قليلة السمك هشة لونها غامق تتكون من مواد عضوية متحللة والثانية (A_2) وهي طبقة يبلغ سمكها عدة أقدام غنية جداً بمركبات الحديد متماسكة وصلبة جداً لا تصلح للزراعة وإنما تصلح للبناء وأكساء الطرق والثالثة (A_3) وتتكون من مركبات الطين الأحمر المترسبة من الطبقة العليا فضلا عن مركبات الحديد والألمنيوم وهي الأخرى طبقة صلبة ومتماسكة، أماالأفق الثاني لهذه التربة فهو الأفقB وهو أفق عميق نسبياً لونه اصفر فاتح يتكون من السيلكا ذات النسجة الناعمة والهشة، أماالأفق الثالث C فيتكون من المادة الأولية المفككة جزئياً وله خصائص مميزة تختلف عن خصائص الأفقينA وB. (Bridges/ ١٩٧٨/ ٨٢) (خارطة ٥).

جـ- ترب الأقاليم شبه الرطبة والجافة

تختلف الترب التي تتكون في الأقاليم شبه الرطبة والجافة بسبب اختلاف الظروف المناخية وما يترتب على ذلك من اختلاف في نوع وكثافة الغطاء النباتي من إقليم لآخر في هذا النطاق الجغرافي الواسع فالترب التي تتكون في أقاليم الحشائش تختلف في تطورها ومحتواها من المواد المعدنية والعضوية وغيرها من الخصائص عن الترب التي تتكون في أقاليم الغابات بل أن ترب أقاليم الحشائش نفسها تختلف بعضها عن البعض الآخر في العديد من الخواص الكيميائية وذلك حسب كثافة الحشائش الذي ينتج عن تفاوت كميات الأمطار، ففي المناطق شبه الرطبة الكثيرة الأمطار تنمو الحشائش الطويلة (السفانا) وبسبب قلة الأمطار الساقطة مقارنة بمناطق الغابات فان عمليات الإذابة والترشيح ستحدث على نطاق ضيق جداً ولهذا تكون الترب غنية بالأملاح القاعدية والمواد العضوية التي تنتج من تحلل جذور الحشائش داخل التربة وفي أعماق تتراوح (٣-٤ قدم) وبسبب غنى التربة في هذه الأقاليم بالمواد الدوبالية المتحللة لذا يكون لونها اسوداً كما هو الحال في تربة البراري في الولايات المتحدة والتربة السوداء في أوكرانيا، وعندما تقل الأمطار الساقطة بالابتعاد عن هذه الأقاليم يتغير لون التربة من اللون الأسود إلى اللون الداكن ثم البني الفاتح ثم إلى اللون الرمادي الفاتح وأخيراً إلى اللون الذي يميل للبياض ويعزى ذلك إلى قلة نسبة المواد العضوية المتحللة بسبب قلة الأمطارإذ تضعف عمليات الإذابة والترشيح وتتركز المواد الكلسية والأملاح القاعدية على سطح التربة، ويمكن تقسيم ترب الأقاليم شبه الرطبة والجافة إلى مجموعتين رئيسيتين من الترب هما:

خارطة (٥) التوزيع المكاني لترب الغابات المدارية في العالم



المصدر: عماد الدين موصلي، جغرافية الترب، مطبعة ابن حيان، دمشق، ١٩٨٣، ص٣١٢.

١- مجموعة ترب الجيرنوزم
٢- مجموعة الترب الصحراوية

١- مجموعة ترب الجيرنوزم

تنتشر ترب الجيرنوزم في مناطق العروض الوسطى شبه الرطبة الجافة،ونظراً لان هذه التربتمتد على الحافات الأكثر مطراً من الأقاليم شبه الجافة لذا فإن عمليات الذوبان والترشيح تحدث فيها بمستويات قليلة جداً ولهذا فان الطبقة العلوية للتربة تحتوي على كميات كبيرة من جميع الأملاح القاعدية مثل كربونات الكالسيوم والبوتاسيوم والفوسفات وغيرها فضلاً عن غناها بالمواد العضوية كونها ترب متطورة تحت غطاء من الحشائش الكثيفة، وللأسباب المذكورة آنفاً تُعد مجموعة ترب الجيرنوزم من أكثر ترب العالم خصوبة وإنتاجية وتضم هذه الترب بدورها مجموعة من الأصناف الثانوية أهمها:

أ- ترب البراري

تنتشر هذه التربة في الجهات الأكثر مطراً من مناطق حشائش العروضالوسطى وتتميز بلونها الأسود أو البني الغامق بسبب محتواها العالي من المواد العضوية المتحللة ويعزى ذلك إلى إن هذه الترب تكونت تحت ظروف مناخية شبه رطبة كانت سبباً في انتشارها تحت غطاء نباتي كثيف من الحشائش الطويلة، وبسبب سقوط الإمطار الكثيرة نسبياً فقد تتعرض هذه التربة إلى عمليات الترشيح للمواد الجيرية الأمر الذي يؤدي إلى قلة المواد الكلسية فيها فتنخفض درجة تفاعلها إلى دون (٧)، ولعل من أهم خصائص ترب البراري هو عدم وجود طبقة واضحة لتراكم المركبات الكلسية ولكنها تشبه تربة الجيرنوزم في كونها غنية بالمواد العضوية، ويمكن القول أن ترب البراري تحتل موقعاً متوسطاً بين ترب غابات العروض الوسطى الرطبة من جهة وترب المناطق شبه الجافة من جهة أخرى فهي تشبه الأولى من حيث تعرضها لعمليات التصفية وعدم تجمع الأملاح القاعدية في آفاقها العليا وبالتالي فهي تميل إلى التفاعل الحامضي وليس للتفاعل القاعدي وتشبه الثانية من حيث تطورها تحت غطاء نباتي كثيف أسهم بشكل كبير بغناها بالمواد العضوية المتحللة التي أضفت عليها اللون الأسود إلى أعماق تصل حتى أعماق الجذور التي تتحلل في داخلها، ويطلق على هذا النوع من التربة اسم تربة البراري في الولايات المتحدة الأمريكية فهي تعد أكثر الترب لزراعة محصول الذرة فيها، ويطلق عليها في روسيا الاتحادية اسم تربة الجيرنوزم المغسولة إذ تنتشر ما بين ترب البودزول شمالاً وترب الجيرنوزم الحقيقية جنوباً، وتنتشر ترب البراري أيضاً في شمال وشرق الأرجنتين وجنوب البرازيل في البرغواي والارغواي في أمريكا الجنوبية.

ب- ترب الجيرنوزم الحقيقة (الترب السوداء)

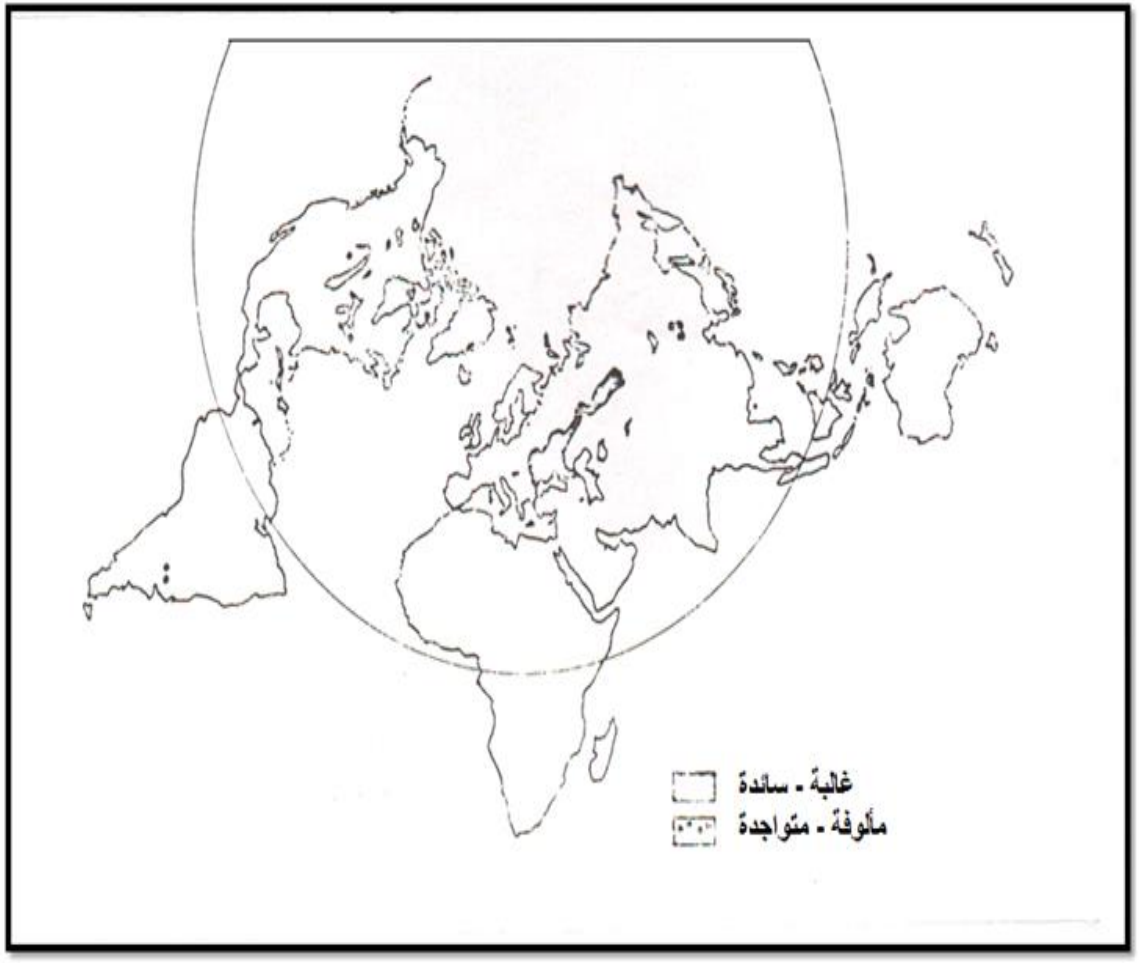
تنتشر هذه الترب على نطاق واسع في اوراسيا فهي تمتد من دلتا نهر الدانوب في الغرب حتى شمال الصين في الشرق كما أنها تمتد على شكل نطاق واسع في منطقة السهول العظمى في أمريكا الشمالية من ولاية البرتا في كندا وحتى ولاية تكساس في الولايات المتحدة، وتنتشر هذه الترب في البمباس في أمريكا الجنوبية وفي هضبة إفريقيا الشرقية والجنوبية، أمافي وطننا العربي فتوجد ترب الجيرنوزم في مناطق حشائش السفانا في السودان إذ تنتشر في ارض الجزيرة وسهل البطانة بين النيل الأزرق ونهر عطبرة وحوض بحر الجبل. (الكتري/ ٢٠١٢/ ١٠٩) (خارطة ٦).

وتُعد ترب الجيرنوزم الحقيقية ترب نموذجية للمناطق التي يسود فيها المناخ القاري شبه الرطب إذ تسود نباتات الحشائش، وتسهم الأعشاب التي تنمو بشكل كثيف جداً في فصل الربيع في تزويد التربة بكميات كبيرة من المواد العضوية التي تكون المواد الدوبالية التي تضاف للتربة كل سنة، وتتكون ترب الجيرنوزم فوق تكوينات صخرية قد تحتوي على مواد ناعمة وغنية بالكلس تختلط مع التربة فتصبح ذات تجمعات أكثر ثباتاً، ويزداد تطور هذه الترب بسرعة مقابل قلة معدلات التجوية الكيميائية بفعل كميات الأمطار الساقطة في مناطق انتشارها، ويمكن تمييز أفقين في هذه الترب هما الأفقA_1 والذي يتكون من طبقة من الدوبال مع المواد الصلبة الناعمة وتبلغ نسبة المواد الدوبالية في هذا الأفق بين (٨-١٣%)، أما سمك الأفقA فإنه يتراوح بين ٤٠سم إلىأكثر من ٨٠سم، كما تتميز هذه الترب بعدم وجود الأملاح الذائبة والجبس أما المواد الكلسية فإنها تنتشر في مابين أسفلالأفقA_1 وحتى الحدود العليا للأفقC، وفي أسفلالأفقA_1 يوجد الأفقA_2 ذو اللون البني الغني بالمواد الجيرية ويندر وجود الأفقB. ولعل من الصفات الأخرى لهذه الترب تركيبها الجيد وسهولة تفتتها والقدرة على الاحتفاظ بالرطوبة والعناصر الغذائية فهي ترب ذات خصوبة متوارثة بل هي من أخصب الترب في العالم وذات إنتاجية عالية لفترات طويلة من الزمن دون الحاجة إلى التسميد فعلى سبيل المثال توجد هذه التربة في إقليم البمباس في الأرجنتين تعطي إنتاجاً وفيراً من المحاصيل لمدة أكثر من نصف قرن دون أن تفقد خصوبتها. (المطري/ ٢٠٠٤/ ١٣٤).

جـ- الترب الكستنائية والبنية

تطورت هذهالترب في المناطق ذات الأمطار القليلة اذ يكون الغطاء النباتي على شكل حشائش قصيرة، وتشبه هذه الترب تربة الجيرنوزم في كونها غنية بالمواد الجيرية والمعادن الأخرى وكذلك بوجود تجمعات لأملاح كاربونات الكالسيوم في الأفقB ولكن محتواها من المواد العضوية المتحللة اقل بكثير من الترب السوداء لذا

(خارطة ٦) التوزيع المكاني لترب الجيرنوزم في العالم



ر: إبراهيم إبراهيم شريف وعلي حسين الشلش، جغرافية التربة، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٥، ص٩١

يكون لونها فاتحاً، وتكتسب الترب الكستنائية بعض الخصائص المهمة إذأنها تطورت في الجهات الأكثر جفافاً من مناطق الحشائش المعتدلة أي في مناطق الحشائش القصيرة لذا يتماشى توزيعها الجغرافي مع الحافات الجافة من مناطق انتشار ترب الجيرنوزم، ولهذا تكون هذه الترب فاتحة اللون حتى ولو كانت الطبقة السطحية فيها ذات لون بني محمر ومحتواها من المواد الدوبالية اقل من ترب الجيرنوزم فضلاً عن عدم تعرضها للترشيح والتصفية بسبب قلة الأمطار كما إنها تُعد غنية بالعناصر الغذائية ومن خصائصها أيضاً أن مركبات الحديد فيها تتأكسد مع ارتفاع درجات الحرارة، ولذا يزداد لون التربة الكستنائية احمراراً في مناطق المناخ الدافئ، ويتكون قطاع هذه التربة من الطبقتين A وC وفي الطبقة A يمكن ملاحظة أفقين هما A_1 الذي يكون لونه كستنائياً مع وجود قشرة رمادية في الجزء العلوي كما تقل نسبة الدوبال في هذا الأفق وهناك الأفقA_2 الذي يكون فاتحاً مع وجود قشرة بنية رقيقة أما الطبقة C فتكون ذات لون اصفر فاتح وتكون غنية بالمواد الكلسية التي قد تشكل طبقة صماء صلبة وعموماً يميل تفاعل هذه التربة إلى التفاعل القاعدي إذ تتراوح درجة تفاعلها بين (٨-٨,٥)، ويتطلب استثمارها زراعياً استخدام الري أو استخدام طرائق الزراعة الجافة، أما بالنسبة للترب البنية فتنتشر في العروض الوسطى شبه الجافة وتتصف بأنها متدرجة من التربة الكستنائية التي سبقت الإشارةإليها كما أن محتواها من الدوبال اقل وفيها نسبة أعلى من المواد الأساسية، وتكتسب الطبقة A اللون البني أما الطبقة التي تليها فتكون ذات لون بني فاتح ثم يتدرج إلى طبقات ذات ألوان رمادية محمرة يبلغ سمكها حوالي (٩٠سم)مشبعة بالكلس. وتنتشر الترب الكستنائية والبنية في الكثير من جهات العالم ففي قارة أمريكا الشمالية التي تمثل أوسع مناطق وجودها تمتد إلى غرب ترب الجيرنوزم وشرق الترب الصحراوية على شكل نطاق طويل يبدأ من دائرة عرض ٥٠° شمالاً الى سواحل خليج المكسيك جنوباً، وفي اوراسيا تنتشر أيضاً على شكل نطاق من تربة الجيرنوزم شمالاً إلى الترب الصحراوية جنوباً فهي تمتد من خط طول ٤٥° شرقاً إلى خط طول ١٣٥° شرقاً وبالتحديد من شمال شرق بحر قزوين غرباً إلى شمال الصين شرقاً، وفي أمريكا الجنوبية تتمثل على طول جبال الانديز في الأرجنتين وما يجاورها شمالاً،وتنتشر أيضاً في المناطق شبه الجافة في شمال أفريقيا وبعض مناطق جنوبها، وفي استراليا تمتد هذه الترب من الشمال إلى الجنوب إلى الشرق من الترب الصحراوية، وفي وطننا العربي يمكن ملاحظة الترب الكستنائية والبنية في شمال سوريا والعراق وسهل الجفارة في ليبيا وتونس وهضبة الشطوط والسهول المنخفضة في المغرب.

٢- مجموعة الترب الصحراوية

تنشأ هذه المجموعة من الترب تحت ظروف المناخ الجاف إذ تتراوح كميات الأمطار الساقطة في مناطق انتشارها بين (٧٥ – ١٠٠ملم) تسقط في الشتاء وأوائل الربيع وتزداد فيها كميات التبخر على التساقط بمرات كثيرة كما تتراوح الرطوبة النسبية للهواء بين (٢٠ – ٣٠%)، وبسبب أحوال المناخ المذكورة فان كميات الأمطار الساقطة لا تكون كافية لإذابةأملاح القواعد وترشيحها إلىالآفاق السفلى وبسبب ظروف الجفاف هذه فقد أصبح الغطاء النباتي المتصل معدوماً تقريباً واقتصر على بعض النباتات الطبيعية المبعثرة والتي تتحمل ظروف الجفاف فأصبحت هذه الترب فقيرة جداً بالمواد العضوية والنتروجينية وغنية جداً بالأملاح القاعدية وخصوصاً في الطبقة السطحية لها، وبسبب فقرها للمواد العضوية فقد اكتسبت الألوان الفاتحة مع ظهور بعض الألواناالأخربكالأحمر والرمادي والبني، وهي بالطبع تعكس ألوان الصخور التي اشتقت منها في تلك البيئة الصحراوية الجافة. تشغل الترب الصحراوية مساحات شاسعة من قارات العالم فهي تشغل نحو ٣٧% من مساحة قارة إفريقيا و٤٤% من مساحة قارة أسيا ومساحات مهمة من قارة استراليا ومساحات محدودة من قارتي أمريكا الشمالية والجنوبية وتكاد تختفي في قارة أوربا، وفي وطننا العربي تمتد الترب الصحراوية على نطاق واسع من المحيط الأطلسي غرباً وحتى الخليج العربي شرقاً، وتستمر في الاتجاه شرقاً في هضبة إيران وجنوب جمهوريات الاتحاد السوفيتي السابق حتى شمال غرب الصين. ونظراً لاتساع امتداد الترب الصحراوية واختلاف بعض أحوال المناخ يمكن تقسيم هذه الترب إلى قسمين هما ترب صحاري العروض الوسطى (تربة السيروزم) وترب المناطق الجافة وشبه الجافة المدارية (التربة المعدنية).

أ- تربة السيروزم: تضم هذه التربة الأراضي الصحراوية الرمادية اللون إذ يكون مناخ هذه المناطق ذو صيف حار وجاف وشتاء دافئ ويتراوح مجموع الإمطار الساقطة فيها سنوياً بين (١٠٠ – ٢٥٠ملم) الأمر الذي يسهم بنمو الإعشاب غير الكثيفة وبالتالي مواد عضوية قليلة تضاف للتربة عند تحلل هذه النباتات. وتميز تربة السيروزم بعدة خصائص أهمها صعوبة تمييز مقطع التربة إلى آفاقه بشكل واضح وانخفاض نسبة المواد الدوبالية والنفاذية العالية وكذلك ارتفاع نسبة الكربونات الأمر الذي يجعلها ذات تفاعل قاعدي فضلاً عن ذلك تفتقر هذه التربة إلى التجمعات البنيوية الكبيرة واحتوائها على التجمعات الدقيقة. (أبو نقطة وزميله/ ٢٠١٠/ ٢٥١).

وقد تتعرض مناطق وجود هذه التربة إلى عمليات التملح بسبب ارتفاع درجات الحرارة ومعدلات التبخر والصرف الرديء إذ تتجمع انواع مختلفة من الأملاح في الترب المروية خصوصاً، فإذا وجدت أملاح الكالسيوم بتراكيز عالية فان التربة المتكونة تسمى بالصولنجاك. أما إذا وجدت أملاح الصوديوم بتراكيز عالية فإن التربة

المتكونة تسمى بالصولنتز، وعموماً فان الترب الغنية بالكالسيوم تكون قادرة عند استخدام الري على الاحتفاظ بالبناء الجيد بينما الترب الغنية بالصوديوم يتعرض بناءها إلى التخريب والتشتت، وتصبح تربة السيروزم صالحة للزراعة عند توفر مياه الري اللازمة لتصريف وغسل الأملاح من مقد التربة وقد أصبحت مساحات واسعة من هذه التربة في طاجاكستان وكازاخستان مناطق مهمة لزراعة محصول القطن فيها، وفي الواقع لاتحتاج تربة السيروزم الصحراوية للمياه فحسب وإنما تحتاج أيضاً للأسمدة المعدنية والعضوية التي تفتقر لها هذه التربة أساساً. ولابد من الإشارة إلى إن مساحات واسعة من المناطق الصحراوية غير مغطاة بالتربة الناضجة وإنما تكسوها الصخور العارية والحصى ومفتتات الصخور والكثبان الرملية والمراوح الطينية التي تُعد أكثر الترب غير الناضجة صلاحية للزراعة بسبب غناها بالعناصر الغذائية وسهولة تجهيزها بالمياه.

ب- الترب الصحراوية المعدنية: تتكون هذهالتربة في ظروف مناخية شديدة الجفاف تحت غطاء نباتي خليط من النباتات التي تتحمل الجفاف سريعة الزوال، وتتميز عملية تكوين التربة تحت هذه الظروف بان مدة تكوين الدوبال في هذه التربة تكون متقطعة وقصيرة ففي فصل الربيع القصير تنمو النباتات بسرعة ويزداد نشاط الكائنات الحية فتتحلل المخلفات النباتية، وفي فصل الصيف الحار تتأكسد هذه المواد وسرعان ما تعمل الرياح على تطاير مخلفات النباتات ولهذا تنخفض نسبة المواد الدوبالية في هذه التربة فهي لا تزيد عن ١% من وزن التربة، وبسبب سيادة عمليات التجوية الفيزيائية في المناطق الصحراوية فان ذلك يسهم بتكسير الصخور إلى مفتتات خشنة تنتقل بوساطة الرياح ومياه الإمطار إلى مناطق بعيدة ولذلك فان الصخور إلام لهذه التربة تكون متباينة في مصادرها، وتتصف الترب الصحراوية المعدنية بعدم تطور آفاقها بسبب قلة محتواها من المواد العضوية وسيادة عمليات تذرية دقائق التربة بوساطة الرياح وأسهمت قلة الإمطار الساقطة بانعدام غسل التربة وترشيحها الأمر الذي يؤدي إلى ارتفاع نسبة الكربونات، وبسبب ارتفاع درجات الحرارة والتبخر الشديد فقد يؤدي ذلك إلى ظهور بوادر التملح على عمق يتراوح بين (٣ – ٤٠سم) في هذه الترب، وعموماً لهذه التربة خصائص فيزيائية سيئة كضعف بناءها وسوء اندماجها، وقد تصبح تربة منتجة إذا ما توفرت مياه الري وتم غسل أملاحها وأضيفت إليها الأسمدة العضوية.

٢-الترب المتداخلة:

تمتاز الترب المتداخلة بأنها ترب ناضجة ومتطورة وترجع خصائصها إلى تأثير عوامل مختلفة كطبيعة التضاريس والانحدار ومادة أصل التربة ومستوى البزل وغيرها وليس لعاملي أحوال المناخ والغطاء النباتي كما هو الحال في الترب النطاقية فضلاً عن ذلك فان قطاع التربة يتأثر بالمناخ المحلي أو التفصيلي أكثر من تأثره

بالمناخ العام السائد في منطقة وجود هذه الترب. وتشتمل الترب المتداخلة على ثلاثة أنماط رئيسة هي:

أ- الترب المائية أو ذات المظهر المائي Hydromorphic Soils

تنتشر هذه الترب المتداخلة في أوطأ جهات السهول الفيضية الرديئة الصرف إذ تكون التربة مشبعة بالماء وذات نسجه صلصالية وتتعدد مصادر الماء فمنه ما يكون مصدره الجريان السطحي (مجاري الأنهار ونحوها) وقد يكون مصدره الرشح أو المصدرين معاً، ويكون لون التربة باهتاً بسبب اختزال الأوكسجين كيميائياً أو حياتياً من مركبات الحديد فتتحول مركبات الحديديك إلى حديدوز الذي يذوب بالماء وتبقى في التربة المعادن الأخرى فيصبح لون التربة رمادياً – مزرقاً بسبب عملية الاختزال المذكورة، وفي حالات التشبع المؤقت للتربة بالماء يعود الهواء إلى التربة ليملأ مسامات الطبقة العليا التي زال عنها التشبع إذ يتوفر الأوكسجين لتأكسد مركبات الحديدوز وفي الأحوال التي لم يتم فيها تأكسدكل الحديدوز تتعرض التربة إلى ما يسمى بالتبقع، واستناداً إلى مدة تشبع الترب المائية يمكن إن تقسم إلى قسمين هما:

١- الترب المشبعة بالمياه بصورة دائمية: تتميز هذه الترب بارتفاع مستوى الماء الأرضي الذي يكون قريباً أو على سطح التربة، يكتسب الأفق الأعلى لهذه التربة اللون الرمادي الناتج من تحلل المواد العضوية بشكل جزئي، إما الطبقة السفلى فتتميز بنفاذيتها القليلة فأسهم ذلك برداءة صرفها، وتعزى هذه الصفة إلى تكون قشرة صلصالية صلبة في الأفق B السفلي، وبسبب عدم اكتمال تحلل المواد العضوية الناتجة عن المخلفات النباتية لذا تميل درجة تفاعلها إلى الحموضة ولكن نسبة من المواد الكلسية في الصخور الأساس لهذه التربة من شأنه إن يزيد من درجة تفاعلها نسبياً فتصبح التربة خصبة وتصلح لزراعة بعض المحاصيل في حال تصريف مياهها وحراثتها بصورة جيدة.(صورة ١٠).

٢- الترب المشبعة بالمياه بصورة مؤقتة: تنتشر هذه الترب في المناطق المكونة من مواد ذات نفاذية عالية كالحصى والرمل الخشن والغرين والتي هي عبارة عن رواسب فيضية تجمعت فوق طبقة غير نفاذة وتتجمع فوقها المياه إذ يصبح الماء الباطني ضمن ارتفاع (٠,٦م) عن سطح الأرض، ويتكون الأفق الأعلى لهذه التربة من طبقة سميكة من المواد الدوبالية، إما الأفق الأسفل فيكون طبقة من الطفل ذو اللون الأزرق بسبب سيادة الظروف اللاهوائية إذ يكون هذا النطاق مشبعاً بالمياه وبسبب التصريف المستمر للمياه من هذه الترب فإنها نادراً ما تتعرض لظاهرة التبقع اللوني. (Bridges/ ١٩٧٠/ ٩٣).

(صورة ١٠)
نموذج لتربة ذات مظهر مائي

( )

ب- الترب الملحية أو ذات المظهر الملحي Halom or phic Soils: تشتمل هذه الترب على تلك التي ترتفع فيها تراكيز الأملاح القابلة للذوبان في الماء مثل كلوريدات وكبريتات وبيكاربونات كل من الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، وهناك عدة مصادر لهذه الأملاح منها ارتفاع نسبة المكونات الملحية في الصخور إلام التي اشتقت منها التربة وقد تنقل الرياح الذرات الملحية وترسبها على سطح الأرض كما يحصل ذلك في المناطق الجافة وشبه الجافة، وقد يكون مصدر الأملاح من خلال ارتفاع مستوى المياه الجوفية لأسباب متعددة إذ تتعرض للتبخر في المناطق الجافة تاركة الرواسب الملحية على السطح، وتنتشر هذه الظاهرة على وجه الخصوص في مناطق السهول الفيضية، كما يسهم المناخ الجاف الذي يسبب زيادة معدلات التبخر وعدم غسل الأملاح بسبب قلة الإمطار في زيادة فرص تملح الترب أيضاً، وهناك أسباب أخرى لها دوراً مهماً في ظهور الترب الملحية سوف نتعرض لها بشيء من التفصيل في الفصل اللاحق من هذا الكتاب. واستناداً إلى التركيب الكيميائي للترب ذات المظهر الملحي ومقدار تركيز ايونات الصوديوم يمكن تصنيف هذه الترب إلى ثلاثة أصناف هي :

١- **الترب الملحية(الصولنجاك):** تترسب الأملاح في هذا الصنف في التربة على شكل كلوريدات وكبريتات الصوديوم والكالسيوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم وكذلك كربونات الكالسيوم وتخلو هذه التربة من أملاح كربونات الصوديوم كما إن نسبة الصوديوم المتبادل في محلولها تكون اقل من ١٥% ودرجة تفاعلها (PH) تكون

اقل من (٨,٥) وبسبب ارتفاع درجات الحرارة تتبخر المياه التي تغطي سطح التربة تاركة قشرة ملحية بيضاء اللون ولهذا قد تسمى هذه التربة بالقلوية البيضاء.

٢- **الترب القلوية (الصولنتز):** ترتفع نسبة الصوديوم المتبادل في هذه الترب لتتراوح بين (١٥ – ٢٠%) وتنخفض تراكيز أملاح المغنيسيوم والكالسيوم، وترتفع تراكيز أملاح كربونات الصوديوم التي تسبب قلوية التربة إذ تبلغ درجة تفاعلها أكثر من (٨,٥)، وقد تتعرض هذه الترب إلى عمليات الترشيح والتصفية التي تؤدي إلى إزالة أملاح الصوديوم والأطيان من الأفق A لتترسب في الأفق B فتتكون طبقة صلبة على عمق (٢٠سم) من سطح الأرض فيسهم ذلك في رداءة صرفها، ويكتسب الأفق A اللون الرمادي الغامق يتحول إلى اللون الرمادي الفاتح في الطبقة السفلى، وبسبب تحلل أملاح كربونات الصوديوم التي توجد على سطح التربة مع المواد العضوية المتحللة (الدوبال) فان ذلك يؤدي إلى تكوين بقع سوداء اللون ولهذا يطلق عليها اسم الترب القلوية السوداء.

٣- **الترب الملحية – القلوية (الصولود):** يزداد تركيز أملاح الصوديوم في هذه الترب إلى أكثر من ٣٠% بسبب غسل الأملاح والطين بمياه الإمطار أو الري ونظراً لتجمع أملاح الصوديوم في الأفق A لذا تبلغ درجة تفاعلها أكثر من ٨,٥ وبذلك تصبح التربة عبارة عن كتلة صلدة رديئة الصرف وبسبب عمليات الغسل فقد يصبح الأفق B حيزاً لتجمع مركبات الحديد والمنغنيز.

جـ- **الترب الكلسية أو ذات المظهر الجيري Calcimorphic soils:** تنتشر هذه الترب في مناطق الصخور الكلسية السريعة الذوبان بالماء إذ ترتفع فيها نسبة كربونات الكالسيوم إلى أكثر من ١٥%، وهناك العديد من الخصائص العامة التي تتميز بها هذه الترب أهمها ارتفاع نسبة العناصر القلوية فيها ولهذا تميل درجة تفاعلها نحو القاعدية وغناها بالمركبات الحاوية على الكالسيوم ووجود كربونات الكالسيوم فيها يعمل على ثبات مجاميع التربة واستقرارها فضلاً عن ذلك فهي غنية بالمواد العضوية والعناصر الغذائية (Bridges/ ١٩٧٨/ ٦١). وتشمل الترب الكلسية على ثلاثة أصناف ثانوية من الترب هي:

١- **الترب البنية الكلسية (التيرافوسكا):** تنشأ هذه التربة تحت ظروف المناخ شبه المداري الفصلي ذو فصل حار جاف وآخر معتدل رطب، وهي من الترب التي يحتاج تكوينها إلى فترات زمنية طويلة جداً لذا يحتمل إن تكونت ونشأت منذ العصر الجو راسي إذ تنتشر هذه التربة فوق تكوينات كلسية في انكلترا والولايات المتحدة وبعض جهات إفريقيا، وللترب البنية الكلسية بعض الخصائص الدقيقة أهمها إن موادها الناعمة التي تنشأ منها لها قوام متكامل متشابه في الأفق الواحد ويتراوح لونها بين البني المصفر والبني المحمر بسبب وجود نسب واضحة من الغرويات الطينية في مكوناتها وخصوصاً في الأفق A الذي يكون بنفس الوقت غنياً بالمواد العضوية التي يتمثل مصدرها بالحشائش القصيرة التي تنمو في

منـاطق انتشـارها. إمـا الأفـق B فتكثـر فيـه اكاسـيد حديديـة ومنغنيزيـة علـى شـكل تكوينـات مختلفـة الإحجـام والإشـكال وبـألوان صـفراء أو حمـراء ويسـتقر هـذا الأفـق بدوره فوق أفق من الصخور الكلسية، ومن خصائص هذه التربة الأخرى هي شدة زلاقتهـا والتصـاقها وانتفاخهـا بالرطوبـة العاليـة وانكماشـها وتشـققها عنـد الجفـاف، ونظراً لقلة نفاذية هذه الترب للماء والهواء لذا فان ما يتوفر منهما قد لايكون كافياً لنمو النباتات بصورة جيدة كما ينعكس ذلك سلباً على الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش فيها.

٢- **الترب الحمراء(التيراروسا):** تنشأ هذه التربة تحت نفس ظروف مناخ التربة البنية الكلسية (التيرافوسكا) وهي ظروف مناخ البحر المتوسط وتشكلت على صخور كلسيه فقيرة بالبقايا الطينية، ويتكون مقطع هذه التربة من الأفق A الخشن النسجة والفقير بالمواد الدوبالية ولونه الأحمر ويقع تحته الأفق B الذي يحتوي على مواد صلصالية واكاسيد الحديد والألمنيوم ويقع تحته الأفق C الذي يتكون من صخور كلسيه، ويعتقد إن هذه التربة تشكلت منذ القدم وخلال العصور المطيرة لان ظروف البيئة الجافة في الوقت الحاضر قد لاتكون كافية لإذابة كربونات الكالسيوم، إما اللون الأحمر لهذه التربة فيعزى إلى شكل تحلل العناصر المتبقية من تحلل الكلس تحت ظروف مناخية فصلية حارة جافة ومعتدلة رطبة.

٣- **ترب الرندزينا:** تتكون هذه الترب فوق الصخور الكلسية أو الطباشيرية أو صخور المارل في أقاليم العروض الوسطى الرطبة التي تنتشر فيها الغابات النفضية لذا فهي تربة غنية بالمواد العضوية الناتجة من تحلل مخلفات أشجار هذه الغابات، وتسهم ظروف الرطوبة السائدة في هذه المناطق في إذابة كاربونات الكالسيوم وتحويلها إلىأملاح البيكاربونات السريعة الذوبان، وتتصف تربة الرندزنيا بقلة عمقها إذ لايزيد عند الأفقA عن ٢٥سم وهذا الأفق غالباً ما يكون غنياً بالمواد العضوية ذو لون داكن وذو بناء فتاتي أو حُبيبي ونظراً لعدم وجود الأفق B ضمن قطاع هذه التربة فإن الأفق A ينتهي بشكل فجائي وأحياناً يتدرج إلىالأفقC الذي يتكون من مواد أولية بيضاء أو صفراء أو رمادية اللون وهو الآخر يتميز بقلة عمقه ويستند على الأفقD الذي يمثل الصخور الأم، وتساعد خشونة هذه التربة في تحسين نفاذيتها للهواء والماء كما ويسهم غناها بالمواد العضوية والكلس في تحسين بناءها ويميل تفاعلها للتعادل لان الوسط القاعدي لمحلول التربة يعمل على الحد من تأثير الأحماض العضوية، ولكن قلة عمق هذه التربة تنعكس عليها بآثار سلبية عديدة كانخفاض قدرتها على مسك الماء الأمر الذي يعرضها لتعرية مياه الأمطار الساقطة عليها وعلى المناطق المنحدرة فوقها بشكل شديد، فضلاً عن ذلك فان قلة عمقها من شأنه أن يقلل من مجال انتشار جذور النباتات خلالها ولهذا سرعان ما تظهر على النباتات علامات الذبول إذا انقطع سقوط الأمطار لفترة طويلة كما لا

ننسى وجود المفتتات الصخرية في هذه التربة الذي يضع صعوبة كبيرة أمام استثمارها، ولهذه الأسباب المذكورة قد يعرض المزارعون عن زراعة التربة ويستخدمونها كمراعي لحيواناتهم بعد نمو الحشائش فيها. وأخيراً لابد من الإشارةإلىأن الترب الكلسية تغطي مساحات كبيرة من وطننا العربي ضمن نطاق البحر المتوسط والكثير من الواحات لأنهاأساساً تمثل نتاج تحليل الصخور تحت تأثير مناخ البحر المتوسط فالتربة ذات اللون الأحمر تنتشر في سوريا ولبنان وفلسطين واقليم برقة في ليبيا والتربة البنية تنتشر في تونس والمغرب والجزائر.

