الفصل الثاني

التربـــة

تُطلـق كلمة التربـة (Soil) على الطبقة العليا المفككة مـن القشرة الأرضية والناتجة مـن تفتيت الصخور بتأثـير مختلف عوامل التجوية والتعرية، ثـم بعد ذلك بتأثير عوامل وعمليات تكوين التربة.

وعلم التربة (Soil Science) يقسم على قسمين أساسيين:

* **القسـم الأول هو البيدولوجي** (Pedology)، وهـو الصورة البحتة لعلم التربة (Pure Phase) حيث يتناول التربة بالدراسـة على أنها جسـم طبيعي بغض النظر عن كونها تصلح كبيئة لنمو النبات أم لا، ويندرج تحت هذا القسم الفروع الآتية:

١ - مورفولوجيا التربة (Soil morphology)، وهو يدرس الصفات الظاهرية أو المورفولوجية للتربة في مكانها الطبيعي.

٢ - نشوء التربة (Soil genesis)، ويدرس كيفية نشوء التربة والعوامل والعمليات المختلفة التي أثرت في تكوينها.

٣- حـصر التربـة (Soil Survey)، ويختص بتقييم الترب لمعرفـة أنواعها المختلفة بغرض تصنيفها.

٤ - تقسيم الترب (Soil Classification)، ويختص بتقسيم الترب بناءً على دراسة الخواص والصفات المختلفة التي توصف بها.

* **القسـم الثانـي وهو الايدافولوجـي** (Edaphology)، وهو الصـورة التطبيقية لعلم التربة (Applied phase)، فهو يدرس التربة كبيئة لنمو النبات، ويندرج تحت هذا القسم الفروع التالية:

١- كيمياء التربة (Soil Chemistry)، ويدرس التركيب الكيميائي للتربة والعناصر الذائبة والمتبادلة والمترسبة والغرويات.

٢- طبيعة التربة (Soil Physics)، ويدرس الخواص الطبيعية للترب مثل البناء، والقوام، والمسامية، وحركة الماء والهواء، وحرارة التربة، بغرض توفير ظروف طبيعية ملائمة لنمو النبات.

٣- ميكروبيولوجي التربة (Soil Microbiology)، ويدرس نشاط الأحياء الدقيقة بالتربة والعوامل المؤثرة عليها وأنواعها.

٤- خصوبة التربة (Soil fertility)، ويدرس مقدار ما تحتويه التربة من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات وصورها، ومدى يسرها، وأيضًا دراسة التسميد والأسمدة وأثرها على نمو النبات، ومتى وكيف وكم نضيف من السماد إلى التربة.

٥- تغذية النبات (Plant nutrition)، ويدرس آليات امتصاص النباتات للعناصر الغذائية، والعوامل المؤثرة في ذلك.

٦-تكنولوجيا التربة (Soil technology)، ويدرس تأثير الآلات على التربة، ويندرج تحت هذا الفرع أيضًا علم إصلاح التربة، ويضم استصلاح الأراضي (Land reclamation)، وتحسين الأراضي (Land improvement)، وصيانة التربة (Soil Conservation).

تعريف التربة Definition of the soil :

كلمة التربة مأخوذة من لفظة التراب، وهو الجزء المفتت الناعم من سطح الأرض، الذي خُلق الإنسان منه ويدفن فيه بعد موته، وتنمو النباتات في قطاع التربة حيث تحصل على الماء والغذاء بالإضافة لعملية التثبيت الميكانيكي للجذور، ولا يختلف معنى (التربة)

في اللغة عن معنى التراب، ولم ترد كلمة التربة في القرآن الكريم أغلبها عند الحديث عن خلق الإنسان كما أوضحت في كتاب سابق (إبراهيم، ٢٠٠٩).

أما كلمة تراب فقد وردت عدة مرات، وكلمة (Soil) (تربة) في اللغة الإنجليزية ذات أصل روماني مشتق من الكلمة اللاتينية (Solum)، والتي تعني مواد أرضية سائبة تنمو فيها النباتات.

ويختلف مفهوم كلمة تربة بين الناس حسب استعمالهم لها، فنجد المزارع يعرف التربة بأنها الوسط الذي ينمو فيه نباتاته، وهي المكان الذي يحبه ويقضي فيه معظم وقته ويمارس نشاطه، فهي مصدر قوته وثروته، أما الجيولوجي (Geologist) فالتربة بالنسبة له هي الأرض ويعرفها على أنها الطبقة الخارجية المفتتة من غشاء الريجوليث (Regolith)، وهو عبارة عن الطبقة الخارجية من الغلاف اليابس (lithosphere)، والتي تكونت تحت تأثير عوامل الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي، وأما الكيميائي فإنه يعتبر التربة من وجهة النظر الكيميائية بأنها «معمل» تتم فيه كثير من التفاعلات المختلفة، وأما عالم تغذية النبات فهو يعتبر التربة عبارة عن مخزن للمركبات الكيميائية والمغذيات المعدنية الضرورية للنبات.

أما بالنسبة لعلماء التربة (Soil Sciencists)، فقد تطور مفهوم كلمة تربة منذ بداية ظهور علم التربة حتى الآن، فالعالم رمان (Rammon) يعرف التربة على أنها الطبقة السطحية التي تعرضت للتجوية من القشرة الأرضية، والعالم هيلجارد (Hilgard) يعرف التربة بأنها الجزء السطحي المفكك من القشرة الأرضية الذي تجد فيه النباتات مكانًا صالحًا أو مهدًا صالحًا لنموها وغذائها، أما العالم الروسي (Joffe) فيعرف التربة بأنها جسم طبيعي مميز إلى آفاق من مكونات معدنية وعضوية عادة مفككة ولها أعماق مختلفة، وتختلف عن مادة الأصل التي نشأت منها في التركيب والصفات.

والتعريف المقبول حاليًا للتربة هو أنها الطبقة الخارجية المجواة والمفتتة من سطح الكرة الأرضية، والتي تكونت من خلال تفتت وتحلل الصخور والمعادن بواسطة عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية، وبتأثير نشاط وتراكم بقايا النباتات والأحياء الدقيقة، وبشرط أن تحتوي صورة صلبة (معدنية أو عضوية)، وصورة سائلة (ماء أو محلول التربة)، وصورة غازية (هواء التربة)، وعامل حيوي (أحياء دقيقة ومتطورة).