٣ – الترب اللانطاقية:

يشتمل مفهوم الترب اللانطاقية على تلك الترب التي يكون مقطعها غير كامل التطور أما بسبب وقوعها في مناطق منحدرة بشدة أو بسبب ما تتعرض له من إضافة مستمرة من المفتتات الصخرية كترب الكثبان الرملية والترب الطموية فهي ترب في مرحلة الشباب دائماً، وتوجد الترب اللانطاقية في جميع أنحاء العالم تقريباً إذ لايحد وجودها أي نوع من أنواع المناخ ولا أي صنف من أصناف الغطاء النباتي أوأي عامل بيئي آخر، وتضم هذه الترب أصناف ثانوية أخرأهمها:

أ- الترب الجبلية الصخرية : تنتشر التربة الجبلية في مساحات واسعة من سطح الأرض فهي تتواجد أينما وجدت المرتفعات في جميع قارات العالم وفي جميع العروض والأقاليم المناخية وخصوصاً في الأمريكتين وفي آسيا وأوربا. وتكتسب هذه الترب جملة من الخصائص أهمها كونها تربة ذات نسجه خشنة تطورت من تكوينات صخرية صلبة محلية عن طريق تأثير عمليات التفكك الميكانيكي للصخور كما أنها تكون تربة ضحلة تؤلف الصخور والحصى نسبة عالية من تكوينها الأمر الذي يؤدي إلى زيادة نفاذيتها وقلة قابليتها على الاحتفاظ بالماء،وتتميز كذلك بقلة النشاط الحيوي فيها وتتحلل المخلفات النباتية القليلة أصلاً في هذه التربة ببطء شديد وتتكون على سفوح الجبال أنواع مختلفة من التربة الجبلية مع تغير الارتفاع عن مستوى سطح البحر بسبب تباين العوامل المكونة لها من حيث درجة الانحدار والعمق والغطاء النباتي وطبيعة الصرف وغيرها، ويتراوح بين الانحدار الشديد عند المرتفعات العليا إلى انحدار قليل على السفوح الواطئة في وديان الجبال، وتعمل المؤثرات المختلفة إلى تباين في البيئة الطبيعية مع الارتفاع عدا اختلاف صخور الأساس فتؤدي إلى تكوين ترب متتابعة الأنواع على امتداد القطاع الرأسي لسطح الأرض من قاعدة المرتفعات وحتى قممها، فعلى سبيل المثال تتعاقب نطاقات التربة في مناطق جبال ولاية وايمنك في صحراء أمريكا الشمالية من الأسفل إلى الأعلى من تربة صحراوية رمادية إلى تربة بنية إلى تربة كستنائية ثم تربة الجيرنوزم ثم البراري وأخيراً إلى تربة البودزول. (الشلش/ ١٩٨٥/ ١٤٧).

ويشتمل هذا الصنف من الترب الصخرية أيضاً على أنواع مختلفة أخرى مثل تربة الرانكر والرندزنيا الرقيقة والانديزول، فتربة الرانكر تربة رقيقة تستند على صخور حامضية أو غير كلسية وتتكون من طبقتين هما CA ، CA_1، وتنقسم هذه التربة بدورها إلى أصناف ثانوية أخرى مثل الرانكر الدوبالي وتربة الرانكر ذات الدوبال غير كامل التحلل إذ تكون فيها البقايا العضوية منفصلة عن حبيبات التربة. وأخيراً هناك تربة الرانكر ذات الدوبال الناضج إذ يمتزج الدوبال مع المكونات المعدنية للتربة بشكل تام، إما ما يخص تربة الرندزنيا فهي توجد فوق التكوينات الكلسية ذات الانحدارات الشديدة، وإذا كانت درجة انحدار السفح ثابتة فقد تتحول إلى تربة رندزينا بنية كما يمكن إن تتحول إلى تربة كلسية متداخلة، وأخيرا وفيما يتعلق بتربة الانديزول فهي من الترب الحديثة التكوين لونها اسود توجد فوق مواد بركانية قاعدية، وقد تصنف هذه الترب من ضمن الترب المائية إذا ما وجدت في مناطق مغمورة بالمياه، وتتعرض هذه التربة للتغير مع مرور الزمن مع ازدياد المادة العضوية وخصوصاً على المنحدرات المنخفضة فتكون تربة مدارية بنية ثم بنية حمراء ثم تربة حمراء.

ب- **ترب الترسبات غير المائية**: تتكون هذه الترب من رواسب المواد المعدنية العميقة والمتماسكة كالترسبات الجليديةوالرواسب الرملية وتربة اللويس والرماد البركاني، وهي ترب ليست صخرية على الرغم من اختلاف نسجتها بشكل واضح كما أنها ترب غير ناضجة ولا متطورة إذ يتكون مقدها من الأفق A المشتق من المواد الصخرية المتكونة منها الترسبات مع نسبة من المواد العضوية المتحللة وهناك الأفق C الذي يتكون من مادة الصخور إلام بينما يكاد إن ينعدم الأفق B، ويتصف تطور هذه الترب فوق الرواسب الجليدية ومخلفات الجليد والمفتتات الصخرية المحمولة بوساطة الرياح بكونه يكون أكثر بطأ مقارنة مع تلك التي تتكون فوق رواسب اللويس ويعزى ذلك إلى حداثة الرواسب في الأولى بالمقارنة مع الثانية، وتختلف الترسبات الجليدية من مكان لأخر من حيث البناء والنسيج ومستوى التماسك أو التفكك وكذلك محتواها من المواد الكلسية، إما الترب المتكونة من الرمال فهي ترب رقيقة ذات لون رمادي آفاقها ليست متطورة بسبب حركة الرمال المستمرة من مكان لأخر إذ تتوفر فرصة تطورها، إما ما يخص تربة اللويس فتُعد من ترب الرواسب الريحية في المناطق الجافة واهم خصائصها أنها ذات نسجة ناعمة ومكوناتها مختلفة وعميقة فضلاً عن جودة صرفها وغناها بالعناصر الغذائية وسهولة استثمارها زراعياً، وقد انتشرت هذه التربة بشكل واسع النطاق في عصر البلايوستوسين وخصوصاً في المناطق التي تعرضت لزحف الجليد فهي توجد في أوربا الوسطى وشمال غرب الصين والجزء الشمالي الأوسط من الولايات المتحدة الأمريكية وبعض مناطق الأرجنتين في أمريكا الجنوبية، وتتميز تربة اللويس في القارة الأوربية بنعومة دقائقها وتماسكها وسهولة

تفتتها ولونها البرتقالي أو الأصفر وقد اشتقت من مواد جليدية نهرية حملتها الرياح وأعادت إرسابها، وأخيرا لابد من الإشارة إلى إن تربة اللويس تحتوي على العديد من المعادن الخفيفة مثل المايكا والفلدسبار والكوارتز والكلس وقد تتعرض هذه المعادن إلى الغسل والتصفية في المناطق الرطبة إذ تتميز نطاقات التجوية بعمقها. (المطري/ ٢٠٠٤/ ١٧١).

جـ- الترب الفيضية: وهي ترب حديثة التكوين إذ تتعرض مكوناتها إلى التجديد بشكل مستمر بعد مواسم الفيضانات إذ تترسب طبقات جديدة من الرواسب فوق الرواسب القديمة، وتكتسب الترب الفيضية خصائص متفاوتة من حيث ألوانها ونسيجها ونفاذيتها ومستويات خصوبتها وغيرها من الخصائص وذلك بسبب اختلاف الصخور التي اشتقت منها وزمن ترسيبها والبيئة التي ترسبت فيها إلى غير ذلك من المؤثرات وعلى الرغم من كل ما تقدم فانه يمكن تحديد بعض الخصائص التي تكاد إن تجمع الترب الفيضية كخصائص مشتركة مع التأكيد على ما ذكرنا على نقاط الاختلاف بينها وتتمثل هذه الخصائص بما يأتي:

١- تمثل الترب الفيضية تربةً منقولة وتحمل معها صفات الصخور التي اشتقت منها.

٢- الترب الفيضية تمتاز بعمقها إذ تتكون من طبقات رقيقة متعاقبة وذات نسجات ناعمة ومع ذلك تتفاوت هذه الترب من حيث النسجة والسمك والانحدار حتى في المنطقة الواحدة من السهل الفيضي.

٣- تمتاز التربة الفيضية بخصوبتها بسبب التجديد المستمر لمكوناتها.

٤- تمثل الأنهار العذبة وسيلة النقل الرئيسة لهذه الترب وقد تكتسب الملوحة من مصادر أخرى متعددة.

٥- تتميز أفاق الترب الفيضية بعدم وضوحها بسبب تجددها المستمر الذي لايعطي الفرصة الكافية لتطور طبقاتها وتشذ عن هذه القاعدة ترب المدرجات النهرية التي تكونت بعد إن تعمق مجرى النهر إذ لم تعد مياهه تغمرها فيما بعد لذا ستبقى سطوح هذه الترب مكشوفة وتتوفر لها المدة الكافية للتطور تحت ظروف البيئة السائدة فيها.

٦- تتضمن الترب الفيضية بعض التضاريس الدقيقة فهي ليست منبسطة كما يبدو للوهلة الأولى وعلى الرغم من صغر مدى الارتفاعات والانخفاضات في هذه الترب ولكنها ذات أهمية كبيرة في تحديد انحدارات قنوات الري والبزل وكذلك تباين مناسيب المياه الجوفية فيها.

٧- توجد لسطوح الترب الفيضية انحدارين احدهما طولي ويمتد من السهل الفيضي وحتى نهايته (مصب النهر) والثاني الانحدار الجانبي ويمتد من ضفة النهر إذ تترسب المواد الخشنة والثقيلة عند كل موسم فيضان إلى ما وراءها إذ تترسب المواد الناعمة والخفيفة (مناطق الأحواض).

ويمكن تصنيف الترب الفيضية على أساس نسجتها فالترب ذات النسجة الناعمة تتميز بنفاذية عمودية ومحتوى رطوبي سطحي عالٍ كما أنها تكون غنية بالمواد العضوية ولكنها ترب رديئة الصرف إما الترب ذات النسجة الخشنة فهي ذات نفاذية عمودية وأفقية عاليتين فهي إذن ترب حسنة الصرف، وتتميز الترب الفيضية أيضاً بغناها بالمواد الكلسية وتميل معظمها لدرجة تفاعل حيادية إما ألوانها فإنها تتراوح بين الرمادي الفاتح إلى الأحمر الفاتح وذلك حسب ألوان الصخور المشتقة منها. وقد تتضمن الترب الفيضية عدد من الأصناف الثانوية أهمها:

١- تربة الضفاف الطبيعية للأنهار ذات الذرات الخشنة والتصريف الجيد.
٢- تربة الإرسابات النهرية الفصلية في المناطق الجافة.
٣- تربة قيعان الأودية النهرية الحديثة التكوين.
٤- تربة رواسب الأنهار الدائمة في المناطق التي تتميز بفصل جاف.
٥- تربة رواسب الأنهار في المناطق المعتدلة الرطوبة كما في قارة أوربا.
٦- تربة رواسب الأنهار في المناطق الباردة الرطبة.
٧- تربة مصبات الأنهار والشواطئ البحرية.

وأخيرا لابد من الإشارة إلى إن وجود الترب الفيضية لايقتصر على إقليم معين فهي توجد في جميع الأقاليم المناخية سواء كانت حارة أو باردة أو كانت رطبة أو جافة كما أنها توجد في جميع الأقاليم النباتية وهي أينما وجدت فهي ترب خصبة وغنية بالعناصر الغذائية ويكفي القول بهذا الصدد أنها أول الترب التي استثمرها الإنسان للزراعة وخصوصا منها تلك القريبة من ضفاف الأنهار كدجلة والفرات والنيل التي نشأت عندها أولى مراكز الحضارة في العالم ومع ذلك هناك بعض الترب الفيضية غير المنتجة لأسباب عديدة كأن تكون مشبعة بالمياه بشكل دائميأوقد تقع في مناطق جافة جداً أو مناطق تتعرض لمياه الفيضانات باستمرار إلى غير ذلك من الأسباب.

الفصل الثامن

مشكلات التربة ووسائل معالجتها

١- مشكلة تعرية التربة
أ-التعريةالمائية
ب- التعرية الريحية
٢- مشكلة ملوحة التربة
٣-مشكلة تلوث التربة
أ-التلوث الطبيعي للتربة
ب- التلوث الكيميائي
جـ-التلوث بالنفايات
د-التلوث الإشعاعي
٤- وسائل الحد من مشكلة تعريةالتربة
٥- وسائل الحد من مشكلةملوحة التربة
٦- وسائل الحد من مشكلة تلوث التربة

الفصل الثامن

مشكلات التربة ووسائل معالجتها

علمنا أن التربة الزراعية هي ثمرة نشاط بيئي استمر لعشرات الألوف من السنين،وان قدرتنا على تكوين التربة ضئيلةللغايةإن لم تكن معدومة،وقد أدت زيادة أعداد السكان وتطور التكنولوجيا الحديثة إلى التأثير بشكل واضح ومتزايد على التربة الزراعية لذا فإن التكنولوجياالحديثة لها القدرة والى حد كبيير على زيادة إنتاجية التربة وعلى تدميرها أيضاً، فالتربة نظام ديناميكي ذي ميكانيكية محددة وواضحة وهذه الميكانيكيةأما أن تجري في دقة واتزان أو يختل توازنها فتفقد دقتها،فمن جهة قد يعمل الإنسان من خلال استثمار التربة إلى استنزاف خصوبتها أو توفير فرص تعريتها أو تملحها أو تلوثها من جانب أو انه يعمل جاهداً في صيانتها ومعالجة الأضرار التي تلحق بها بوسائل متعددة من جانب آخر،وهكذا يلاحظ التنافس والصراع بين قوى الهدم والتخريب وقوى البناء والتنظيم والتأهيل لهذا المورد الطبيعي المهم. (عبد السلام/ ١٩٨٢/ ١٩٢)

وعموما يمكن القول أن هناك جملة من العوامل التي تخص التربة ذاتها والتي تمنع أو تقلل من قدرتها على إنتاج المحاصيل الاقتصاديةأهمها:

١-قد تتعرض الترب الزراعية إلى غمر المياه فصليا أو دائمياً يحول دون استثمارها.

٢-قد تتصف التربة بخصائص فيزيائيةرديئة كالترب الرمليةالخشنة أو الطينيةاللزجةأو قد تحتوي على آفاق صلبة غير نفاذة.

٣-احتوائها على تراكيز عالية من الأملاحالذائبة بالشكل الذي يؤدي إلى انخفاض إنتاجها بشكل كبير.

٤-احتوائها على كميات كبيره من الكلس (كاربونات الكالسيوم) بحيث لا تناسب إنتاج بعض المحاصيل.

٥-وقوع التربة الزراعية في مناطق وعرة يصعب معها إجراء العمليات الزراعية.

٦-شدة الانحدار التي تؤدي إلى الإزالةالمستمرة للطبقة السطحيةللتربة.

٧-افتقار التربة للكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا العقدية المثبتة للنتروجين.

لقد كان الإنتاج الزراعي من بين جميع الأنشطةالبشريةأعظمالأثر في تدهور التربة وقد كانت الممارسات الزراعيةالتقليدية قابلة للاستمرار وحافظت على التربة التي توجد فيها إلاأنالإدارة البشرية للنظم الايكولوجية والزراعية في العقود الأخيرة تزايدت بوتائر متصاعدة من خلال عمليات الري والصرف واستخدام الطاقة والمواد الكيميائيةوإضافة المحاصيل المحسنة التي تزيد زراعتها على إنها محاصيل أحادية ورغم أن هذه

الممارسات التي قد تزيد من مستويات الإنتاج ولكنها في الوقت نفسه جعلت النظم الزراعيةالايكولوجية غير طبيعية وغير مستقرة وأكثر عرضه للتدهور السريع.

وبناءً على ماتقدم سوف يتناول هذا الفصل أهم مشكلات التربة والتي تتمثل بكل من التعرية والملوحة والتلوث مع استعراض لأهم الوسائل والسبل التي تعالجها أو تحد من آثارهاالسلبية على الأقل

١- مشكلة تعرية التربةSoil erosion:

بدأت مشكلة تعريه التربة مع بداية استثمار التربة للأغراض الزراعية وقد ظهرت في أراضي بلاد وادي الرافدين منذ حوالي ٤٠٠٠ سنة قبل الميلاد وفي فلسطين خلال العصر البابلي الأول ويعد بلوتو أول من أدرك ظاهرة جرف التربة وذلك في القرن الرابع قبل الميلاد،وخلال فترة القرن الأول قبل الميلادتشير المصادر التاريخية إلى أن المزارعين قد استخدموا الحراثة الكنتورية في المناطق المنحدرة،كما لوحظت ظاهرة جرف التربة في الأراضي الزراعية الواقعة في البحر المتوسط من سنوات طويلة بسبب الأمطار الغزيرة والأراضي المنحدرة بشده فضلاً عن تباعد الأشجارالأمر الذي يسمح بسرعة جريان مياه الأمطار على سطح الأرض،وظهرت مشكلة جرف التربة في أوربا خلال العصور الوسطى وفي أمريكا بدأت هذه المشكلة تظهر في السفوح الجبلية في فرجينيا في الأراضي المخصصة لزراعة التبغ بصورة خاصة، أما من أهم المحاولات التي حاول بها الإنسان السيطرة على الأخاديد فقد بدأت منذ عام ١٨١٧.(عبدالله/ ١٩٨١/ ١١٥-١١٦)

لقد أدى الضغط من اجل التوسع في المساحات المزروعة إلى الاستخدام المتزايد للأراضي الحدية مما نتجت منه آثار ضارة، فقد نجم عن الإفراط في الرعي والزراعة على السفوح المنحدرة تعرية التربة بدرجة خطيرة، كما أن الزراعة عن طريق القطع والحرق سارعت بإزالةالأشجار مما أدى بدوره إلى زيادة تعرية التربة وحدوث الفيضانات. إن عملية تدهور التربة هي عملية معقدة وتشمل عاملاً أوأكثر نتيجة التآكلوإزالة التربة بواسطة المياه والرياح،ورغم أن تعرية التربة هي عملية طبيعية فإن النشاط البشري قد زاد كثيراً من كثافتها إذ يقدر معدل تآكل التربة في السنة بين (٠,٥-٢)طن للهكتار وذلك حسب نوع التربة ودرجة الانحدار وطبيعة التعرية،ففي الولايات المتحدة يتأثر حوالي ٤٤%من الأراضي المحصولية بالتعرية،وفي السلفادور تعاني ٧٧% من الأراضي من التعرية المتسارعة، وفي الهند يتعرض حوالي ١٤٠مليون هكتار من الأراضي الزراعية للتعرية بدرجات متفاوتة، وعلى نطاق العالم يقدر أن حوالي ٢٣٣٠٠ مليون طن من المواد يزيلها التآكل الزائد من سطح التربة كل عام،وتشير بعض المصادر الدولية أن ١٥% من مساحة الأرض في العالم قد تدهورت بدرجات متفاوتة،ومن هذه المساحة تدهورت ٥٥,٧% بسبب

التعرية المائية و٢٨%بسبب تعرية الرياح و١٢,١%بسبب التآكل بالعوامل الكيميائيةالمختلفة (جدول ٢٢)،(خارطة ٧)

(جدول ٢٢)
المساحات المزروعة (مليون هكتار) وكميات التربة المفقودة بالتعرية (مليون طن) في بعض بلدان العالم

الدولة	المساحات المزروعة مليون هكتار	التربة المفقودة مليون طن
الولاياتالمتحدة الأمريكية	١٦٧	١,٥٢٤
جمهوريات الاتحاد السوفيتي السابق	٢٥١	٢,٢٦٨
الهند	١٤٠	٤,٧١٦
الصين	٩٩	٣,٦٢٨
دول أخرى	٦٠٧	١١,٢٠١
المجموع	١٢٦٥	٢٣,٣٣٧

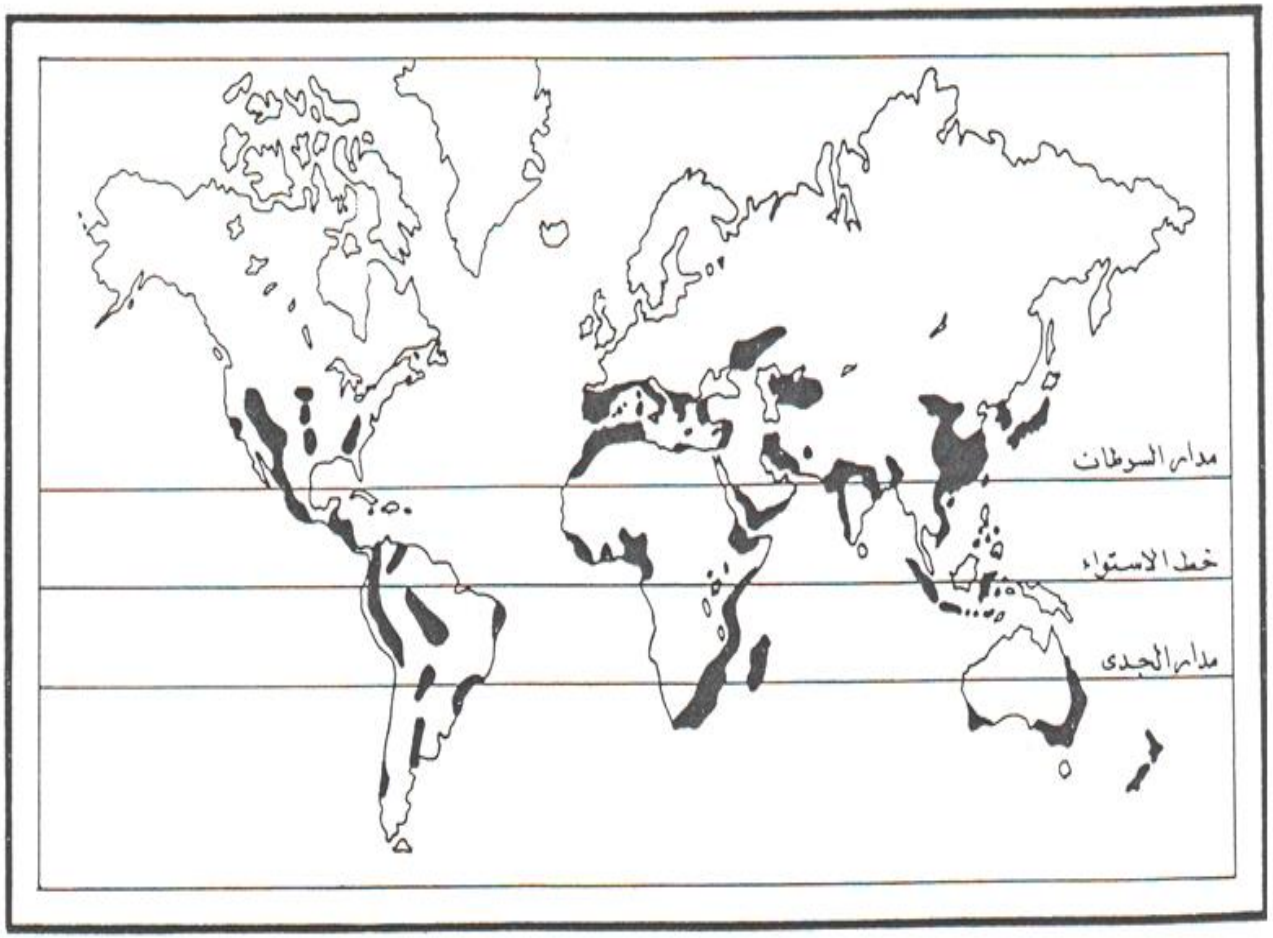
المصدراحمدالخطيب، أساسيات علم الأراضي،جامعة الإسكندرية، الإسكندرية،٢٠٠٦،ص٢٧٨.

يقصد بالتعرية هي عملية إزالة ونقل حبيبات الطبقة السطحية للتربة بفعل الطاقة الحركية للماء أو الطاقة الحركية للرياح،وعلى هذا الأساس يمكن تقسيم التعرية إلى نوعين هما:

ا-التعرية المائية ب- التعرية الريحية

ا-التعرية المائية:تتعرض دقائق التربة السطحية إلى الإزالة بفعل المياه سواء

(خارطة ٧) التوزيع المكاني لتعرية التربة في العالم



المصدر: السيد خالد المصري، جغرافية التربة، الدار السعودية للنشر والتوزيع، جدة، ٢٠٠٤، ص١٩٧.

كانت منها الأمطار أو المياه الجارية،فمثلاً تقوم الأنهار بحمل كميات هائلة من الرواسب ونقلها وترسيبها في أماكن قد تكون بعيدة جداً عن مصادرها.(جدول ٢٣)

(جدول٢٣)

الحمولة السنوية لبعض الأنهار من الرواسب الناتجة عن التعرية المائية

الأنهار	الدول التي تجري فيها	الحمولة من الرواسب مليون طن/سنة	المواد المجروفة طن/هكتار
النيل	مصر – السودان	١١١	٨
المسيسبي	الولايات المتحدة الأمريكية	٣٠٠	٩٣
الأحمر	الصين – فيتنام	١٣٠	٢١٧
الأمازون	البرازيل – بيرو	٣٦٣	١٣
كوسي	الهند – النيبال	١٧٢	٥٥٥
الأصفر	الصين	١٦٠٠	٤٧٩
ميكونك	فيتنام – تايلند	١٧٠	٤٣

المصدر: احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي،جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، ٢٠٠٦،ص٢٧٧

وتتخذ التعرية المائية عدة أشكالأهمها:

١- **التعرية الصفائحية:** وتعني الإزالةالمتساوية لطبقة رقيقة من التربة من مساحة معينة من الأرض، وتتم هذه العملية بتأثير ضربات قطرات المطر الساقط، ومن ثم نقل هذه المواد المفصولة من التربة بواسطة المياه الجارية،وتحدث هذه التعرية على الأراضي ذات الانحدار البسيط، كما قد تحدث في المناطق المنبسطةكالمناطق الداخلية الجافة في قارتي أفريقياواستراليا وفي الأراضي التي تنتشر فيها تربة اللويس شمال غرب الصين وبعض مناطق السهول الغربية للولايات المتحدة الأمريكية. وقد تحدث التعرية الصفائحيةفي الترب ذات النفاذية القليلةإذ لاتستطيع مياه الأمطار التوغل داخل التربة فتجري على السطح على شكل طبقة رقيقة جداً مستمرةأو على شكل غطاء واسع من المياه أو تجري على شكل مسيلات مائية صغيرة،وبعد انفصال دقائق التربة بفعل الأمطار تتعرض للجفاف فتكون قشرة صلبة على سطح التربة إذا لم تتم إزالتها بواسطة المياه الجارية،حينئذ تسهم هذه القشرة بسرعة جريان المياه السطحيةبعد سقوط الأمطار مرة أخرى.

وتؤدي ظاهرة التعرية الصفائحية إلى غسل سطح التربة وترشيحه كما يتم نقل الدقائق الناعمةللتربة إلى أماكن بعيدة،وتسمى عملية الغسل ونقل الدقائق بالتآكل السطحي للتربة، وتكمن خطورة هذه التعرية في إزالة الطبقة العليا للتربة والطبقات التي تحتفظ بالمياه بشكل واسع النطاق، وإذا استمرت التعرية الصفائحية لفترة من الزمن فإنها تؤدي إلى إزالةالأفق AP الذي يسمى أفق الحراثة وقد يزال الأفقA_1كلياً وبالتالي تؤثر هذه التعرية بشكل ملحوظ في الطبقة الفعالة من جسم التربة أكثر من أشكال التعرية المائيةالأخرى. ولابد من الإشارة إلى أنتأثير التعرية الصفائحية يكون

محدوداً للغاية في ترب الغابات لأنها مغطاة بطبقة عضوية غير مندمجة مع الطبقة المعدنية.(صديق/ ١٩٨٨/ ١٢٧).

٢- **التعرية الجدولية:**تمثل هذه التعرية بداية التعرية الأخدودية فعند عدم توقف التعرية الصفائحية تتحرك مياه الأمطار على السطوح المنحدرة أو المنبسطة بتأثير عامل الجاذبية الأرضية فتتحدد مجاري المياه من خلال ظهور الجداول الصغيرة،ويحدث هذا النوع من التعرية في المناطق الفقيرة بغطائها النباتي كالحقول المزروعة حديثاً أو الأراضي التي تتبع نظام التبوير إذ تتكون جداول صغيرة بعد حراثة هذه الأراضي التي تعمل على إيجاد حافات ترابية إلى الأعلىوالأسفل ولكن إجراء عمليات الحراثة عبر هذه الجداول والحافات كفيل بعدم حدوث هذه التعرية.

٣-**التعرية الأخدودية:**وهي تعرية سريعة لكل أنواع الترب إذ تتم بشكل عمودي وتتعمق القنوات والجداول بالتراجع نحو خطوط التصريف الدائمية وتزداد الأخاديد عمقاً واتساعاً نحو الخلف بعد كل فترة تساقط للأمطار وتحدث عادة في المناطق ذات الانحدارات الشديدة إذ تكون المياه الجارية أخاديد وقنوات تزداد عمقاً واتساعاً بمرور الزمن بفعل قوة النحت الكبيرة الناتجة عن حمولتها الكبيرة ولاتؤدي إلى تفتيت الطبقة السطحية للتربة فحسب وإنما الطبقة التحت السطحية أيضاً،وفي الكثير من الأحيان تتبع التعرية الأخدودية التعرية الصفائحية وقد تحدث دون التعرية الأخيرة، كما يحدث لترب المصاطب النهرية والمناطق السهلية المجروفة والمناطق التي تكون فيها حركة الماء سريعة وقوية كالشلالات مثلاً.وترتبط أشكال التعرية الأخدودية بطبيعة التربة السطحية وما تحتها،فإذا تكونت من مواد سهلة التعرية فإن حافات الأخاديد لاتميل إلى أنتأخذ شكلاً عمودياً،أماإذا كانت تتكون من مواد مقاومة للتعرية فإن هذه الأخاديد تكون ذات حافات جانبية وبانحدارات بسيطة يرتبط حدوث التعرية المائية بجملة من العوامل أهمها:

١-العوامل الطبيعية:وتشمل بدورها على:

١- الأمطار:يؤدي ارتطام قطرات المطر بسطح التربة إلى كسر وتفتيت لمجاميعها وتناثر لدقائقها نتيجة اختراق القطرة للسطح،وتعتمد كمية المادة المفتتة والمتناثرة على طبيعة ظروف سطح التربة والطاقة المتولدة من التساقط، كما وتعتمد الطاقة الناتجة من الأمطار على كتلة وحجم وشكل القطرة المطرية وكذلك التوزيع الحجمي للقطرات وسرعة اتجاه سقوطها (جدول ٢٤).

(جدول٢٤)
العلاقة بين حجم قطرة المطر/ملم وسرعة سقوطها م/ثا

حجم قطرة المطر/ملم	سرعة السقوط م/ثا
١,٢٥	٤,٨٥
١,٥٠	٥,٥١
٢,٠٠	٦,٥٨
٣,٠٠	٨,٠٦
٤,٠٠	٨,٨٦
٥,٠٠	٩,٢٥
٦,٠٠	٩,٣٠

المصدر: Helmut Kohnke, Soil Conservation, U. S. A, ١٩٥٩, P. ٧٢.

وقد أشارت العديد من الدراسات إلى أن هناك علاقة قوية جداً بين كمية التربة المفقودة وطاقة الأمطار وعند ثبات العوامل الأخرى، كما أنتأثير طاقة الأمطار اكبر من طاقة الجريان السطحي إذ وجد أن كمية المادة المتناثرة نتيجة طاقة الأمطار تعادل (٥٠-٩٠) مرة للكمية المجروفة بسبب طاقة الجريان السطحي،وقد أكدتإحدى المصادر على أن الطاقة الناتجة من الأمطارتكون اكبر بنحو(٢٥٦) مرة من الطاقة الناتجة عن الجريان السطحي مع ملاحظةأن مقدار طاقة الجريان السطحي يرتبط بمقدار طاقة الأمطار، ومع انخفاض قيمة الأخيرة تنخفض قابلية الجريان السطحي في نقل مواد التربة المفتتة في عملية التعرية المائية .(الحيو/ ١٩٨٤/ ٧).

يتحدد حجم التعرية المائية من حجم العاصفة المطرية إذأن لهذه العواصف القابلية على تحطيم وانتشار ١٠ طن من التربة للايكر الواحد،ويزداد تأثير قطرات المطر مع ازدياد حجمها إذ تزداد كثافة سقوط المطر،وفي الأحوال الاعتيادية يتراوح قطر قطرات المطربين (٠,٢٥-٧ملم) ولذا فإن طاقة قطرة المطر بقطر (٤,٥ملم) يزيد بحوالي (٥٠٠مرة)عن طاقة قطرة المطر بقطر(١٠ملم)، كماأن طاقة الأمطارالساقطة بكثافة ٧٥٠ ملم/ساعة تزيد ١٠٠ مرة عن طاقة الأمطار الساقطة بمعدل ٥٠٠ملم/الساعة (داود/ ٢٠٠٢/ ٧١). وعلى الرغم من ذلك فإن الأمطار الساقطة على شكل رذاذ سوف تؤدي إلى قيام تعرية مائية للتربة بدرجة اقل من تلك الناتجة عن الأمطار الساقطة بشكل غزير وفجائي ولعل ذلك مايفسر شدة التعرية المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتميز بهذا النوع من الأمطار،كما لابد من الإشارة إلى تأثير عامل التباين الفصلي لسقوط الأمطار في هذا الجانب فهي إن جاءت بعد فصل الجفاف الطويل تكون فيه التربة قد تعرضت للتفتت فهنا تؤدي تلك الأمطار إلى حدوث تعرية شديدة بينما تكون مستويات تلك التعرية ضعيفة عندما تسقط الأمطار والتربة لازالت تحتوي على الرطوبة.وعلى العموم تعد التعرية المائية للتربة اشد خطورة وتأثيراً من التعرية الريحية ويعزى ذلك إلى عدة أسباب هي:

١-قدرة المياه الجارية الكبيرة على نقل وإزالةالآفاق العليا من التربة وخصوصاً في المناطق الشديدة الانحدار وبالتالي تؤدي إلى ظهور الآفاق السفلى للتربة الفقيرة بالعناصر الغذائية المهمة.
٢-عدم توفر الفرصةالكافية لمياه الغطاءات المائية للتسرب داخل التربة وخزنها ومن ثم الاستفادة منها خلال فترات الجفاف.
٣- تؤدي سرعة المياه الجارية على سطح التربة أو خلالها إلى احتمالات حدوث الفيضانات.
٤-تقليل كفاءة الخزانات وقنوات الري في استيعاب المياه بسبب تراكم الترسبات في قيعانها فتقلل أحجامها وقدرتها على خزن المياه أو حركتها بل وحتى تلوثها.

ولأجل تحديد العوامل الأساسية التي تتحكم قي كمية التربة المفقودة في عملية التعرية المطرية جرت محاولات عديدة منذ عام ١٩٤٠ لضم العوامل في نموذج رياضي بسيط ظهر عام ١٩٦١ إذ سميت بالمعادلة العامة للتربة المفقودة وقد تمثلت بالصيغة الآتية (الحيو/ ١٩٨٤/ ٦):

$$A = RKLSCP$$

إذأن: A= كمية التربة المفقودة طن/هتكار/سنة
R = عامل طاقة الأمطار الساقطة والجريان السطحي
K = عامل قابلية التربة للتعرية
L=عامل طول الانحدار
S = عامل درجة الانحدار
C=عامل خدمة وإدارة الغطاء النباتي
P = العامل الخاص بعمليات الصيانة

ولأجل فهم العوامل الستة المذكورةآنفاً والتي ترتبط بتعرية الأمطار فقد تم تقسيم عملية التعرية المطرية إلى قدرة الأمطار على أحداث التعرية نتيجة الطاقة الحركية وتتمثل بالعامل R وقابلية التربة للتعرية التي تعتمد على صفات التربة ويمثلها العامل K وعوامل إدارة الحقل P وS وعامل إدارة الغطاء النباتي C، وتعتمد العوامل السابقة على الظروف البيئية كالتربة والمناخ والموقع الجغرافي ويمكن للإنسان التحكم بها من خلال تحويرها بطريقة أو بأخرى عن طريق إتباعإدارة جيدة في حماية الطبقة السطحية من الانجراف.

٢-**انحدار السطح**:ترتبط عمليات التعرية المائية للتربة مع شدة انحدار السطح بعلاقة خطية إذ تزداد كميات التربة المنقولة بفعل المياه الجارية كلما زاد السطح انحداراً والعكس هو الصحيح،ويعزى ذلك بالطبع إلى حركة دقائق التربة من المناطق المرتفعة نحو المناطق المنخفضة بفعل الجاذبية الأرضية،ولوحظ بهذا الصدد أن المناطق التي يبلغ انحدارها ١% تفقد مامقداره خمس أطنان من التربة (حوالي مائة قدم^{٣})للفدان الواحد سنوياً وتفقد ٥٠ طناً (١٠٠٠قدم^{٣})عندما يصل انحدارها إلى ١٠%

وتفقد مائة طن (٢٠٠٠قدم^{٣})عندما تبلغ نسبة الانحدار ٢٠%(المطري/ ٢٠٠٤/ ١٨٧).

ومن جانب آخر تسهم زيادة طول السفوح المنحدرة إلى زيادة شدة التعرية المائية من جهة وكذلك زيادة الجريان السطحي من جهة أخرى وقد وجد أن كل زيادة في طول السفح بنسبة ٩%تزيد خسارة التربة بمقدار ٢,٦ ضعفاً وتزيد من جريان المياه السطحية بحوالي ١,٨ ضعفاً.

وتحدث حركة التربة السطحية أما بشكل سريع وفجائي عندما تكون انحدارات السطح شديدة وهو مايطلق عليه اسم الانهيارات الأرضية أو قد تحدث هذه الحركة بشكل بطيء وتدريجي عندما تكون الانحدارات بطيئة وهذا مايطلق عليه اسم زحف التربة والتي هي ظاهرة شائعة في مناطق مختلفة من العالم وكلتا الحركتان تعتمدان على طبيعة دقائق التربة ومحتواها الرطوبي فضلاً عن شدة انحدار السطح،وتحدث أكثرإزاحة لدقائق التربة السطحية في منطقة التقاء قمة المنحدر مع بدايتهإذ تتحرك دقائق التربة بشكل أسرع من الأماكنالأخرى.

٣-**طبيعة التربة**:ترتبط التعرية المائية للتربة مع بعض خصائصها الكيميائية والفيزيائية فمن حيث نسجة التربة يلاحظ أن التربة ذات النسجات الخشنة التي تتميز بالنفاذية العالية تتأثر بالتعرية المائية بدرجة اقل مماهو عليه في الترب الناعمة النسجة ذات النفاذية الواطئة ويعزى ذلك إلى تغلغل المياه الجارية بين دقائق التربة الخشنة النسجة نحو الأعماق وبالتالي تقل فرص الجريان المائي على سطحها بشكل كبير بينما لايحدث ذلك في الترب الناعمة النسجة إذ تتجمع مياه الأمطار على سطح التربة فتزداد سرعة جريانه فيحمل معه دقائق التربة بما تحويه من مواد معدنية وعضوية وعناصر غذائية مختلفة،ووجد أن معامل الترشيح للترب التي تنتظم فيها المسامات الصغيرة والمتوسطةفي نمط تركيبي معين يتراوح بين (٠,٢١-٠,٩٥م/يوم) أو (٠,٤-٠,٨ملم/ساعة)(ثابت وآخرون/ ٢٠٠٧/ ١١).