٢-١- تجوية الصخور:

أول الخطوات في نشوء وتكوين التربة هي تعرية (Erosion) صخور القشرة الأرضية، ويقصد بالتعرية تفتيت ونقل المواد المفتتة، وبصفة عامة فإن الظواهر الطبيعية التي تعمل على التغيرات الجيولوجية في القشرة الأرضية يمكن أن تقسم إلى قسمين هما:

١ - العوامل الداخلية (Internal Factors)، وهذه العوامل ناتجة من تأثير جوف الأرض على القشرة الأرضية نتيجة تأثير الحرارة المرتفعة والضغط العالي لجوف الأرض حيث يتسبب ذلك في تشقق وتكسر وتحدب طبقات القشرة نتيجة الزلازل والبراكين وحركات الصهير الصخري أو المجما (Magma) الآتية من الأعماق.

٢ - العوامل الخارجية (External Factors)، وهذه العوامل تعتمد على التأثيرات الناتجة عن الغلاف الجوي والغلاف المائي على السطح الخارجي للقشرة الأرضية، ومن أمثلتها تغيرات درجات الحرارة والرياح والأمطار والثلاجات والسيول والأنهار وغيرها والتي تعمل على تعرية وجه الأرض، وسوف نشرح هنا فقط العوامل الخارجية.

وسطح الأرض معرض لعوامل بنائية تحاول رفعه إلى أعلى، وعوامل هدمية تخفضه إلى أسفل، فالقوى الرافعة تكون المرتفعات من جبال وهضاب، والقوى الهدمية مثل التعرية والتجوية فإنها تعمل على تعرية المرتفعات بواسطة المياه والثلوج والرياح وتنقل نواتج التعرية إلى المنخفضات.

والتعرية (Erosion) هي عملية تفتيت وتجوية المواد الصلبة ونقلها من مكانها إلى أماكن أخرى، أي أن التعرية هي عملية تفتيت ونقل المواد المفتتة؛ ولأن التفتيت يحدث تحت تأثير العوامل الجوية فإنه يسمى بالتجوية (Weathering)، والتجوية نوعان هما تجوية طبيعية وتجوية كيميائية.

١- التجوية الطبيعية أو الميكانيكية (Physical or mechanical):

وتشمل جميع عمليات التفتيت بدون تغير التركيب المعدني للصخور، وأهم العوامل التي تقوم بتفتيت الصخور ما يلي:

(أ) تغيرات درجات الحرارة للغلاف الجوي والذي يؤدي إلى تفتيت صخور القشرة الأرضية نتيجة التمدد والانكماش وخاصة أن للمعادن معاملات تمدد وانكماش متباينة مما يؤدي إلى تقشر السطح الخارجي للقشرة الأرضية.

(ب) الانجماد أو الصقيع (Frost)، حيث في المناطق البادرة يتجمد الماء الموجود في شقوق الصخور السطحية ليلًا وشتاءً، وعندما يتحول الماء إلى جليد يزداد في الحجم (بحوالي ٩٪)، وينتج عن ذلك قوى ضغطية داخلية مرتفعة تؤدي إلى تفكك الصخور وتفتيتها، ويزيد من هذا الأثر إنصهار هذا الجليد في الأوقات الدافئة.

(جـ) نشاطات الأحياء الدقيقة والحيوانات والنباتات، حيث تنشط الطحالب على سطح الصخور وتسبب تشققات صغيرة تسهل نشاط ونمو النباتات الأخرى ويعقب ذلك نشاط بعض الحيوانات، والتي تقوم بحفر حجور وثقوب في الكتل الصخرية، وأحسن مثال على ذلك دودة الأرض (Earth Worm)، والحيوانات القارضة، وعندما تتغلغل جذور النباتات الطبيعية داخل قشرة الأرض لأعماق قد تبلغ عدة أمتار فإنها سوف تسهل تفتت الصخور. وبالإضافة إلى العوامل الثلاثة السابقة فهناك عوامل أخرى تعمل بدورها على تهشم الصخور وتفتيتها، ومنها تدحرج الكتل الصخرية الكبيرة من

على سفوح الجبال تحت تأثير الجاذبية الأرضية، كما تؤثر قوة سقوط الأمطار والبرد في تفتت الصخور تحت تأثير ضربات قطرات صور الهطول المختلفة.

٢- التجوية الكيميائية (Chemical Weathering):

يُقصد بالتجوية الكيميائية عملية الانحلال الكيميائي للصخور (Decomposition) مما يؤدي إلى تغير تركيبها وتحول معادنها ومركباتها إلى معادن ومركبات أخرى، وتعتمد التجوية الكيميائية على وجود الماء والمواد الصلبة والغازية الذائبة أو غير الذائبة، وتختلف قابلية ذوبان المعادن في الماء، ويزداد الذوبان عادة بوجود الغازات الذائبة في الماء مثل الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون، وأيضًا المركبات العضوية، وعملية التجوية الكيميائية يمكن أن تتم بإحدى التفاعلات الكيميائية التالية:

(أ) عملية الأكسدة (Oxidation):

الأكسدة هي فقد المادة أن أحد ذراتها الكترون أو إرتباطها بذرة أكسجين، وتحدث الأكسدة لمعادن القشرة الأرضية بواسطة أكسجين الغلاف الجوي، وأكثر المعادن القابلة للأكسدة هي المعادن المحتوية على الحديد مثل معدن البيريت ($Fe S_2$ - Pyrite) والذي يتأكسد إلى معدن الليمونيت ($Fe_2O_3 . N H_2O$ - Limonite) أصفر اللون، ويتحرر الكبريت (S) الذي يتحد مع الماء ليكون حامض كبريتيك يساعد في تعجيل التجوية، وأيضًا يتأكسد معدن الأورثوفيروسليت ($Fesio_3$ - Orthoferrosilite) وينهدم ويعطي أكسيد حديد أحمر اللون هو الهيماتيت (Fe_2O_3 - Hematite)، وكثير من المعادن المحتوية على الحديد تتأكسد وتعطي أكاسيد ذات ألوان مختلفة تظهر بها الصخور الرسوبية بلون أحمر أو أخضر أو أصفر، وغيرها، وبسبب قابلية الحديد للأكسدة (حيث له أكثر من تكافؤ)، فإن أعراض التجوية تظهر بسهولة على المعادن الأولية السليكاتية الحاملة للحديد، والأكسدة مرتبطة بعملية الاختزال (Reduction).

(ب) الإذابة والغسيل (Dissolution and leaching): من المعروف أن الماء السائل من أهم المذيبات المعروفة وأكثرها انتشارًا حيث تغطي المياه حوالي ٧١٪ من سطح الأرض، وتتسرب المياه أيضًا إلى باطن الأرض وتتسبب في ذوبان الأملاح والمعادن والغازات القابلة للذوبان في الماء، ومن أكثر المعادن والصخور ذوبانًا في الماء الحجر الجيري والدولوميت وصخر الملح والجبس، وتزداد قابلية المواد الجيرية للذوبان بالماء عندما يكون حاويًا لثاني أكسيد الكربون كما هو الحال في الأمطار الحامضية، وعندما يتفاعل الماء مع حجر الكلس أو الكالسيت ($CaCO_3$) في وجود غاز ثاني أكسيد الكربون يتحلل الكالسيت مكونًا بيكربونات الكالسيوم، وهي مادة سريعة الذوبان بالماء وبذلك تنتقل هذه المواد بواسطة المحاليل، وهكذا يتم غسيل المحاليل والمعادن من القشرة الأرضية.

(جـ) عملية التميؤ أو التأدرت (Hydration):

وهذه العملية هي عبارة عن اتحاد كيميائي لجزئيات الماء مع مركب أو معدن لتكوين مادة جديدة أو معدن يختلف في خواصه عن المعدن الأول، وأحسن مثال لهذه العملية هو تحول معدن الانهيدريت ($CaSO_4$) إلى معدن الجبس ($CaSO_4.2H_2O$)، وجميع المعادن التي يحدث لها عملية تأدرت يكون لها قدرة أكبر على التمدد أو الزيادة في الحجم، مما يؤثر أيضًا على المواد المحيطة بها، ويسبب تشققًا أو تقشرًا للسطوح الخارجية للصخور، وعملية التأدرت تؤدي إلى إضعاف البناء الهندسي للمعادن أو هدم هذا البناء أحيانًا، وكثير من معادن السليكات والأوكسيدات والكربونات والكبريتات يتأثر بعملية التأدرت منتجةً مكونات متأدرتة.

(د) عملية التحلل المائي (Hydrolysis):

ويقصد بالتحلل المائي التفاعل الذي يحدث بين أيونات الأيدروجين (H^+)، وأنيونات الأيدروكسيل (OH) المكونة للماء، وبين الجسيمات البنائية لمعادن وصخور

القشرة الأرضية، وهذه العملية هي المسئولة عن تجوية الفلسبارات والمعادن السليكانية الأخرى، ومعروف أن معظم المعادن الأولية المكونة للصخور معادن سيلكاتية. فعلى سبيل المثال يتحلل معدن الأرثوكلاز ($K Al Si_3 O_8$) مائيًا منتجًا سليكات حامضية ($HAl Si_3 O_8$)، وأيدروكسيد بوتاسيوم.

(هـ) الكربنة (Carbonation)

ويقصد بها عملية اتحاد أيونات الكربونات والبيكربونات مع معادن القشرة الأرضية، ومصدر هذه الأيونات هو اتحاد الماء مع ثاني أوكسيد الكربون، ومن الأمثلة على هذه العملية تحول معدن الكالسيت إلى بيكربونات كالسيوم ذائبة، وبذلك يتم إزالته من الطبقات العليا من القشرة الأرضية، وأيضًا تجوية صخور ومعادن الفوسفات.

ومن عمليات التجوية الكيميائية أيضًا تكوين معادن الطين، وهي معادن ثانوية ناتجة من تجوية معادن السليكات، وسوف نعود للحديث عن معادن الطين عند الحديث عن تركيب التربة.

ويعقب عملية التجوية عملية نقل (Transportation) للمواد المفتتة والمفككة من مكان تكوينها إلى محل ترسيبها، ومن أهم عوامل النقل ما يلي:

(أ) الجاذبية الأرضية، وهذه تظهر على المنحدرات وتؤدي إلى نقل الصخور المفتتة والمفككة من الأماكن الجبلية والمرتفعات إلى الأماكن المنخفضة.

(ب) الرياح، والتي يظهر أثرها على جميع سطح القشرة الأرضية وبصفة خاصة في الصحاري، وتقوم الرياح بنقل حبيبات الرمال والأتربة مكونة الكثبان الرملية في بعض المناطق وترب ترسيب الرياح في مناطق أخرى.

(جـ) الثلاجات، ويظهر أثرها بوضوح على السلاسل الجبلية في المناطق القطبية وفي جميع الأماكن التي تتجمع فيها الثلوج، ويؤدي حركة هذه الثلاجات إلى تكسير

وتهشيم وقلع الكتل الصخرية الكبيرة من طبقات القشرة الأرضية ونقلها من الأماكن المرتفعة إلى الأماكن المنخفضة.

(د) الأمواج والتيارات البحرية، ومكان تأثيرها في السواحل المفتوحة وعلى قيعان المياه في مناطق المياه الضحلة من البحار والمحيطات، وهذه تعمل على نحر وقص السواحل الجدارية مكونة أشكالًا مختلفة للسواحل.

(هـ) الأنهار، وهي المجاري المائية hgjd تجري في مناطق عديدة من سطح الأرض، وهذه الأنهار أثناء جريانها من مناطق المنبع حيث الأمطار الغزيرة إلى مناطق المصب تعمل على تكسير وتفتيت الصخور، ثم نقلها إما بواسطة الجر (Traction)، أو الانزلاق (Sliding)، أو في صورة معلق (Suspension)، أو بواسطة المحلول (Solution)، وتترسب المواد الخشنة على طول مجرى النهر والمواد الناعمة في دلتا الأنهار قريبًا من مصبات الأنهار (عادة في البحار).

٢-٢- عوامل وعمليات تكوين التربة:

صخور القشرة الأرضية هي الأم التي أنجبت معظم أنواع الترب، ويستعمل مصطلح الصخر الأمي (Parent rock) للدلالة على نوع الصخر الذي تنشأ عنه مادة أصل التربة بواسطة عمليات التجوية سابقة الذكر، أما مادة الأصل (Parent material)، فهو مصطلح يُستعمل للدلالة على المادة غير المتصلبة التي تنشأ منها وفيها التربة (Soil) من خلال عوامل وعمليات تكوين التربة، مع العلم أن عمليات التجوية تستمر في عملها، ولا يمكن وضع حد فاصل بينها وبين عمليات تكوين التربة، ونجد أن خواص التربة تكون إما مورثة من الصخر الأمي أو تأثرت بظروف التجوية وتكوين مادة الأصل وظروف تطور ونشوء وتكوين الأراضي (الترب).

فالتربة هي عبارة عن الناتج المباشر لعمليات التجوية، وتطلق هذه التسمية (Soil) على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية والناتجة عن تفتيت الصخور بتأثير مختلف عوامل وعمليات التجوية والتعرية وتكوين التربة. وتصنف التربة تبعًا للعلاقة الوراثية بين مكوناتها ومكونات صخور الأساس أو مادة الأصل إلى نوعين هما التربة المتبقية والتربة المنقولة.