واعتماداً على طبيعة نسجة التربة وغطائها النباتي يبلغ معدل غيض الماء (٢ملم/ساعة)في الترب الطينية الجرداء و(١٢ملم/ساعة)في الترب الرملية الجرداء بينما يبلغ (٥٧ملم/ساعة)في الترب المغطاة بالحشائش والمراعي الدائمة.(داود/ ٢٠٠٢/ ٩١). وقد أثبتت العديد من الدراسات أن أي تغيير بسيط في النسب المئوية للتوزيع الحجمي لمفصولات التربة وخاصة دقائق الغرين يوثر على قابلية التربة للتعرية وذلك من خلال تأثيره على درجة مقاومة التربة للأمطار الساقطة والجريان السطحي،وعموماً فإن الترب التي تتميز بمحتوى عال من الغرين ومحتوى واطئ من الطين والمادة العضوية تكون ذات قابلية عالية للتعرية وتنخفض هذه القابلية كلما انخفضت نسبة الغرين وزادت نسبة الطين وان حوالي ٧٥%من التعرية تحصل في التربة المتوسطة النسجة (المزيجية الغرينة)،ويلاحظ أيضاًأن دقائق الغرين والرمل

الناعم جدا أكثر الدقائق قابلية للتفكك بسبب الأمطار،ومن حيث تجمعات التربة فقد وجد أن دقائق التربة من الرمل والغرين والطين التي ترتبط مع بعضها على شكل مجاميع تتراوح أقطارها بين (٠,٢٥-١,٠٠ملم) أو اكبر تتميز بنفاذية جيدة لمياه الأمطار والجريان السطحي وبالتالي تقلل إلى حد كبيرمن فرص إزالتها وتعريتها،وتؤثر الكثافة الظاهرة للتربة على نفاذيتها لمياه الأمطار والجريان السطحي بشكل كبير ويعزى ذلك إلى أنزيادة الكثافة الظاهرية للتربة يقلل من نسبة المسامات البينية العامة لها وأحجامها وترتيبها الأمر الذي يعرقل ترشيح المياه خلال قطاعها، أما مايخص الصفات الكيميائية للتربة ومدى علاقتها بالتعرية المائية فمما لاشك فيه أن وجود كمية مناسبة من المواد العضوية في التربة وتركيز من ايونات الكالسيوم يسهم في تكوين تجمعات للتربة وتقلل كثافتها فيزيد ذلك من نسبة مسامات التربة الأمر الذي يزيد من كفاءة ترشيح التربة للماء والحد من انجرافها، بينما يحدث العكس عند زيادة تركيز ايونات الصوديوم في السعة التبادلية الكاتيونية للتربة إذ يعمل على تفتيت وتفكك تجمعات التربة فتسهل تعريتها بواسطة المياه الجارية أو الأمطار.

٤-الغطاء النباتي: يلعب دوراً مهماً في تحديد مستويات التعرية المائية في مختلف البيئات الطبيعية ويتجلى ذلك التأثير من خلال ما يأتي:

أ- يقلل الغطاء النباتي بأنواعهالمختلفة من قوة الطاقة الحركية لقطرات المطرالتي تصطدم بالأجزاء العليا للنباتات فتفقد بذلك قوتها الحركية ثم تنساب على الأوراقوالأغصان التي تتفاوت بكثافتها لتصل إلى سطح التربة ببطء وبشكل تدريجي وفي خلاف ذلك فإن قطرات المطر تسقط على سطح التربة العارية إذ تتناقص درجة نفاذية التربة فتقل معدلات تغلغل المياه من خلالها ممايزيد من معدلات الجريان السطحي الذي ينتج عنه تزايد معدلات تعرية التربة.

ب-يساعد الغطاء النباتي على زيادة تسرب مياه الأمطار خلال مقطع التربة من خلال حجزه للمياه لفترة طويلة من الزمن مما يؤدي إلى تقليل سرعة الجريان السطحي الذي لها الأثر المباشر في تقليل شدة التعرية المائية وخصوصاً في المناطق المنحدرة.

جـ-يؤثر نوع الغطاءالنباتي على معدلات تعرية دقائق التربة فالنباتات العشبية الكثيفة لها القدرة على حماية التربة من التعرية بمقدار يزيد على ستة أضعاف غيرها من النباتات ويعزى ذلك إلى الجذور الدقيقة والمتشابكة للأعشاب القريبة من سطح التربة إذ تسهم في تماسك دقائقها.

د-يسهم الغطاء النباتي في زيادة نسبة المواد العضوية في التربة التي لهاأهميتها الكبيرة في ربط دقائق التربة وبالتالي تقليل تعرضها للانجراف بفعل المياه الجارية (ثابت وآخرون/ ٢٠٠٧/ ١٨٩).

٥-العامل البشري:يتمثل تأثير هذا العامل في حدوث التعرية المائية بما يقوم به الإنسان من أعمال مختلفة بشكل مقصود أو غير مقصود تسهم بشكل أو بآخر في

إزالة التربة وانتقالها إلى أماكن أخرى منها مثلا إزالةالإنسان الغطاء النباتي سواء كان الأشجار أو حشائش أو أعشاب فبعد أن كانت الطبقة السطحية للتربة محمية من تأثير سقوط الأمطار أو الجريان السطحي من التعرية تصبح هذه التربة عرضة وبشكل مباشر للإزالة والانتقال بفعل هذه المياه،وتحدث هذه الظاهرة في المناطق الجافة وشبه الجافة وفي المناطق الرطبة على حد سواء، ففي الأولى يقتلع السكان الأشجار والشجيرات لاستخدامها كوقود أو للأغراض الأخرى وفي المناطق الثانية يتم قطع الأشجار لاستغلال أخشابها تجارياً لأغراض بعض الصناعات،وتشير تقديرات منظمة الأغذية والزراعة برنامج الأمم المتحدة للبيئة إلى أن ١١,٤ مليون هكتار من الغابات الكثيفة والغابات المفتوحة تمت إزالتها في عام ١٩٨٠وتشير التقديرات أيضاًإلى أن معدل المساحات المزالة سنوياً قد ازدادت لتبلغ ١٦,٨ مليون هكتار للمدة (١٩٨٠-١٩٩٠) سنوياً.(طلبة/ ١٩٩٠/ ٩٠)

ويؤدي الاستثمار الزراعي للتربة إلى زيادة الكميات المفقودة منها بوساطة عمليات التعرية ووجد أن حجم التربة المنقولة من الترب الزراعية أكثر من حجم التربة المنقولة أو المفقودة من أراضي المراعي بحوالي (١٤)ضعفاً وهذه الأخيرة تفقد من تربتها أكثر مما تفقده الحقول المتروكة بحوالي (١٢٠) ضعفاً ويعزى ذلك إلى أن عمليات الحراثة وتهيئة التربة للزراعة تؤدي إلى تفتيت التربة وسهولة جرفها بالمياه وهذا بالطبع عكس الترب المغطاة بالغابات التي تحمي التربة من تأثيرالأمطار والمياه الجارية إذ لايزيد حجم التربة المفقودة فيه عن (٥٠غم/هكتار في السنة).

(جدول ٢٥)

العلاقة بين نمط استعمال الأرض وحجم التربة المفقودة

نمط استعمال الأرض	حجم الترسبات المفقودة كغم/هكتار/سنة
أراضي مزروعة	٥٠٠
مراعي	٣٦
حقول متروكة	٠,٣
أراضي غير صالحة للزراعة	٠,٢
أراضي مغطاة بغابات صنوبرية	٠,٠٥

المصدر:تغلب جرجيس داوود،علم أشكال سطح الأرض التطبيقي،الدار الجامعية للطباعة والنشروالترجمة،البصرة،٢٠٠٢،ص١١٣.

ولابد من الإشارة إلى أن زراعة الأراضي الهامشية ومناطق الفيضانات والوديان تعد أهم مؤشرات التوسع الزراعي في السنوات الأخيرةفالأراضي الهامشية التي تتراوح كميات الأمطار التي تحصل عليها سنويا بين (١٥٠-٣٠٠ملم) هي أصلاً تشكل الأراضيالأكثر خصوبة أما زراعتها ببعض المحاصيل كالقمح والشعير استجابة للزيادة المضطردة للسكان يعد مجازفة قد تنجح لموسم واحد وتفشل لعدة مواسم فلو تركت هذه الأراضي كمراعي لكان ذلك أجدى لما يترتب على حراثة الأرض الجافة

من تفتيت للتربة تسهل تعريتها بشكل كبير.(موسى/ ١٩٩١/ ٨٠).

وتسهم إزالة مساحات كبيرة من أشجار الغابات التي تنمو على سفوح المنحدرات التي تواجه الأمطار في إزالة كميات هائلة من التربة السطحية،ومايحدث من إزالة للنبات الطبيعي من مناطق الحشائش وممارسة نمط الزراعة الكثيفة وحرق بقايا المحاصيل بعد الحصاد لايقل في خطورته ودوره في التعرية المائية للتربة عما يحدث في مناطق الغابات وعموما تشير المصادر بهذا الصدد أنإزالة الغطاء النباتي مهما كان نوعه يسهم بحوالي ٢٩,٥% من حالات تعرية التربة وتدهورها،ومن ممارسات الإنسان الأخرى التي تسهم بدرجات متفاوتة في حدوث التعرية المائية للتربة هو الرعي المبكرة والكثيف للحشائش التي تحمي التربة من التعرية والانجراف الأمر الذي لايسمح للغطاء النباتي بالنمو والتطور فضلا عما تسببه أقدام الحيوانات من سحق لمجاميع التربة الأمر الذي يسهل على الأمطار والمياه الجارية في إزالتها،ووجد أن الرعي المفرط والكثيف يسهم بحوالي ٢٣,٥% من مساحات الترب المتدهورة في العالم.

تؤدي الحراثة غير الصحيحة في المناطق المنحدرة هي الأخرى دوراً هاماً في تسهيل عمل للأمطار والمياه الجارية في إزالة الطبقة السطحية للتربة إذ تتم هذه الحراثة مع اتجاه انحدار السطوح في هذه المناطق أي من الأعلى إلى الأسفل وليس بموازاة سطح الأرض (الخشاب وزميله/ ١٥٣/١٩٧٦)،وأخيراً هناك عامل الحرائق التي تحصل لمناطق الغابات والحشائش والتي قد يرجع حدوثها لأسباب طبيعية كالصواعق أو إلى فعل الإنسان الناتج عن الإهمال أو الحوادث أو إشعال النار المتعمد،وكانت الحرائق السبب الرئيس في تدمير الاحراج في بلدان حوض البحر المتوسط إذيشب نحو ٥٠٠٠٠ حريق يلتهم مابين(٧٠٠٠٠٠-١٠٠٠٠٠٠هكتار)من احراج البحر المتوسط كل عام،وتختلف الآثار المترتبة على هذه الحرائق حسب مدة استمرارها ومداها وشدتها فضلاً عن خصائص التربة وتعمل هذه الحوادث على تسهيل حدوث التعرية المائية وزيادة معدلاتها بسبب فقدان التربة للغطاء الذي يحميها من هذه التعرية.

لقد أدى اختلاف مدى تأثير العوامل التي اشرنا إليهاآنفاً على حدوث التعرية المائية في جهات العالم المختلفةإلى ظهور مستويات متباينةأيضاً لهذه الظاهرة وذلك حسب شدتها ومستوى تأثيرها،فعلى سبيل المثال بلغ مجموع مساحات الأراضي التي تعرضت للتعرية المائية عام ١٩٩٤ حوالي ٦٦٨١٠٠٠٠كم^{٢} كانت مساحة الأراضي التي تأثرت بالتعرية بدرجة قليلة ٢٠٧٦٠٠٠٠ كم^{٢} وبنسبة٣١,١%من مجموع الأراضي وبلغت مساحة الأراضي التي تأثرت بدرجة متوسطة نحو ٢٠٦٤٠٠٠٠كم^{٢} وبنسبة ٣٠,٩%بينما بلغت مساحةالأراضي التي تأثرت بالتعرية المائية بدرجة شديدة جداً حوالي ٢٥٤١٠٠٠٠ وبنسبة ٣٨%.(الموسوعة الجغرافية/ ٢٠٠٦/ ٦٣).

ب- التعرية الريحية:تمثل التعرية الريحية الوجه الآخر لعمليات تعرية الترب وهي ظاهرة تسبب الإزالة التدريجية لدقائق التربة السطحية بفعل قوة الرياح التي تسبب انتزاع دقائق التربة ومن ثم تحريكها ونقلها إلى أماكنأخرى،واستمرار هذه العملية يؤدي إلى إزالة التربة إلى عمق كبير تفقد بموجبه التربة السطحية الخصبة والمعول عليها في توفير العناصر الغذائية للنباتات وبالنتيجة توثر على التربة من الناحية البيئية والاقتصادية.(البياتي/ ١٩٩٦/ ٤٧).

ترتبط ظاهرة التعرية الريحية بعاملين رئيسين أولهما عامل المناخ وعلى وجه التحديد مايتعلق منه بالأمطار والرياح والتبخر وهو مايطلق عليه القابلية المناخية للتعرية،أما العامل الثاني فهو التربة وما يتعلق بها من خصائص كالنسجة والتركيب ومحتواها من الرطوبة وهو ما يطلق عليه قابلية التربةللتعرية وفيما يلي سنتعرض فعل هذين العاملين وبعض العوامل الأخرى التي تسهم بهذه الظاهرة.

١-**عوامل المناخ:** يُعد عامل المناخ احد أهم العوامل الطبيعية التي تسهم في حدوث ظاهرة التعرية الريحية وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة،وينعكس اثر هذا العامل أما بشكل مباشر من خلال الرياح وسرعتها أو من خلال درجات الحرارة والرطوبة النسبية وماينتج عنها من تحديد معدلات التبخر من سطح التربة والنتح من أوراق النباتات الطبيعية والمزروعة وقد يكون تأثير هذا العامل بشكل غير مباشر من خلال دوره الفعال في تحديد مساحات الغطاء النباتي ونوعية هذا الغطاء وماينعكس بأثره على مشكلة التعرية الريحية.

أ- الأمطار:يتجلى اثر هذا العامل في حدوث التعرية الريحية للتربة وتحديد مستوياتها من جانبين الأول ويتمثل في أن سقوط الأمطار من شأنه أن يؤدي إلى زيادة المحتوى الرطوبي للتربة وبالتالي العمل على ثبات مجاميعها وزيادة مقاومتها لتعرية الرياح وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تتميز بقلة سقوط الأمطار فيها إذ لايتجاوز مجموع معدلها السنوي (٢٠٠ملم) حسب معيار منظمة الغذاء والزراعة الدولية، وتتعرض التربة في هذه المناطق إلى فصل جفاف طويل يجعلها عرضة للتعرية الريحية مالم تتوفر وسائل زيادة مقاومتها لهذه التعرية ومنها المحتوى الرطوبي الذي اشرنا إليه، وأشارتإحدى الدراسات التي أجريت بهذا الصدد إلى وجود علاقة ارتباط عكسية بين الأمطار الساقطة من جانب واستجابة التربة للتعرية من جانب آخر. (الخياط/ ٢٠٠٢/ ١٧٢).

ب-سرعة الرياح:تؤثر سرعة الرياح تأثيراً كبيراً على زيادة معدلات التعرية الريحية وخصوصاً تلك التي تهب خلال الفصول الجافة إذ تزداد معدلات التبخر/نتح وبالتالي جفاف دقائق التربة السطحية وتفككها وسهولة انتزاعها، وتبدأ الرياح عملها عندما تسلط ضغطاً على سطح الأرض، إذ تتناسب قوة ضغط الرياح طرديا مع مربع سرعتها وفق العلاقة الآتية:

قوة ضغط الرياح كغم/م^{٢}=٠,٠٠٦ × مربع سرعة الرياح كم/ساعة

وبناءً على العلاقة السابقة فإن قوة ضغط الرياح تزداد مع سرعة الرياح (جدول ٢٦). فعندما تكون قوة ضغط الرياح على الدقائق الجافة والمفككة للتربة السطحية أكثر من قوة الجاذبية الأرضية المسلطة على هذه الدقائق فإنها سرعان ماتنفصل عن ذلك السطح وتتحرك بفعل الرياح التي تنقلها أيضاً إلى أماكنأخرى، ومما تجدر الإشارةإليهأن بداية فقدان ترابط الدقائق الجافة والمفككة لسطح التربة وبداية حركتها لايمكن أن تتم إلا عندما تكون سرعة الرياح أكثر من السرعة الأوليةاللازمة لحركة هذه الدقائق والتي يطلق عليها اسم السرعة الحرجة (Threshold wind velocity) وتتباين هذه السرعة تبعاً لتباين أقطار تلك الدقائق.(جدول ٢٧)

هناك ثلاث طرائق يتم بموجبها تحريك الدقائق الجافة والمفككة بفعل الرياح حسب أقطار تلك الدقائق وسرع الرياح التي تنقلها وهي التعلق والقفز والزحف وقد تحدث جميعها في أن واحد عندما تهب الرياح بسرعة كافية تساعد على تحريك مختلف دقائق سطح التربة القابلة للتعرية،فالدقائق التي يقل قطرها عن (٠,١ ملم) تتعلق بالرياح إلى ارتفاع يصل إلى كيلو متر واحد والدقائق التي تتراوح أقطارها بين(٠,٥-١٠ملم) تتحرك بطريقة القفز وتتحرك الدقائق التي تتراوح أقطارها بين (٠,٥-١ملم) بطريقة الزحف على سطح التربة لكبر حجمها وثقلها .(الجميلي/ ٢٠٠١/ ٧٩)

(جدول ٢٦)

قيم ضغط الرياح كغم/م^{٢} وفقاً لمقياس بيفورث لسرعة الرياح كم/ساعة

المرتبة حسب مقياس بيفورث	وصف حالة الرياح	متوسط سرعة الرياح كم/ساعة	قوة ضغط الرياح كغم/م^{٢}
٠	هواء ساكن	٠,٥	-
١	هواء خفيف	٤	٠,٠٩
٢	نسيم خفيف	٩,٥	٠,٥٤
٣	نسيم هادئ	١٥,٥	١,٤٤
٤	نسيم معتدل	٢٢,٥	٣,٠٣
٥	نسيم نشط	٣١	٥,٧٧
٦	نسيم شديد	٤٠	٩,٦
٧	ريح معتدلة	٤٩,٥	١٤,٧
٨	ريح نشطة	٦٠	٢١,٦
٩	ريح شديدة	٧١,٥	٣٠,٦٧
١٠	ريح عاصفة	٨٤	٤٢,٣٣
١١	عاصفة زوبعية	٩٧,٥	٧٥,٠٣
١٢	إعصار	١٠٤ فأكثر	٦٤,٩ فأكثر

المصدر:عبدالله سالم عبدالله المالكي،ظاهرة التذرية الريحية في محافظتي ذي قار والبصرة، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب،جامعة البصرة،١٩٩٩،ص٥٥.

(جدول ٢٧)
علاقة أقطاردقائق التربة /ملم مع السرعة الأوليةاللازمة لحركتها م/ثا

قطر الدقائق/ملم	نوعها	السرعة الأولية للرياح م/ثا
٠,٠١ فأقل	غرين متوسط وناعم وطين	٣,٦
٠,٠٢٥	غرين متوسط	٣,٧
٠,٠٥	غرين خشن	٣,٨
٠,١	رمل ناعم جداً	٤,٠
٠,٢٥	رمل متوسط	٤,٥
٠,٥	رمل خشن	٥,٣
١	رمل خشن جداً	٦,٦

المصدر: عدنان جاسم ثابت وآخرون،تعرية التربة وسبل معالجتها،جامعة البصرة،٢٠٠٧،ص١٩٣.

جـ-التبخر/ النتح :الممكن:يتباين تأثير هذا العامل على حدوث ومستوى التعرية الريحية من فصل لآخرإذ يبلغ أقصى حد لهذا التأثير خلال الأشهرالجافة من السنة وأدناه خلال الأشهر الرطبة،وتؤثر كمية التبخر/النتح الممكن على القيمة الفعلية للأمطار التي تؤثر بدورها على القابلية المناخية للتعرية الريحية، فخلال الأشهر الرطبة من السنة ترتفع القيمة الفعلية للأمطار مما يؤدي إلى ارتفاع المحتوى الرطوبي للتربة وتماسك دقائقها بحيث يصعب انتزاعها بواسطة الرياح فضلاً عن زيادة كثافة الغطاء النباتي الذي يزيد من مقاومة دقائق التربة للتعرية الريحية، ويحدث العكس خلال الأشهر الجافة، إذ تنخفض القيمة الفعلية للأمطار فيزداد جفاف دقائق التربة وتفككها عندئذ تسهل مهمة الرياح في تعريتها.

٢-**عوامل التربة** : تعد هذه العوامل التي يطلق عليها قابلية التربة للتعرية مقياسا مهما في تحديد التعرية الريحية سواء من حيث كميات دقائق التربة المنقولة بواسطة الرياح أو من حيث شدة هذه التعرية التي تختلفبطبيعة الحال من فصل إلى آخر ومن مكان لآخر وذلك تبعاً لتباين النسبة المئوية لمجاميع التربة Soil aggregates غير القابلة للتعرية من سطح التربة والتي يزيد قطرها عن (١ملم). ويرتبط تكوين مجاميع التربة المذكورة ببعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة نفسها وتتمثل بكل مما يأتي:

أ- نسجة التربة:تختلف الترب في طبيعة نسجتها من مكان لآخر تبعاً لعوامل طبيعية وأخرى بشرية سبقت الإشارةإليها،وقد ترتبط قابلية التربة للتعرية ارتباطاً مباشراً باختلاف نسب الدقائق المكونة للتربة والمتمثلة بدقائق الرمل والغرين والطين،وعلى العموم يبدو ان هناك علاقة ارتباط عكسية بين محتوى الترب من الدقائق الناعمة(الغرين والطين) وقابلية التربة للتعرية،ويعزى ذلك إلى ترابط هذه

الدقائق مع بعضها البعض وخصوصاً ماتحويه التربة من رطوبة إذ يعملان عمل المادة الرابطة في تكوين مجاميع من التربة تبدي مقاومة عالية لتعريتها،وعلى العكس من ذلك تماماً توجد علاقة ارتباط طردية بين محتوى الترب من دقائق الرمل وقابليتها للتعرية وذلك بسبب عدم تماسك هذه الدقائق مع بعضها البعض الآخرالأمر الذي يضعف من فرص تكوين مجاميع لدقائق التربة تقاوم تعرية الرياح،ووجد أيضاًأن الترب ذات النسجة الناعمة تحتاج إلى سرعة اكبر للرياح لحركة حبيباتها ونقلها بينما تكون حركة هذه السرعة اقل في الترب ذات النسجة الخشنة. (جدول ٢٨). ومن جانب آخر فإن الترب ذات النسجة الناعمة تتصف بقلة نفاذيتها للماء الأمر الذي يسمح ببقاء الأمطار على السطح لفترة طويلة إذ يزداد المحتوى الرطوبي للتربة السطحية مما ينتج عنه تكوين مجاميع ثابتة للتربة (الخياط/ ٢٠٠٢/ ١٤١)، وأشارتإحدى المصادر بهذا الخصوص أن نوعية معادن دقائق الطين هي الأخرى لها علاقة مهمة بقابلية التربة للتعرية فالترب الحاوية على معادن الكاؤولين تمتاز بقابلية ثبات ومقاومة التعرية أعلى من الترب الحاوية على معادن المونتموريللونايت.(الحيو/ ١٩٨٤/ ١٣).

(جدول ٢٨)
سرعة الرياح اللازمة لحركة حبيبات التربة م/ثا وحسب صنف نسجتها

نسجة التربة	سرعة الرياح اللازمة لحركتها م/ثا
رملية	٣-٤
طينية خفيفة	٥
طينية ثقيلة	٥,٥-٧

المصدر:عدنان جاسم ثابت وآخرون،تعرية التربة وسبل معالجتها،جامعة البصرة،البصرة،٢٠٠٧،ص٥٦.

ب-تجمعات دقائق التربة:ويقصد بها دقائق التربة التي تنتظم على شكل تجمعات تبلغ أقطارهاأكثر من(١ملم) إذأن ارتفاع النسبة المئوية لهذه التجمعات في التربة السطحية يقلل من قابليتها للتعرية والعكس هو الصحيح،وقد أثبتتإحدى الدراسات التي تتعلق بهذا الجانب أن مقدار ماتفقده التربة السطحية من دقائق قد بلغ (٥٠غم) لكل خمس دقائق عندما كانت نسبة مجاميع التربة التي تبلغ أقطارها (١ملم)حوالي ٦٠%،وفي هذه الحالة توصف التربة بأنها ذات مقاومة جيدة للتعرية ولكن هذه الكمية من التربة المفقودة ازدادت (١٢٠غم) لكل خمسة دقائق عندما انخفضت هذه المجاميع إلى حوالي ٥٠%،وتصبح التربة في وضع لاتستطيع فيه مقاومة التعرية إذا ماانخفضت هذه النسبة عن هذا الحد، إذ تزداد كميات التربة المفقودة حينذاك .(ثابت وآخرون/ ٢٠٠٧/ ٦٠).

جـ-المحتوى الرطوبي للتربة: يتأثر المحتوى الرطوبي للتربة بمدى توفر الأمطار أو مياه الري في المناطق الزراعية الاروائية كما انه يتأثر بالرطوبة النسبية في الجو ومقدار الإشعاع الشمسي وماينتج عنه من درجات الحرارة إذأن ارتفاعها يقلل من المحتوى الرطوبي للتربة بفضل تصاعد عمليات التبخر، فضلاً عن ذلك فإن هذا المحتوى يعتمد على صنف نسجة التربة إذ يرتفع في الترب ذات النسجات الناعمة التي لها القابلية على الاحتفاظ بالماء مقارنة مع الترب الخشنة النسجة وكذلك مستوى المياه الأرضيةإذ يزداد محتوى التربة من الرطوبة عند ارتفاع هذا المستوى ويقل مع انخفاضه،وكما سبقت الإشارةأن محتوى التربة من الرطوبة يسهم في تماسك دقائقها وربطها بعضاً مع البعض الآخر وبالتالي زيادة مقاومتها للتعرية الريحية،وينعكس الأمر في الترب الجافة إذ تبدو ذات مجاميع مفككة لها التأثير في زيادة قابلية التربة للتعرية كما هو في الحال في المناطق الجافة وشبه الجافة.

د-المواد العضوية والمواد الرابطة: تسهم المواد العضوية في زيادة ارتباط دقائق التربة وبالتالي فهي تعمل على زيادة نسبة المجاميع غير القابلة للتعرية الريحية ولذا فإن انخفاض نسبة هذه المواد في ترب الأقاليم الجافة وشبه الجافة يعد عاملاً مهما في زيادة قابلية هذه الترب لهذا النوع من التعرية، وبالإضافة إلى المواد العضوية فإن وجود كاربونات الكالسيوم في الطبقة السطحية التربة ذات المحتوى الرطوبي المناسب يسهم في ربط دقائق التربة أيضاً وبالتالي زيادة مقاومتها لفعل التعرية الريحية فضلاً عن ذلك فإن وجود الكالسيوم له تأثير ايجابي في تحسين الخصائص الفيزيائية للترب فهو يعمل على تجميع دقائق الطين وبالتالي زيادة مجاميع التربة،ولابد من الإشارةأيضاً إلى أن وجود مادة الجبس يعد مصدراً مهماً لتزويد التربة بأيونات الكالسيوم.

٣-الغطاء النباتي: يعمل الغطاء النباتي دوراً مهماً في تقليل دقائق التربة المفقودة بوساطة التعرية الريحية فهو يعمل على التقليل من سرعة الرياح عند مستوى سطح الأرض وكذلك فإنه يوفر مواقع حماية لتجميع دقائق التربة غير المترابطة.

وتزداد الحماية التي توفرها النباتات أو مخلفاتها مع زيادة كمية الغطاء النباتي الموجود،وتكون هذه الزيادة حادة في البداية لكنها تقل تدريجيا فيما بعد حتى تحقق أقصى حمايةممكنة عندما يتغطى سطح التربة بالنباتات ومخلفاتها بشكل كامل وتوفر النباتات القائمة حماية ممكنة لدقائق التربة أكثر من النباتات التي تطرح على سطح الأرض بحوالي (٢-٢,٥) فضلاً عما تقوم به جذور النباتات من دور في تماسك دقائق التربة الأمر الذي يزيد من مقاومتها للتعرية الريحية بشكل كبير.(هاوسن بويللر/ ٢٠٠٠/ ٧٥٩).

٤-درجة خشونة سطح التربة: يوثر هذا العامل في التعرية الريحية عن طريق حجز دقائق التربة المتحركة، ويمكن تخفيض خشونة سطح التربة الخالية من الغطاء

النباتي من خلال ترك السطح مغطى بالكتل الترابية بعد القيام بعملية الحراثة أو من خلال تكوين حواجز ترابية بواسطة آلات معينة،ويتم عندئذ اصطياد دقائق التربة خلف الكتل أو الحواجز،وتعمل الكتل على حجز دقائق التربة بغض النظر عن اتجاه الرياح أما الحواجز فإنها تقوم بذلك عندما تكون ممتدة في اتجاه عمودي على اتجاه الرياح فقط. أنأكثرالأوقات خطورة في حدوث التعرية الريحية هي الفترة التي تلي زراعة محصول معين، وغالبا ماتؤدي عمليات تهيئة التربة إلى ترك التربة وهي بحالة مفككة وناعمة نسبياً مما يسهل تعريتها ومع ذلك تتم زراعة البذور في الأخاديد العميقة وهو مايترك سطح التربة بحالة متموجة وليست ناعمة أو ملساء، وتستطيع الحواجز الترابية توفير حماية مناسبة لدقائق التربة المفقودة بالتعرية الريحية إذ ماتمت الزراعة في خطوط عمودية على اتجاه الرياح السائدة، ولوحظ أن نسبة انخفاض كمية التربة المفقودة تبلغ ٥٠% أو اقل من ذلك مقارنة مع سطح التربة الذي يترك بحالة ملساء أو ناعمة نسبياً باستخدام معدات تهيئة التربة التقليدية.

٥- العامل البشري: يتمثل هذا العامل بالعديد من الممارسات التي يقوم بها الإنسان التي تسهم بشكل مباشر أو غير مباشر بحدث التعرية الريحية أو زيادة معدلاتها، منها مثلا تدهور المراعي نتيجة للرعي الجائر والمبكر للغطاء النباتي الأمر الذي يجعل التربة مهيأة لتعرية الرياح، ومن الأمثلة على ذلك في وطننا العربي ماحصل لمنطقة البادية السورية التي كانت منطقة مغطاة بنبات طبيعي ومتوازن وقادر على تجديد نفسه باستمرار ولكنها أصبحت بفعل الرعي الجائر منطقة ذات تربة متدهورة، ومن الممارسات الأخرىأيضاً قطع الأشجار والشجيرات التي أسهمت بتدمير مساحات واسعة من الغابات وصلت نسبتها إلى ١٠٠% كما هو الحال في فيتنام وتايلند ونيجيريا وساحل العاج ومدغشقر.(عطية وزميله/ ١٩٩٨/، ٢٦٢). وكذلك الحرائق التي تصيب المناطق الحرجية وإتباع زراعة التبوير وصرف النظر عن استخدام نظم الدورات الزراعية أو إقامة مصدات الرياح وغيرها من الممارسات البشرية التي تسبب جفاف الطبقة السطحية للتربة وبالتالي تفكيك دقائقها وسهولة انتزاعها ونقلها بفعل الرياح.

يمكن حساب قابلية التربة للتعرية الريحية باستخدام بعض العلاقات الرياضية التي أهمها تلك التي تربط بين مقدار دقائق التربة المفقودة بالتعرية الريحية من جانب وقابلية التربة للتعرية والقابلية المناخية لتعرية الرياح من جانب آخر– (زاخار/ ١٩٩٠/ ٤٣٤). وتتمثل تلك العلاقات بما يأتي:

$$E = IC$$

اذ أن :

E=التربة المنقولة بالرياح (طن / هكتار/سنة))

i=معامل قابلية التربة للتعرية (طن/هكتار/ سنة)

C =القابلية المناخية السنوية للتعرية الريحية

ويتم حساب i وفق العلاقة الآتية (الخياط/ ٢٠٠٢/ ١٣٩):

$$i = ١٠^{٤.٠٣٦٩١-٠.٠٣٨٤٥}$$

إذأن i= قابلية التربة للتعرية (غم/سم^{٢}/سنة) حيث تقسم القيم على ١٢وتضرب في عدد الأشهر الجافة ثم تقسم على ١٠٠ لتحويلها إلى وحدات طن/هكتار/سنة

S= تركيب التربة الذي يعبر عنه بالنسبة المئوية لمجاميع التربة ذات الأقطارالأكبر من (١ملم).

أما قيمةCفيتم حسابها وفق العلاقة الآتية: (الجميلي/ ٢٠٠١/، ٨٠)

$$C=\sum_{12}\frac{V3}{100}\left(\frac{PET-P}{PET}\right)^{n}$$

إذأن:

C=القابلية المناخية للتعرية خلال السنة

V=المعدل الشهري لسرعة الرياح (م/ثا)

PET =المعدل الشهري للتبخر/النتح الممكن(ملم)

P =كمية الأمطار الشهرية (ملم)

$\sum_{12}$=مجموع أشهر السنة الـ(١٢)

وتصنف التعرية الريحية وحسب كميات دقائق التربة التي تنقلها الرياح من السطح إلى عدة مستويات فهي أماأن تكون طفيفة إذا كانت كمية الدقائق المنقولة اقل من (٦,٥طن/هكتار/سنة) أو متوسطةإذ تراوحت بين (١٩,٦-٦٥,٠)طن/هكتار/سنة وتكون شديدة جداًإذا كانت تلك الكمية أكثر من (٦٥ طن/هكتار/سنة) (عبدالله/ ١٩٩٩/ ٨٤).

وبناءً على ماتقدم فقد أشارتإحدى المصادر إلى أن مساحة الأراضي التي تعرضت للتعرية الريحية في العالم لغاية عام ١٩٩٤ قد بلغت حوالي ٣٨١٦٠٠٠٠ كم^{٢} وقد توزعت بواقع ١١٩٤٠٠٠٠كم^{٢} تعرضت لتعرية طفيفة و٨٨٥٠٠٠٠كم^{٢} تعرضت لتعرية متوسطة و١٧٣٧٠٠٠٠كم^{٢} تعرضت لتعرية شديدة وشديدة جداً . (المالكي وزميله/ ٢٠٠٢/ ١١٤).

تنعكس التعرية الريحية بآثار سلبية كبيرة فهي تعمل على تفريغ سطح التربة من مكوناتها المعدنية والعضوية على حدٍ سواء وهي المكوناتالمهمة التي تحدد مدى خصوبة التربة وقابليتها الإنتاجية، فعلى سبيل المثال أشارتإحدى المصادر بان ما سمكه ٢,٤م من تربة دلتا النيل قد تم تفريغها بواسطة الرياح خلال ٢٦٠٠ سنة الأخيرة (كربل/ ١٩٨٦/ ٢٤٣). ويمكن إدراك حجم المشكلة في المناطق الجافة إذ علمنا ان فقدان (٢٥سم) من التربة السطحية يحتاج إلى غطاء نباتي طبيعي متوازن

لفترة تتراوح بين (٣٠٠-١٠٠٠سنة) لتعويضها، وقد تسببت التعرية الريحية تغيراً للعديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة، إذأثبتتإحدى التجارب التي أجريت في إحدى مناطق الكثبان الرملية في جنوبي العراق ذات المناخ الجاف حدوث تغييرات على نسجة تربة هذه المناطق ومحتواها من مواد العضوية وكثافتها الظاهرية بعد ست سنوات من تعرضها للتعرية الريحية.(جدول ٢٩).

(جدول ٢٩)

التغيرات التي تطرأ على بعض خصائص التربة بعد تعرضها للتعرية الريحية

خصائص التربة	قبل التعرية	بعد التعرية
دقائق الرمل%	٨	٥٥
دقائق الغرين%	٥٠	٢٤
دقائق الطين%	٤٢	٢١
النسجة	طينية غرينية	مزيجية رملية
الكثافة الظاهرية غم/سم^{٣}	١,٢	١,٥
المادة العضوية%	١,١	٠,٢

المصدر:سالم جاسم سلمان الجميلي،ظاهرة التصحر في محافظة ميسان،رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الآداب،جامعة البصرة،٢٠٠١،ص١١٢.

وتؤدي التعرية الريحية إلى حدوث ظواهر الجو الغبارية والعواصف الترابية فقد تعرضت أجزاءواسعة من منطقة السهول العظمى في الولايات المتحدة الأمريكية لعملية تفريغ واسعة خلال القرن الماضي عندما قامت الرياح بنقل كميات هائلة من التربة التي تفككت مجاميعها بسبب الحراثة المتواصلة لها وقد نتج عن ذلك حدوث كثير من العواصف الغبارية التي تتجه شرقاًحتى سواحل المحيط الأطلسيأحياناً كما حدث الشيء نفسه في الجهات الجنوبية لجمهوريات الاتحاد السوفيتي السابق، وفي وطننا العربي تحدث ظواهر العواصف الغبارية والترابية في معظم جهاتهالتي تتعرض للتعرية الريحية ولحدوث هذه الظواهر آثار سلبية يمكن إجمالها بما يأتي:

١- تحجب دقائق الغبار والأتربة ضوء الشمس عن النباتات سواء كانت عالقة في الجو أو بعد ترسبها على سطوح أوراق النباتات الأمر الذي يقلل محتوى الأوراق من مادة الكلوروفيل بسبب قلة استلامها لضوء الشمس.

٢- تسهل دقائق الغبار والأتربة على بعض الآفات الزراعية من أن تنسج شبكاتها على ثمار أوراق المحاصيل الزراعية إذ تلحق بها أضرار كبيرة كما هو الحال في العناكب التي تصيب النخيل وقصب السكر والسمسم وغيرها.

٣- تؤدي دقائق الغبار الدقيقة جدا إلى الإصابة بمرض تليف الرئة بعد أن تترسب في أنسجتها كما تسبب التهابات لأغشية العيون الحساسة للغبار فضلا عن آثارهاالسيئة على المصابين بأمراض الجهاز التنفسي وخصوصاًأمراض الربو والحساسية.