أولًا- التربة المتبقية (Residual Soil)، وتسمى أيضًا بالتربة المحلية:

وهي التربة التي تبقى في موضع تكوينها الأصلي فوق الصخر الأمي أو الصخور المولدة لها، والتي تكونت منها بعوامل التجوية، وفي هذه الحالة ترث التربة كثير من خواص الصخور المولدة لها، وتحتوي التربة نفس المعادن الأولية الثابتة الموجودة بالصخور الأم.

ثانيًا- التربة المنقولة (Transported Soil):

وهي التربة التي نُقلت من موضع تكوينها وترسبت في مكان آخر، وبذلك تختلف معادنها عن تلك المعادن الموجودة بالصخور التي تحتها، وعوامل النقل كما أوضحنا من قبل تشمل الرياح، والأنهار، والمياه، والجاذبية، ونوع التربة المنقولة يتوقف على عامل النقل، كما يلي:

١- التربة الهوائية: ويشمل هذا النوع من التربة على اللويس (Loess)، والكثبان الرملية (Sand Dunes).

(أ) تربة اللويس: وتنشأ هذه التربة في الظروف القارية أو الصحراوية، وتتميز بأنها تتكون من خليط من الرمال، والطمي، والطين، ويمثل معدن طين المونتموريلنيت نسبة عالية في هذا النوع من التربة، وقد يكون أصل تربة اللويس أوليًا ناتج مباشرة من الصخور

الأم، أو ثانويًا، وذلك لكونها منقولة من مكان بعيد بواسطة الرياح أو الثلاجات، وفي هذه الحالة يتحول معدن المونتموريلنيت إلى معدن الاليت والكاولينيت.

(ب) الكثبان الرملية: وتتكون الكثبان الرملية على أشكال معينة في المناطق الصحراوية، حيث تنشأ هذه الرمال من تفتت الصخور، وهذه الرمال مكونة من حبيبات منتظمة من الكوارتز وبعض معادن الميكا (مثل المسكوفيت)، تنتقل بفعل الرياح والتيارات الهوائية حتى إذا اعترض حركتها عائق توقفت ورسبت حملها من الرمال على شكل كثبان رملية، ، ويختلف ارتفاع الكثيب من عدة أمتار إلى مئات الأمتار، ومن أشهر أماكن تواجد الكثبان الرملية منطقة بحر الرمال بغربي الصحراء الغربية بين مصر وليبيا.

٢- التربة النهرية:

وهي التربة المنقولة بواسطة مياه الأنهار، وتختلف الترسبات المنقولة بواسطة مياه الأنهار من حيث حجم الحبيبات حيث تترسب المواد الخشنة مثل الحصى قريبًا من المنبع ثم تتدرج الحبيبات في حجمها كلما تحركنا في اتجاه المصب، حيث تترسب الحبيبات الدقيقة جدًا مثل الطمي والطين في مصبات (أو دلتا) الأنهار.

٣- التربة التثاقلية (Gravity Soil):

وتتكون هذه التربة من تدحرج الفتات الصخري تحت تأثير قوى الجاذبية من قمم الجبال والمرتفعات إلى الوديان والمنخفضات، ويكثر هذا النوع من التربة في المناطق الصحراوية الجافة متباينة التضاريس حيث تسود التعرية الميكانيكية.

- عوامل تكوين الأراضي (الترب) (Soil Forming Factors):

ويقصد بعوامل تكوين الأراضي المتغيرات المستقلة أو العوامل المحددة لنظام التربة وهي تشمل: مادة الأصل- المناخ- الأحياء- الطبوغرافيا- زمن تكوين التربة،

وكل هـذه العوامـل هي متغيرات مستقلة، حيث إذا تغير عامل منهـا أعطى ذلك أنواع مختلفـة مـن الأراضي، ولذلك فإن المعادلة العامـة لتكوين نظام التربة يمكـن كتابتها كما يلي:

$$S = f(cl\,.\,o\,.\,r\,.\,p\,.\,t.....)$$

حيـث S ترمـز إلى نظـام التربة، f ترمز إلى أن نظام التربة دالـة تعتمد على أو تتحدد خواصـه بمعرفة القيم الحقيقية لكل من المناخ (cl)، والأحيـاء (o)، والطبوغرافيا (r)، ومادة الأصل (p)، والزمن (t)، والنقط ترمز إلى احتمال وجود عوامل أخرى.

- المناخ (Climate) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

يعتـبر المنـاخ أكـبر عامل مؤثـر في تكويـن الأراضي؛ لأنـه يحدد ظـروف عمليات التجوية، وعناصر المناخ تشمل أساسًا الحرارة والرطوبة (الماء)، ولقد ناقشت أثر الماء في تكويـن وخـواص التربة في كتابي عن الماء (إبراهيم، ٢٠٠٩)، وسـوف اذكر هنا في إيجاز دور الرطوبة (كمية المطر) والحرارة كعوامل مؤثرة في تكوين التربة.

أولًا- الرطوبة كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

تؤثر كمية الأمطار الساقطة في منطقة ما على خواص التربة المتكونة، وخاصة كمية الأمطار التي تخترق قطاع التربة وهو ما يسـمى بالمطر الفعال، وحسـب نسبة الهطول إلى التبخر يقسم المناخ إلى: مناخ جاف (arid) يزداد فيه التبخر عن الترسيب، ومناخ وسط بـين الجاف والرطب وفيه تتسـاوى كمتى التبخر والترسـيب، ومنـاخ رطب (humid) يزداد فيه الترسيب (الهطول) عن التبخر.

وللرطوبـة تأثـير واضح على خـواص التربة حيث بزيادتها يـزداد محتوى التربة من المادة العضوية والنتروجين الكلي والطين الغروى والسعة التبادلية، وزيادة كمية الطهول (المطـر) يزداد عمق ترسـيب أفق الكربونات والعكس صحيـح، ويعتبر أفق الكربونات

وهي كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم من الصفات المورفولوجية الهامة لقطاع التربة، وعلى أساسه قسم العالم Marbet الأراضي قسمين كبيرين هما:

١ - Pedocals : وهي التي يحتوي قطاعها على أفق تجمع الجير (Lime) وهذه تسود في المناطق الجافة ونصف الجافة.

٢ - Pedalfers: وهي التي يغيب من قطاعها أفق تجمع الجير ويسود بها أفق تجمع الحديد والألومنيوم، وهذه الأراضي تسود غالبًا في المناطق الرطبة ونصف الرطبة.