٢- مشكلة ملوحة التربة Soil Salinity

تعد مشكلة ملوحة التربة من المشاكل الأساسية الرئيسة التي تحد من زراعة الكثير من المحاصيل الزراعية، إذ نجم عنها هجرة الأراضي الزراعية المتملحة وزراعة الأراضيالأقل ملوحة، وتعد التربة المالحة مثالاً نموذجياً للترب الرديئة في مكوناتها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والمورفولوجية والميكروبايلوجية وغيرها من الخصائص التي تختلف بها عن الترب الأخرى وبالنتيجة تكون اقل ملائمة أو غير ملائمة من النواحي الزراعية والإنتاجية وغيرهما. وقد اتخذت هذه المشكلة طابعاً عالمياً يهتم به المختصون في مجال الزراعة والإنتاج النباتي نظراً لارتباطها الوثيق بمصدر غذاء الإنسان، ويعزى هذا الاهتمام الكبير إلى البحث الدائم عن مساحات زراعية جديدة بسبب زيادة أعداد السكان في العالم، إذ من المرجح أن تبلغ هذه الأعداد حوالي (٧,٥مليار نسمة) خلال العشرين السنة الأولى من القرن الواحد والعشرين، إذأصبحتالأرض المستثمرة زراعياً لاتسد حاجة السكان(وهبي/ ٢٠٠٠/ ١٣).

وتبلغ مساحة الأراضي المزروعة في العالم (١,٥ × ١٠ ^{٩} هكتار)تمثل الأراضي الملحية منها ٢٣% (٠,٣٤×١٠ ^{٩} هكتار) من مساحة الأراضيالمزروعة، بينما تمثل الأراضي القلوية حوالي ٣٧% (٠,٥٦×١٠ ^{٩} هكتار) من المساحة المزروعة وعلى العموم تشكل الأراضي الملحية والقلوية حوالي ١٠% من مساحة الأراضي الكلية في العالم والبالغة ١٣,٢×١٠ ^{٩}هكتار موزعة على مائة دولة من دول العالم واستناداً إلى المعلومات الصادرة عن منظمة الغذاء والزراعة الدولية (F.A.O) ومنظمة اليونسكو التابعة لهيئة الأمم المتحدة فإن مجموع الأراضي ذات الترب المالحة وبدرجات متفاوتة يبلغ حوالي (٣٢٢,٩ مليون هكتار) تشتد ضراوتها في المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف إذأن حوالي٤٠%من ترب هذه المناطق معرضة للتملح. (جدول ٣٠)، (خارطة ٨).

(جدول ٣٠)

مساحات الأراضي المتملحة في العالم (مليون هكتار)

المنطقة	مساحة الأراضي المتملحة (مليون هكتار)
أفريقيا	٦٩,٥
الشرق الأدنى والشرق الأوسط	٥٣,١
آسيا والشرق الأقصى	١٩,٥
أمريكا الجنوبية	٥٩,٤
أستراليا	٨٤,٧
أمريكا الشمالية	١٦,٠
أوربا	٢٠,٧
المجموع	٣٢٢,٩

المصدر: http:www.Al kherat.com/vb/showthread

(خارطة ٨) التوزيع المكاني للترب المتملحة في العالم

المصدر: السيد احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي، جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، ٢٠٠٦، ص٥١٠.

يرتبط تكوين الترب الملحية بتراكم الأملاح في آفاق التربة وغالباً ماتكون أملاح الصوديوم سهلة الذوبان كالكلوريدات والكبريتات والبيكاربونات،كما قد تكون هذه الأملاح على شكل كلوريدات وكبريتات الكالسيوم والمغنيسيوم ولكن بشكل اقل، وعليه يمكن تمييز نوعين من تملح الترب هما التملح الأولي Primary Salinizationالذي ينشأ مع نشوء التربة وتكوينها أيأنالأملاح التي توجد في التربة هي بالأصل موجودة في الصخور الأم التي اشتقت منها التربة نفسها، وفي هذه الحالة تكون معالجة هذا النوع من التملح صعبة جداً وغير ممكنة لان ذلك يعني توقف تكوين التربة، أما النوع الثاني من التملح فهو الذي يسمى التملح الثانوي Secondary Salinizationويحصل هذا النوع غالباً بفعل عوامل مختلفة منها طبيعية ومنها ماناتج عن الفعل البشري، وتمر الترب التي تتعرض للتملح الثانوي بعدة مراحل وهي:

أ-المرحلةالأولى ويتم فيها تملح الأراضي الواقعة على جوانب القنوات بسبب المياه التي تترشح من تلك القنوات وبعد تبخر المياه تترك الأملاح التي تترسب على جانبي القنوات ومساحة الأراضي التي تتملح بهذه الطريقة تعتمد على حدود تأثير القنوات ومدى نشاط الخاصية الشعرية.

ب- المرحلة الثانية: ويحصل فيها تملح جميع الأراضيالمروية، وتحدث هذه المرحلة بعدة ادوار أولها ظهور البقع المتملحة في موسم معين وثانيهما ظهور البقع المتملحة في الحقل بصورة دائمية وآخرها تملح الحقل بأكمله.

لقد وضعت عدة تصانيف للترب المتأثرة بالملوحة أهمها التصنيف المقترح من قبل مختبر الملوحة في الولايات المتحدة الأمريكية وهناك أيضاً التصنيف الروسي. ويمكن تصنيف الترب المالحة استناداً على أساسين مهمين الأول هو المحتوى الكلي للأملاحالذائبة في محلول التربة والمقاسة في عجينة الإشباع أو في مستخلص عجينة الإشباع بدرجة ٢٥°م، وبناءاً على هذا التصنيف يمكن تمييز أربعةأصناف للتربة المتأثرة بالملوحة الأول وتتراوح درجة ملوحته بين (٠-٤) ديسيسيمنز/م وهي الترب القليلة الملوحة والثاني تتراوح بين (٤-٨) ديسيسيمنز/م وهي الترب المتوسطة الملوحة والثالث تتراوح (٨-١٥) ديسيسيمنز/م وهي الترب العالية الملوحة والصنف الرابع الذي تبلغ درجة ملوحته أكثر من (١٥) ديسيسيمنز/م وتمثله الترب ذات الملوحة العالية جدا(F.A.O/ ١٩٧٣/ ٧٥) ، أماالأساس الثاني لتصنيف الترب المتأثرة بالملوحة فهو الذي يعتمد على ثلاث متغيرات هي التوصيل الكهربائي لمستخلص العجينة المشبعة للتربة في درجة حرارة ٢٥°م (ECe) ودرجة التفاعل(PH)ونسبة الصوديوم المتبادل (ESP) إلى بقية الايونات المتبادلة الموجودة في معقد التبادل ووفقاً لذلك تصنف الترب المتملحة إلى عدة أصنافأيضاً.(جدول ٣١)

(جدول ٣١)

أصناف الترب المالحة حسب درجة الملوحة ودرجة التفاعل ونسبة الصوديوم المتبادل

صنف التربة	درجة التفاعل	التوصيل الكهربائي EC ds/m	نسبة الصوديوم المتبادل%
غير ملحية	أقل من ٨,٥	أقل من ٤	أقل من ١٣-١٥
ملحية	أقل من ٨,٥	أكثر من ٤	أقل من ١٣-١٥
ملحية – صودية	أقل من ٨,٥	أكثر من ٤	أكثر من ١٣-١٥
صودية	أكثر من ٨,٥	أقل من ٤	أكثر من ١٣-١٥

المصدر:

U. S. Salinity laboratory staff, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali soils, U. S. D. A, Agricultural Hand Book, No. ٦٠, Washington Government Printing Office, ١٩٦٩, P. ١٥

أما حسب التصنيف الروسي للترب المتأثرة بالملوحة فقد تم تمييز نوعين منها هما الترب المتملحة من نوع الصولونجاك Solonchak soils وهذا النوع من الترب يحتوي على كميات كبيرة من الأملاح الذائبة والتي فيها ماهو سريع الذوبان بالماء مثل كلوريد الصوديوم وكلوريد المغنيسيوم وكلوريد الكالسيوم وكبريتات الصوديوم والمغنيسيوم وكذلك بيكاروبونات الصوديوم والكالسيوم وأملاح الامونيوم والنترات، ومنها ماهو متوسط الذوبان بالماء مثل كاربونات الصوديوم وكبريتات الكالسيوم المائية،واعتماداً على محتوى الترب الصولونجاك من الأملاح يمكن تحديد عدة أصناف ثانوية منها (جدول ٣٢).

(جدول ٣٢)

تصنيف ترب الصولونجاك بالاعتماد على محتواها من الأملاح سهلة الذوبان

صنف التربة	**التوصيل الكهربائي EC ds/m**	**نسبة الأملاح الذائبة %**
غير متملحة	أقل من ٤	أقل من ٠,٢٥
ضعيفة التملح	٤-٨	٠,٢٥-٠,٥٠
متوسطة التملح	٨-١٥	٠,٥٠-١,٠٠
شديدة التملح	أكثر من ١٥	أكثر من ١,٠٠

المصدر: م. بينكوفوآخرون، استصلاح التربة الرديئة الصفات(الغدقة والمتملحة)، ترجمة نديم ميخا اسحق بقادي وأنوار يوسف حنا باتا، مطبعة دار الحكمة، جامعة البصرة،١٩٩١، ص١٥٣.

أما النوع الثاني من الترب المتأثرة بالملوحة حسب هذا النظام فهي الترب المتملحة من نوع الصولونيتس Solonetz Soils ويحتوي هذا النوع من الترب على نسبة عالية من الصوديوم المتبادل (ESP) تؤثر بصورة سلبية على صفات الترب كما تؤثر على نمو وتطور النباتات، ويمكن تمييز عدة أصناف ثانوية من ترب الصولونيتس وذلك اعتماداً على النسبة المئوية للصوديوم المتبادل من السعة التبادليةالكاتيونية الكلية. (جدول ٣٣).

(جدول ٣٣)

تصنيف ترب الصولونيتس بالاعتماد على نسبة الصوديوم المتبادل%

صنف التربة	النسبة المئوية للصوديوم المتبادل
غير صولونيتس	أقل من ٥
صولونيتس ضعيفة	٥-١٠
صولونيتس متوسطة	١٠-١٥
صولونيتس شديدة	١٥-٢٠
صولونيتس	أكثر من ٢٠

المصدر: م. بينكون وآخرون، استصلاح التربة الرديئة الصفات (الغدقة والمتملحة)،ترجمة نديم ميخا اسحق بقادي وانوار يوسف حنا باتا،مطبعة دار الحكمة، جامعة البصرة،١٩٩١،ص١٥٨.

يرجع تملح الترب إلى أسباب كثيرة يمكن إجمالها بما يأتي:

١- التجوية الجيوكيائية للمعادن الأولية:

علمنا سابقاًأن الترب المعدنية تتطور عادة من مواد أصلية ناتجة عن تجوية الصخور وبهذا فإن معادن التربة المكونة لهذه الصخور والتي تحتوي على تراكيز عالية من ايونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والكلور والكاربونات والبيكاربونات ينجم عن تجويتها جيوكيميائياً نسبة عالية من المواد الملحية لذا فإن من الطبيعي ان تحوي التربة التي تتطور فيها على نسبة عالية من الأملاح وخصوصا في المناطق الجافة وشبه الجاف.أما في المناطق ذات المناخ الرطب فغالباً مايتم غسل الأملاح من سطح التربة إلى الأسفلأو إلى المناطق المجاورة الواطئةبواسطة مياه الأمطار ومن ثم يتم نقلها إلى مجاري المياه الطبيعية التي تنقلها بدورها إلى البحار والمحيطات، ولهذا السبب لايلاحظ عادة تراكم ملموس للأملاح الذائبة في معظم الترب تحت ظروف المناخ الرطب. وتتمثل مصادر ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم بنواتج تجوية الصخور الحاوية لهذه الايونات مثل الكالسايت والدولومايت والجبس والانهيدرايت وكذلك معادن الاولفين والبايروكسين، ومصدر ايونات الصوديوم هو

التجوية الكميائية التي تؤدي إلى ذوبان معدن الهالايت، أما مصدر ايونات البوتاسيوم فيتمثل بالمعادن الطينية والفلدسبار والمايكا، وتعد صخور الجبس والانهيدرايت مصدراً لايونات الكبريتات وتنتج ايونات الكلوريدات عند ذوبان معدن الهالايت وكذلك مياه الثلوج الذائبة. وأخيراًوفيما يخص ايونات البيكاربونات فإنها تنتج من تجوية كاربونات الكالسيوم والمغنيسيوم عند تفاعلها مع حامض الكاربونيك فضلاً عن حجر الكلس.(سعد/ ٢٠٠٧/ ٣٨٧-٣٨٨).

٢-نوعية مياه الري

وهي إحدى العوامل المهمة التي تساعد على ملوحة التربة الزراعية إذأن هذه المياه تحتوي على كميات ونوعيات مختلفة من الأملاح يكون من الطبيعي أن يتخلف قسماً منها في الأراضي الزراعية جراء الاستعمال المستمر لها وخصوصاً في المناطق الزراعية الاروائية وتحت ظروف المناخ الجاف وشبه الجاف. (سعد/ ١٩٩٩/ ١٢٠) فعندما تزيد كمية الأملاح المضافة إلى التربة عبر مياه الري عن كمية الأملاح المزالة بوساطة البزل الطبيعي أو الاصطناعي وبوساطة المحاصيل التي يتم حصادها فإن ذلك يؤدي إلى تراكم الأملاح في التربة، وعند استمرار هذا الوضع لفترة طويلة من الزمن فإن تراكيز الأملاح سوف تزداد إلى الحد الذي يجعل التربة غير صالحة للاستثمار الزراعي دون القيام باستصلاحها أولاً،وبناءً على ماتقدم يمكن تصنيف مياه الري حسب درجة ملوحتها وفقاً لمعيار مختبر الملوحة الأمريكي U.S.D.A (١٩٥٤) (جدول ٣٤).

(جدول ٣٤)

تصنيف المياه حسب درجة ملوحتها وفقاً لمعيار مختبر الملوحة الأمريكي (١٩٥٤) U.S.D.A

الملوحة ds/m	صنف المياه
أقل من ٠,٢٥٠	منخفضة الملوحة
٠,٢٥٠-٠,٧٥٠	معتدلة الملوحة
٠,٧٥٠-٢,٢٥٠	متوسطة الملوحة
٢,٢٥٠-٤,٠٠	عالية الملوحة
٤,٠٠-٦,٠٠	عالية الملوحة جداً
أكثر من ٦,٠٠	عالية الملوحة بإفراط

المصدر:

U.S. Salinity Laboratory Staff, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soil U. S. D. A, Agricultural Hand Book, No ٦٥, Washington, Government Printing Office, ١٩٦٩, P. ٧١

كما يمكن تصنيف مياه الري من حيث درجة ملوحتها ومجموع الأملاح المذابة فيها وتحديد مدى صلاحيتها للاستعمالات الزراعية . (جدول ٣٥)

(جدول ٣٥)
تصنيف مياه الري من حيث ملوحتها ومجموع الأملاح الذائبة ومدى صلاحيتها للاستعمالات الزراعية

الملوحة ds/m	مجموع الأملاح الذائبة ملغم/لتر	صلاحية المياه للري	صلاحية المياه للأغراض الزراعية
أقل من ٠,٧٥	٥٠٠-٠	صالحة لجميع الترب	صالحة لزراعة الفاصوليا والبزاليا والفجل والتفاح والبرتقال
١,٥٠-٠,٧٥	١٠٠٠-٥٠٠	صالحة للمحاصيل التي تتحمل الملوحة والترب الجيدة الصرف	صالحة لزراعة القمح والشعير والرز والذرة والطماطة والخضروات والزيتون واللهانة
٣,٠٠-١,٥٠	٢٠٠٠-١٠٠٠	صالحة للمحاصيل التي تتحمل الملوحة بشرط الاعتناء بالصرف الجيد للتربة	صالحة لزراعة القطن والنخيل والبنجر السكري
٧,٥٠-٣,٠٠	٥٠٠٠-٢٠٠٠	صالحة لبعض المحاصيل مع الاعتناء بظروف التربة وصرفها	صالحة لزراعة النخيل والجت والبرسيم
أكثر من ٧,٥٠	أكثر من ٥٠٠٠	غير صالحة للري	غير صالحة لزراعة المحاصيل

المصدر:
U. S. National Technical Advisory Committee Report on Water Quality Criteria Submitted to the Secretary of Interior, Washington, D. C, ١٩٦٨, P. ١٧٠.

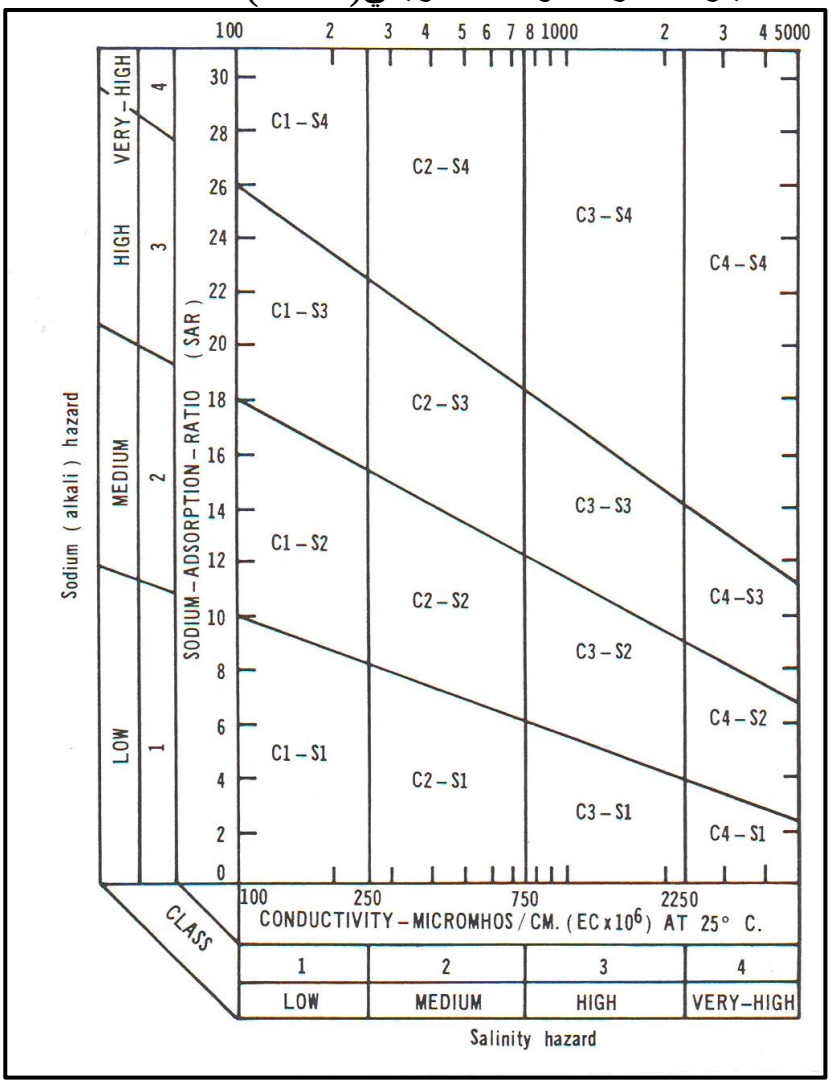
كما وضع مختبرالملوحة الأمريكي U. S. D. A. ١٩٥٤تصنيفا لمياه الري استند إلى العلاقة بين درجة ملوحة المياه ونسبة امدصاص الصوديوم (SAR) (شكل ١٢) .

٣- أحوال المناخ

تسهم أحوال المناخ في الكثير من الأحيان في تملح التربة الزراعية، ففي المناطق ذات المناخ الجاف وشبه الجاف التي تشغل مساحات واسعة من الأراضي في العروض المداريةوالمعتدلة تزداد سرعة الإشعاع الشمسي وترتفع درجات الحرارة وتقل الغيوم كما تنخفض الرطوبة النسبية وتزداد سرعة الرياح وكل هذه العوامل تساعد على زيادة معدلات التبخر التي ينتج عنها تراكم الأملاح في التربة فضلاً عن تنشيط فعل الخاصية الشعرية التي تسهم هي الأخرى في زيادة ملوحة التربة وخصوصاً عند ارتفاع مستوى الماء الباطني الذي يحمل كميات كبيرة من الأملاحالذائبة، ومما يزيد من تأثير هذا العامل هو قلة الأمطار في هذه المناطق إذ لاتسهم الكميات الساقطة منها في عمليات غسل الآفاق العليا للتربة نحو الأسفل بل تبقى متراكمة فوق سطحها،وقد تؤثر درجات الحرارة في زيادة تملح الترب الزراعية إذا ماعلمنا أن درجة ذوبان الأملاح تتفاوت حسب درجات الحرارة فقد تذوب بعض

(شكل ١٢)

تصنيف مياه الري وفقا للعلاقة بين الملوحة ونسبة امدصاص الصوديوم وحسب معيار مختبر الملوحة الأمريكي(١٩٥٤) U. S. D. A



المصدر:

U. S. Salinity Laboratory Staff, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U. S. D. A., Agricultural Hand Book, No: ٦٠, Washington, Government Printing Office, ١٩٦٩, P. ٨٠.

الأملاح بكميات كبيرة عند درجات الحرارة العالية ويترسب قسماً منها عند انخفاضها بينما يبقى القسم الآخر مذاباً وبذلك يتم فصل الأملاح في محلول التربة،ويسهم عنصر الرياح في نقل ذرات بعض الأملاح عندما تهب من مناطق ذات ترب مالحة، كما لاننسى دور الرياح أيضاً في نقل جزيئات مياه البحار والمحيطات المالحة على شكل رذاذ لتترسب الذرات الملحية على المناطق الساحلية.

٤-ارتفاع مستوى المياه الأرضية

تعد المياه الأرضية احد المصادر المهمة لملوحة الترب الزراعية في الكثير من المناطق الزراعية الاروائية التي لاتحوي على أنظمة بزل كفوءةأو الأراضي ذات الطبقات المانعة لحركة الماء، أن مستوى الماء الأرضي قد يكون قريباً من السطح،بحيث يرتفع الماء المالح بوساطة الخاصية الشعرية إلى سطح التربة فيسبب تغذيتها وعند تبخر الماء تتراكم الأملاح على السطح (صورة ١١)

(صورة ١١)
تربة متغدقة بفعل ارتفاع مستوى المياه الأرضية

وقد وجد انه يمكن لطاقة الخاصية الشعرية ان ترفع المياه الأرضية المالحة من عمق(٢,٥م) في الترب الطينية ومن عمق (٠,٧م) في الترب الرملية كحد أقصى.(موصلي/ ١٨٨٣/ ٢٢٥) وفي حالة وجود ماء ارضي قريب من السطح فإن سرعة تملح الترب تعتمد على سرعة ارتفاع الماء بالخاصية الشعرية ومحتوى الماء

الأرضي من الأملاح فضلاً عن سرعة التبخر من سطح التربة،فكلما اقترب مستوى الماء الأرضي من سطح التربة كلما زادت معدلات التبخر وقابلية التربة على نقل الماء إلى السطح كلما زادت سرعة تملح الترب عند ثبات العوامل الأخرى، ولابد من الإشارة هنا إلى أن معرفة علاقة الماء الأرضي مع ملوحة التربة لايمكن فهمه وتحديده بشكل دقيق إلا من خلال التعرف على مايسمى بالعمق الحرج للماء الأرضيCritical Depth والذي يمثل مستوى الماء الأرضي الذي إذا ارتفع فوق ذلك المستوى فإنه يسبب تملح سطح التربة وذلك بفعل حركة الماء المالح نحو الأعلى بالخاصية الشعرية عندها تتخلف الأملاح على سطح التربة بعد تبخر المياه (حمادي وزميله/ ١٩٨٦/ ٢١)، وقد أشارتإحدى المصادر بهذا الخصوص إلى أن ملوحة المنطقة الجذرية الأصلية كانت(٢,٥ ديسيسيمنز/م) ارتفعت إلى (٤,٨، ٧,٧، ٩,٨ ديسيسيمنز/م) عندما كانت مستويات الماء الأرضيعلىأعماق(٩٠، ٦٠، ٣٠سم) من السطح على التوالي.(الموسوي/ ٢٠٠٥/ ٢٨٢) وعموماً يزداد العمق الحرج للمياه الأرضيةفي المناطق الجافة وشبه الجافة صيفاً بسبب زيادة سرعة حركة تلك المياه بالخاصيةالشعرية بفعل ارتفاع درجة الحرارة وزيادة التبخر مع انعدام سقوط الأمطار وقلة الرطوبةالنسبية ويحدث العكس تماماً في فصل الشتاء، وأشار مصدر آخرأيضاً إلى أن حركة الماء الأرضي تزداد سرعة إذا كانت هذه المياه على عمق اقل من (١م) وتتباطأ هذه الحركة مع زيادة العمق عن هذا المستوى (Bunting/ ١٩٦٧/ ١٣٤-١٣٥).

٥-استخدام كميات كبيرة من المياه للري

وهو عامل مهم في تملح الترب وخصوصاً في مناطق الزراعة الاروائية التي تتصف بمناخها الجاف وشبه الجاف إذ تستخدم كميات كبيرة من مياه الري دون الاعتماد على المقننات المائية للمحاصيل المزروعة فيكون ذلك مدعاة لزيادة الضائعات المائية water losses على شكل رشح وتسرب وغور عميق، وتشير إحدى المصادر إلى أن زيادة كميات مياه الري المستخدمة تسبب فقدان مايقل عن ٣٠% من تلك المياه (الزبيدي/ ١٩٩٢/ ١١٦)،وتسبب هذه المياه ارتفاع مستوى المياهالأرضية من خلال التسرب الذي يحدث لمياه الري من القنوات وغيرها من المنشات الهندسية الأمر الذي يسهم في استمرارية تغذية المياه الأرضية ورفع منسوبها وعند ذلك فإن التربة تعمل كما لو كانت مادة أسفنجيةإذ تسحب الماء إلى منطقة الجذور بتأثير الفعل الشعري وهذا التأثير يمكن أن يسحب الماء صعوداً مسافة(١,٥م) تقريباً تبعاً لنوعية التربة، وبعد تبخر الماء تتخلف الأملاح حول الجذور الأمر الذي يعيق قدرتها على امتصاص الماء، وتحصل هذه العملية بوتائر سريعة وشديدة في المناطق الجافة وشبه الجافة كما تزداد ضراوتها في المناطق التي تتصف بسوء صرفها الطبيعي وفقرها لوسائل الصرف الاصطناعي وقنوات الري

المبطنة،ومن هنا تكمن ضرورة ممارسة عمليات الري وفق الحاجة الفعلية للمحاصيل الزراعية (المقننات المائية) للحد من كميات المياه الضائعة من جانب وتقليل فرص تملح الترب الزراعية المروية من جانب آخر. (جدول ٣٦)

(جدول ٣٦)

المقننات المائية الكلية م^{3}/هكتار لبعض المحاصيل الزراعية

المحصول	المقتنى المائي م^{3}/هكتار
قمح - شيلم شتوي	٣٥٠٠-٢٨٠٠
شعير ربيعي	٢٥٠٠-٢٠٠٠
شوفان	٣٠٠٠-٢٤٥٠
الذرة الصفراء	٣٩٠٠-٣٤٥٠
بطاطا مبكرة	٢١٠٠-٢٠٠٠
بطاطا متأخرة	٤٢٠٠-٣٨٠٠
بزاليا – عدس - فاصوليا	٢٨٠٠-٢٤٥٠
فول الصويا	٣٧٠٠-٢٩٠٠
اللفت	٣٢٥٠-٢٦٥٠
زهرة الشمس	٣٨٥٠-٣٤٠٠
الكتان	٣٥٥٠-٢٦٥٠
الخضروات	٥٤٥٠-٥٣٥٠
الفواكه	٣٩٠٠-٣٤٥٠
التبغ	٣٩٠٠-٣٢٠٠
المروج والمراعي	٦٣٠٠-٥٤٠٠

المصدر: طه الشيخ حسن،المياه والزراعة والسكان،منشورات دار علاء الدين،دمشق،٢٠٠٣،ص٦٣.

٦- خصائص التربة

تؤثر بعض خصائص الترب الزراعية في نشوء وتطور مشكلة ملوحة هذه الترب فنسجة التربة مثلاً لها تأثير مباشر في ظاهرة تملح التربة،فزيادة دقائق الطين في التربة يقلل من نفاذيتها وبذلك تبقى المياه على سطح التربة لفترة طويلة من الزمن الأمر الذي يزيد من فرص تعرضها للتبخر عند ارتفاع درجات الحرارة إذ تتخلف الأملاح الذائبة في المياه في التربة، وأشارتإحدى المصادر بهذا الصدد أن معدل نفاذية ترب منطقة السهل الرسوبي في وسط وجنوب العراق إذ تواجه الترب هناك مشكلة الملوحة منذ زمن بعيد حوالي(٠,٧٤م/يوم)، كما يبلغ معدل غيض التربة للماء حوالي (١,٣سم/ساعة) (الربيعي/٦١/١٩٨٨)، وعموماً وجد أن الترب ذات النسجة الناعمة تفقد من الأملاح كميات اقل بالمقارنة مع الترب ذات النسجة الخشنة والمتوسطة الخشونة عند الري بمياه ذات تركيز متساوي من الأملاح،كما أن الترب الناعمة تعد ذات محتوى ماء مالح أكثر من الترب الخشنة بسبب زيادة السعة الحلقية للأولى وقلتها للثانية. (جدول ٣٧)

(جدول٣٧)

تأثيرإضافة ماء ذي تركيزين مختلفين من الأملاح إلى ترب مختلفة النسجة

نسجة التربة	ماء ذو تركيز ١,٦٧غم/لتر			ماء ذو تركيز ٣,٢٥غم/لتر		
	الملح قبل الري غم/كغم	الملح بعد الري غم/كغم	الملح المضاف غم/كغم	الملح قبل الري غم/كغم	الملح بعد الري غم/كغم	الملح المضاف غم/كغم
رملية	٠,٣٠	٠,٧٠	٠,٤٦٧	٠,٣٠	١,٣٠	٠,٨٩٣
طمية ثقيلة	٠,٦٠	١,١٠	٠,٦٢٠	٠,٦٠	٢,٣٠	١,١٧٠
طينية	١,١٠	١,٥٠	٠,٧٦٠	١.١٠	٢,٣٠	١,٣٥٥
طمى خفيف	٢,٧٠	٠,٨	٠,٤٥٠	٣,٧٠	١,٣٥	٠,٨٧٧

المصدر: عبد المنعم بلبع،استصلاح وتحسين الأراضي،دار المطبوعات الجديد، الإسكندرية،١٩٧٦،ص٥٩.

وتلعب طبيعة نسجة التربة دوراً في مدى فعالية الخاصية الشعرية، ففي الترب الثقيلة يصل الماء الصاعد بهذه الخاصية إلى ارتفاع عال عن طريق الأنابيب الشعرية الضيقة،أما في الترب الخفيفة فإن ارتفاع الماء الصاعد يكون لمسافات اقل ولكن بقنوات شعرية أوسع ويتحرك الماء في الترب الناعمة النسجةببطء ولكن كميته الكلية تكون اقل وكذلك فإن الترب التي تسمح بصعود الماء عن طريق الخاصية الشعرية إلى الارتفاع الذي عنده يرتبط مع الماء الموجود في طبقة التربة المشبعة بحيث أنأقطارالأنابيبالشعرية تسمح بنقل كمية من الماء الأرضي تكون كافية لتغذية التبخر خلال الفترةالفعالة وبالتالي فإن هذه الترب ستكون الأكثر تعرضاً للتملح. (بينكوفوآخرون/ ١٩٩١/ ١٤٩).

وتؤدي زيادة نسبة كاربونات الكالسيوم في التربة إلى زيادة كثافتها الظاهرية وبالتالي انخفاض لمساميتها وبالأخصإذا تراوحت هذه النسبة بين (٢١-٣٠%) وينتج عن ذلك تكوين طبقة صماء ذات نفاذية واطئة تعرقل حركة الماء باتجاه الآفاق السفلى للتربةفيبقى فوق الطبقة السطحية لفترة طويلةإذ يتعرض للتبخر فتتخلف الأملاح على سطح التربة. (المالكي/ ٢٠١٢/ ١٢٢).

٧-نظام زراعة الأرض

يتبع المزارعون في الكثير من مناطق الزراعة في العالم أسلوب زراعة التبوير Fallow Systemأي زراعة التربة في موسم معين وتركها دون زراعة في موسم آخر، أنإتباع هذا الأسلوب من شأنه أن يسبب ارتفاع مستوى المياه الجوفية الناتجة عن الترشيح والتسرب والغور العميق للمياه فضلاً عن زيادة نشاط الخاصية الشعرية في مناطق المناخ الجاف وشبه الجاف وأشارتإحدى التجارب التي تتعلق بهذا الجانب أن ملوحة إحدى الترب ذات النسجة الطينية الغرينية قد ازدادت من (١,١ديسيسيمنز/م) إلى (١٩,٣ديسيسيمنز/م)خلال سنة ونصف من تركها دون زراعة في الوقت الذيتراوح فيه عمق المياه الجوفية فيها بين(٥٥-١٦٠سم) وكانت

ذات ملوحة قدرها(٣٥,٧ديسيسيمنز/م)(المالكي/ ١٩٩٠/ ٥٩).

وهناك عوامل ثانوية قد تساعد بشكل أو آخر في تملح التربة وخصوصاً في مناطق الترب المروية ذات المناخ الجاف والشبه الجاف منها مثلاً سوء الصرف الطبيعي للتربة الذي يعود بدوره لأسباب عديدة أهمها طبيعة نسجة التربة، إذ تزداد هذه المشكلة في الترب ذات النسجة الناعمة وتقل فيما سواها من النسجات الأخرى،ومما يزيد من تأثير هذا العامل هو عدم أو قلة وسائل الصرف الاصطناعي لهذه الترب إذ من المعلوم لدى المختصين في شؤون الري والزراعة، أن عمليتي الري والصرف هما عمليتان متكاملتان في مناطق الزراعة الإروائية وأخيراً هناك عامل عدم تبطين قنوات الري سواء منها القنوات الرئيسة أو الفرعية، إذ يزيد ذلك كميات المياهالمترشحة والمتسربة داخل التربة فتعمل تلك المياه الضائعة على زيادة مستوى المياه الأرضية المالحة والتي هي بحد ذاتها احد الأسبابالمهمة لظهور مشكلة الملوحة وتفاقمها في ترب الزراعة الاروائية.

٣-مشكلةتلوث التربةSoil Pollution

يعرف التلوث على انه التغير الكمي أو الكيفي في مكونات الكرة الحية في الصفات الكيميائيةوالفيزيائيةوالحيوية للعناصر البيئية، أما الملوثات فهي مواد أو ميكروبات تخل بالنظم البيئية وتعرض الإنسان للخطر وتهدد سلامة مصادره بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، أما مجالات التلوث فإنها تتمثل بالهواء والمياه والتربة (بوران/ ١٩٩٣/ ٢٢٣).

تعتمد إنتاجيةالأراضي الزراعية أساساً على قدرة التربة على الاستجابة لإدارتها فالتربة ليست كتلة جامدة وإنما هي تجميع متوازن بدقة بالغة لجزيئات معدنية ومواد عضوية وكيانات حية داخل توازن ديناميكي وهي تتكون على مدى فترات زمنية طويلة جداً تتراوح عادة بين بضعة آلاف وملايين السنين كما عرفنا ذلك سابقاً،كما ان الضغط البشري الزائد أو النشاط البشري السيئيمكن أن يدمر التربة في سنوات وعقود قليله بحيث يستحيل إرجاعها إلى حالتها الأولى،ويعد التلوث إحدىأهم المشاكل التي تعاني منها الترب في وقتنا الحاضر والتي ترجع في الكثير من جوانبها إلى إدارةالإنسان السيئة للنظم الايكولوجية والزراعية في العقود الأخيرة،وعلى هذا الأساس يمكن وعلى نحو العموم أن نعزي أسباب تلوث التربة إلى كل مما يأتي: (الحفيظ/ ٢٠٠٥/ ١٣٩-١٣٠)

١-الاستخدام غير العقلاني للأسمدة الكيميائية مع ضعف استخدام الأسمدة العضوية عموماً.

٢-استخدام المبيدات الكيميائية بشكل غير سليم.

٣-المخلفات العسكرية ومخلفات الحروب وكذلك نفايات المصانع والمدن على مختلف أشكالها وصورها.

٤-المواد النفطية الخام والمصنعةالتي تؤثر سلباً على التربة وخصائصها المختلفة
٥- ارتفاع مستويات المياه الجوفية التي تزيد من تملحها
٦- عدم تكامل شبكات الري والبزل في مناطق الزراعة الاروائية.
٧-سوء استخدام مياه الري ممايسبب تملح مساحات واسعة من الترب المزروعة.
٨-عدم توفر خارطة جغرافية للمحاصيل الزراعية المختلفة بالشكل الذي يتناسب مع طبيعة التربة وقابليتها الإنتاجية.
٩-تعرض مساحات واسعة من الترب الزراعية إلى التلوث بالإشعاعاتالمختلفة.

وبناءً على ماتقدم سوف نتناول موضوع تلوث التربة استناداً إلى أسباب ذلك التلوث إذ ستتم دراسة التلوث الطبيعي للتربة والتلوث الكيميائي سواء كان عضوياً أو غير عضوياً فضلاً عن التلوث بالنفايات والتلوث الإشعاعي.