ثانيًا- الحرارة كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

تلعب الحرارة دورًا هامًا كعامل تكوين تربة من خلال تأثير الحرارة على توزيع كمية المطر الساقطة خلال قطاع التربة حيث تؤثر على البخر والنتح، وتؤثر الحرارة أيضًا على أغلب التفاعلات الكيميائية الداخلة في عمليات التجوية الكيميائية من ذوبان وتحلل مائي وغيرها.

وارتفاع درجة الحرارة يقلل من محتوى التربة من المادة العضوية والنتروجين، وعلى الجانب الآخر فإن ارتفاع درجة الحرارة يزيد من محتوى قطاع التربة من الطين بشرط توافر قدر كافي من الرطوبة.

- الزمن (Time) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

مع مرور الزمن تتميز آفاق قطاع التربة وتصبح التربة أكثر نضجًا، وعلى فرض ثبات جميع عوامل تكوين الأراضي الأخرى وأن خواص التربة دالة للزمن فإنه يمكن تقدير عمر الأراضي بكثير من الوسائل، منها:

١ - الآثار القديمة، حيث أنه من دراسة التغيرات التي تحدث في أثر تاريخي معروف التاريخ (الأهرام مثلًا) ومقارنتها بالتغيرات في صخور المنطقة المحيطة يمكن معرفة عمر الأرض، خاصة إذا كانت مواد بناء الأثر من نفس نوع صخور المنطقة المحيطة.

٢- يمكن تقدير زمن تكوين الأرض بالتقريب من دراسة صخور الطفوح البركانية حيث تاريخ فوران البراكين يكون معروف ومدون.

٣-البحيرات المجففة، فعند تجفيف البحيرات يكون معروف تاريخ التجفيف وبذلك يمكن تحديد مولد التربة الناتجة ودراسة التطورات التي حدثت فيها مثل عملية تكوين أراضي البدذول لـ (Podzolization).

٤- الأشجار المعمرة: توجد أشجار معمرة يمكن تحديد أعمارها من خلال الحلقات السنوية في جذع الشجرة، ومن عمر الشجرة يمكن معرفة عمر التربة التي تحتها ومعرفة التغيرات التي حدثت في خواصها كدالة للزمن.

٥- النظائر المشعة: يمكن استخدام النظائر المشعة في تقدير عمر الأرض مثل استخدام عنصر الكربون المشع (C-١٤).

٦- الحفريات: يمكن استخدام الحفريات النباتية والحيوانية الموجودة في طقبات الأرض في تقدير عمرها.

والتربة الناضجة (mature soil) هي التي تميز قطاعها إلى آفاق واضحة ووصلت إلى التوازن مع عوامل البيئة، بحيث لا تتغير خواصها مع الزمن، ومن أهم خواص التربة التي يمكن منها التعرف على مدى نضج التربة، تفاعل التربة (P_pH)- المادة العضوية - أفق الكربونات - تجمع الطين - تكوين الطبقات الصماء.

ويمكن تقسيم الأراضي باستخدام عامل الزمن، حسب درجة نضج الأراضي إلى الأقسام التالية:

١- أراضي ناضجة أو نطاقية (**Zonal Soils**): وهي الأراضي التي أصبحت خواص قطاعها واضحة بعد وصولها لدرجة كبيرة من الاتزان، وفي هذه الأراضي يظهر

تأثير المناخ والأحياء بوضوح على تأثير مادة الأصل والطبوغرافيا، وتحت الأراضي النطاقية يقع القسمين التاليين:

(أ) أراضي Pedalfer، وهي الأراضي المغسولة والتي غسلت منها جميع الأملاح ولا تحتوي على أفق تجمع الجير، ومنها أراضي البدذول والأراضي الحمراء البنية وأراضي البراري وأراضي اللاتيريت.

(ب) أراضي Pedocal، وهي التي تتميز بوجود أفق تجمع الكربونات (الجير)، ومنها أراضي التشيرنوزيم والشستونت وأراضي الصحراء الرمادية والحمراء.

٢-أراضي غير ناضجة (Intrazonal Soils): وهي الأراضي التي يسود فيها تأثير مادة الأصل والطبوغرافيا مع تأثير المناخ والأحياء، بمعني أن مظاهر قطاع التربة لا تكون واضحة، وتشمل هذه الأراضي: التراروزا، والرندزينا، والأراضي الملحية، والأراضي القلوية.

٣- أراضي حديثة أو غير نطاقية (Azonal Soils): وهي أراضي ليس لها مظاهر تميز قطاعها بحيث لا يمكن وضعها في مجموعة تربة مميزة، والمثال على ذلك رواسب حديثة للأنهار أو أي رمل جاف، ومعنى ذلك أن هذه الأراضي لا يظهر عليها أي أثر من آثار عوامل تكوين الأراضي.

- مادة الأصل (Parent Material) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

كما أوضحنا من قبل فإن مادة الأصل هي المادة الناتجة من تفتت صخور القشرة الأرضية بواسطة عمليات التجوية، وهي المادة الأم التي نشأت منها وفيها التربة، ولذلك فإن خواص التربة المختلفة تتوقف إلى حد كبير على تركيب مادة الأصل، فالصخور المكونة لمادة الأصل سوف تحدد نوع التربة المتكونة، كما هو موضح فيما يلي:

١- تكوين الأراضي على الصخور النارية:

فالتربة التي تكونت من صخر الجرانيت، وهو صخر ناري حامضي، تتميز بقوامها الخفيف الذي يترتب عليه نفاذية عالية للماء وسعة منخفضة لحفظ الماء بها وأيضًا بانخفاض السعة التبادلية الكايتونية، وهذا سببه إحتواء صخر الجرانيت على نسبة عالية من السليكا أكبر من ٦٥٪ تتمثل في معادن سليكاتية أهمها الكوارتز والفلسبار البوتاسي، أما التربة المتكونة من صخر البازلت، وهو صخر ناري قاعدي، فإنها تتميز بالقوام الناعم أو الثقيل والذي يترتب عليه نفاذية بطيئة للماء والهواء، وسعة تبادلية كاتيونية عالية، وذلك لاحتواء البازلت على نسبة أقل من السليكا أقل من ٥٢٪ تتمثل في معادن البيروكسين والاولفين والفلسبار الكلي.

٢-تكوين الأراضي على الصخور الرسوبية:

ينشأ الاختلاف في الأراضي المتكونة على الصخر الرسوبية عن اختلاف هذه الصخور في درجة نفاذيتها للماء وما ينتج عن ذلك من تميز القطاع إلى آفاق، حيث كلما كانت حركة الماء من أعلى إلى أسفل سريعة تصل إلى تكوين الأراضي في وقت أقل، ولكن هذا سوف يتوقف على مدى خشونة أو نعومة حبيبات الصخور، حيث كلما كانت الحبيبات ناعمة القوام (طمي أو طين) فإن حركة الماء إلى أسفل تكون أقل سرعة مما يجعل تكوين الأراضي يأخذ وقت أكبر ويكون تأثير مادة الأصل على تكوين الأراضي أوضح.

وعندما تنشأ الأراضي على الحجر الجيري فإن المناخ يكون له دور واضح في تحديد نوعية وخواص التربة المتكونة، فتحت ظروف المناخ الرطب يكون الحجر الجيري هش وتتكون أراضي الرندزينا (Rendzina)، أما عندما يسود مناخ البحر المتوسط فإن الحجر الجيري يكون صلب ويتكون منه أراضي التراروزا (Terraroza)، حيث تذوب كربونات الكالسيوم وتتبقى الشوائب وترتفع نسبة السليكا في القطاع إلى حوالي

٧٨٪ وترتفع نسبة الطين في المناطق الرطبة، أما في المناطق الأقل رطبة فإن البيكربونات تغسل تاركة شوائب غنية في الحديد والذي عند ترسبه في شقوق الحجر الجيري يكسب الأراضي المتكونة (Terraroza) اللون الأحمر.

- الطبوغرافيا (Topography or relief) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

يقصد بالطبوغرافيا شكل سطح الأرض ومدى استواءه ووجود المرتفعات والمنخفضات، وتؤثر التضاريس على تكوين الأراضي من خلال تأثيرها على حركة المياه حيث تتجمع المياه في الأماكن المنخفضة نتيجة للجريان السطحي للمياه من الأماكن المرتفعة، ولذلك تختلف خواص التربة المتكونة على المرتفعات عن المتكونة على المنخفضات، أما إذا كان السطح مستوى فإن توزيع المطر ونسبة الرطوبة يكون متجانس وهذا يؤدي إلى تكوين أرض ذات بروفيل عادي متجانس.

والأثر الثاني للتضاريس هو إعادة توزيع الحرارة التي يستقبلها السطح من أشعة الشمس حسب درجة انحدار السطح، والتأثير على توزيع الرطوبة والحرارة سوف يؤثر على نوعية الغطاء النباتي الطبيعي، وفي كثير من الأحيان يتجمع الماء تحت سطح الأرض فوق طبقة قليلة النفاذية ويسمى في هذه الحالة بالماء الأرضي (أو الجوفي)، ويؤثر مستوى الماء الأرضي على تكوين الأراضي عندما يكون قريبًا من السطح (على بعد أقل من مترين)، إما عندما يكون بعيدًا عن السطح (أكثر من مترين ونصف)، فإن تأثيره على خواص قطاع التربة يكون ضعيف يمكن إهماله.

- الأحياء (Organisms) كعامل من عوامل تكوين الأراضي:

ويقصد بالأحياء كل الكائنات الحية داخل الأرض أو على سطحها، سواء كانت كائنات دقيقة أو نباتات أو حيوانات صغيرة أو إنسان، ويتوقف تأثير العامل الحيوي على تكوين الأراضي على نوعيته وكميته وعلى علاقة الأحياء ببعضها.

وإذا ما أخذنا النباتات (Vegetation) كعامل أو متغير مستقل في تكوين الأراضي، فسوف نجد أن هذا الأثر يتمثل في تأثيرها على كمية المادة العضوية ونواتج انحلالها في الأرض، حيث نلاحظ أن الأراضي المتكونة تحت غطاء نباتي طبيعي من الغابات تكون حامضية فقيرة في القواعد ومادتها العضوية أغلبها موجود على السطح وعمق ترسيب الطين والكربونات يكون عميق، أما في حالة الأراضي المتكونة تحت غطاء من الحشائش فتكون غنية في القواعد وتميل إلى القلوية وتكون نسبة المادة العضوية تحت السطح أكبر من فوق السطح وتزداد نسبة الطين عند السطح.

ويؤثر الإنسان كعامل من عوامل تكوين الأراضي من خلال تأثيره على الغطاء النباتي من خلال إزالة الغابات مثلًا، أو إزالة الغطاء النباتي الطبيعي ووضع الأرض تحت نظام الزراعة، وأيضًا تغيره لنظام الدورة الزراعية وتعاقب المحاصيل أو عمليات الخدمة المختلفة، ونظام الري والتسميد المستعمل.

- عمليات تكوين أراضي (Soil forming processes):

يمكن تعريف عمليات الأراضي بأنها كل تفاعل يحدث في التربة بحيث تكون بينه وبين عوامل تكوين الأراضي ارتباطًا داليًا، يعني هذا أن العمليات تكون دالة لعوامل تكوين الأراضي، فمثلًا : (Solution = f (climate حينئذ تعتبر الإذابة ضمن عمليات تكوين أو بناء الأرض.

وقد يكون من الصعب التفريق بين عمليات التجوية (والتي تشمل التأدرت والإذابة والتحلل المائي والأكسدة والاختزال ... إلخ)، وبينما عمليات تكوين الأراضي والتي تشمل البدزلة (Podzolization) التي تؤدي إلى تكوين أراضي البدذول (Podzol)، وعملية الـ (Laterization) التي تؤدي إلى تكوين أراضي اللاتيريت وعملية التمليح التي تؤدي لتكوين أراضي ملحية... وغير ذلك من العمليات التي سوف نذكرها فيما

بعد، وبعض العلماء يطلق على عمليات التجوية إنها عمليات جيولوجية (Geologic) وعلى عمليات تكوين الأراضي بأنها عمليات بيدولوجية (Pedologic).

وعمليات تكوين الأراضي عمليات كيماوية بطبيعتها(خاصة في المناطق الرطبة)، ولذلك فإنه من الصعب إن لم يكن من المستحيل أحيانًا أن نفرق بين التحلل المائي (hydrolysis) الذي يؤدي إلى التجوية والتحلل المائي الذي يؤدي إلى تكوين الأراضي.. بينما في المناطق الجافة حيث التجوية الطبيعية هي السائدة، فإنه تحت ظروف معينة يصبح التمييز ممكن بين عمليات التجوية وعمليات تكوين الأراضي، وينتج عن عمليات تكوين الأراضي نماذج من قطاعات التربة تتمايز إلى آفاق تشخيصية لكل منها خواصه المميزة.

وعمليات تكوين الأراضي ممكن جمعها في مرحلتين متداخلين هما:

١- مرحلة تجمع مواد الأصل. ٢- مرحلة تمييز الآفاق.

وتجمع مواد الأصل يحدث أساسًا عن طريق عمليات التجوية، أما تمييز الآفاق فيعزى إلى الإضافة والإزالة والانتقال للمواد والطاقة، ومن أهم عمليات تكوين الأراضي العمليات التالية:

١- تخليق المركبات الهيومية وتجمع المادة العضوية.