أ-التلوث الطبيعي للتربة: تتمثل مصادر التلوث الطبيعي للتربة بما يلي:

١-تلوث التربة بالإمطار: تتلوث التربة بكميات من الملوثات الموجودة في مياه الأمطار واهم هذه الملوثات الأحماض الموجودة في حامض النتريك أو حامض الكبريتيك أو حامض الهيدروكلوريك، وقد اكتشف العلماء نتائج مؤكدةأن ثاني اوكسيد الكبريت واوكسيد النتروجين هما السببان الرئيسيان للمطر الحامضي، فقد أسهم التوزيع الصناعي الذي يشهده العالم في الوقت الحاضر في زيادة تركيز ثاني اوكسيد الكبريت(SO_2)في هواء المدن الصناعية إذ يتخلف عن احتراق الوقود العضوي وخاصة الفحم الحجري ويتفاعل هذا الغاز مع الإشعاع الشمسي ليكون ثالث اوكسيد الكبريت(SO_3) ويتحد الغاز الأخير مع رطوبة الهواء في الأقاليم الممطرة مكوناً حامض الكبريتيك بشكل نوايات دقيقة تتجمع حول قطرات المطر لتكون غيوم تحتوي على تراكيز عالية من الحامض المذكور الذي يسبب تلوث التربة عند سقوط الأمطار عليها فيعمل على تحلل مكوناتها، كما أن هذه الأمطار تعمل على تغيير التركيب الكيميائي لكاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) إلى كبريتات أو كبريتيد الكالسيوم،وقد تحدث تفاعلات كيميائية أخرى من شأنها تكوين هذا النوع من الأمطار كتفاعل أكاسيد النتروجين مع الماء إذ يتكون حامض النتريك وتفاعل اوكسيد الكاربون مع الماء ليكون الحامض الكاربوني وقد تتحد أملاح الكلورايد المنتشرة بشكل ذرات دقيقة في الهواء مع الماء لتسقط على سطح الأرض على شكل حامض الهيدروكلوريك في المناطق الرطبةالممطرة (عطية وآخرون/ ٢٠١٢/ ١٣٧)،وقد ثبت بهذا المجال على سبيل المثال اختلاط الأمطاربأحماض الكبريتيك والنتريك والهيدروكلوريك في مساحات واسعة من شمال شرق الولايات المتحدة الأمريكيةوأوروباالغربية بحيث انخفضت درجة تفاعلها (PH) إلى (٤).(عبد المقصود/ ١٣٧/١٩٨١).

وقد تتلوث التربة الزراعية بكميات من العناصر الثقيلة الناتجة عن غسل الجو

أثناء سقوط الأمطار والتي تشمل على الرصاص والحديد والنحاس والمولبيدنوم وغيرها من العناصر ويؤثر احتواء الأمطار على الكثير من الكاتيونات والانيونات على السعة التبادلية الكاتيونية للترب الزراعية وتؤثر هذه المحتويات الضارة في خصوبة التربة المتمثلة في الكائنات الحية الموجودة بالتربة ونشاطها كما تؤثر بما تحويه التربة من عناصر غذائية صالحة أو غير صالحة لتغذية النبات.(عبد الجواد/ ١٩٩٥/ ٥١-٥٢).

٢-الملوحة والقلوية: تتعرض مساحات واسعة من الترب الزراعية لمشكلتي الملوحة والقلوية إذ يمكن عدها احد صور التلوث الطبيعي للتربة بتراكيز عالية من الأملاح المختلفة، وقد سبقت الإشارة إلى تأثيرات ظاهرتي الملوحة القلوية على التربة والنبات معاً في الفصل الرابع من هذا الكتاب، ولكن من المفيد الإشارة هنا إلى أن تلوث التربة بالتراكيز الملحية العالية يمثل مشكلة هذه التربة في المناطق الجافة وشبه الجافة،فعلى سبيل المثال يفقد العراق مايقارب(١٨٠٠٠دونم) من الأراضي الزراعيةفي العام الواحدبسبب التملح،وفي الوقت الذي يبلغ نصيب الفرد الواحد من الأراضيالمروية في هذا البلد حوالي (٢دونم) وفي الصين يبلغ النصيب (دونم) وفي الهند (دونم) وفي مصر (دونم) ولكن إنتاجية الدونم الواحد في العراق لاتتجاوز (١٧٢كغم)بينما تبلغ في مصر (٦٧٦كغم)وفي نيوزلندة(٨٢٨كغم) وفي المملكة المتحدة (١٠١٥كغم)، وأخيراً تؤثر التراكيز العالية للأملاح في التربة على سرعة إنبات المحاصيل وقوة ذلك الإنبات، إذ يزدادان عند انخفاض هذه التراكيز ويقلان عند ارتفاعها(جدول ٣٨).

٣-التصحر:وهو أحد مظاهر التلوث الطبيعي للتربة وخصوصاً في البيئات الجافة وشبه الجافة وشبه الرطبة،ويعبر التصحر عن تناقص القدرة البيولوجية للبيئة وتدهورها إذ كانت هذه المناطق وقبل تحولها إلى مناطق متصحرة ذات قدرات بيولوجية معينة وفيها غطاء نباتي أكثر غناً وتنوعاًوكثافة من وضعها الحالي،وترجع الكثير من الدراسات ظاهرة التصحر إلى جملة أسباب منهاالنمو السكاني السريع للعالم الذي يدفع بالضغط على موارد الأرض بما فيها التربة بطبيعة الحال لتلبية احتياجات الأعدادالمتزايدة من السكان الغذائيةوالمعيشية،وهناك أيضاًالإفراط في قطع الأخشاب الأمر الذي يسهل تعرية التربة فعلى سبيل المثال تدمر البرازيل سنوياً حوالي (١,٤) مليون هكتار من الغابات،وتعمل اندونيسيا على قطع(٨٩٠٠٠٠) هكتار من أشجار الغابات سنوياً وقضت بريطانيا على ٤٥% من أشجار غاباتها في العقود الأخيرة من القرن العشرين لأغراض اقتصاديةوصناعية.(رأفت/ ٢٠٠٦/ ٣٣).

ومن أسباب التصحر الأخرى هو الرعي الجائر غير المنظم وتحميل المراعي بأعداد كبيرة من الحيوانات أو أنواع معينة لاتتفق مع طبيعة المراعي وطاقتها،كما أسهم الضغط الزراعي وتكثيف استثمار التربة وتحميلها بالمحاصيل الزراعية كماً

ونوعاً بالمستوى الذي يفوق قدرتها البيولوجية في ظهور وتفاقم ظاهرة التصحر فضلاً عن ذلك هناك عوامل ثانويةأسهمت،في هذه المشكلةكأحوال المناخ المتمثلةبالحرارةوالأمطار وزحف الكثبان الرملية والزحف العمراني على الأراضيالزراعية وهو مايطلق عليه تسمية التصحر الحضاري.(عطيةوآخرون/ ٢٠١٢/ ١٢٩)

٤- **التعرية**:يمكن اعتبار ظاهرة تفتيت التربة وتآكلها ونقلها (تعريةالتربة)والتي تحدث بفعل المياه والرياح هي أحدأشكال تلوث التربة،وقد سبق الحديث عن التعرية الريحيةوالتعريةالمائية بشكل مفصل فيما تقدم من البحث.

ب-التلوث الكيميائي للتربة:ويشمل هذا التلوث كل مما يأتي:

١-التلوث بالأسمدة:استخدمت الأسمدةلأول مره عام ١٨٨٧ في أوربا ثم انتشر استعمالها بعد الحرب العالمية الثانية في جميع قارات العالم،وتعد الأسمدةواسطةسريعة وفعالة لرفع خصوبة التربة وزيادة الإنتاج الزراعي وتحسين نوعية المحاصيل الزراعية ويعزى إلى أن ٤٠% من زيادة المنتجات الزراعية في العالم للمدة الواقعة بين ١٩٦٠-١٩٦٥ كان بسبب استخدام الأسمدةالكيميائية، وتقدر الزيادة السنويةللأسمدةالكيميائية بنحو ١٠%،وارتفعت كمية الأسمدةالمستخدمة في العالم من (١٤) مليون طن عام ١٩٥٠ إلى (١٣١) مليون طن عام ١٩٨٦(وهبي،/ ٢٠٠٠/ ١٥٢)، ووفق نسب الزيادة المشار إليهاآنفاً فمن المتوقع أن تصل الكميات المستخدمة من الأسمدةالكيميائية في العالم إلى أكثر من (٥٧٦) مليون طن عام ٢٠٢٠.

يؤدي الاستخدام غير العلمي وغير العقلاني للأسمدةالكيميائية إلى مضار كثيرةللتربة فهي تسهم في حدوث خلل في تركيب العناصر الغذائية في التربة وتدني خصوبتها الطبيعية، وتذوب الكميات الزائدة عن حاجة النبات من هذه الأسمدة في نهاية الأمر وتنتقل إلى مياه الري وأخيراً تصل إلى المياه الجوفية فيسهم ذلك في زيادة نسبة كل من مركبات الفوسفات والنترات في هذه المياه،وقد يكون غسل هذه المركبات الملحية بوساطة مياه الأمطار أو مياه الري غير كاف ممايجعلها تتركز في التربة وتحولها إلى تربة مالحة قد لاتصلح إلا لزراعة أنواع قليلة من المحاصيل الزراعية، وأثبتت العديد من الدراسات أنإضافةالأسمدةالكيميائية سواء منها الفوسفاتيةأوالنتروجينية يزيد من امتصاص المبيدات من قبل جذور النباتات فقد وجد أن هناك زيادة في كمية اللندين الممدص بنسبة٢٧% في حالة إضافةالأسمدة النتروجينية و١٨% في حالة إضافة الكبريت و٢٣% في حالة إضافة عنصر البورون إلى التربة والكلام نفسه ينطبق على مبيد الثميت الذي تم امتصاصه بدرجة كبيرة من قبل نبات القطن المضاف إلى أسمدة كيميائية نتروجينية (عبد الجواد/ ١٩٩٥/ ١١٥).

(جدول ٣٨) علاقة نسبة ملوحة التربة مع سرعة وقوة إنبات عدد من المحاصيل الزراعية

نسبة الملوحة %	الشعير		القمح		البرسيم		الذرة الصفراء	
	سرعة الإنبات %	قوة الإنبات %	سرعة الإنبات %	قوة الإنبات %	سرعة الإنبات %	قوة الإنبات %	سرعة الإنبات %	قوة الإنبات %
٠,١	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٩٤	١٠٠	٩٦	١٠٠
٠,٤	١٠٠	١٠٠	١٠٠	١٠٠	٤٤	٧٠	٨٨	١٠٠
٠,٦	٩٦	١٠٠	٩٢	١٠٠	٢٠	٣٠	٨٨	١٠٠
٠,٧	١٠٠	١٠٠	٧٦	١٠٠	١٠	١٤	٨٨	١٠٠
٠,٩	١٠٠	١٠٠	٧٢	٩٦	صفر	١٢	٩٦	١٠٠
١,٠	١٠٠	١٠٠	٥٦	٨٤	صفر	صفر	٩٢	١٠٠
١,٢	١٠٠	١٠٠	٦٠	٨٠	٢٠	٢	٩٢	١٠٠
١.٤	١٠٠	١٠٠	٦٠	٧٢	صفر	صفر	٩٢	١٠٠
١,٦	٨٤	١٠٠	٢٨	٤٨	صفر	صفر	٦٠	١٠٠

المصدر: كي. كريب، الأسس البيئية لري المحاصيل الزراعية شبه المدارية، ترجمة ناصر حسين صفر، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٧٦، ص١٦٩.

إن تلوث الترب الزراعية بهذه المركبات الكيميائية الناتج من الاستعمال المفرط لها سوف ينتقل بطبيعة الحال إلى المحاصيل الزراعية المختلفةبل وحتى الحيوانات ومنتجاتها عندها يبدأ جسم الإنسان باختزان هذه الملوثات مع استهلاكه لهذه المنتجات حتى إذا مابلغت درجة عالية من التركيز لايستطيع الجسم مقاومتها فتظهر معاناته مع الأمراضالمختلفة التي قد تؤدي في النهاية إلى وفاته. (عبد المقصود/١٩٨١/١٤٠).

٢-التلوث بالمبيدات: المبيدات هي مواد كيميائية تستخدم لمكافحة الأعشاب والنباتات الضارة والفطريات والحشرات والبكتريا والقوارض والزواحف والبرمائيات الضارة والحيوانات اللافقرية فضلاً عن استخدامها كمواد معقمةللتربة مثبطة لنمو الكائنات الدقيقة ومنظمات لنمو النباتات،ويعد استعمالها من الأساليبالحديثةوالمهمة في تطوير الإنتاج الزراعي رغم مايكتنفها من محاذير. (عزيز/ ٢٠٠٩/ ٥٦).

لقد اقتضت إستراتيجية التنميةالزراعية في معظم دول العالم من اجل توفير الغذاء للأعداد الهائلة من السكان التي تتزايد سنه بعد أخرى إلى استخدام هذه المبيدات بكميات كبيرة جداً من اجل الحفاظ على المحاصيل الزراعية وليس من اجل زيادة الإنتاج،وتشير بيانات منظمةالأغذيةوالزراعةالدولية (F.A.O.) إلى أن ٣٥% من مجموع الإنتاج الزراعي يفقد بسبب الآفات بواقع ١٤% نتيجة الآفاتالحشرية و١١% نتيجة الأمراضالنباتية و١٠%نتيجة الحشائش.

تتلوث التربة الزراعية بكميات هائلة من بقايا المبيدات الحشرية أوالفطريةأو النيماتودية أو مبيدات الحشائش وذلك بطريق مباشر عن طريق إضافتهاللتربة بشكل مباشر وقد تصل بطريق غير مباشر أثناء رش المحاصيل بالمبيدات أو وصول محاصيل ملوثة إلى التربة،ويقدر العلماء أنأكثر من ٥٠% من المبيدات التي ترش تصل إلى التربة الزراعيةإذ غالباً ماترتبط هذه البقايا بدقائق التربة وتبقى تحتفظ بهذه الدقائق لمدة زمنية طويلة قد تصل إلى ٤٠عاماً فعلى سبيل المثال يبقى مبيد الـ(D.D.T) لمدة ٢١ يوماً فوق سطح النباتات بينما يبقى في التربة لمدة قد تصل إلى ٤٠ سنة أما مبيدات اللندين والاندرين والديولورين فتبقى في التربة لمدة تتراوح بين (١١-١٣عاماً)،وتشير المصادر إلى أن مدة بقاء المبيد في التربة تعتمد على نوع الطين السائد فإذا كان معدن الكاؤلين هو السائد فإن بقايا المبيدات لا تبقى لمدة طويلة في التربة إذ يسهل التأثير عليها بالكائنات الحية الدقيقة كما يسهل غسلها ويعزى ذلك إلى أن هذه المعادن غير قابلة للتمدد ولا تسمح بدخول جزيئات المبيد داخل طبقات المعدن، أماإذا كان معدن المونتموريللونايت هو السائد فإن هذا المعدن قابل للتمدد إذ تتمدد المسافة بين الطبقات وتسمح بدخول بقايا المبيد داخله ويبقى لفترة طويلة نظراً لحفظه بين طبقات المعدن بالعديد من الروابط التي لا تسمح الكائنات الحية الدقيقة بتحطيمه أو للمياه بغسله من التربة وترتبط عملية امدصاص المبيد على معادن دقائق

التربـة بعـدد مـن المتغيـرات كدرجـة الحـرارة والرطوبـة ومحتـوى التربـة مـن المـواد العضوية وكذلك نسجة التربة فضلاً عن السعة الحقلية لها وسعتها التبادلية الكاتيونية ودرجة تفاعلها وغيرها من العوامل، فعلى سبيل المثال تفقد المبيدات بالتطاير عند ارتفاع درجات الحرارة الأمر الذي يسهم في نمو وتكاثر الكائنات الحية ونشاطها الذي يؤدي بالنتيجة إلى فقد بقايا تلك المواد من التربة، بينما يقل فقدان المبيد عند ارتفاع الرطوبة ويزداد بانخفاضها، ومما تجدر الإشارةإليهأن فترة بقاء المبيد في التربة تزداد بزيادة محتوى التربة من المواد العضوية نظراً لقدرتها على امتصاص بقايا هذه المبيدات ولكن وجود الكائنات الحية الدقيقة بأعداد هائلة ضمن مكونات المادة العضوية للتربة يسهم في تشجيع هذه الكائنات على تحطيم مادة المبيد وسرعة التخلص منها، وقد أشارت نتائج الدراسات بصدد هذا الموضوع أن المبيدات يمكن فقدانها بسهولة من التربة الرملية بالمقارنة مع التربة الغرينية والتربة الطينية، وعموما يمكن القول أن المبيدات تبقى لفترة أطول كلما زادت نعومة دقائق التربة، وتؤثر العديد من خصائص التربة بشكل كبير على مستوى امتصاص بقايا المبيدات من قبل جذور النباتات وقد أوضحت الدراسات مثلا أن بقايا المبيدات يتم امدصاصها وامتصاصها بسهولة من التربة ذات النسجة الخشنة مقارنة مع التربة الناعمة ووجد أيضاًأن زيادة محتوى التربة من المواد العضوية من شأنه أن يقلل من كمية المبيدات الممدصة عن طريق النباتات إذ تنافس المواد العضوية النباتات في عملية الامدصاص هذه، وأخيراً لوحظ أن وجود أعداد كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة النشطة يقلل من المبيدات الممدصة من قبل جذور التربة ويؤثر التلوث بالمبيدات بشكل كبير على مختلف العناصر البيئية الحية منها وغير الحية وبقدر تعلق الأمر بالتربة فإن بقايا المبيدت الموجودة فيها تعد من أهم مصادر تلوث المياه السطحية منها والجوفية أما بواسطة مياه الري أو عن طريق مياه الصرف إذ بعد ري الأراضي الزراعية تحمل المياه الزائدة كميات من بقايا المبيدات لتصل بها إلى مصادر المياه العذبة المختلفة،أماتأثير بقايا النباتات على التربة فإنه يتمثل في التأثير على خصوبتها وقد علمنا سابقاًأن التربة تحتوي على أعداد هائلة من الكائنات الحية قد تصل إلى خمسة ملايين منها في الغرام الواحد من التربة ولهذه الكائنات أهميةكبيرة في التربة فهي بمثابة مصنعاً يقوم بتحطيم أية مواد عضوية وتحولها إلى مصادرها الأساسيةوأهمها الامونيا والنتريت والنترات كما ان للعديد من هذه الكائنات القدرة على تثبيت النتروجين الجوي وقدرتها على تحطيم المواد الصعبة التحليل مثل السليلوزوالمواد السامة، وقد أثبتت الدراسات أن بقايا المبيدات تعمل على تقليل أعداد هذه الكائنات بشكل كبير ووجد أن الفطريات هي أكثر تلك الكائنات حساسية لتأثير هذه المبيدات تليها في ذلك الأكتينوميستيات التي تعد اقل حساسية من سابقتها بينما تعد البكتريا أكثرها مقاومة وتتأثر حيوانات التربة الأكبر من الكائنات الدقيقة الأنفة الذكر

بالمبيـدات منهـا الحشـرات والنيمـاتودا وديـدان الأرض والبروتـوزوا والقـوارض والقشـريات والاكاروسـات وغيرهـا التـي تلعـب دوراً هامـاً فـي إحـداث التـوازن بـين الكائنات الحية المختلفة في التربـة إذ تعمل تلك المبيدات علـى إخـلال هذا التـوازن إذ تزداد أعداد من هذه الحيوانات علـى حساب هلاك أعدادأخرى (عبد الجواد/ ١٩٩٥/ صفحات متفرقة)

٣- التلوث بالعناصر الثقيلة:

تعد العناصر الثقيلة كالزئبق والكادميوم والرصاص والزرنيخ والبورون وغيرها من اخطر المواد التي تلوث التربة في عدة صور هي:

أ- الصورة الممدصة أو المتبادلة الصالحة للاستعمال بوساطة النبات.

ب- الصـورة المرتبطـة بالمـادة العضـوية للتربـة الموجـودة فـي المخلفـات وهـي غيـر صالحة أو متاحة للاستخدام من قبل النبات.

ج- الصورة الممتصة على سطوح كاربونات الكالسيوم ومصاحبة لاكاسيد الحديد.

د- صـورة مركبـات قليلـة الـذوبان فـي المـاء وهـي غيـر صـالحة للامتصـاص من قبـل النبات وتتمثل مصـادر هذه العناصـر بمخلفـات المصـانع ونفاياتهـا وصـهر المعـادن واحتـراق الفحم وعوادم السيارات ومبيدات الآفات الحاويـة علـى عنصـر الزرنيخ وغيرها من المصادر وفيمـا يلـي نعرض لأهم تلك العناصـر الثقيلـة الملوثـة للتربـة وآثارها.

أ- الزرنيخ: تتـأثر الترب وتتلـوث بهذا العنصـر وخصوصـا تلـك التـي تقع قـرب مصانع صهر المعادن كما أن احتراق الفحم والمبيدات الحاوية علـى هذا العنصـر هـي مصـادر لتلـوث التربـة بهذا العنصـر وأثبتت الدراسـات أن التراكيز المتزايدة منـه فـي التربة قد تؤدي إلى سمية النباتات الحساسـة لهذا العنصـر فضـلا عن تأثيراتـه الضـارة علـــى الإنســـان مـــن خـــلال الإصـــابة بالعديـــد مـــن أمـــراض الجهـــاز الهضـــمي والأعصابوالأمراض الجلدية وضعف العضلات وغيرها .

ب- الزئبـق: يوجـد هـذا العنصـر فـي التربـة بصـورة غيـر ذائبـة ويتحـول بفعـل الكائنـات الحيـة الدقيقـة إلـى صـورة عضـوية صـالحة للامتصـاص مـن قبـل النبـات والحيـوان وبالتـالي يـدخل فـي السلسـلة الغذائيـة، ويـؤدي التلـوث بمركبـات الزئبـق وخصوصاً المركبات العضوية المذكورة إلـى العديد من الأمراض العصبية للإنسان وقد تؤدي إلى التسمم عند التعرض لتراكيز اكبر.

ج- الرصاص: يتمثل المصدر الرئيس لتلوث التربـة بعنصـر الرصـاص بعوادم السيارات إذ يترسب جزء كبير منه على النباتـات والجزء الآخر يترسب علـى التربـة مباشرة، وأشارت دراسة أجريت في مدينة بغداد عام ١٩٨١ حول كميـات الرصـاص الذي تنفثه عوادم السيارات إلى أن مقدار امتصاص التربة له بلغ (٢٦٧ ميكروغرام) لكل غرام من التربة وأثبتت هذه الدراسة إلى أن كمية الرصاص التي تطرح في بغداد

لوحدها خلال عام ١٩٩٠ وصلت إلى (٢٥٠٠ طن) عندما كانت أعداد السيارات في هذه المدينة حوالي (٤٠٠٠٠٠سيارة) (رأفت/ ٢٠٠٦/ ١٣٦) وعموما يوجد عنصر الرصاص في التربة في صورة غير صالحة للامتصاص من قبل النبات إذيرتبط مع الكاربونات والكبريتيد في صورة مركبات قليلة الذوبان أو يرتبط مع اكاسيد الحديد والمنغنيز أو الألمنيوم .(الخطيب/ ٢٠٠٦/ ٥٤٨). ويؤدي تلوث المحاصيل الزراعية بهذا العنصر إلى إصابةالإنسانبأمراض الجهاز العصبي وأمراض الجهازالهضمي وأمراض الدم المختلفة.

د – البورون:تتمثل مصادر تلوث التربة بهذا العنصر بمياه الري مصدرها مورد مائي يحتوي على تراكيز عالية منه أو استعمال كميات كبيرة من الأسمدة تحتوي على هذا العنصر ويوجد عنصر البورون في صورة ذائبة أو ممدصة على سطوح المعادن الطينية ويكون صالح للامتصاص من قبل النباتات ولكن صلاحية هذا العنصر للامتصاص تقل مع ارتفاع درجة تفاعل التربة.

هـ- الكادميوم: تتعرض الترب القريبة من مصانع صهر المعادن للتلوث بهذا العنصر ويعد هذا العنصر من ملوثات التربة والماء والمحاصيل الزراعية التي تستهلك على نطاق واسع كالرز والقمح وقد أثبتت الدراسات أن تلوث التربة بهذا العنصر يلحق بالإنسانأمراض القلب والرئة وغيرها (عطية وآخرون/ ٢٠١٢/ ١٣٤)

٤- التلوث بالمركبات غير العضوية: وهي من المواد التي تلوث التربة ومن أمثلتها مركبات النترات والنتريت ومركبات الفوسفات وتعد الأسمدة الصناعية أهم مصادرها وبسبب اختلاط التربة والماء مع فضلات الحيوانات والدواجن وبعد أن يتناول الإنسان هذه المواد والأطعمة فإنه سرعان ما يصاب بالعديد من الأمراض وخصوصاً بعد أن تتحول إلى مواد سامة داخل الجسم فتسبب إصابات في الكبد والرئة والجهاز العصبي، وتعد المنظفات احد مصادر مركبات الفوسفات التي تختلط بالتربة والماء عن طريق معالجة مياه المجاري كما ويسهم تحلل المواد النباتية وفضلات الحيوانات في زيادة تركيز هذه المركبات.

٥- التلوث بمخلفات الصرف الصحي: تعد مخلفات الصرف الصحي والصناعي من أهم مصادر العناصر الثقيلة والسامة إذ يلاحظ أن حوالي ٣٠% من هذه المخلفات تضاف إلى التربة سنوياً وتحتوي هذه المخلفات على كميات كبيرة من الملوثات العضوية وغير العضويةالتي تشكل خطراً على التربة والبيئة عموماً وكدليل على دور مخلفات الصرف الصحي والصناعي في زيادة تراكيز العناصر السامة أثبتت الدراسات والتجارب أن هناك فرقاً كبيراً بين مستوى العناصر السامة في هذه المخلفات ومستواها في السماد العضوي (جدول ٣٩)

(جدول ٣٩)

مقارنة تراكيز بعض العناصر السامة في مخلفات الصرف الصحي والسماد العضوي

العنصر	السماد العضوي ملغم/كغم	مخلفات الصرف الصحي ملغم/كغم	
		معدل (١٥) مدينة كبيرة	قرية صغيرة
الأنتيمون	٠,٥	٤٤-٤	٣
الزرنيخ	٤	٣٠-٤	٣
الكادميوم	١	٤٤٤-٩	٧
الكروم	٥٦	١٤٠٠٠-٢٠٧	١٦٩
النحاس	٦٢	٢٨٠٩-٤٥٨	٨٢١
الزئبق	٠,٢	١٨-٤	١١
المنغنيز	٢٨٦	٥٢٧-٣٢	١٢٨
المولبيدنوم	١٤	٣٣-٢	١
النيكل	٢٩	٥٦٢-٥١	٣٦
الرصاص	١٦	٧٦٢٧-٣٢٩	١٣٦
الزنك	٧١	٦٨٩٠-٦٠١	٥٦٠

المصدر: السيد احمد الخطيب، أساسيات علم الأراضي، جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، ٢٠٠٦، ص٥٤٦.

ويؤثر التلوث بالمخلفات الصناعية على العديد من خصائص التربة الملوثة الأمر الذي ينعكس سلباً على خصوبتها ومستوى إنتاجها، وبهذا الصدد أشارتإحدىالدراسات التي أجريت على تربة السهل الرسوبي جنوبي العراق أن انبعاثات معامل الطابوق التي تنتشر هناك والتي تستخدم زيت الوقود (النفط الأسود) وقوداً لها أسهمت في زيادة الكثافة الظاهرية للترب القريبة من هذه المعامل كما أسهمت في رفع درجة تفاعلها وزيادة واضحة في تراكيز الايونات السالبة والموجبة وكذلك ايونات العناصر الثقيلة كالزنك والنحاس والمنغنيز (سعد وزميله/ ٢٠٠٩/ ٥٥- ٥٦) (صورة ١٢)

(صورة ١٢)
تربة ملوثة بانبعاثات معامل الطابوق في جنوبي العراق

جـــ التلـوث بالنفايـات: تؤلـف النفايـات الزراعيـة والمعدنيـة نسـبة كبيـرة مـن النفايات الصلبة التي تسبب تلوث التربـة، فالمحاصيل الزراعيـة تترك مخلفات كثيرة على نطاق المناطق الزراعية في العالم نـادرا مـا يتم إدراك نطاقها وحجمها، وقدرت تلك الكميـات بنحو (٩٣٠ مليون طن) فـي عـام ١٩٧٠ وحوالي (١٥٠٠ مليون طن) فـي عـام ١٩٩٠ وكـان حـوالي ٧٥ % منهـا علـى شـكل قـش الحبـوب ومخلفاتهـا مـن محاصيل الشعير والذرة، وتعمل هذه المخلفات على تحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية وبالتالي زيادة إنتاجيةالأرض ولكن بقائها بكميات كبيرة ولفترة طويلة قد يسبب ما يعرف بتعفن التربة فضلاً عن مساهمة الأجزاء العضوية في تجميع النترات في التربة التي تتعرض بدورها لعمليات الغسل نحو أسفل التربـة فتعمل علـى تلـوث الميـاه الجوفيـة وتشـكل فضـلات الحيوانـات مـن الـروث مصـدراًآخراً لتلـوث التربـة وقدرت كمياته بحوالي (٢٢٠٠مليون طن) سنوياً ومن مصـادر تلـوث التربـة بالنفايـات أيضـاً هـو مـا يكـون مصـدرها المعـادن وخاصـة مـن المنـاجم المعدنيـة ومنـاجم الوقـود وصناعة النفط واستخراجه وما تسببه من تلوث للتربة والمياه (صورة ١٣)

(صورة ١٣)
تربة ملوثة بنفايات الصناعة النفطية

أما النفايات الصلبة التي مصدرها المراكز الحضرية سواء كانت سكنية أو صناعية فهي ترد بكميات كبيرة جداً كنفايات الورق ومواد الطعام والمعادن والزجاج والخشب والبلاستك والملابس والمطاط والجلود فكلها ترمى على سطح الأرض فتسبب تلوث التربة ومياه الأنهار والبيئة عموماًإذا لم تتم معالجتها أو إعادة تدويرها (فضيل/ ١٩٨٥/ ٤٠٩) (صورة ١٤)

(صورة ١٤)تربة ملوثة بنفايات احد المراكز الحضرية

د- التلوث الإشعاعي: لم تكن مسألة التلوث بالمواد المشعة وليدة حدث بدأ في هيروشيما وناكازاكي في اليابان عام (١٩٤٥) خلال الحرب العالمية الثانية بل تلا هذين الحدثين الأسوء في تاريخ الإنسانية مجموعة كبيرة من تجارب تفجيرات القنابل الذرية والهيدروجينية على الرغم من الحظر الذي فرضته الأمم المتحدة على إجراء هذه التجارب منذ عام (١٩٥٢)،وعندما تجري هذه التجارب فوق سطح الأرض فإن كميات كبيرة من الغبار المشع المحمل بنواتج الانشطار تنتشر في المناطق التي تجرى فيها هذه التجارب كما تحمل الرياح بعض هذا الغبار المشع إلى مناطق بعيدة جداً وعند تساقط هذه النظائر المشعة على سطح الأرض فإنها سرعان ما تلوث التربة والماء والهواء وتدخل في السلسلة الغذائية إذ يصبح الإنسان ضحيتها في نهاية الأمر، ويكفي أن نبين بهذا الصدد أن زنة قذيفة اليورانيوم المنضب تبلغ (٢ كغم) وعند انفجارها فإن الغبار الناتج عنها يكفي لتلوث (٢٣٠٠٠٠ م^{٢}) وتزداد هذه المساحة إذا صاحبها رياح سريعة، كما أشارت إحدى المصادر إلى أن بإمكان غبار اليورانيوم الانتشار لمسافة (١٠٠٠ كم) عن منطقة استخدامه خلال تسعة أشهر، أما إذا أجريت التجارب النووية تحت سطح الأرض فإن هناك خطر من تسرب بعض الإشعاعات النووية إلى المياه الجوفية وقد تحملها معها هذه المياه إلى الأنهار التي تستخدم مياهها لأغراض الري فتسبب تلوث التربة والنبات، ولكن المشكلة الأكبر هو أن العمر الزمني لمناطق التلوث الإشعاعي يستمر لفترة زمنية خيالية قد تصل إلى (٤,٥ مليار سنة) الأمر الذي يحتم معالجة هذا التلوث بالسرعة الممكنة والتي تتطلب إزالة كل المواد المعدنية الملوثة من المنطقة المصابة بالتلوث الإشعاعي مع إزالة (١٠ سم) من مجموع المساحة الملوثة من سطح التربة وتحتاج هذه الإجراءات إلى تكاليف مالية هائلة ولفترة طويلة من الزمن (الحفيظ/ ٢٠٠٥/ ١٣٩-١٤٣)، وقد تسبب المحطات النووية تلوثاًإشعاعياً من خلال ما تتعرض له من حوادث تؤدي إلى تسرب الإشعاعات وخير مثال يذكر في هذا المجال هو حادثة تشرنوبيل في روسيا عام (١٩٨٦) إذ أدى الانفجار الذي حدث في هذه المحطة النووية إلى دفع كميات كبيرة من النواتج المشعة إلى الجو انتشرت في المنطقة وحملتها الرياح بعيداً ووصلت إلى بعض دول أوربا وقد غطت السحابة المشعة الناتجة عن هذا الانفجار مساحات تقدر بمئات الآلاف من الهكتارات، ومن الأمثلة التي يجدر ذكرها كمنطقة تعرضت للتلوث الإشعاعي هو ما حصل للعراق خلال حرب الخليج الثانية عام (١٩٩١) وكذلك الحرب التي وقعت عام (٢٠٠٣) إذ تم استخدام أسلحة مصنعة من مواد مشعة خطرة جداً هي اليورانيوم المنضب والذي أدى إلى تلوث الهواء والماء والتربة على حد سواء إذ تحتوي هذه الأسلحة على العناصر الثقيلة التي تشكل خطورة حتى وأن كانت بكميات ضئيلة جداً (موالي/ ٢٠٠٦/ ٥٦)، وقد حددت منظمة الصحة العالمية التراكيز المسموح بها من

العناصر الثقيلة والتي إذا مازادت عنها فإنها ستكون سامة فهي تبلغ لعنصر الكادميوم (٠,٠٠٥ ملغم/لتر) ولعنصر الرصاص (٠,٠٥ ملغم/لتر).

وسائل الحد من مشاكل التربة:

ذكرنا فيما تقدم من البحث أن عمليات تكوين التربة تتطلب فترات زمنية طويلة تمتد إلى آلاف السنين لأنها نتاج تفاعل عدد كبير من العوامل والعمليات الطبيعية والكيميائية والبايلوجية تتفاعل في بيئة طبيعية معينة طيلة سنين طويلة لتنتج ذلك المورد الطبيعي ذو الأهمية القصوى إذ أنه المصدر الأساس في توفير الغذاء والكساء والمادة الخام للكثير من المصنوعات، وإذا ما أدركنا ذلك التزايد الهائل في أعداد سكان العالم خلال السنوات الأخيرة وفي المستقبل نستطيع أن نقدر ذلك الضغط الهائل الذي سيمارسه الإنسان على الأرضلتوفير الغذاء لهذه الأعداد السكانية، وبموجب المشاكل التي تتحدى التربة في الماضي والحاضر والمستقبل والتي أشرنا إليها بشكل مفصل فيها تقدم وإذا مابقيت تلك المشاكل دون معالجة أو الحد من تأثيرها على أقل تقدير فالأمر يعد حينئذ على درجة بالغة من الخطورة إذ سيجد الملايين من السكان أنفسهم بدون غذاء يسمح لهم بالبقاء على قيد الحياة، وتشير بيانات منظمة الغذاء والزراعة الدولية (F.A.O.) إلى أن مساحة الأراضي الزراعية في العالم تبلغ حوالي (١٤٧٥ مليون هكتار) تسهم بحوالي (١١%) من المساحة الكلية للأرض، أما الأراضي القابلة للزراعة في العالم فتبلغ مساحتها نحو (٣٢٠٠ مليون هكتار) ويتم استثمار (٧٠%) من الأراضي القابلة للزراعة في البلدان المتقدمة و(٣٦%) من هذه الأراضي في البلدان النامية، والمسألة التي تهمنا في هذا الموضوع هي التربة إذ تشير المصادر المذكورة آنفاً إلى أن (١٥%) من الترب الزراعية في العالم قد تدهورت بدرجات متفاوتة منها (٥٥,٧%) تدهورت بسبب التعرية المائية و(٢٨%) بسبب التعرية الريحية و(١٢,١%) بسبب التملح والتغدق، أما أسباب هذا التدهور فيرجع بالدرجة الأساس إلى الأنشطة البشرية إذ من هذه المساحة تدهورت ما نسبتها (٣٤,٥%) بسبب الإفراط في الرعي و(٢٩,٥%) بسبب إزالة الغطاء النباتي و(٢٨,١%) بسبب الأنشطة البشرية و(٧%) بسبب الاستثمار المفرط للتربة وأخيراً (١,٢%) بسبب الأنشطة البيولوجية الصناعية كتراكم النفايات والإفراط في استخدام الأسمدة واستخدام الكيمياويات الزراعية وغيرها.

لقد كانت طرائق ووسائل تعامل الإنسان مع التربة متناقضة، فمن جهة كان للاستثمار الدائمي للأرض أثراً في حماية التربة إذ وفرّ لها غطاءاً يحميها من عمليات التعرية ومخاطرها ولكن استبدال المروج والمراعي الطبيعية والغابات بزراعة المحاصيل الزراعية كان سبباً لزيادة معدلات التعرية المائية والريحية مقارنة بظروفها الطبيعية الأصلية إذ أصبحت التربة معرضة لمخاطر النحت والنقل بتأثير الرياح ومياه الأمطار والمياه الجارية وغيرها وتضاعف فقدان التربة بمقدار (١٠،

٢٠، ٥٠، ١٠٠ مرة) أكثر من السابق بينما بقيت عمليات تكوين التربة وتطورها بطيئة إذ أصبحت التربة رقيقة غير صالحة للإنتاج الزراعي بسبب رداءة خصائصها المختلفة (أمين وزميله/ ١٩٩٠/ ١٢٩)، ومن هذا المنطلق ظهرت الحاجة الملحة لإيجاد وسائل محددة للوقوف أمام التحديات التي تواجه هذا المورد الطبيعي المهم جداً وهو ما يطلق عليه مفهوم صيانة التربة (Soil Conservation) الذي يعني مجموعة الإجراءاتالعلمية التي يتخذها الإنسان سواء كانت ميكانيكية أو كيميائية أو عضوية للحفاظ على التربة من التدهور وضمان استثمارهاواستمرارإنتاجيتها بمستويات مرضية (كونكة وزميله/ ١٩٨٤/ ١٤٣)، وبناءً على ذلك سوف نتناول وسائل صيانة التربة والحد من المشاكل التي تعاني منها الترب الزراعية والتي تم التعرف عليها سابقاً.