٢- تكوين معادن الطين وانحلالها وانتقالها وتجمعها خلال قطاع التربة.

٣- تكوين المعقد الغروي المعدني والعضوي وترسيبه وانتقاله.

٤- تكوين المحلول الأرضي والمواد الذائبة.

٥- حركة الماء خلال بروفيل التربة وإلى أسفل بعمليات الغسيل أو إلى أعلى بالخاصية الشعرية، وأيضًا الحركة الجانبية.

٦- الجريان السطحي (Surface runoff) وعمليات النحر (Soil erosion).

٧- تجمع المواد المعلقة في المنخفضات.

والعمليات السابقة نماذج لأهم عمليات تكوين الأراضي، ولكن هناك بالطبع عمليات أخرى تحدث تحت ظروف معينة تؤدي إلى تكوين أنواع خاصة من الأراضي ذات معالم مورفولوجية ظاهرة وتسمى بعمليات التكوين التشخيصية ومن أهمها:

١- تكوين أراضي البدذول أو العملية البدذولية (Pozolization):

وتتكون أراضي البدذول (Podzol) تحت غطاء نباتي من الغابات أو الأعشاب في المناطق الرطبة حيث يكون تحلل المادة العضوية غير كامل وتسود ظروف حامضية وتفقد الأرض مكوناتها القاعدية وتنتقل الغرويات المعدنية مثل أكاسيد الحديد (Fe_2O_3) وأكاسيد الألومنيوم (Al_2O_3) والطين المفرق من الطبقات العليا إلى الطبقات السفلى من قطاع التربة (أفق B) بينما لا تغسل السليكا وتزداد في السطح (أفق A).

٢- عملية تكوين أراضي اللاتيريت (Laterization):

وتؤدي هذه العملية إلى تكوين أراضي اللاتيريت (Laterite)، وتحدث هذه العملية في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية تحت غطاء نباتي من الغابات المتساقطة غير المخروطية، حيث الرطوبة العالية مع درجة حرارة مرتفعة يؤدي إلى تحلل كامل للمادة العضوية وتكون نواتج التفاعل أقل حموضة وأغنى من القواعد مقارنة بأراضي البدذول السابقة، ولا يوجد دوبال غروي حامضي، ولذلك تتجمع أكاسيد الحديد والألومنيوم في أفق A وتتفرق السليكا وتغسل وتتجمع في أفق B.

٣- عملية التكلس (Calcification):

وتحدث هذه العملية في المناطق الجافة والنصف جافة وتحت غطاء نباتي من الحشائش ومادة أصل جيرية، فيتم غسيل كربونات الكالسيوم وترسيبها في قطاع التربة على أعماق تختلف حسب كمية المطر الساقطة، وتكون أفق الجير (Lime horizon) الذي يميز أراضي الـ(Pedocal) والذي يزداد عمقه بزيادة كمية الأمطار ويقترب من

السطح كلما كانت الأمطار قليلة، وفي الأراضي الصحراوية يصبح أفق الجير (كربونات الكالسيوم) على السطح.

٤- عملية التمليح (Salinization):

وينشأ عن هذه العملية تكوين الأراضي الملحية (Saline soils)، ويحدث ذلك تحت ظروف المناخ الجاف والنصف جاف خاصة في الأماكن المنخفضة حيث تتجمع الرطوبة وتتبخر تاركةً الأملاح على السطح، وتحتوي الأراضي الملحية على أملاح ذائبة كلية تزيد عن ٢ و٪.

٥- عملية إزالة الأملاح (Desalinization):

وهي عملية يكون نتيجتها التخلص من الأملاح الذائبة الموجودة في الأراضي الملحية عن طريق الغسيل بالمياه إما طبيعيًا عن طريق الأمطار مع وجود مستوى الماء الأرضي على عمق بعيد، أو صناعيًا باستعمال الري الصناعي مع إنشاء شبكة صرف زراعي جيدة، وفي الحالتين نجعل ميزان حركة المياه إلى أسفل وليس إلى أعلى.

٦- عملية الجلاي (Gleization):

وهي من عمليات تكوين الأراضي التي تسود تحت ظروف المياه الراكدة والأراضي المشبعة بصفة دائمة بحيث تسود الظروف الاهوائية (الاختزالية) وتصبح مركبات الحديد مختزلة وذائبة، وتعطي لونًا أخضر مزرق أو رمادي، وعند تذبذب مستوى الماء الأرضي وتعاقب ظروف الاختزال والأكسدة نلاحظ أن قطاع التربة يتميز بوجود بقع من ألوان حمراء وصفراء.

٧- عملية تكوين الأراضي القلوية (Alkalization):

وينشأ عن هذه العملية تكوين الأراضي القلوية (Alkaline soils)، وتحدث هذه العملية تحت ظروف تؤدي إلى سيادة أيون الصوديوم في المحلول الأرضي وبالتالي

زيادة الصوديوم المتبادل على سطح الطين، ويحدث ذلك عند غسيل الأراضي الملحية عند رقم حموضة مرتفع (PH.8.5)، حيث يتفرق الطين وتزيد نسبة الصوديوم المتبادل (ESP) عن ١٥٪ من مجموع الكايتونات الكلية المتبادلة.

٨- إزالة القلوية (Dealkalization):

وهي عملية إزالة القلوية من الأرض القلوية عن طريق استبدال الصوديوم المتبادل بواسطة الكالسيوم عن طريق إضافة المصلحات الزراعية مثل الجبس الزراعي.

٢-٣- قطاع أوبروفيل التربة (Soil Profile):

يُعبر بروفيل أو قطاع التربة عن تعاقب الآفاق أو الطبقات من السطح حتى مادة الأصل، ويُستعمل كوحدة طبيعية لدراسة الأراضي والمقارنة بينها، وينتج عن عمليات تكوين الأراضي، والتي تناولنها بالشرح سابقًا، نماذج من قطاعات الترب تتمايز إلى آفاق تشخيصية لكل منها خواص طبيعية وكيميائية وحيوية ومورفولوجية مميزة، ولكل نوع من الأراضي آفاق تشخيصية تميزه عن غيره، وتتميز التربة الناضجة بطبقات مختلفة في اللون والقوام (Texture) والبناء (Structure)، والتركيب المعدني والعضوي، ويوضح قطاع التربة تتابع وسمك وصفات كل طبقة من الطبقات المكونة له.