أ- وسائل الحد من مشكلة تعرية التربة:

تتركز وسائل الحد من تعرية التربة على تثبيت التربة في مكانها والحد من انتقالها بوساطة الأمطار أو الجريان السطحي أو الرياح، وقد تبين بعد دراسات كثيرة بأنه من الصعب جداًإيقافإزالة التربة وتعريتها بالأسباب المشار إليها آنفاً بصورة تامة إلا أنه يمكن أتباع جملة من الوسائل التي من شأنها تقليل التربة المعراة إلى الحد الأدنى وتتمثل هذه الوسائل بكل مما يأتي:

١- وسائل الحد من مشكلة التعرية المائية: وتتضمن الوسائل الآتية:

أ- الزراعة الكنتورية (Contour Farming): تتبع هذه الزراعة من خلال القيام بحراثة الأرض بالشكل الذي يتوافق وطبيعة انحدار سطح الأرض وخصوصاً تلك التي تكون متموجة أو على شكل تلال أو غير منبسطة، وهذا يعني أن خطوط الحراثة تكون مع الخطوط الكنتورية من حيث الاتجاه وليست عمودية عليها سواء من الأعلى إلى الأسفل أوبالعكس وبذلك يمكن تقليل سرعة الجريان السطحي وتعرية التربة كما يسهم في تجمع المياه في الأخاديد الصغيرة التي يعملها المحراث ويسمح للمياه بالتوغل داخل التربة، ويفضل أن تكون الخطوط الكنتورية بعرض (١٠-٢٠ سم) وبعمق يتراوح بين (١٠-١٥ سم) إذ يساعد ذلك على تشرب التربة بالمياه المتجمعة من الأمطار الأمر الذي يقلل من جرفها بمقدار (٥٠%) مما لو كانت الحراثة مع اتجاهالانحدار، وفي الزراعة الكنتورية يحرص القائمون بالحراثة على أن تكون خطوط المحراث حول الانحدار بمستوى واحد من بداية الخطوط وحتى نهايتها، ومن خلال ذلك يعمل المحراث على حفر أخاديد مع حافات مرتفعة نسبياً من الجانبين وتعمل هذه الأخاديد بمثابة سدود لحجز المياه خلفها وبالتالي تعطي للتربة الفرصة المناسبة لتغلغل المياه كما تمنعها من عمل أخاديد طويلة مع الانحدار، وتناسب الزراعة الكنتورية معظم الترب عدا الترب ذات النسجة الخشنة وقد تم أتباعها في أوربا وقارات العالم الجديد منذ بداية القرن العشرين بعد أن لوحظ أن الزراعة

باتجاهالانحدار كانت سبباً في فقدان كميات هائلة من التربة وخصوصاً في المناطق غير المنبسطة وهي الآن طريقة ملائمة لزراعة العديد من المحاصيل الزراعية التي تزرع على شكل خطوط كالبطاطا والقطن والذرة وغيرها .

ب- زراعة الشرائح (Strip Cropping): تعد هذه الزراعة من الوسائل المهمة لصيانة التربة إذ تتم بتقسيم الأرض إلى شرائح أو مستطيلات كبيرة نسبياً تتبادل زراعتها بمحاصيل الحبوب ومحاصيل العلف وتكون متفقة مع الخطوط الكنتورية للتقليل من تعرية التربة أو قد تزرع بزاوية قائمة لمجابهة الرياح للتقليل من التعرية الريحية، ويمكن القول أن هذه الطريقة هي طريقة مشابهة للزراعة الكنتورية ولكن كل قطعة تزرع بنوع واحد من المحاصيل بترتيب ونظام معين يساعد على حماية التربة وصيانتها من التعرية إذ وجد أنها تقلل من ضياع التربة بنسبة (٧٥%)، ومثلما هو الحال في الزراعة الكنتورية تزرع المحاصيل على شكل صفوف في قطع تبدأ بمحاصيل العلف من الأعلى ومحاصيل الحبوب المتقاربة النمو من الأسفل وهكذا تكون الزراعة على شكل قطع متتالية من الأرض، ويحرص القائمون على هذه الزراعة أن تكون الأشرطة كافية العرض لتكون مناسبة للعمليات الزراعية وليست عريضة جداً لتسمح بالتعرية على نطاق واسع ومع ذلك يعتمد عرض تلك الأشرطة على شدة الرياح واتجاهانحدار الشريط وقابلية التربة للتعرية ونوع المحاصيل المزروعة، ومع ذلك تمتلك هذه الطريقة مزاياعديدة منها توفير الحماية الفيزيائية للتربة ضد التعرية المائية والريحية والتي يوفرها الغطاء النباتي ومحدودية تعرية التربة لمسافة تعادل عرض الشريط وكذلك صيانة رطوبة التربة وبالأخص من الثلوج الساقطة فضلاً عن أمكانية الحصاد المبكر للمحاصيل الزراعية.

جـ- زراعة المدرجات أو المساطب (Terraces Farming): تتم هذه الزراعة من خلال تسطيح الأراضي ذات الانحدارات الطويلة إلى مقاطع عمودية على خطوط الكنتور وتسويتها بشكل يمنع حركة دقائق التربة وانجرافها، ويمكن تحقيق نظام هذا النوع من الزراعة من خلال أقامة حاجز صخري أو جدار على المناطق ذات الانحدار الطويل وذلك بزاوية قائمة عبر الانحدار مع عمل قناة أمام ذلك الحاجز أو الجدار، وينبغي أن تكون المساطب بانحدار بسيط ليسهم في حركة المياه السطحية ببطء باتجاه أسفل المنحدر وبذلك تتحقق حركة المياه من المسطبة العليا إلى المسطبة الأخيرة عند الأسفل دون أن تعمل على جرف التربة أو أن تعمل فيها أخاديد عميقة، وتتفاوت سعة المسطبة من جهة لأخرى وذلك حسب طبيعة انحدار المنطقة وطول المنحدر، وعلى العموم يستند عمل هذه الطريقة في الزراعة على تقسيم المناطق ذات الانحدارات الطويلة إلى عدة أقسام وهذا العمل بحد ذاته يحقق عدة أهداف أهمها تقليل سرعة جريان المياه السطحية الذي يقلل من حدوث التعرية المائية عموماً والتعرية ألأخدودية التي تصاحب المنحدرات الطويلة بشكل خاص كما أنها تعطي للمياه الجارية الفرصة الكافية للتوغل داخل التربة، وعلى الرغم من قدم استخدام هذه

الطريقة في الزراعة لكنها تحتاج إلى تكاليف عالية وعمليات صيانة مستمرة ولذا فأنها تتبع في المناطق التي تعد زراعتها بمحاصيل معينة ضرورة ملحة كما هو الحال في زراعة محصول الرز في أقطار جنوب شرق قارة آسيا أو زراعة محاصيل ذات مردود نقدي عالي كالفواكه والخضروات في أقطار جنوب أوربا وشمال أفريقيا وسواحل البحر المتوسط في غرب قارة آسيا. (الشلش/ ١٩٨٥/ ١٦٠)

د- أتباع الدورات الزراعية (Crop Rotations): لقد عرفنا فيما تقدم أن عدم أتباع نظام الدورات الزراعية وأتباع نظام التبوير (النيروالنير) يسهم إلى حد كبير في تدهور التربة واستنزاف خصوبتها فضلاً على النتائج السلبية التي يتركها على مجمل خصائص التربة، كما تعرفنا على أهمية الدورات الزراعية في تحسين تلك الخصائص، وبقدر ماتتعلق هذه الأهمية بحماية التربة من خطر التعرية المائية فأن نباتات العلف النجيلية والبقولية التي تدخل في الدورة الزراعية تعمل على مايأتي:

١- تقليل أثر سقوط قطرات المطر على سطح التربة فهي تعمل على منع أو تقليل تفكك مجاميع التربة كما توفر لمياه الأمطار فرصة مناسبة للتوغل داخل التربة.
٢- زيادة قدرة التربة على استيعاب المياه المتغلغلة بسبب الأنفاق التي تكونها جذور النباتات بعد تحللها فضلاً عن زيادة نفاذية التربة نتيجة لتراكم المواد العضوية المتحللة.
٣- أعاقة حركة المياه الجارية التي تتجمع على سطح التربة.
٤- العمل على زيادة تماسك دقائق التربة بوساطة الجذور الرفيعة لهذه النباتات وسيقانها.
٥- زيادة محتوى التربة من المواد العضوية نتيجة لتحلل بقايا هذه النباتات.
٦- تشكل النباتات غطاء واقي يحمي التربة من أشعة الشمس التي تؤدي إلى فقدان المادة العضوية التي تربط دقائق التربة بالاحتراق وجفاف سطح التربة إذ تصبح دقائقها سهلة الانفصال بفعل الأمطار الساقطة أو الجريان السطحي للمياه وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة وتؤكد العديد من المصادر على أن تأثير الدورات الزراعية في الحد من التعرية المائية يزداد بشكل أكبر عندما يصاحبه عمليات صيانة وإدارة حقلية جيدة.

هـ - تغطية التربة ببقايا النباتات (Stuble Mulching): تتم هذه الوسيلة من خلال ترك طبقة من البقايا النباتية أو المواد الأخرى على سطح التربة بدلاً من حرقها أو حرثها تحت التربة، وتعد هذه الوسيلة من الوسائل الحقلية الإدارية الجيدة والمكملة للوسائل الأخرى التي تحد من التعرية المائية للتربة وذلك من خلال تحقيق كل مما يأتي: (الحيو/ ١٩٨٤/ ١٧)

١- تؤدي البقايا النباتية إلى تقليل الفعل المباشر للماء من خلال تفريق وتشتيت طاقة الأمطار والجريان السطحي وامتصاصها لقوى الأثنين.

٢- زيادة مخزون التربة من الماء.
٣- تقليل تأثير درجة الانحدار في تعرية التربة كونها تعمل على خشونة سطح التربة.
٤- تقليل تصلب الطبقة السطحية للتربة بسبب الأمطار وبالتالي زيادة نفاذية التربة وقلة تعرضها للتعرية بمياه الأمطار.
٥- خفض درجة حرارة التربة وتقليل معدلات التبخر.
٦- تنشيط نمو جميع أنواع الحياة في التربة.

وأشارت بعض المصادر أن السيقان القصيرة أقل فعالية من السيقان الطويلة لهذا الغرض كما أن مزيجاً من القش والسيقان القائمة على سطح التربة يوفر أكثر حماية ضد التعرية المائية من الكميات المكافئة للقش أو السيقان القائمة على انفراد ويفضل كذلك تجنب دفن بقايا النباتات بشكل كامل في التربة لذا يمكن استعمال الحراثة تحت السطحية (Subsurface Tillage) التي تتم بوساطة محاريث خاصة لهذا الغرض. (عبد الله/ ١٩٨١/ ١٤٠-١٤١)

و- الغطاء النباتي (Cover Crops): يعمل الغطاء النباتي على تقليل التعرية المائية من خلال حمايته المباشرة لسطح التربة من تأثير قطرات المطر وكذلك بإعاقته وتشتيته لطاقة التساقط بوساطة الجزء الخضري وزيادة غيض الماء في التربة نتيجة وصول الماء إلى السطح بطاقة قليلة فضلاً عن تأثير جذور وبقايا النباتات على زيادة تماسك دقائق التربة وزيادة نفاذيتها وثبات مجاميعها، وقد أكدت الكثير من الدراسات وبما لايقبل الشك بأنه مهما كانت كمية الأمطار الساقطة كبيرة فأن الغطاء النباتي يحد من قوتها ويعمل على توزيعها على سطح الأرض بشكل منتظم وهادئ لايضر بالتربة، كما أن معظم هذه المياه تتوغل داخل التربة بفضل المواد العضوية التي لم تتحلل بالكامل وهذا مايقلل من سرعة جريان الماء على سطح المنحدرات، ولوحظ أن نوع الأشجار يلعب دوراً في مستوى نفاذية التربة لمياه الري والجريان السطحي إذ أثبتت التجارب أن نفاذية الترب للمياه في المناطق المزروعة بالأشجار الكبيرة والشجيرات تزيد بمقدار (٢-٢,٥ مرة) بالمقارنة مع التربالمزروعة بالأشجار الكبيرة فقط، ووجد أن زراعة الترب بالبقوليات والحشائش سيكون أكثر فاعلية من غيرها من المزروعات كونها تتلائم مع فصلي الشتاء والصيف على حد سواء الأمر الذي يعني أنها ستكون بمثابة غطاء نباتي دائم لحماية التربة، ولا بد أن نشير هنا إلى العديد من المحاولات التي تبذلها دول العالم للعناية بأشجار الغابات وخصوصاً منها الغابات الاستوائية وتحسين أدارتها وزراعة المزيد من الأشجار فمثلاً أنشأت البرازيل نظاماً للرياض الحرجية والمناطق المحمية يغطي حوالي (١٥) مليون هكتار كما أنشأت دول أخرى في أمريكا الجنوبية وأفريقيا وآسيا محتجزات ناجحة واتخذت دول أخرى خطوات لتحسين إدارة الغابات وفرضت بعضها قيوداً على قطع أشجار الخشب بينما اتجهت دول أخرى إلى تحسين تكنلوجيات القطع (طلبة/ ١٩٩٤/ ٩٢) ، وقد

تحقق تقدم ملحوظ في تنفيذ عمليات التشجير وإعادة التشجير من أجل تثبيت التربة ومنع تعريتها في كل من الصين وكوريا الجنوبية كما تمارس الزراعة الحراجية في بعض البلدان إذ يقوم المزارعون بغرس الأشجار والشجيرات لتسهم في تقليل أثر طاقة سقوط الأمطار والجريان السطحي من جانب وتثبيت مجاميع التربة والعمل على تماسكها من جانب آخر.

ز- تطوير وتنمية المراعي: يمكن تطوير وتنمية المراعي من خلال اتجاهين رئيسين هما ألأساليب الوقائية واتجاه الأساليب العلاجية ففيما يتعلق بالاتجاه الأول فإنه يتمثل بالأساليب التي يقوم بها الإنسان بغية الحد من المزيد من التدهور البيئي والحفاظ على مناطق المراعي ويمكن أجمالها بالآتي:

١- تحديد المناطق الرعوية بشكل دقيق ومنع أية حراثة لأراضيها وزراعتها بأي محصول زراعي ويمكن اعتماد الخط المطري السنوي (٢٥٠ ملم) الحد الأدنى والأنسب للبيئة الرعوية في العالم.

٢- تخطيط استثمار المنطقة الهامشية التي تتراوح معدلات أمطارها السنوية بين (٢٥٠-٣٠٠ ملم)حسب أولويات الخطط الاستثمارية أما للرعي وأما للزراعة.

٣- منع الرعي الجائر والمبكر في مناطق البوادي، ويمكن أتباع عدة أنظمة في هذا المجال منها مثلاً حظر الرعي في مساحات محددة لفترات معينة ليسمح برعيها بعد ذلك عند الحاجة الماسة إليها وخصوصاً في السنوات الجافة، ومنها أيضاً تقسيم مساحة من الأرض إلى عدة أجزاء يتم تناوب الرعي فيها سنوياً بشكل دوري.

٤- الحد من عمليات الاحتطاب للنباتات والشجيرات المعمرة ومنع قطع الأشجار وحرقها.

٥- ضبط الحمولات الحيوانية طبقاً للطاقة الإنتاجية للمراعي وتطبيق برامج تنموية تتناسب مع المعطيات البيئية السائدة.

أما ما يخص ألأساليب العلاجية لتنمية وتطوير المراعي فهي تتمثل بمحاولة إعادة الغطاء النباتي في بيئة المراعي إلى سابق عهده من خلال زراعة أنواع من النباتات العشبية وبعض الشجيرات ذات القيمة الرعوية المقاومة للجفاف كالرغل والروثا وغيرهما، وقد حققت بعض البلدان نجاحاً في هذا المجال من خلال أقامتها للعديد من المحميات وإعادة الحياة النباتية الطبيعية لها مرة أخرى منها محمية الشومري ومحمية الأزرق في منطقة الأزرق شمال شرقي الأردن ومحمية وادي الغريب الرعوية في سوريا (موسى/ ١٩٩١/ ١٢٥-١٢٦). وقد قامت عدة محاولات في بعض الدول لتطبيق تقنيات حديثة لزيادة قدرة المراعي على أنتاج الكلأ فمثلاً أثبتت التجارب التي أجريت في المملكة العربية السعودية والكويت وباكستان أن الحشائش المقاومة للملوحة تنمو بشكل جيد عند ريها بمياه قليلة الملوحة، كما أستخدم الرعي بالتناوب مع الحبوب بدرجات نجاح متفاوتة في العراق والأردن وليبيا وسوريا

وأدخلت أنواع من حشائش المراعي الاستوائية إلى عمان والسودان إذ تسمح الظروف البيئية السائدة في هذه الدول بذلك، وفي مجال الحفاظ على المراعي أجريت تجربة في محطة رعي منطقة بيجي في محافظة صلاح الدين في العراق إذ تم منع الرعي في هذه المحطة تماماً وذلك بإقامة سياج حول المحطة وبعد سنتين من ذلك لوحظ ارتفاع نسبة مايشغله الغطاء النباتي الطبيعي من (٢٠% إلى ٨٠%) من مساحة الأراضي المغطاة بالكثبان الرملية نفسها ويعزى ذلك إلى نجاح النباتات الطبيعية بإكمال دورة حياتها وإنتاج البذور التي تنمو هي الأخرى مرة ثانية فضلاً عن نمو وتطور مجموعات نباتية أخرى (محمد/ ١٩٩٣/ ٧٦) .

ولابد من الإشارة إلى وجود علاقة بين نوع النبات الطبيعي أو المزروع وكمية التربة المفقودة بالتعرية المائية، وقد أثبتت أحدى التجارب إلى أن هذه الكمية تتراوح للترب المغطاة بالحشائش بين (٠,٤-١,٢ طن/هكتار) بينما تبلغ (٢١,٣ طن/هكتار) للترب المزروعة بالقمح والذرة، فضلاً عن ذلك وجد أن للحشائش تأثير كبير على كمية المياه التي تتوزع على سطح التربة وقد ثبت أهمية المراعي في تحقيق هذا الغرض إذ كانت كمية المياه المنتشرة على سطح التربة العارية من الغطاء النباتي (٢٦٥,٧ م^{٣}/هكتار) وبمعامل جريان قدره (٠,١١) انخفضت هذه الكمية في التربة المغطاة بالحشائش إلى (٥١,٤ م^{٣}/هكتار) وبمعامل جريان قدره (٠,٠٢). (ثابت وآخرون/ ٢٠٠٧/ ١٣١)

٢- وسائل الحد من التعرية الريحية: تتركز وسائل الحد من التعرية الريحية وخصوصاً في المناطق الجافة وشبه الجافة على الحد من نشاط الرياح في هذه المناطق وذلك من خلال تقليل سرعتها والعمل قدر الإمكان على عدم ملامستها لسطح التربة فضلاً عن زيادة مقاومة مجاميع التربة لفعل الرياح، وتتضمن هذه الوسائل ما يأتي:

أ- أقامة مصدات الرياح: وهي وسيلة مهمة في تقليل معدلات التعرية الريحية وقد استخدمت هذه الوسيلة في جنوب روسيا الأوروبية إذ قام المهاجرون الألمان في إقليم الأستبس بزراعة الأشجار على هيئة نطاقات واقية لأراضي الحشائش الطبيعية التي زرعت بمحاصيل الحبوب وكان ذلك منذ أوائل القرن التاسع عشر، كما تمت زراعة هذه الأشجار في الولايات المتحدة الأمريكية منذ منتصف الثلاثينات من القرن العشرين، وتكمن أهمية إقامة هذه المصدات من فاعليتها في تقليل سرعة الرياح وفقاًلارتفاع المصد وكثافته وشكله، ولهذه المصدات القابلية على تخفيض هذه السرعة من (١٨م/ثا) لتصبح (٨,٣ م/ثا) بعد اجتيازها للمصد وعلى بعد (٥) أمثال ارتفاعهفضلاً عن ما توفره الشبكات الجذرية لأشجار المصدات من حماية للتربة إذ أنها تمتد إلى عمق كبير داخل التربة ، وتسهم مصدات الرياح في زيادة رطوبة الحقول الزراعية التي تحميها بنسبة (٥٥%) للطبقة الهوائية التي تعلو سطح التربة

ولارتفاع مترين تقريباً، وتقسم مصدات الرياح إلى عدة أنواع هي المصدات النفاذة وفيها يتكون المصد من (١-٢) خط من الأشجار وتكون المسافة بين شجرة وأخرى حوالي (٢ م) والمصدات شبه النفاذة وفيها يتكون المصد أيضاً من (١-٣) خطوط من الأشجار والمسافه بين شجرة وأخرى (٢ م) وهناك المصدات المغلقة وفيها يتكون المصد من (٣-٥) خطوط من الأشجار والمسافة بين شجرة وأخرى (١م)، وتعد المصدات النفاذة هي أفضل الأنواع وذلك لأن الرياح النافذة تمر بسرعة كبيرة خلال الجذوع تحت التيجان وفي الجهة المقابلة تنتشر الرياح وتنخفض سرعتها ولا تحدث حركة دورانية للرياح خلف تلك المصدات، وعند أقامة مصدات الرياح من المهم جداً الأخذ بنظر الاعتبار زراعة الأشجار التي تتحمل الظروف القاسية منها مثلاً أشجار ألأثل وهي أشجار خشبية معمرة مقاومة للملوحة دائمة الخضرة يتراوح ارتفاعها بين (٢-٧ م) ولها القابلية على التكيف مع الظروف الجافة إذ تمتد جذورها إلى عمق (١٢م) تحت سطح الأرض أفقياً وعمودياً، وأشجار اليوكالبتوس التي هي أشجار دائمة الخضرة سريعة النمو يصل ارتفاعها إلى (٢٥م) ولها القابلية على ظروف أحوال المناخ المتطرفة من حيث درجات الحرارة والجفاف والرياح وغيرها وهناك أيضاً أشجار الكازورينا الدائمة الخضرة وسريعة النمو والكثيرة التفرع وغيرها من الأشجار. (الجميلي/ ٢٠٠١/ ١٤٦-١٤٨)

ب – أقامة الأحزمة الخضراء: وهي عبارة عن حواجز أطول من مصدات الرياح تتكون من ألأشجار والشجيرات، أن أهمية أقامة هذه الأحزمة تكمن في محافظتها على التربة من التعرية الريحية، وتشير التجارب بهذا الخصوص أن أقامة هذه الحواجز في عكس اتجاه الرياح يقلل من سرعة الرياح بمقدار يتراوح بين (٥-١٠مرات) بقدر ارتفاع هذه الحواجز ويتراوح بين (١٠-٣٠) أذا أقيمت هذه ألأحزمة مع اتجاه الرياح، وسيكون الحزام الأخضر أكثر فعالية في التصدي للرياح ورفعها عن السطح حينما يكون كثيفآ من مستوى سطح الأرض وحتى قمة الشجرة كما لوحظ أن الحزام الأخضر الطويل أكثر فاعلية من الحزام القصير لأن سرعة الرياح في نهاية الحزام تزداد بحوالي (٢٠%) بالمقارنة مع سرعتها في المجالات الطليقة كما تبين أن وجود الفتحات في الأحزمة يؤدي إلى زيادة سرعة الرياح الأمر الذي يقلل من مساحة الترب المحمية.

جـ – ترك المخلفات النباتية في التربة: تتطلب هذه الوسيلة ترك فضلات المحاصيل ومخلفاتها من سيقان وأوراق وجذور في التربة بعد حصاد أو جني هذه المحاصيل دون رعيها أو حرقها أو قطعها وبذلك يمكن الحد من سرعة الرياح وحماية التربة من التعرية الريحية وتقليل معدلات التبخر كما تسهم في خفض درجة حرارة التربة صيفاً والحيلولة دون أنجمادها شتاءاً وكذلك المحافظة على محتواها الرطوبي.

د – الحفاظ على رطوبة التربة : تعد المحافظة على رطوبة التربة مسألة مهمة جداً للسيطرة على التعرية الريحية. وفي الواقع أن كل وسائل الحد من حدوث التعرية الريحية سواء في الأقاليم الجافة وشبه الجافة أو في الأقاليم الرطبة سواء كانت هذه الوسائل نباتية أو ميكانيكية هي بمثابة وسيلة للحفاظ على رطوبة التربة، وتتنوع طرائق تحقيق هذه الوسيلة من خلال زيادة معدلات غيض الماء داخل التربة وتقليل عمليات التبخر/النتح كما يمكن عمل المساطب وزراعة الكفاف واستخدام مغطيات التربة واختيار المحاصيل المزروعة المناسبة.

هـ - السيطرة على عمليات البزل في الترب المروية: تؤدي المحافظة على مستوى معين من الماء الجوفي إلى التقليل من مجاميع التربة المعرضة للتعرية الريحية، وقد يتم اللجوء إلى رش الترب الزراعية الإروائية صناعياً في الفترات الجافة لتحقيق تماسك مجاميع التربة ومنعها من الانتقال بفعل الرياح.

و – الزراعة بالمساطب: أثبتت التجارب العلمية أن أتباع هذا النمط من الزراعة قد يسهم في تقليل مستويات التعرية الريحية، وقد توصل الباحثون إلى أن التربة المفقودة من المساطب بفعل الرياح أقل بكثير من تلك المفقودة من بين هذه المساطب وفي بعض الأحيان تكتسب المساطب المزيد من دقائق التربة المنقولة بفعل الرياح ومما يزيد من فعالية هذا الأسلوب هو نمو الكثير من النباتات على كتوف المساطب وقنواتها. (آشواي/١٩٨٤/ ٢٣٠-٢٣٢)

ز – اختيار الأوقات المناسبة للحراثة: أن حراثة التربة قد لا تكون مفيدة لبنائهااعتماداً على محتوى التربة من الرطوبة ونوع الحراثة وعدد مرات إجرائها، ومن أجل مقاومة التربة للتعرية الريحية في المناطق الجافة يفضل أجراء الحراثة الأولية في أقرب وقت بعد سقوط الأمطار كما يفضل اختزال عدد مرات القيام بها إلى أقل ما يمكن لأن الحراثة قد تؤدي إلى اختزال حجم مجاميع التربة وسحقها، أما الحراثة الثانية فينبغي تأخير أجرائها لتحضير وسط أنبات ملائم للبذور.

ح – أنشاء السداد الترابية: يمكن أقامة سداد ترابية بوساطة العُدد الميكانيكية وبخطوط متوازية عمودية على اتجاه الرياح، إذ قد يصل طول كل سدة ترابية واحدة حوالي (١٠٠ م) وبارتفاع يتراوح بين (٢,٥-٣ م) وبذلك تقل حركة دقائق التربة إذ يمكن لكل متر واحد من طول هذه السداد أن يحتجز ما مقداره حوالي (١٠م^{٣} من التربة) فضلاً عن ذلك يمكن أن تفسح هذه السداد المجال للقيام بزراعة الأشجار كما أنها تمنع الرعي الجائر. (محمد/ ١٩٩٣/ ٦٩)

ط – استعمال المواد الكيميائية: يمكن استخدام بعض المواد الكيميائية لتثبيت التربة السطحية ومنع حركة دقائقها وتعريتها بفعل الرياح، وبهذا الصدد يمكن استعمال راتنجات بوليمرية تشكل نسيجاً يربط دقائق التربة ويمكن لهذه المادة التوغل داخل التربة لعدة سنتيمترات ، ومن مميزات هذه المثبتات نفاذيتها للماء وكفاءتها العالية في نمو النباتات وهو الهدف في أيجاد غطاء نباتي يحمي التربة من التعرية

الريحية، ومن تلك المواد البوليمرية المستعملة في جهات العالم المختلفة هي مادة كحول الفاينيل وبولي أكريل أميد. واستطاعت أحدى التجارب العلمية التي أجريت للترب الرملية في محافظة البصرة جنوبي العراق إلى التوصل لمادة مثبتة للتربة من نوع بولي هيدروكسي أميني ذات تركيب راتنجي (PHAR) تتحول إلى مادة سمادية في التربة يستفيد منها النبات بشكل تدريجي وقد أثبتت هذه المادة نجاحها في تقليل التعرية الريحية خلال بعض أشهر السنة. (جدول ٤٠)

جدول (٤٠)

تأثير بعض مثبتات التربة على كمية التربة المفقودة بالتعرية الريحية طن/هكتار

المعاملة	التربة المفقودة بالتعرية الريحية طن/هكتار					
	مايس	حزيران	تموز	آب	أيلول	تشرين/١
ترب غير معاملة	,٤١ ٨٧	١٣٨,٥٨	١٣٢,٦٦	,٩٢ ١٢٧	١١٠,٨٠	٦٨,٩٤
١% بتيومين	,٨٠ ٢٩	٤٧,٢٤	٤٥,٢٢	٤٣,٦١	٣٧,٧٩	٢٣,٥٠
PHAR%١	,٢٤ ٣٩	٦٢,٢١	٥٩,٥٥	٥٧,٤٢	٤٩,٧٦	٣٠,٩٤
PHAR%٢	,١٢ ٢٧	٤٣,٠٠	٢٢,٢٣	٢١,٤٤	٣٤,٤٠	٢١,٣٩
PHAR%٣	,٦٥ ١٤	٢٣,٢٢	٢٢,٢٣	٢١,٤٤	١٨,٥٨	١١,٥٥

المصدر: حسوني جدوع عبدالله ، تأثير مصلحات التربة ومصدات الرياح الصغيرة على تثبيت التربة، الندوة العلمية الأولى حول الأساليب المعتمدة والحديثة في زراعة المناطق الصحراوية في محافظة البصرة للمدة (٢-٣) آذار،١٩٩٢،البصرة.

ومن المواد الكيميائية الأخرى المستخدمة لهذا الغرض محلول كلوريد الكالسيوم الذي يعمل على زيادة تماسك دقائق التربة مع زيادة محتواها الرطوبي إذ يكون أشبه بنويات التكاثف التي يتجمع حولها بخار الماء وللحصول على هذا المحلول يضاف الجير المطفئ إلى مادة كلوريد الأمونيوم، كما يمكن استخدام مادة الكوريسول التي تكون محلولاً بلاستيكياً غروياً عند خلطها بالماء، ويرتبط تأثير هذه المادة بنوع التربة المعرضة للتعرية الريحية من حيث كونها جافة أو رطبة إذ تحتاج الأولى إلى محلولاً مخففاً بالماء من هذه المادة مقارنة بالثانية، ويحتاج المتر المربع من التربة إلى (١٠٠غم) من مادة الكوريسول مخففة بـ (١,٨ – ٢,٣ لتر) من الماء، وينبغي أن ترش هذه المادة على التربة في الأيام غير الممطرة تجنباً لحدوث عملية الغسل لهذه المادة كما يفضل أن تتم عملية الرش ودرجة حرارة الهواء الجوي لا تقل عن (٥م°) ، ووجد أن تماسك دقائق التربة بفعل هذه المادة يستمر لفترة تتراوح بين (٢-٣ سنة) إذ تبدأ المادة البلاستيكية بعد هذه الفترة بالتفتت، وأخيراً هناك مادة الكيميكو التي يمكن استعمالها لتثبيت التربة وهي مادة حامضية تخلط مع الماء بنسبة (١,٥%) ويحتاج الهكتار الواحد إلى (٦٠٠ كغم) من هذه المادة ويتراوح سمك المادة المتكونة على سطح التربة بعد رشها بهذه المادة بين(١-٢ ملم)، ومن خصائصها هو عدم تأثرها

بالرياح الشديدة وعدم تأثرها على النباتات ويمكن نثر بذور الأعشاب الحولية والمعمرة قبل رش التربة لتقليل التبخر كما أنها لا تمنع مياه الأمطار من التوغل داخل التربة. (محمد/ ١٩٩٣/ ٦٨-٦٩)

ي – اختيار المعدات المناسبة للحراثة: أثبتت العديد من التجارب أن استعمال المحاريث التي تبقي بقايا النباتات بنسبة (٧٥%) فوق سطح التربة دون دفنها تحت السطح من شأنها التقليل من معدلات التعرية الريحية إذ تعمل هذه المحاريث على تفكيك التربة إلى أعماق بعيدة دون قلبها وبذلك توفر كميات مناسبة من بقايا النباتات، وبناءً على ذلك لايفضل أستخدام المحاريث الثلاثية في المناطق التي تتعرض للتعرية الريحية لأنها تقضي على الأدغال وبقايا النباتات في الحقل أثناء الحراثة بشكل كامل، وأوضحت التجارب العلمية أن الزاوية المفضلة لسلاح المحراث لكي تبقى في الحقل كمية أكبر من بقايا النباتات وبالتالي توفر الحماية للتربة من التعرية تتراوح بين (٢٥°- ٦٠°) وبزاوية ارتفاع للسلاح قدرها (١٧°) ، أما عرض خطوط الحراثة فينبغي أن لا يزيد عن (١,٢م). (ثابت وآخرون/ ٢٠٠٧/ ١٦٥)

ك – أتباع الدورات الزراعية: تمثل الدورات الزراعية أحد الأساليب المهمة التي تتبع للحد من تأثيرات التعرية الريحية في المناطق الجافة والرطبة على حد سواء، وتبين من خلال التجارب العلمية أن أتباع نظام الدورات الزراعية الخماسية يمكن استخدامه على نطاق واسع في المناطق التي تتعرض فيها الترب الزراعية للتعرية الريحية ووفق هذا النظام من الدورات يمكن تمثيل خمسة حقول مقسمة إلى قطع عرض الواحدة منها (٥٠ م) وعمودية على اتجاه هبوب الرياح التي تسبب تعرية التربة وفيها تتم زراعة العلف المعمر في كل قطعة سواء تلك المزروعة بمحصول السنة الواحدة أو القطعة المتروكة، ويزرع محصول العلف المعمر سنوياً بحيث يكون موجوداً في الحقل وموزعاً على القطع من عمر سنة وحتى السنة الخامسة، ويلاحظ في النظام المذكور أن العلف المعمر يزرع في الخريف تحت بقايا سيقان القمح للسنة الثانية بعد التبوير ويبقى نبات العلف المعمر في الحقل لمدة خمس سنوات ثم تحرث الأرض بعد الحشة الأخيرة في السنة الخامسة من عمر النبات.(جدول ٤١).

جدول (٤١)

نظام الدورة الزراعية الخماسية الذي يتبع لحماية التربة من التعرية الريحية

رقم النقطة	المحصول	رقم القعطة	المحصول
١	بور	١	علف معمر سنة ثالثة
٢	قمح	٢	علف معمر سنة رابعة
٣	قمح	٣	علف معمر سنة خامسة
٤	علف معمر سنة واحدة	٤	قمح
٥	علف معمر سنة ثانية	٥	قمح

المصدر: عدنان جاسم ثابت وآخرون تعرية التربة وسبل معالجتها، جامعة البصرة، البصرة،٢٠٠٧،ص١٥٦.

ب– وسائل الحد من مشكلة ملوحة التربة: لقد علمنا فيما تقدم من البحث أن الترب التي تعاني من التملح أما أن تكون ترب ملحية تحتوي على كميات زائدة من الأملاح الذائبة أو قد تكون ترب صودية تحتوي على نسبة عالية من الصوديوم المتبادل أو قد تكون ترب ملحية صودية وهي تحتوي على كلاهما،ولأجل معالجة هذه المشكلة أو الحد من تأثيرها على الترب الزراعية فإن الأمر يستلزم القيام ببعض الإجراءات التي من شأنها إزالة تدهور صفات هذه الترب والتي يكون لها ارتباط وثيق مع تحديد خصوبة التربة كما أن اتخاذ هذه الإجراءات يرجع أساساً إلى معرفة الضرر في التربة المتأثرة بالملوحة والقلوية سواء كانت لم تستثمر من قبل أو تلك التي اكتسبت الملوحة الثانوية من الظروف البيئية المحيطة بها، وبناءً على ماتقدم فأن عملية استصلاح الترب الزراعية الملحية والصودية والملحية الصودية تقف في مقدمة الإجراءات التي يمكن من خلالها الحد من آثار مشكلة ملوحة الترب الزراعية فضلاً عن الحلول الأخرى السائدة لهذه المشكلة، ومن هنا لابد لنا أن نتعرف على جملة أهداف عملية استصلاح التربة والتي تتمثل بما يأتي:

١- خفض تركيز الأملاح في التربة إلى العمق الذي يسمح للجذور النباتية بالنمو ومن الطبيعي أن يكون هذا العمق أكبر من العمق الذي يشغله المجموع الجذري للنبات.

٢- خفض مستوى الماء الأرضي إلى أبعد من العمق الحرج.

٣- معادلة أملاح كاربونات الصوديوم وخفض نسبة الصوديوم المتبادل في التربة الصودية.

٤- معالجة الظروف المحلية المحيطة بالتربة من خلال جملة من الإجراءات كعزل الأراضي الزراعية عن البحيرات أوالمستنقعات أو المجاري المائية المجاورة التي لها منسوب عالٍ عن منسوب هذه الأراضي وذلك باستخدام المصارف وكذلك المحافظة على سطح الأراضي الزراعية منبسطاً لأن عدم انبساط الأرض يسهم في تملح المناطق المرتفعة فضلاً عن ذلك يمكن التحول إلى مياه ري جيدة ومعالجة المياه القلوية وأخيراً يمكن فصل الأراضي الزراعية عن الأراضي المجاورة ذات المستوى المرتفع عنها للحيلولة دون تسرب المياه من المناطق المرتفعة نحو المناطق المنخفضة.

ولأجل تحقيق هذه الأهداف لابد من أتباع وسائل عديدة مع الأخذ بنظر الاعتبار جملة من المحددات المهمة أهمها الجدوى الاقتصادية للقيام بهذه العملية والتي تتمثل بزيادة إنتاجية التربة فضلاً عن عامل ضبط النفقات وإكمال العملية بأقل التكاليف وبأقصر فترة زمنية ممكنة. وتتمثل هذه الوسائل بما يأتي:

١- استصلاح الترب المحلية: يستلزم استصلاح الترب الملحية القيام بغسلها وعملية الغسل هذه هي إمرار كمية من المياه خلال قطاع التربة لإذابة الأملاح

وحملها مع الماء إلى باطن الأرض بعيداً عن منطقة الجذور أو إلى المبازل، وبناءً على ذلك يؤدي غسل التربة عدة أغراض أهمها:

أ- إذابة الأملاح القابلة للذوبان في التربة الملحية وأزالتها من قطاع التربة بعيداً عن منطقة جذور النباتات.

ب – الاحتفاظ بمستوى مناسب من الملوحة في الأرض وذلك بمنع تراكم الأملاح سواء من الماء الأرضي أو من مياه الري.

جـ - إزالة أملاح الصوديوم التي تنتج عن عملية أحلال الكالسيوم محل الصوديوم المتبادل في معالجة الترب الصودية.

ولابد من الإشارة إلى أن هناك جملة من المتغيرات التي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على عملية غسل التربة أهمها:

أ- كمية المياه المتاحة لأجراء الغسل.

ب- تركيز الأملاح في الماء المستعمل للغسل.

جـ - تركيز الأملاح في التربة المراد غسلها.

د – طبيعة نفاذية التربة.

هـ - عمق مستوى الماء الأرضي ومقدار تركيز الأملاح فيه.

و – توفير وسيلة للتخلص من المياه المستخدمة للغسل أما صرفها إلى مستوى أرضي بعيد أو إلى نظام صرف عام.

إن الماء الفعال في عملية غسل التربة هو ذلك الجزء من الماء المضاف إلى التربة الذي ينفذ فعلاً خلال منطقة الجذور وهو عادة أقل من الماء المضاف، وتشير أحدى المصادر بهذا الصدد إلى أن هناك علاقة بين عمق الماء المضاف مع نسبة الأملاح التي تزال من قطاع التربة كما أن الزمن الذي يلزم لخفض الأملاح بالغسل يعتمد على معدل نفاذية الماء خلال التربة ومقدار الماء اللازم لإزالة الأملاح الزائدة (بلبع/ ١٩٧٦/ ٤٥٠).

ومما هو معلوم لدينا أن قلة نفاذية الترب الطينية الثقيلة للماء يعرضه للتبخر فيقل حجم الماء الذي يمر خلال قطاع التربة، وهذا الحجم الفعال في غسل التربة بعد أن يكون قد تعرض للتبخر وخصوصاً في الظروف المناخية الحارة الجافة يزداد تركيز الأملاح فيه ونظراً لقابلية الترب الطينية العالية على الاحتفاظ بالماء مقارنة بالترب الخشنة لذا يكون من الطبيعي أن تحتفظ الترب الناعمة بأكبر كمية من الأملاح.

أما مايخص تقدير كميات المياه اللازمة لأجراء عمليات غسل التربة فهو بلا شك أمر مهم إذ على أساسه يمكن حساب مقدار الماء اللازم للغسل ومقارنتهُ بمقدار الماء المتاح الأمر الذي من خلاله يتم التعرف على مساحة الأرض التي يمكن استصلاحها، ولهذا فإن تقدير الماء اللازم لغسل التربة تقديراً صحيحاً يُعد أهم

مقومات نجاح مشروع الاستصلاح، ومع ذلك فإن تحديد كميات مياه الغسل لازال يجري وفق أسس غير دقيقة وتخضع لعامل الخبرة إذ أن تطبيق النظريات العلمية التي تحقق غسل التربة وطردالأملاح منها مسألة غير يسيرة، وهناك من يشير إلى أن مقدار الماء اللازم لإزالة الأملاح من التربة يزداد بزيادة تركيز الأملاح في التربة والماء الأرضي وبقرب تجمع الأملاح من سطح الأرض وكذلك بنعومة نسجة التربة، ويمكن وفق ذلك حساب كمية مياه الغسل اعتماداً على المعادلة الآتية: (النعيمي/ ١٩٩٠/ ٢٦٠)

$$LR = \frac{ECw}{ECdw} \times 100$$

إذ أن LR = الاحتياجات المائية لعملية الغسل ويقصد بها جزء ماء الري الذي يجب أن يغسل من خلال المحور الجذري النشط للسيطرة على ملوحة التربة عند حد معين.

ECw = درجة التوصيل الكهربائي لماء الري ديسيسيمنز/ م

$$ECw \times 3 = ECsw$$

$$ECsw \div 2 = ECe$$

إذ أن ECsw = درجة التوصيل الكهربائي لأملاح ماء التربة

ECe = درجة التوصيل الكهربائي لمستخلص التشبع للتربة ديسيسيمنز/ م

ECdw = التركيز الأعلى للأملاح الذي يمكن أن يوجد في ماء البزل في الأرض المزروعة نتيجة لفقدان الماء بالتبخر والنتح.

تتم عمليات غسل التربة بأن يطلق الماء عليها لعمق معين يحدده عمق التربة المراد غسله ونوعية المياه المستخدمة وذلك بعد تقسيم الحقل إلى عدة أحواض ويترك الماء فيها لفترة (٢٠-٦٠ يوماً) لكي تذوب الأملاح ثم تنصرف مع مياه البزل إلى المبازل، ويفضل أن تتم عمليات الغسل في فصل الشتاء إذ تنخفض درجات الحرارة وتقل معدلات التبخر فضلاً عن جودة نوعية مياه الري في هذا الفصل، وقد أثبتت العديد من التجارب أن كفاءة المياه المستعملة في الغسل تقل مع تقدم عملية الغسل أي أن المقادير الأولى في هذه المياه تكون مشبعة بالأملاح أكثر من المقادير التي تليها الأمر الذي يعني هدر كميات كبيرة من المياه المستخدمة للغسل، ولأجل تلافي هذا الضياع للمياه يجب غسل التربة أول الأمر إلى أن تنخفض ملوحتها إلى حد يمكن معه زراعة بعض المحاصيل التي تتحمل الملوحة كالجت والشعير ثم تستمر عمليات الغسل بإعطاء كميات أضافية من الماء لمياه الري وهذه المقادير الإضافية أو ما تسمى متطلبات الغسل (Leaching Requirement) يجب أن تتناسب طردياً مع ملوحة مياه الري والتربة وعكسياً مع درجة المقاومة الملحية للمحاصيل، وغالباً ما تشكل مياه متطلبات الغسل حوالي (١٠-٢٠%) من حجم مياه الري المستعملة.

(الربيعي/ ١٩٨٨/ ٦٩)، فإذا كانت متطلبات الغسل مثلاً (٠,١٤٢) فهذا معناه أنه يجب إضافة (٠,١٤٢) من كمية الاستهلاك المائي النظري إلى الكمية الأصلية لمياه الري كمتطلبات غسل للحفاظ على معدل ملوحة التربة وللوصول إلى رطوبة التربة إلى مستوى السعة الحقلية بمعنى أن متطلبات الغسل هي كمية المياه المضافة إلى ماء الري لإذابة الأملاح وغسلها من المنطقة الجذرية للحفاظ على توازن ملحي في التربة عند المستوى المطلوب. (Petterson/ ١٩٥٤/ ١١٦)

إن استخدام طريقة الغسل بالغمر التقليدية تتطلب كميات كبيرة من المياه بشكل مستمر فضلاً عن بعض المساوئ التي قد تلحق ببعض الخصائص الفيزيائية للترب المستصلحة لذا اتجهت الأنظار في السنوات الأخيرة نحو طريقة الغسل بالرش، وأثبتت التجارب العملية بهذا الشأن أن استخدام (٢٥ سم) من الماء بوساطة نظام الغسل بالرش أدى إلى خفض مستوى التركيز الملحي إلى الـ(٦٠ سم) الأولى من مقد التربة مقابل استخدام (٨٠ سم) من الماء بوساطة الغسل بالغمر المستمر للوصول إلى نفس الدرجة من الملوحة، ولأجل المقارنة بين استخدام طريقتي الغسل بالغمر والغسل بالرش أظهرت التجارب النتائج الآتية: (حمادي وآخرون/ ١٩٨٩/ ٨٦-٨٧)

أ– كانت طريقة الغسل بالرش أكثر كفاءة من طريقة الغسل بالغمر في إزالة الأملاح عند اعتماد كمية المياه المستخدمة كأساس للمقارنة.

ب– كانت كفاءة الغسل بالغمر أكثر من كفاءة الغسل بالرش عند اعتماد الوقت كأساس للمقارنة لأن جزء من ماء الغسل بطريقة الغمر يمر في المسامات الكبيرة للتربة دون أن يكون له دور في إزالة الأملاح.

جـ- ترتبط طريقة الغسل بالغمر مع ملوحة الماء الأرضي أكثر من طريقة الغسل بالرش.

د– استطاعت طريقة الغسل بالرش إزالة الأملاح بتراكيز متقاربة سواء من السطح أو من الطبقات تحت السطحية بشكل أكبر بالمقارنة مع طريقة الغسل بالغمر.

هـ- حققت طريقة الغسل بالرش زيادة في معدل الغيض الأساس بنسبة (٥٦%) ولكن هذه النسبة انخفضت بنسبة (٦٦%) بالنسبة لطريقة الغسل بالغمر.

و– ازدادت الكثافة الظاهرية للتربة عند أتباع طريقة الغسل بالغمر مقارنة مع طريقة الغسل بالرش.

البزل:

يقصد بالبزل أو التصريف مرور المياه خلال مسامات التربة، وتعتمد سرعة المرور هذه على طبيعة انحدار التربة وبناءها ولكن العامل الأكثر أهمية في جودة البزل أو رداءته هو طبيعة نسيج التربة الذي يحدد مستوى نفاذيتها للمياه، فالنفاذية الجيدة كفيلة بجودة البزل والعكس هو الصحيح، وقد عرفنا سابقاً أن عمليتي الري والبزل تعدان عمليتان يكمل أحدهما الآخر في الترب المرورية التي تسود في

المناطق الجافة وشبه الجافة، ولعل أهم ما يهدف إليه البزل هو تنظيم الحالة الرطوبية للتربة بما يضمن بيئة مناسبة لنمو النباتات وإزالة كل فائض الماء الموجود في المنطقة الجذرية أسفل سطح التربة وإزالة الأملاح المتواجدة هناك وتقليل المستوى الرطوبي للطبقة السطحية للتربة عن طريق خفض مستوى المياه الأرضية المالحة وتعطيل فعل الخاصية الشعرية وكذلك منع إعادة تملح التربة فضلاً عن تحسين خصائص التربة الأخرى. (الفضلي وزميله/ ٢٠٠٧/ ٢٤٥) (جدول (٤٢)

(جدول ٤٢)

نسبة الأملاح % ودرجة ملوحة التربة (ديسيسيمنز/ م) قبل وبعد البزل وكمية الملح المزال كغم لكل (١م^{٢})

عمق التربة/سم	قبل البزل		بعد البزل		الملح المزال كغم/م^{٢}
	نسبة الأملاح%	درجة الملوحة ds/m	نسبة الأملاح%	درجة الملوحة ds/m	
٣٠-٠	٣,٠٨	٦٠	٠,٢٩	٤,٥	١٠,٩
٦٠-٣٠	١,٧٧	٣٦	٠,٢٧	٤,١	٥,٩
١٠٠-٦٠	١,٥٣	٢٧	٠,٥٨	١٢	٥
١٥٠-١٠٠	١,٥٠	٢٠	١,٣٥	١٩	١
٢٠٠-١٥٠	١,٥٠	١٩	١,٦٢	٢٢	-

المصدر: كي.كريب، الأسس البيئية لري المحاصيل في المناطق شبه المدارية ترجمة ناصر حسين صفر، جامعة الموصل، الموصل،١٩٧٦،ص١٨٩.

وعموماً يمكن تمييز نوعين من المبازل هما:

أ- المبازل المفتوحة: وهي المبازل الأكثر شيوعاً في مناطق الزراعة الأروائية وقد تسمى المبازل السطحية، وتتمثل هذه المبازل بقنوات مفتوحة تختلف من حيث أحجامها وسعتها البزلية ويدخل ضمن هذا النوع من المبازل كل من المبازل العامة (المصبات) الرئيسة والفرعية والمبازل المجمعة. أن لهذا النوع من المبازل مزايا عديدة منها أمكانية نقل كميات أكبر من المياه الفائضة ومياه البزل كما يمكن أن تستخدم لبزل مياه الري الفائضة عند القيام بعملية الري فضلاً عن وظيفتها في تخفيض مستوى المياه الجوفية وهي أيضاً لا تحتاج إلى درجة انحدار كبيرة وهذه الميزة مهمة للمناطق المنبسطة نسبياً كما أنها سهلة الكري والتنظيف لسهولة تحديد مناطق الانسداد فيها وأخيراً فهي تحتاج إلى تكاليف مالية قليلة لأنشاءها، وعلى الرغم من المزايا المذكورة فإن هذه المبازل تحمل عيوباً متعددة كالخسارة في الأراضي الزراعية لشق هذه القنوات تقدر بحوالي (١٠%) وكذلك حاجتها المستمرة لأعمال الصيانة والتطهير لسرعة تراكم الرواسب والنفايات فيها لكونها مكشوفة وملائمتها لنمو النباتات الطبيعية فضلاً عن إعاقتها لعمليات الخدمة الزراعية الميكانيكية. (الصوفي/ ١٩٨٢/ ٧٧)

وقد تعاني المبازل المفتوحة في مناطق الزراعة الأروائية من عدة مشاكل أهمها الإفراط في استخدام مياه الري إذ ترد مياه بزل أكثر من قابلية المبزل للتصريف فيعمل ذلك على رفع مستوى المياه الجوفية، وقد تعاني تلك المبازل من ضعف في كفاءة تصريفها بسبب تراكم الرواسب والنفايات فضلاً عن كثافة النباتات الطبيعية التي تعرقل حركة المياه فيها، ومما يزيد من تأثير هذه المشكلة هو عدم تطهير المبازل بشكل دوري ومستمر(صورة ١٥).

(صورة ١٥)

النباتات الطبيعية التي تنمو في المبازل وتسهم في تقليل كفاءتها للتصريف

ب – المبازل المغطاة: وقد تسمى أيضاً المبازل تحت السطحية وتتمثل هذه المبازل بالمبازل الأنبوبية التي تصنع من مواد مختلفة تدفن تحت أسفل التربة وعلى أعماق مختلفة ويدخل ضمن هذا النوع من المبازل، المبازل الحقلية (Field Drains) التي تعمل على ضبط مستوى المياه الأرضية من خلال سحب المياه الزائدة من الحقول الأروائية الصغيرة وكذلك تشتمل على المبازل المجمعة (Collect Drains) التي تعمل على جمع المياه الزائدة من المبازل الحقلية ونقلها إلى المبازل الرئيسة (Main Drains) التي تنقل مياه البزل إلى خارج المنطقة المبزولة. (الحسين/ ٢٠١١/ ٥٢-٥٣)

يتسم هذا النوع من المبازل بعدة مزايا منها عدم وجود خسارة في الأراضي الزراعية ولاتسمح بنمو الكثير من النباتات الطبيعية وحاجتها للصيانة أقل بالمقارنة مع المبازل المفتوحة وهي أيضاً لا تشكل عائقاً أمام عمليات الخدمة الزراعية الميكانيكية، وبسبب تقارب المسافات بين خطوط المبازل الحقلية فإن عملية البزل تكون متجانسة كثيراً، وعلى الرغم مما تقدم فإن نظام البزل المغطى يحمل بعض العيوب منها صعوبة أعطاء الانحدار الكافي للمبازل بسبب انبساط الأرض الأمر

الذي يرجح انسداد المبازل بالترسبات وهناك أيضاً صعوبة تحديد أماكن انسداد أنابيب البزل أو ضررها، وقد تتعرض تلك المبازل لتراكم الرواسب أو نمو بعض النباتات الأمر الذي قد يسبب انسدادها ويحتاج هذا النظام أيضاً من حيث التخطيط والتنفيذ إلى الكثير من الخبرة فضلاً عن ارتفاع تكاليف إنشاءه. (إسماعيل/ ١٩٨٨/ ٤٧٣)

وأخيراً لابد من الإشارة إلى أن العديد من دول العالم قد أولت اهتماماً كبيراً لأجراء عمليات البزل للأراضي المروية لتقليل تغدق الترب وتملحها، ففي الباكستان مثلاً أكتمل للفترة الواقعة بين (١٩٦٥-١٩٨٥) تنفيذ (٣٢) مشروعاً لمكافحة التملح واستصلاح الأراضي وكانت النتيجة هي انخفاض نسبة الملوحة من ٤٠% إلى ٢٠%، وفي المعدل تجري أعادة ما مساحتهُ (٨١٠٠٠ هكتار) من الأراضي المتأثرة بالملوحة إلى الإنتاجية الكاملة في السنة الواحدة. (طلبة/ ١٩٩٤/ ٨٦)

وهناك جملة من الإجراءات التي يمكن أتباعها لمعالجة مشكلة ملوحة التربة والحد من آثارها يمكن تلخيصها بما يأتي:

١- أتباع الدورات الزراعية

وهو من الوسائل المهمة لمعالجة مشكلة ملوحة التربة إذ يتم استزراع أجمالي الأراضي الصالحة للزراعة بمحاصيل تتلائم ودرجة ملوحة التربة، وتشير العديد من المصادر إلى أن الدورة الزراعية التي تلائم الأراضي المستصلحة هي زراعتها بمحصول الشعير الذي يقاوم الملوحة أو محصول الرز الذي يحتاج إلى مياه كثيرة تساعد على غسل التربة المالحة ثم تزرع الأرض بمحصول بقولي كالبرسيم أو باقلاء إذ يعمل على خصوبة التربة ويحسن من خصائصها الفيزيائية، وقد تقسم الأرض إلى نصفين كل سنة إذ يُزرع النصف الأول بمحصول الشعير كمحصول شتوي ثم محصول الرز كمحصول صيفي أما النصف الآخر فيُزرع بمحصول البرسيم في الموسم الشتوي والذرة الصفراء في الموسم الصيفي، وفي السنة الثانية يُزرع في النصف الأول بمحصول البرسيم في الموسم الشتوي ثم يُزرع محصول الذرة الصفراء في الموسم الصيفي، أما النصف الثاني فيُزرع بمحصول الشعير في الموسم الشتوي ثم محصول الرز في الموسم الصيفي. (جدول ٤٣)

(جدول ٤٣)نظام الدورة الثنائية الذي يتبع في الأراضي المستصلحة

سنوات الدورة	السنة الأولى		السنة الثانية	
الموسم / أقسام الأرض	الشتوي	الصيفي	الشتوي	الصيفي
النصف الأول	الشعير	الرز	البرسيم	الذرة الصفراء
النصف الثاني	البرسيم	الذرة الصفراء	الشعير	الرز

المصدر: خليل إبراهيم القدو، الدورات الزراعية،مجلة الزراعة العراقية،مج ١، العدد الثاني، بغداد،١٩٤٦،ص٨-١٥.

وتلي الدورة السابقة والتي هي من نوع الدورات المؤقتة دورة دائمية، إذ تُزرع الأرض بمحصولي القمح والشعير في الموسم الشتوي ثم تُزرع بأي محصول بقولي أو علفي في الموسم الصيفي لأنه يعمل على استهلاك كميات كبير من المياه الجوفية فينخفض مستوى هذه المياه ويعمل أيضاً على حماية التربة من التبخر الشديد مما ينتج عنهُ عدم تراكم الأملاح في المنطقة السطحية للتربة فضلاً عن أنه يزيد من البقايا النباتية في التربة وبذلك تكون الفائدة ثنائية هي تحسين بناء التربة وزيادة مادتها العضوية، وأشارت أحدى المصادر إلى أنه من المفضل زراعة محصول القطن بالتبادل مع محصول البرسيم في هذا النوع من الدورات. وقد تتبع أيضاً دورة زراعية ثلاثية في مناطق الترب ذات الملوحة المتوسطة إذ تقسم بها الأرض الزراعية إلى ثلاثة أقسام تتناوب فيها خلال سنوات الدورة كل من محاصيل القمح والباقلاء والبرسيم خلال الموسم الشتوي وكل من محاصيل الماش والذرة الصفراء والسمسم خلال الموسم الصيفي (جدول ٤٤).

(جدول ٤٤)

نظام الدورة الزراعية الثلاثية الذي يُتبع في الأرض ذات الملوحة المتوسطة

سنوات الدورة	السنة الأولى		السنة الثانية		السنة الثالثة	
الموسم / أقسام الأرض	الشتوي	الصيفي	الشتوي	الصيفي	الشتوي	الصيفي
القسم الأول	القمح	الماش	الباقلاء	السمسم	البرسيم	الذرة الصفراء
القسم الثاني	البرسيم	الذرة الصفراء	القمح	الماش	الباقلاء	السمسم
القسم الثالث	الباقلاء	السمسم	البرسيم	الذرة الصفراء	القمح	الماش

المصدر: أوميد نوري محمدأمين،مبادئ المحاصيل الحقلية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٨،ص٣٥٣.

وأخيراً لابد من الإشارة إلى جملة الفوائد التي تعود على التربة عند أتباع نظام الدورات الزراعية والتي تمثل بما يأتي:

١- المحافظة على خصوبة التربة من خلال الموازنة في زراعة التربة بمحاصيل مجهدة مع أخرى غير مجهدة.

٢- يكفل هذا النظام الانتفاع بالعناصر الغذائية في أعماق التربة المختلفة لاختلاف المحاصيل المزروعة بين محاصيل تمتص هذه العناصر من أعماق قريبة من السطح وهي المحاصيل ذات الجذور الضحلة وتلك التي تمتص العناصر الغذائية من أعماق أكبر كالمحاصيل ذات الجذور الوتدية أو المحاصيل الجذرية. (الراشدي/ ١٩٨٧/ ١٦٥)

٣- المحافظة على المواد العضوية للتربة لأن نظام الدورة الزراعية يشتمل على زراعة محصول بقولي من محاصيل الخضروات التي تترك مجموعاً جذرياً كبيراًفي التربة ومخلفات كثيرة تزيدمن نسبة المواد العضوية.
٤- الحد من انتشار الآفات الزراعية كالحشائش والآفات الفطرية فضلاً عن توزيع العمل الزراعي على مدار السنة وعدم الاعتماد على محصول واحد.
٥- تعمل الزراعة الكثيفة للأرض على تحسين خواصها كزيادة مجاميع التربة غير القابلة للتعرية المائية والريحية كما أن زيادة المساحة الخضراء وإيجاد غطاء نباتي سوف يحمي سطح التربة ويقلل سرعة الرياح وبالتالي الحد من التعرية للتربة.
٦- تساعد المياه التي تصل إلى الأراضي الزراعية طول أيام السنة على زيادة المحتوى الرطوبي للتربة وتماسك دقائقها الأمر الذي يحول دون تعرية التربة من جانب وغسل الأملاح منها من جانب آخر.
٧- تسهم زراعة محاصيل العلف ضمن الدورات الزراعية في تقليل الضغط على المراعي الطبيعية وبالتالي تقليل مستويات الرعي الجائر والمبكر التي هي أحد أسباب تعرية التربة المائية والريحية كما عرفنا. (الجميلي/ ٢٠٠١/ ١٣٩-١٤٠)

٢- زراعة محاصيل مقاومة الملوحة

وهي أحد الوسائل المهمة التي تحد من مشكلة ملوحة التربة إذ أن النباتات تختلف بشكل كبير في درجة تحملها للملوحة، وبناءً على ذلك فإن الاختيار السليم لزراعة المحصول بالشكل الذي يتلائم مع درجة ملوحة التربة يصبح بمثابة اختيار إداري صحيح يمكن أتباعه لتقليل الملوحة الحقلية، وتتحدد استجابة المحصول للملوحة بجملة من المؤثرات منها مرحلة نمو النبات ونوع النظام الجذري وطريقة الري ورطوبة التربة فضلاً عن خصوبة التربة وأحوال المناخ. وتؤثر الملوحة في جميع مراحل نمو النباتات ولكن حساسية النبات تختلف من مرحلة لأخرى فعلى سبيل المثال يقاوم محصول الرز الملوحة في مرحلة الإنبات ثم يصبح حساساً للملوحة خلال مرحلة البادرات ثم يصبح مقاوماً مع تقدم مراحل نموه، كما أن محاصيل القمح والشعير والذرة الصفراء أكثر حساسية في مرحلة نمو البادرات من مراحل الإنبات بينما يكون البنجر السكري والعصفر حساسان خلال مرحلة الإنبات، ويكون محصولا الطماطة والقطن أكثر حساسية للملوحة خلال مرحلة نمو البادرات ثم تقل حساسيتهما خلال مرحلة النمو الخضري ثم تزداد خلال مرحلة التزهير، كما تكون حساسية محصول قصب السكر للملوحة كبيرة خلال مرحلة الإنبات وتقل بعد الإنبات كثيراً إلى الحد التي لا تؤثر فيه مياه الري المالحة التي تصل درجة ملوحتها (٦٠ ديسيسيمنز/م)، وبناءً على ذلك ظهر ما يطلق عليه المقاومة البايلوجية للملوحة والمقاومة الحقلية لها إذ تعني الأولى قابلية النبات على أكمال دورة حياته في الترب الملحية بغض النظر عن إنتاجيته أو نموه أما الثانية فأنها تعني قابلية النبات لإكمال

دورة حياتـه وإعطـاء حاصـل جيدتحت الظـروف الملحيـة. (الحسين/ ٢٠١١/ ١٥٦-١٥٧)

وطبقاً للعلاقة بين مدى حساسية النباتات لملوحـة التربـة ومقدار مقاومتهـا ومـدى تأثير ذلك على إنتاجية هذه المحاصيل فقد تم تصنيفها إلى الأصناف الآتية:

أ- محاصيل حساسة: وهـي المحاصـيل التـي لا تتـأثر إنتاجيتهـا عنـدما يكـون التوصـيل الكهربائي لمحلول التربة أقل من (١,٥ ديسيسيمنز/م) ولكن أنتاجها يقل إلـى الصـفر عندما يكون التوصيل الكهربائي (٨ ديسيسيمنز/م).

ب- محاصـيل معتدلـة الحساسية: وهـي المحاصـيل التـي لا تتـأثر إنتاجيتهـا بالملوحـة عندما يتراوح التوصيل الكهربائي لمحلول التربـة بين (١,٥-٣ ديسيسيمنز/م) ويقل الإنتاج إلى الصفر عندما يكون التوصيل الكهربائي (١٦ ديسيسيمنز/م) .

جـ - محاصـيل معتدلـة المقاومـة: وهـي المحاصـيل التـي لا تتـأثر إنتاجيتهـا بالملوحـة عنـدما يتـراوح التوصـيل الكهربـائي لمحلـول التربـة بين (٣-٦ ديسيسيمنز/م) ويقل أنتاجها إلى الصفر عندما يكون التوصيل الكهربائي (٢٤ ديسيسيمنز /م).

د- محاصيل مقاومة: وهي المحاصيل التـي لا تتـأثر إنتاجيتهـا بالملوحـة عنـدما يتـراوح التوصـيل الكهربـائي لمحلـول التربـة بين (٦-١٠ ديسيسيمنز/م) ويقل أنتاجهـا إلـى الصفر عندما يكون التوصيل الكهربائي (٣٢ ديسيسيمنز/م).

هـ - نباتات مقاومة جداً: لاتوجد محاصيل زراعية تنتمي لهذا الصنف من النباتـات إذ لا يتـأثر أنتـاج هذه النباتـات فـي تـرب ملحيـة يزيد التوصـيل الكهربـائي فـي محلـول التربة عن (١٠ ديسيسيمنز/م). (جدول ٤٥)

٣- أتباع المقننات المائية

أن الالتزام بالمقننـات المائيـة من شـأنه أن يقلل من ظهور التـرب المتملحـة إذ تختلـف المحاصـيل الزراعيـة فـي حاجتهـا الفعليـة مـن الميـاه والتـي تشـمل بطبيعـة الحـال الاستهلاك المائي من قبل النبات والضـائعات الحقليـة فضـلاً عن ضـائعات نقل الميـاه ومتطلبات غسل التربة وقد عرفنا فيما سبق أن الإفراط في كميات مياه الري من شـأنه أن يؤدي إلـى رفـع مستوى الميـاه الأرضـية وخصوصـاً فـي المنـاطق المنخفضـة التـي سرعان ماتترك على سطحها طبقة من الأمـلاح حـال تبخـر تلك الميـاه وبـالأخص فـي الأحوال المناخية الحارة والجافة.

(جدول ٤٥)

أصناف النباتات حسب مقاومتها ودرجة حساسيتها لملوحة التربة

أسم النبات	درجة الملوحة ds/m التي لايتأثر الإنتاج عندها	نسبة النقص بالإنتاج% بزيادة الملوحة درجة واحدة	درجة المقاومة
الجت	٢	٧,٣	معتل الحساسية
التفاح	---	---	حساس
المشمش	١,٦	٢٤	حساس
الشعير	٨,٠	٥	مقاوم
الفاصوليا	١,٠	١٩	حساس
الشونذر	٤,٠	٩	معتدل الحساسية
أللهانة	١,٨	٩,٧	معتدل الحساسية
الجزر	١,٠	١٤	حساس
الذرة الصفراء	١,٨	٧,٤	معتدل الحساسية
القطن	٧,٧	٥,٢	مقاوم
أللوبياء	١,٣	١٤	معتدل الحساسية
الخيار	٢,٥	١٣	معتدل الحساسية
النخيل	٤	٣,٦	مقاوم
الكتان	١,٧	١٢	معتدل الحساسية
الكروم	١,٥	٩,٦	معتدل الحساسية
الزيتون	---	---	معتدل المقاومة
البرتقال	١,٧	١٦	حساس
الرز	٣	١٢	معتدل الحساسية
الذرة البيضاء	---	---	معتدل المقاومة
البنجر السكري	٧,٠	٥,٩	مقاوم
قصب السكر	١,٧	٥,٩	معتدل الحساسية
القمح	٦	٧,١	معتدل المقاومة
الطماطم	٢,٥	٩,٩	معتدل الحساسية
الخوخ	١,٧	٢١	حساس
البطاطس	١,٧	١٢	معتدل الحساسية

المصدر: رياض عبداللطيف أحمد، الماء في حياة النبات، جامعة الموصل،الموصل، ١٩٨٤، ص٤٢٤.

٤- تجنب زراعة النير والنير(التبوير)

علمنا فيما تقدم أن أتباع زراعة التبوير يؤدي إلى زيادة ملوحة الترب بسبب ارتفاع مستوى المياه الأرضية الذي يعزى إلى زيادة كميات المياه عبر الترشح والتسرب والغور العميق وقد يكون هذا النظام سليماً فيما أذا أستطاع المزارعون السيطرة على المياه من الوصول إلى الأراضي المتروكة عند ري الأراضي الزراعية المجاورة غير الخاضعة لهذا النظام، وينصح في هذه الحالة وعندما يضطر المزارع إلى ترك الأرض دون زراعة لسبب أو لآخر أجراءالحراثة الخشنة والعميقة لتلك الأراضي بهدف تعطيل فعل الخاصية الشعرية إذ يحول ذلك دون صعود الماء الأرضي إلى السطح والمساهمة في تملح التربة وينصح كذلك بترك المخلفات النباتية على سطح التربة بكميات تتراوح بين (٠,٦-١,٢ طن/دونم) والمحافظة عليها من

الرعي فيسهم ذلك من تقليل درجة حرارة التربة وانخفاض معدلات التبخروبالتالي تقليل فرص تملح الترب الزراعية (المالكي/ ٢٠١٢/ ١٣٢)، كما ينصح بزراعة النباتات العشبية إذ وجد أن زراعة نبات الجت مثلاً يسهم بخفض مستوى المياه الجوفية بما يتراوح بين (٥٠-١٠٠ سم) .

٥- الاستفادة من بعض الحقائق التي تخص طبيعة وخصائص ظواهر تجمع الأملاح وتوزيعها في الحقل منها مثلاً تجنب زراعة المحاصيل في مناطق تجمع الأملاح فقد وجد أن الأملاح تتجمع بشكل كبير في الجهات المرتفعة في الحقل كحافات قنوات الري، وقد أثبتت أحدى التجارب بهذا الشأن أن درجة ملوحة المرز بعد الزراعة قد بلغت (١٣٠ ديسيسيمنز/م) في حين لم تتجاوز درجة ملوحة بطن المرز (١٣ ديسيسيمنز/م) لهذا ينبغي أن تُزرع النباتات أما في بطون المروز أو على الثلث الأسفل منها. (الربيعي/ ١٩٨٨/ ٧١).

٦- تقليل نسبة الملوحة الفعالة في التربة وذلك بأتباع عدة وسائل أهمها الإبقاء على نسبة عالية من الرطوبة في التربة لغرض تخفيف تركيز الأملاح في محلول التربة وكذلك القيام بعمليات غسل دورية للتربة بمقادير مياه تتناسب مع قابلية الماء الجوفي على تصريف مياه الغسل وكذلك العمل على زراعة الأراضي ذات التربة الناعمة النسجة عند تساوي نسبة الملوحة إذ أن تأثير الأملاح على النباتات النامية في التربة الناعمة النسجة يكون أقل من تأثيره على تلك النامية في التربة الخشنة النسجة وذلك عندما تتساوى التربتين في نسبة أملاحهما. وأخيراً لابد من تسميد الترب المتأثرة بالأملاح بالأسمدة العضوية، ويمكن إضافة الأسمدة الكيميائية إلى تلك الترب باستخدام التسميد بالرش وذلك عندما تقتضي الضرورة ذلك.

٧- أتباع طرائق الري الملائمة : يمكن أتباع طرائق ري محددة للترب المتأثرة بالملوحة فمثلاً يمكن أتباع طريقة الري بكميات قليلة من المياه وبصورة متكررة وذلك لتخفيض التركيز الملحي لمحلول التربة بصورة مستمرة ويمكن استخدام كميات كبيرة من المياه لغسل الأملاح بعيداً عن منطقة الجذور أذا ما توفر نظام بزل ملائم وتعد طريقة الري بالتنقيط (Drip Irrigation) من أفضل طرائق الري التي يمكن استخدامها لري الأراضي المالحة كونها ذات مزايا عديدة تتمثل في تقليل الضائعات المائية فهي تحقق توفير أكثر من (٥٠%) من مياه الري مقارنة بطرائق الري السطحي سواء بالأحواض أو القنوات، كما يمكن استخدام مياه ري حاوية على تركيز ملحي يصل إلى أكثر من (٨ ديسيسيمنز/م) دون الخوف من تملح التربة لأن الترطيب والغسل المستمر يعملان على دفع الأملاح بعيداً إلى خارج المنطقة الجذرية كما يمكن استخدامها في ظروف مناخية قاسية كارتفاع درجات الحرارة والرياح السريعة وتحقيقها لكفاءة ري قد تصل إلى ٩٥% وغيرها من المزايا التي تعرفنا عليها سابقاً.

٢- استصلاح الترب الصودية والملحية الصودية: أن أهم خصائص الترب الصودية غير الملحية هي إن نسبة الصوديوم المتبادل فيها تبلغ أكثر من (١٥%) من السعة التبادلية الكاتيونية وذات درجة تفاعل (PH) أكثر من (٨,٥) فضلاً عن انخفاض نسبة الأملاح فيها إذ أن درجة التوصيل الكهربائي لمستخلص عجينة الإشباعفيها لا تزيد عن (٤ ديسيسيمنز/م)، أما أهم الخصائص الفيزيائية للترب الصودية هي عدم نفاذية الماء خلالها وسوء تهويتها بسبب تقارب حبيباتها المشتتة وبذلك تصبح تربة غير مناسبة للنمو، أما الترب الصودية الملحية فهي التي تحتوي مقداراً عالياً من الأملاح نسبة عالية منها هي أملاح الصوديوم كما تكون النسبة المئوية للصوديوم المتبادل أعلى من (١٥%) أما درجة تفاعلها فلاتزيد عن (٨,٥).

إن إجراء غسل الترب الصودية غير الملحية بالماء قد لا يكون كافياً لوحده لخفض نسبة الصوديوم المتبادل ويعزى ذلك إلى قلة نفاذية هذه التربة للماء فضلاً عن قلة ذوبان أملاح كاربونات الكالسيوم بسبب ارتفاع درجة تفاعلها كما أن وجود كاربونات الصوديوم في التربة الصودية هو بحد ذاته يقلل من درجة ذوبان أملاح كاربونات الكالسيوم، وفي حالة احتواء الترب الملحية الصودية على كاربونات أو كبريتات الكالسيوم فإن غسلها فقط لايكفي لخفض نسبة الصوديوم المتبادل. لهذا يتم اللجوء في حالة الترب الصودية والترب الملحية الصودية الخالية من كاربونات وكبريتات الكالسيوم إلى تجهيز هذه الترب بالكالسيوم مباشرة وذلك بإضافة أحد أملاح الكالسيوم أو بشكل غير مباشر من خلال إضافة بعض المواد الذي ينتج عن تأثيرها في الأرض توفير الكالسيوم الذائب. (بلبع/ ١٩٧٦/ ٤٩٩)

أن الفكرة الأساسية في استصلاح الترب الصودية والملحية الصودية هي أحلال الكالسيوم محل الصوديوم في معقد التبادل، ويستعمل الجبس عادةً كمصدر للكالسيوم، أما إذا كانت التربة حاوية على الكلس فيستعمل حامض الكبريتيك المخفف إذ يتفاعل مع الكلس مكوناً الجبس. أن استعمال الجبس كمصدر للكالسيوم دون غيره من أملاح الكالسيوم يعود إلى أنه قليل الذوبان وبذلك يشكل مصدراً دائماً للكالسيوم لأن عملية إحلال الكالسيوم محل الصوديوم وطرد الصوديوم إلى خارج التربة عملية تستغرق وقتاً طويلاً على عكس أملاح الكالسيوم الأخرى التي أما أن تكون سريعة الذوبان أو عديمة الذوبان فضلاً عن ذلك فأن الجبس رخيص الثمن ويكون مع الصوديوم ملحاً ذائباً سهل الغسل هو ملح كبريتات الصوديوم، وعند استخدام الجبس أو حامض الكبريتيك أو كلاهما ينبغي أتباع عمليات زراعية مناسبة من شأنها تحسين خصائص التربة كالحراثة العميقة واختيار دورة زراعية مناسبة فيها نبات ذو جذور كثيفة وعميقة تعمل على تفتيت التربة وبالتالي تحسين نفاذيتها للماء وتحسين تهويتها.

تتم إضافة الجبس إلى الترب الصودية على شكل دفعات وخلال فترة زمنية تتراوح بين سنتين إلى ثلاث سنوات أو أكثر ويتم حساب كمية الجبس المضاف على

أساس مقدار الكالسيوم الموجود فيه والذي يستطيع أن يحل محل نسبة قدرها حوالي (٩٥%) من الصوديوم الموجود في معقد التبادل، والملح الناتج من هذه العملية هو كبريتات الصوديوم الذي يجب غسله كونه ملح سهل الذوبان ولهذا فإن إضافة الجبس إلى التربة تصاحبها إضافة كمية فائضة من الماء فوق كمية مياه الري المحددة أو أن تُغسل التربة بين حين وآخر. ولابد من الإشارة إلى أن الجبس المضاف للتربة يرتبط بموقع الأفق الذي يحوي على النسبة الأعلى من الصوديوم المتبادل فإذا كان هذا الأفق عميقاً فيجب إضافة الجبس أثناء الحراثة وأسفل الطبقة المحروثة وإذا كان متوسط العمق فيضاف نصف كمية الجبس تحت المحراث ويضاف النصف الآخر على السطح، أما أذا كان الأفق الصودي سطحياً فيضاف الجبس على السطح ويتم خلطه مع التربة وبعدإضافة الجبس يتم ري الأرض بكمية قليلة من المياه وتترك لفترة يوم أو يومين بعدها يتم غسل التربة من أملاح كبريتات الصوديوم من خلال إضافة كمية زائدة من الماء إلى مياه الري المحددة. وأخيراً لابد من الإشارة إلى أن التربة الصودية والتربة الملحية الصودية المستصلحة حديثاً تحتاج إلى إدارة خاصة من شأنها تحسين مجمل خصائصها الأمر الذي يسهم في رفع إنتاجيتها الحدية والتي يمكن الحصول عليها من الأراضي الزراعية الاعتيادية أو الإنتاجية ذات الجدوى الاقتصادية والمربحة. (العاني/ ١٩٨٤/ ٣٢٤).

جـ - وسائل الحد من تلوث التربة: لقد عرفنا فيما تقدم أن الترب الزراعية وغير الزراعية تتعرض إلى التلوث بفعل الأسمدة والمخصبات والمبيدات والمواد الكيميائية فضلاً عن النفايات وغيرها، وتشير مصادر الأمم المتحدة إلى أن المتوسط السنوي للنفايات الخطرة التي ينتجها العالم يبلغ حوالي (٣٣٨ مليون طن) وتتمثل الصناعات المولدة لها بالصناعات الكيميائية وصناعة المعادن ومعامل تكرير النفط وغيرها من الصناعات الأخرى، ومن أجل الحد من مشكلة تلوث التربة يمكن أتباع عدة وسائل أهمها:

١- تُعد عمليات الطمر أحد الوسائل التقليدية ذات الكلفة المنخفضة للتخلص من النفايات والمواد الكيميائية الخطرة ومع ذلك تبين أن الآلاف من مواقع الطمر والمجمعات السطحية المستخدمة لطمر النفايات الخطرة ضارة، وقد ظهرت عملية تدوير النفايات في بعض البلدان منذ عقود من الزمن وربما يكون أكثر الأمثلة المعروفة لذلك هو أعادة استخدام نفايات المعادن والزجاج، وتحظى عملية التدوير هذه باهتمام متزايد في كثير من البلدان ففي هنغاريا مثلاً يتم تدويرحوالي (٢٩%) من النفايات الخطرة ومما لاشك فيه أن هناك إمكانيات كبيرة لاستعادة مواد كثيرة كالمذيبات والمعادن، وقد أفادت التقديرات بهذا الخصوص أن حوالي (٨٠%) من نفايات المذيبات و(٥٠%) من نفايات المعادن في مجاري النفايات السائلة في الولايات المتحدة يمكن استعادتها بوساطة التكنلوجيا الحديثة، وحقق تبادل النفايات بين

اليابان وأوربا الغربية والولايات المتحدة درجات متفاوتة من النجاح على أساس أن نفايات صناعة ما تفيد كمادة خام لقيام صناعة أخرى.
٢- اختبار المواد الكيميائية لتحديد درجة سميتها قبل الشروع باستعمالها فعلى سبيل المثال تبين أن (١٠%) من المبيدات فقط تتوفر عنها بيانات تخص سميتها وطبيعة تراكيبها الكيميائية وحوالي (٢٥%) منها تتوفر عنها بيانات جزئية.
٣- العمل على سن القوانين والتشريعات التي تنظم عملية تبادل المواد الكيميائية قبل تسويقها على أن البلدان النامية ليست لديها أية قوانين للتحكم بالمواد الكيميائية السامة ولا القدرات التقنية أو المؤسسية لتنفيذ تلك القوانين وقد تكشفت في الآونة الأخيرة حالات بيع أو طمر لمواد كيميائية في تلك البلدان بينما تُعد تلك المواد محظورة في البلدان الصناعية الكبيرة.
٤- تكثيف الوعي البيئي بين الناس عموماً والمزارعين بوجه خاصفي كيفية استخدام الأسمدة الكيميائية والمخصبات والمبيدات الزراعية من حيث الكميات المستعملة وطرائق استعمالها والأوقات المناسبة للاستعمال إلى غير ذلك من خلال وسائل الأعلام المقروءة والمرئية والمسموعة أو إصدار نشرات خاصة تفي بهذه الإرشادات.
٥- التوسع في جمع القمامة على مدار الساعة باستخدام طرائق حديثة للجمع مع استخدام بعضها كسماد عضوي لتجديد خصوبة التربة.
٦- اختيار مواقع المصانع ومعامل تكرير النفط بعيداً عن الأراضي الزراعية لكي لاتصبح نواتجها ومخلفاتها مصدراً لتلوث التربة ويمكن إلزام الشركات المنفذة لمثل هذه المشاريع بالوسائل القانونية المناسبة فغاز الرادون الذي ينبعث مع الغاز الطبيعي يُعد أكثر العناصر التي تسبب تلوث التربة وعند عزل هذا الغاز فأن قسماً منهُ يتجه للهواء والقسم الآخر يتجه للماء ومنهُ إلى التربة فيعمل على تلوثها.
٧- إجراء ما يسمى بالحرث البيولوجي للترب والمعالجة الفيزيوكيميائية وخصوصاً للمناطق التي تتلوث تربتها بالمخلفات النفطية إذ أن هذه الملوثات تشكل طبقة عازلة تمنع وصول الأوكسجين للتربة ولاتستطيع الكائنات الحية في التربة من الحصول عليه (عبد الحافظ/ ١٩٨٩/ ٢٩٨) ، كما يتسبب النفط الأسود الثقيل الذي يتجمع فوق سطح التربة في المناطق التي تنشط فيها الصناعات النفطية بآثار سلبية على بناء التربة وعلى الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش فيها. (العجمي/ ١٩٩٥/ ١٢١).

مصادر الكتاب

المصادر العربية:

١- أبو ريان، عزمي محمد، الزراعة العضوية، دار وائل للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٠.
٢- أبو سبع، عبد الحميد ومحمد يوسف بلال، الجرارات والآلات الزراعية، مطبعة الاستقلال الكبرى، القاهرة، بلا سنة طبع.
٣- أبو سمور، حسن، الجغرافية الحيوية والتربة، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، ٢٠٠٥.
٤- أبو نقطة، فلاح وحسن سليمان حبيب، مسح التربة وتصنيفها، مطبعة الروضة، دمشق، ٢٠١٠.
٥- أبو نقطة، فلاح، أساسيات في علم التربة، جامعة دمشق، دمشق، ٢٠٠٤.
٦- أحمد، رياض عبد اللطيف، الماء في حياة النبات، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٤.
٧- الأسعد، علي محمد وآخرون، غدق الأراضي المروية، المجلة العربية لإدارة مياه الري، العدد الرابع، الخرطوم، ٢٠٠١.
٨- إسماعيل، ليث خليل، الري والبزل، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٨.
٩- أشواي، ج، وآخرون، هندسة صيانة التربة والمياه، ترجمة علي عبد فهد، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٤.
١٠- آغا، جمال شاهر، علم المناخ والمياه، المطبعة الجديدة، دمشق، ١٩٧٨.
١١- أمين، اوميد نوري محمد، مبادئ المحاصيل الحقلية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٨.
١٢- أمين، آزاد محمد وتغلب جرجيس داود، جغرافية الموارد الطبيعية، مطابع دار الحكمة، البصرة، ١٩٩٠.
١٣- بحيري، صلاح الدين، أشكال الأرض، دار الفكر، دمشق، ٢٠٠١.
١٤- البقلينـي، حامد محمود وآخرون، علم الزراعة، المطبعة الأميرية، القاهرة، ١٩٥٧.
١٥- بلبع، عبد المنعم محمد، خصوبة الأراضي، دار المطبوعات الجديدة، الإسكندرية، ١٩٦٨.
١٦- بلبع، عبد المنعم، استصلاح وتحسين الأراضي، دار المطبوعات الجديدة، الإسكندرية، ١٩٧٦.
١٧- البنا، عزيز رمو، معدات تهيئة التربة، مطابع التعليم العالي، الموصل، ١٩٩٠.
١٨- بوران، علياء خاتوع ومحمد حمدان أبو دية، علم البيئة، دار الشروق للنشر والتوزيع، عمان، ١٩٩٣.
١٩- بويللر، هاوسن، علم التربة أساسيات وتطبيقات، ترجمة فوزي محمد الدومي، منشورات جامعة عمر المختار، البيضاء، ليبيا، ٢٠٠٠.
٢٠- البياتي، عدنان هزاع رشيد، التعرية الريحية وفقدان الطبقة السطحية الرقيقة المنتجة من التربة، مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، العدد ٢٣، الخرطوم، ١٩٩٦.

٢١- بينكوف، م. وآخرون، أستصلاح الترب رديئة الصفات، ترجمة نديم ميخا أسحق بقادي وأنور يوسف حنا باتا، مطبعة دار الحكمة، البصرة، ١٩٩١.
٢٢- ثابت، عدنان جاسم وآخرون، تعرية التربة وسبل معالجتها، جامعة البصرة، البصرة، ٢٠٠٧.
٢٣- الجاسم، كاظم عبادي، جغرافية الزراعة، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٥.
٢٤- الجميلي، سالم جاسم سلمان، ظاهرة التصحر في محافظة ميسان، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠٠١، غير منشورة.
٢٥- الجنابي، علاء صالح، وآخرون، الخصائص الفيزياوية لبعض الترب الجبسية في العراق، المؤتمر العلمي الخامس، مجلس البحث العلمي، مج١، ج١، بغداد، ١٩٨٩.
٢٦- جيمز، دي دبليو وآخرون، الجديد عن الترب المروية، ترجمة مهدي إبراهيم عودة، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٧.
٢٧- حبيب، حسن سليمان، نشأة التربة وتكوينها، الجزء النظري، مطبعة الروضة، دمشق، ٢٠٠٨.
٢٨- الحديثي، عصام خضير، وآخرون، تقانات الري الحديثة ومواضيع أخرى في المسألة المائية، جامعة الأنبار، الأنبار، ٢٠١٠.
٢٩- حسن، طه الشيخ، المياه والزراعة والسكان، دار علاء الدين، دمشق، ٢٠٠٣.
٣٠- حسن، هشام محمود، فيزياء التربة، مطابع التعليم العالي، الموصل، ١٩٩٠.
٣١- حسن، محمد نجيب ومصطفى خضر مصطفى، أصول البيولوجي، مطابع مؤسسة الأهرام، الإسكندرية، ١٩٦٩.
٣٢- حسن، كمال الشيخ، جغرافية التربة، دار المنهل اللبناني، بيروت، ٢٠١٢.
٣٣- الحسين، روى عبد الكريم شاكر، التحليل الجغرافي لطرائق صيانة ترب الإقليم الشرقي من محافظة البصرة، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠١١، غير منشورة.
٣٤- الحفيظ، عماد محمد ذياب، البيئة (حمايتها، تلوثها، مخاطرها)، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠٠٥.
٣٥- حمادي، خالد بدر ومحمد عبد الله النجم، البزل، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٦.
٣٦- حمادي، نعمان حسن وآخرون، دراسة غسل التربة باستخدام طريقة الرش والغمر، المؤتمر العلمي الخامس، مجلس البحث العلمي، مج١، ج١، بغداد، ١٩٨٩.
٣٧- الحيو، مسعود هاني سعيد، تأثير طاقة سقوط المطر وبعض محسنات التربة على قابلية الترب العراقية للتعرية المائية، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الزراعة، جامعة بغداد، ١٩٨٤، غير منشورة
٣٨- الخشاب، وفيق حسين وآخرون، علم الجيومورفولوجيا، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٧٨.

٣٩- الخشاب، وفيق حسين ومهدي محمد علي الصحاف، الموارد الطبيعية، دار الحرية للطباعة، بغداد، ١٩٧٦.
٤٠- الخطيب، السيد أحمد، أساسيات علم الأراضي، جامعة الإسكندرية، الإسكندرية، ٢٠٠٦.
٤١- الخياط، نمير نذير مراد علي، ظاهرتا السباخ والإرساب الريحي غرب شط العرب – دراسة جيومورفولوجية، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠٠٢، غير منشورة.
٤٢- داود، تغلب جرجيس، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي، الدار الجامعية للطباعة والنشر، البصرة، ٢٠٠٢.
٤٣- الدراجي، سعد عجيل مبارك، أساسيات علم شكل الأرض، دار كنوز المعرفة، عمان، ٢٠١٠.
٤٤- دوغرامه جي، جمال وآخرون، التصلب السطحي ومعالجته، مجلة البحوث الزراعية والموارد المائية، المجلد السابع، العدد الأول، بغداد، ١٩٨٨.
٤٥- دوغرامه جي، جمال شريف، كفاءة الري بالتنقيط والرش وعلاقته بنمو وإنتاج الذرة الصفراء في الترب المتأثرة بالجبس، المجلة العربية لإدارة مياه الري، العدد الثاني، الخرطوم، ٢٠٠٠.
٤٦- رأفت، هيكل رياض، الإنسان والتلوث البيئي، دار حامد للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٢.
٤٧- الراشدي، راضي كاظم، علاقات التربة بالنبات، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٧.
٤٨- الراوي، حسن وعبد المعطي الخفاف، أضواء على المكننة الزراعية في الجمهورية العراقية، مطبعة القضاء، النجف الأشرف، ١٩٧١.
٤٩- الربيعي، داود جاسم، ظاهرة الملوحة في القسم الجنوبي من السهل الرسوبي في العراق، مجلة الخليج العربي، المجلد ٢٠، العدد الثاني، دار الحرية، بغداد، ١٩٨٨.
٥٠- رحيم، نجم عبد الله، تأثير العمليات العسكرية على بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة ضفاف وأحواض شط العرب، مجلة دراسات البصرة، العدد الأول، البصرة، ٢٠٠٧.
٥١- زاخار، دي، تعرية التربة، ترجمة نبيل إبراهيم الطيف وحسوني جدوع، مطابع التعليم العالي، الموصل، ١٩٩٠.
٥٢- الزاملي، شاكر مسير لفته، القابلية الإنتاجية للأراضي الزراعية في قضائي الكوت والنعمانية، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة بغداد، ٢٠١٤، غير منشورة.
٥٣- الزبيدي، أحمد حيدر، التربة واستصلاح الأراضي، مؤسسة التعليم المهني، بغداد، ١٩٨٤.
٥٤- الزبيدي، أحمد حيدر، الأسس النظرية والتطبيقية لأستصلاح الأراضي، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٩٢.

٥٥- سعد، كاظم شنته، الخصائص الزراعية لترب ضفاف نهر دجلة وأحواضه في منطقة السهل الرسوبي والعوامل المؤثرة عليها، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ١٩٩٩، غير منشورة.
٥٦- سعد، كاظم شنته، التكوين المعدني والخصائص الزراعية لترب كتوف نهري دجلة والفرات في القسم الجنوبي من السهل الرسوبي في العراق، مجلة آداب المستنصرية، العدد ٤٥، مكتب الأثير للطباعة والنشر، بغداد، ٢٠٠٧.
٥٧- سعد، كاظم شنته، التباين المكاني والفصلي لملوحة ترب كتوف نهري دجلة والفرات في جنوب العراق، مجلة البحوث الجغرافية، جامعة الكوفة، كلية التربية للبنات، العدد ١٣، ٢٠١١.
٥٨- سعد، كاظم شنته وعلي غليس ناهي، تأثير انبعاثات معامل الطابوق على بعض خصائص الترب الزراعية في جنوب العراق، مجلة الخليج العربي، مركز دراسات الخليج العربي، جامعة البصرة، مج٣٧، العدد (٣-٤)، البصرة، ٢٠٠٩.
٥٩- سلمان، طايس وآخرون، تسميد المحاصيل الزراعية، مطبعة وسائل الإيضاح والمعارض الزراعية، بغداد، ١٩٧٠.
٦٠- السنوي، سهل وآخرون، الجيولوجيا العامة، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٧٩.
٦١- سوريال، شفيق، نجاح ري واستغلال الأراضي الجبسية زراعياً، مجلة الثورة الزراعية، العدد ٥٦، بغداد، ١٩٧٩.
٦٢- الشاطر، محمد سعيد وآخرون، خصوبة التربة والتسميد، الجزء العملي، مطبعة الروضة، دمشق، ٢٠٠٩.
٦٣- شريف، إبراهيم إبراهيم وعلي حسين الشلش، جغرافية التربة، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٥.
٦٤- الشلش، علي حسين، جغرافية التربة، ط٢، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٥.
٦٥- شلش، حسون، الأسمدة العضوية وآفاق استخدامها في العراق، مجلة الثورة الزراعية، العدد ٦٣، بغداد، ١٩٨٠.
٦٦- الشواورة، علي سالم إحميدان، الحيوية والتربة، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٣.
٦٧- صديق، عصام عبد الستار، تربة الغابات، جامعة الموصل، ١٩٨٨.
٦٨- الصوفي، رياض وصفي، مبادئ بزل الأراضي، الدار العربية للموسوعات، بيروت، ١٩٨٢.
٦٩- طلبة، مصطفى كمال، إنقاذ كوكبنا، مركز دراسات الوحدة العربية، بيروت، ١٩٩٥.
٧٠- العاني، عبد الفتاح، أساسيات علم التربة، مطبعة مؤسسة المعاهد الفنية، بغداد، ١٩٨٤.
٧١- العاني، عبد الله نجم، مبادئ علم التربة، جامعة الموصل، ١٩٨٠.
٧٢- عباس، محمد خضر، نشوء ومورفولوجيا التربة، مطبعة التعليم العالي، الموصل، ١٩٨٩.

٧٣- العبادي، زهراء مهدي عبد الرضا، خصائص تربة قضاء الشامية وأثرها في إنتاج محاصيل الحبوب الرئيسة، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة القادسية، ٢٠١١، غير منشورة.
٧٤- العبد الله، نجم عبد الله رحيم، الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة محافظة ذي قار، وتأثيراتها في الإنتاج الزراعي، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠٠٦، غير منشورة.
٧٥- عبد الرسول، أبتسام عبد الزهرة، تأثير بعض الخواص الفيزيائية لترب جنوب العراق في تكوين القشرة السطحية، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الزراعة جامعة البصرة، ١٩٩٤، غير منشورة.
٧٦- عبد العال، شفيق إبراهيم وأمين حمد الراوي، استصلاح وتحسين التربة، جامعة السليمانية، السليمانية، ١٩٨١.
٧٧- عبد الكريم، حسن، الأسمدة وخصوبة التربة، مطبعة دار التضامن، بغداد، ١٩٦٣.
٧٨- عبد العزيز، محمود حسان، أساسيات هندسة الري والصرف، دار عكاظ للطباعة والنشر، جدة، ١٩٨٠.
٧٩- عبد السلام، محمد السيد، التكنولوجيا الحديثة والتنمية الزراعية في الوطن العربي، سلسلة عالم المعرفة، العدد ٥٠، مطابع الأنباء، الكويت، ١٩٨٢.
٨٠- عبد المقصود، زين الدين، البيئة والإنسان، منشأة المعارف، الإسكندرية، ١٩٨١.
٨١- عبد الجواد، أحمد عبد الوهاب، تلوث البيئة الزراعية، الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، ١٩٩٥.
٨٢- عبد الحافظ، عبد الوهاب محمد، وآخرون، الكائنات الدقيقة، القاهرة، ١٩٨٩.
٨٣- عبد الهادي، يوسف محمد، فيزياء التربة، دار وائل للنشر، عمان، ١٩٩٨.
٨٤- عبد الله، جميل نجيب، مشكلة جرف التربة في العراق وسبل صيانتها، مجلة كلية الآداب، جامعة البصرة، العدد ١٧، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨١.
٨٥- عبد الله حسوني جدوع، تأثير مصلحات التربة ومعدات الرياح الصغيرة على تثبيت التربة، الندوة العلمية الأولى حول الأساليب المعتمدة والحديثة في زراعة المناطق الصحراوية في محافظة البصرة، آذار، البصرة، ١٩٩٢.
٨٦- العجمي، ضاري وآخرون، خنادق النفط، ط١، الكويت، ١٩٩٥.
٨٧- عزيز، عطا وجاسم محمد الفتلاوي، تقرير مسح التربة والتحريات الهيدرولوجية شبه المفصل للحقول الشمالية للشركة العامة للسكر في ميسان، مديرية التربة واستصلاح الأراضي العامة، بغداد، ١٩٧٣.
٨٨- عزيز، أياد حسين، تأثير المبيدات الكيميائية في البيئة وطبقة الأوزون، مجلة الزراعة العراقية، وزارة الزراعة، العدد ٥٠، بغداد، ٢٠٠٩.
٨٩- العطب، صلاح مهدي سلطان، تأثير أحجام تجمعات التربة على خصائص التربة الفيزيائية وحركة الماء ونمو نبات الذرة الصفراء، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الزراعة، جامعة البصرة، ٢٠٠١، غير منشورة.

٩٠- عطية، عاطف وعبد الغني عماد، البيئة والإنسان، منشورات جروس برس، لبنان، ١٩٩٨.
٩١- عطية، عطية محمد وآخرون، الإنسان والبيئة، دار الحامد للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٢.
٩٢- العكيدي، وليد خالد، علم البدولوجي مسح وتصنيف الترب، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٦.
٩٣- علاوي، بدر جاسم وخالد بدر حمادي، استصلاح الأراضي، جامعة الموصل، الموصل، بلا سنة طبع.
٩٤- علي، علي عبد الكريم، علم الجغرافية الطبيعية، دار الطباعة الحديثة، البصرة، ١٩٦٩.
٩٥- عواد، كاظم مشحوت، مبادئ كيمياء التربة، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٦.
٩٦- عواد، كاظم مشحوت، التسميد وخصوبة التربة، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٧.
٩٧- الفاضل، عبد الحسين غانم صخي، مكائن الجني والحصاد، مؤسسة المعاهد الفنية، بغداد، ١٩٩٠.
٩٨- الفضلي، سعود عبد العزيز ونصر عبد السجاد الموسوي، التباين المكاني لظاهرة الملوحة في إقليم السهل الرسوبي، مجلة كلية الآداب، جامعة البصرة، العدد ٤٣، البصرة، ٢٠٠٧.
٩٩- فضيل، عبد خليل وعلوان جاسم الوائلي، علم البيئة، مطابع جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٥.
١٠٠- فوزبوتسكايا، أ. ي، كيمياء التربة، ترجمة أحمد حيدر الزبيدي، دار الحرية للطباعة، بغداد، ١٩٧٧.
١٠١- قاسم، غياث محمد ومضر عبد الستار علي، علم أحياء التربة المجهرية، دار ابن الأثير للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٨٩.
١٠٢- القدو، خليل إبراهيم، الدورات الزراعية، مجلة الزراعة العراقية، المجلد الأول، العدد الثاني، بغداد، ١٩٤٦.
١٠٣- القصبي، عبد الفتاح، ميكانيكا التربة، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع، القاهرة، ٢٠٠٧.
١٠٤- الكتري، بحري أحمد، جغرافية الوطن العربي، دار صفا للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠١٢.
١٠٥- كربل، عبد الإله رزوقي، علم الأشكال الأرضية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٦.
١٠٦- كريب، كي، الأسس البيئية لري المحاصيل الزراعية في المناطق شبه المدارية، ترجمة ناصر حسين صفر، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٧٦.
١٠٧- كشك، محمد عاطف ومحمد أحمد معتوق، أساسيات علوم الأراضي، مكتبة الانجلو - مصرية، القاهرة، ١٩٩٨.
١٠٨- كونكة، هيلموت وأنسون بيرتراند، صيانة التربة، ترجمة ليث خليل إسماعيل، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٤.

١٠٩- لجنة من تدريسي قسم علوم الحياة، كلية العلوم، جامعة بغداد، علم الأحياء المجهرية، مطبعة دار الحكمة للطباعة والنشر، الموصل، ١٩٩١.
١١٠- المالكي، عبد الله سالم ونجم عبد الله رحيم، جغرافية التربة، جامعة البصرة، البصرة، ٢٠١٢.
١١١- المالكي، عبد الله سالم عبد الله، مشكلة التصحر في محافظة ذي قار ووسائل الحد منها، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ١٩٩٠، غير منشورة.
١١٢- المالكي، عبد الله سالم عبد الله، ظاهرة التذرية الريحية في محافظتي ذي قار والبصرة، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ١٩٩٩، غير منشورة.
١١٣- المالكي، عبد الله سالم، علم الأشكال الأرضية، جامعة البصرة، البصرة، ٢٠١٢.
١١٤- مجلة الزراعة والتنمية في الوطن العربي، المنظمة العربية للتنمية الزراعية، العدد ٣، الخرطوم، ١٩٩٦.
١١٥- محمد، عبد العظيم كاظم، مبادئ تغذية النبات، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٧٧.
١١٦- محمد، ماجد السيد ولي، نهر صدام والكثبان الرملية، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٩٣.
١١٧- المختار، منذر محمد علي وآخرون، تأثير ملوحة التربة على تحليل المادة العضوية ومعرفة الكاربون والنتروجين، المؤتمر العلمي الخامس، مجلة البحث العلمي، ج١، بغداد، ١٩٨٩.
١١٨- مرعي، مخلف شلال، التباين المكاني لأشجار الفاكهة وإمكانات تنمية زراعتها في العراق، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة بغداد، ١٩٨٠، غير منشورة.
١١٩- المطري، السيد خالد، جغرافية التربة، الدار السعودية للنشر والتوزيع، جدة، ٢٠٠٤.
١٢٠- مطلوب، عدنان ناصر، إنتاج الخضروات، ج١، جامعة الموصل، الموصل، ١٩٨٠.
١٢١- المعاضيدي، عمار دحام، وآخرون، العلاقة بين المحتوى الطيني وبعض الخصائص المائية للترب، المؤتمر العلمي الخامس، مجلس البحث العلمي، البحوث الزراعية، بغداد، ١٩٨٩.
١٢٢- المعيوف، محمود أحمد، البرسيم، مجلة الزراعة العراقية، مج ٢١، العددان (٣، ٤)، بغداد، ١٩٦٧.
١٢٣- منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO)، سلسلة الري والبزل رقم ٢٦، ١٩٩٥.
١٢٤- موالي، محمد عبد الله، جغرافية التربة، مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع، عمان، ٢٠٠٦.
١٢٥- موسى، علي حسن، التصحر، دار الأنوار للطباعة والنشر، دمشق، ١٩٩١.

١٢٦- الموسوي، كوثر عزيز حميد، تأثير المحاريث الزراعية على بعض الصفات الفيزيائية والميكانيكية للتربة، رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية الزراعة، جامعة البصرة، ١٩٩٧، غير منشورة.
١٢٧- الموسوي، علي صاحب طالب، تقويم أساليب وطرائق الري في منطقة الفرات الأوسط، مجلة البحوث الجغرافية، كلية التربية للبنات، جامعة الكوفة، العدد ١٣، ٢٠١١.
١٢٨- الموسوي، نصر عبد السجاد عبد المحسن، التباين المكاني لخصائص ترب محافظة البصرة، أطروحة دكتوراه مقدمة إلى كلية الآداب، جامعة البصرة، ٢٠٠٥، غير منشورة.
١٢٩- الموسوعة الجغرافية، دار الفكر، دمشق، ٢٠٠٦.
١٣٠- موصلي، عماد الدين، جغرافية الترب، مطبعة ابن حيان، دمشق، ١٩٨٣.
١٣١- نجم، محمد عبد الله وخالد بدر، الري، مطبعة SIMA، فرنسا، ١٩٨٠.
١٣٢- نحال، إبراهيم، أساسيات التربة، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، الإسكندرية، ١٩٦٤.
١٣٣- نديوي، داخل راضي وجمال ناصر السعدون، مورفولوجيا التربة، مطبعة جامعة البصرة، البصرة، ١٩٨٨.
١٣٤- النعيمي، سعد الله نجم عبد الله، علاقة التربة بالماء والنبات، مطابع التعليم العالي، الموصل، ١٩٩٠.
١٣٥- النعيمي، سعد الله نجم عبد الله، الأسمدة وخصوبة التربة، جامعة الموصل، ١٩٨٧.
١٣٦- النقاش، عدنان باقر ومهدي محمد علي الصحاف، الجيومورفولوجي، جامعة بغداد، بغداد، ١٩٨٩.
١٣٧- هليل، دانيال، أساسيات فيزياء التربة، ترجمة مهدي إبراهيم، مطبعة دار الحكمة، البصرة، ١٩٩٠.
١٣٨- وهبي، صالح محمود، أصول الجغرافيا الزراعية، جامعة دمشق، دمشق، ٢٠٠٠.
١٣٩- ويست، برينل، العلاقة بين الماء والتربة، تعريب هنري متي، مجلة الزراعة العراقية، المجلد التاسع، ج(٣، ٤)، مطبعة الحكومة، بغداد، ١٩٥٤.

المصادر الأجنبية:

١٤٠- Abrol. B, *et al*, Effect of exchangeable sodium on some soil physical properties, Indian, sec, soil, sci, ١٩٧٨.

١٤١- Al-Amadi, Tariq. H, The Ploughing Effect of Agricultural Machines on three chemical characteristics of soil, Mesopotamian Journal of Agriculture, Vol. ٨, No. ١, University Press, Mosul, ١٩٧٣.

١٤٢- Baver, L. D, soil physics, Third Edition, John Wiley and Son's inc, U. S. A, ١٩٥٦.

١٤٣- Baver, L. D, *et al*, Soil Physics, ٤th Edition, John Wiley and Son's inc, New York, ١٩٧٢.

١٤٤- Bear. Firman E, soils in Relation to Crop Growth, Reinhold Publishing Corporation, Holland, ١٩٦٥.

١٤٥- Bear. Firman E, Chemistry of the soil, Second Edition. Reinhold publishing corporation, Holland, ١٩٧٤.

١٤٦- Black, C. A, soil-plant Relationships, John Wiley and Son's, U. S. A, ١٩٦٨.

١٤٧- Brady, Nyle C, The Nature and Properties of soils, ٨th Edition, U. S. A, ١٩٧٤.

١٤٨-Bridges, E. M, World Soils, ٢nd Edition, CambridgeUniversity Press, London, ١٩٧٨.

١٤٩- Bunting, Brain L, The Geography of soils, London, ١٩٦٧.

١٥٠- Buringh. P, Soils and Soil Conditions in Iraq, Baghdad, ١٩٦٠.

١٥١- Cass. A, M. E, Sumner, Soil Pare structural stability and irrigation water quality empirical sodium stability model, soil. Sci. soc, Amer. Proc, ٤٦, ١٩٨٢.

١٥٢- Chhabra. R, *et al*, Effect of Exchangeable and Chemical Composition of Sunflower, Jour. Soil. Sci, ١٢٧, ١٩٧٩.

١٥٣- Dexter. A. R, Internal Structure of Tilled, Soil, Jour. Soil. Sci, ٢٧, ١٩٧٩.

١٥٤- Dregne, H. E, Soils of Arid Regions, Elsevier Scientific Publishing Company, ١٩٧٦.

١٥٥- D. W. Thorn, Peterson, H. B, Irrigated Soils their fertility and management, Second Edition, the Blakiston Co, New York, ١٩٥٤.

١٥٦- E. A. Fitzpatrick, An introduction to soil Science, Oliver and Boyd, Edinburgh, ١٩٧٤.

١٥٧- Edward Hyams, Soil and Civilization, John Murray, U. S. A, ١٩٧٦.

١٥٨- Epstein, Emanuel, Mineral Nutrition of plants principles and perspectives, John Wiley and Son's Inc, U. S. A, ١٩٧٢.

١٥٩- FAO, Irrigation Practice and water management Irrigation and Drainage Paper, No. l, New York, ١٩٥٤.

١٦٠- FAO, Unesco, irrigation Drainage Salinity An international source Book, Hutchinson and Co, ١٩٧٣.

١٦١- Foth, Henry D, Fundamentals of soil science, ٧th Edition, John Wiley and Son's inc, U. S. A, ١٩٨٤.

١٦٢- Gaston, L. D, H. M. Selim, Transport of Exchangeable Cations in an aggregated clay soil, soil. Sci. Soc, Amer. Proc, ٥٤, ١٩٩٠.

١٦٣- Gosseling, J. G, R. Hatton, Relationship of organic carbon and mineral content to Bulk Density in Louisiana marsh soils, Jour, soil. Sci, ١٣٧, ١٩٨٤.

١٦٤- hay, R. K. M, The temperature of the soil under a barley crop, Jour. Soil. Sci, ٥٤, ١٩٩٠.

١٦٥- Havlin, J. L, *et, al*, crop Rotation and tillage, soil. Sci. soc, Amer. Proc, ٥٤, ١٩٩٠.

١٦٦- Herkelrath, W. N, *et al*, water uptake by plants, soil. Sci. Soc. Amer. Proc, ٤١, ١٩٧٧.

١٦٧- Israelsen, O. W, V. E, Hansen, Irrigation principles and practices, ٣ed, John Wiley and Son's inc, New York, ١٩٧٩.

١٦٨- I. L. A. C. O. Bv, Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics, Elservier, Amsterdam, ١٩٨١.

١٦٩- Jaynes, D. B, Temperature variation effect on field measured infiltration, soil. Sci. Soc. Amer. Proc, ٥٤, ١٩٩٠.

١٧٠- Karlen, D.L, *et al*, Tilth Areview of past perception and future needs, soil. Sci. Soc. Amer. Proc, ٥٤, ١٩٩٠.

١٧١- Kohnke. Helmut, soil, conservation, U. S. A, ١٩٥٩.

١٧٢- Low, A. T, soil structure and crop yield, Jour. Soil. Sci, ١٩٧٣.

١٧٣- Lowry, F. E, *et al*, growth rate and yield of cotton as influenced by Depth and Bulk Density of soil pans, soil. Sci. Soc. Amer. Proc, ٣٤, ١٩٧٠.

١٧٤- Millar, C. E, et al, Fundamentals of soil science, fourth Edition, John Wiley and Son's inc, U. S. A, ١٩٦٥.

١٧٥- Michael, A. M, Irrigation Theory and Practices Skylark printed, New Delhi, ١٩٨١.

١٧٦- Ministry of Irrigation, General Establishment for studies and Design, Shat Al-Arab project feasibility Report Draft, studies of salinity problems, Part. A-Text polservice Co, Basrah, ١٩٧٩.

١٧٧- Pitty, A. F, Geography and soil properties, University press, Cambridge, ١٩٧٨.

١٧٨- Porker, J. C, *et al*, water Adsorption and swelling of clay minerals in soil systems, soil. Sci. Soc, Amer. Proc, ٤٦, ١٩٨٢.

١٧٩- Rashid, N. M. A, *et al*, The effect of conventional and reduced tillage on the Distributions of salt and nutrients in Reclaimed soil, Jour of Agriculture and water resources Research, Vol. ٦, No. ١, Baghdad, ١٩٨٧.

١٨٠- Reeve, M. J, *et al*, The effect of Density on water retention properties of field soils, soil. Sci. Soc. Amer. Proc, ٢٤, ١٩٧٣.

١٨١- Rimmer, D. L, D. J, Greenland, Effects of calcium carbonate on the swelling behaviour of a soil clay, Jour. Soil. Sci, ٢٧, ١٩٧٦,

١٨٢- Al-Rubaiay, D. J, irrigation and Drainage systems in Basrah Province, Iraq, PH. D. Thesis, Univ of Durham, U. K, ١٩٨٤.

١٨٣- Smiles, D. E, et al, Absorption of water by soil. Sci. Soc. Amer. Proc, ٤٦, ١٩٨٢.

١٨٤- Soil Survey staff, Bureau of plant industry soils and Agricultural Engin, soil survy manual, U. S. D. A, Hand Book, No. ١٨, Washington, Government printing office, ١٩٥١.

١٨٥- S. Russell, Adams. JR, Factors influencing soil adsorption and Bioactivity of pesticides Residue Reviews, Vol. ٤٧, New York inc, ١٩٧٣.

١٨٦- Strahler, Arthur N, Physical Geography, John Wiley and son's inc, New York, ١٩٧٥.

١٨٧- Strahler, Alan H, Arthur U. Strahler, Geography and man's Environments, John Wiley and Son's Inc, U. S. A, ١٩٧٧.

١٨٨- Tschebotarioff. Crehory P, soil mechanics foundation and Earth structure, MC Geaw-Hill Book company Inc, U. S. A, ١٩٥١.

١٨٩- U. S. Salinity Laboratory staff, Diagnosis and improvement of saline and Alkali soils, U. S. D. A, agricultural Hand Book, No. ٦٠, Washington Government printing office, ١٩٦٩.

١٩٠- U. S, National technical Advisory Committed to the secretary of interior, Washington, D. C, ١٩٦٨.

١٩١- Voorhees. W. B, *et al*, compaction and soil structure modification by wheel traffic in the Northern corn Belt, soil Sci. Soc. Amer. Proc, ٤٢, ١٩٧٨.

١٩٢- Wild A. I. A. Babiker, The Asymmetric leaching Pattern of Nitrate and Chloride in a loamy sand under field conditions, Tour. Soil. Sci, ٢٧, ١٩٧٦.

١٩٣- Wood, H. B, Hydrologic differences between selected forested and agricultural soils in Hawaii, soil. Soc. Amer. Proc, ٤١, ١٩٧٧.

١٩٤- Zimmerman, Josef D, Irrigation Theory and practices, Skylark Printed, New Delhi, ١٩٨١.

Noor.k.kh-1994

مواقع الانترنت:

١- www.Moqatel.com.

٢- www.uobabylon.edu.iq

٣- www.Motherearth News.com.

٤- www.basrah city.Net.

٥- www.ar.wikipedia,org.

٦- www.zira ٣a.net/articles/organic-mater.htmi.

٧- kenanaorline.com/users/ellwayze.

٨- www.startimes.com.

٩- www.soil erosiom.net.

١٠- www.Iraq f.com/showthead.Php.

١١- www.greenline.com.kw/article Detales. a٥p.

١٢- agriengneering.blogspot.com.

١٣- faculty./ksu.edu.sa/Al Janobi.

١٤- www.qaiqilia-edu. Ps/soubtoor.htm.

١٥- www.alkherat.com/vb/showthread,Php.

١٦- www.vercon.sci.egl index/Land pollution. htm.

١٧- www/.fao.org/ar-cp/world foods umnit/focusi. Htm.

https://t.me/Borsippa_Library

View publication stats