وعند دراسة جسم التربة كما يظهر في الطبيعة، فإن الجزء الأكثر وضوحًا وأهمية هو المنطقة السطحية فيها والذي يُسمى أيضًا منطقة نمو الجذور (Root Zone)، ولكي نحصل على معلومات عن صفات التربة ككل فإنه لابد من فحص مقطع عمودي للتربة من السطح إلى أسفل وهذا ما يُسمى بقطاع التربة، ويتم ذلك بعمل حفرة أو خندق في التربة عرضه في حدود متر وطوله في حدود متر ونصف، ويصل عمقه إلى مادة الأصل، ومن النادر أن يكون قطاع التربة متماثلًا مع العمق، ويتكون من طبقات أو آفاق متتابعة محددة بدرجة أكثر أو أقل حسب ظروف تكوين التربة، وتنتج هذه الطبقات من نمط التراكم أو الترسيب كما يظهر في الأراضي المترسبة بفعل الرياح (aeolian)، أو

بفعل الماء (alluvial)، والطبقات المتكونة في مكانها بواسطة عمليات تكوين داخلية (Pedogenic) تسمى آفاق (Horizons).

وفي الأراضي أو الترب المميزة إلى آفاق يقابلنا ثلاثة آفاق مميزة من السطح إلى أسفل (كما في الشكل: ١)، فالطبقة العلوية أو الأفق (A)، ويسمى أيضًا أفق الإزالة هو منطقة النشاط الحيوي، ولذلك فهو غني بالمواد العضوية وأدكن لونًا من التربة أسفله، ويلي ذلك الأفق (B) الذي تتجمع فيه بعض المواد المهاجرة من الأفق العلوي (A) (مثل الطين والكربونات)، وأسفل الأفق (B) يوجد الأفق (C) وهو مادة الأصل للتربة.

وفي حالة التربة المتبقية المتكونة في مكانها من الصخر الأصلي فإن الأفق (C) يتكون من مادة صخرية مفتتة ومتأثرة بعوامل التجوية، وفي حالة التربة المنقولة فإن الأفق (C) يمكن أن يتكون من ترسبات مائية أو رياحية أو جليدية، وفي بعض الحالات يكون تتابع الآفاق (A B C) واضحًا تمامًا كما هو الحال في تربة نطاقية نموذجية مثل البودزول، وفي حالات أخرى قد يكون تطور الأفق (B) غير ملحوظ، وبالتالي فإن التربة توصف بقطاع (A C)، وفي حالات أخرى كما في الترسيبات والترب الحديثة التكوين يصعب مشاهدة أي تمييز قطاعي أو آفاق.

وخصائص القطاع تعتمد أساسًا على المناخ وثانويًا على باقي عوامل تكوين التربة وهي مادة الأصل، والغطاء النباتي، والطبوغرافيا، والزمن، وخلال عملية تكوين أو عملية تطور التربة وقطاعها، فإن القطاع ككل يزداد في العمق مع التحول التدريجي للجزء العلوي من الأفق (C) حتى نصل إلى حالة معقولة من الثبات وفيها تكون العمليات المتضادة لتكوين وتآكل التربة متوازنة تقريبًا، وهذا ما نسميه بالتربة الناضجة.

وعلماء البيدولوجي يصنفون الأراضي حسب أصلها وخصائصها الواضحة، ويوضح الشكل التالي رسم توضيحي لوصف آفاق قطاع التربة.

مخلفات عضوية	O 1	أفق O		
بقايا متحللة جزئيًا	O 2	(بقايا النبات)		
منطقة تجمع دبال	A 1	أفق A	Solum	Regolith
منطقة ذات غسيل قوي	A 2	(منطقة		
منطقة انتقالية إلى الأفق B	A3	إزالة)		
منطقة انتقالية إلى الأفق A	B 1	أفق B		
منطقة أقصى تراكم	B 2	(منطقة		
منطقة انتقالية إلى الأفق C	B3	التراكم)		
صخور غير مندمجة	C	أفق C (مادة الأصل)		
صخور مندمجة	R	طبقة R (مهد صخري)		

شكل (١) وصف لمصطلحات آفاق قطاع التربة

ويختلف العمق المميز للتربة من منطقة إلى أخرى، فترب الوادي أعمق من ترب الجبال، وفي بعض الحالات يكون عمق التربة غير واضح، وفي حالات أخرى يكون العمق كبير كما هو الحال في الأراضي الرسوبية في دلتا النيل بمصر، حيث يصل عمق التربة إلى حوالي ١٠-١٢ متر، حيث تكونت هذه التربة من ترسيبات النهر في فترة زمنية تصل إلى حوالي عشرة آلاف سنة، وعلى كل حال فإن طبقة النشاط الحيوي (الأفق A) يكون عمقها في بعض الحالات أقل من متر واحد ونادرًا ما تمتد إلى أسفل أكثر من ٢-٣متر.

٢-٤- مكونات التربة وتركيبها وأهم خواصها:

تتكون التربة من الأطوار الثلاثة للمادة (وهي الصلب، السائل، الغاز) بالإضافة إلى المكون الحيوي، وتتكون التربة من العديد من المكونات الصلبة (معدنية وعضوية) المفتتة بغير انتظام والمرتبة بتنوع في شكل هندسي معقد، والمكونات الصلبة للتربة تتكون من حبيبات بلورية أو حبيبات غير بلورية ومن غرويات معدنية وعضوية غير منتظمة

البناء، والمادة الغروية للتربة تشمل أكاسيد الحديد والألومنيوم والطين الغروي والمركبات العضوية الغروية، وتغلف المادة الغروية الحبيبات الصلبة وتربطها مع بعضها ولها الدور الأوضح في النشاط الكيماوي للتربة والمساهمة في خصوبتها، وتتراص الحبيبات الصلبة للتربة تاركة بينها فراغات ومسامات تحتوي على الماء والهواء.

وهناك تفاعل مستمر بين ماء وهواء التربة والجزء الصلب منها، ولذلك فمن الصعب وجود نظام التربة في حالة اتزان ثابتة، حيث نظام التربة يبتل ويجف، ويتمدد وينكمش، ويتفرق ويتجمع، وينضغط ويتشقق، ويتجمد ويذوب بالتناوب، ويحدث تبادل للأيونات على سطوح الحبيبات الغروية، وتترسب الأملاح في محلول التربة أو تذوب.

وحيث أن التربة ناتجة (أو مولودة) من معادن وصخور القشرة الأرضية، حيث ينشأ من عمليات تجوية معادن وصخور القشرة الأرضية تكون مادة أصل التربة (Soil Parent Material) كما أوضحنا من قبل، فنجد أن التركيب الكيميائي للتربة مشابه لحد كبير مع التركيب الكيميائي للقشرة الأرضية، وتكون ثمانية عناصر فقط حوالي ٩٧٪ من وزن التربة، كما يلي:

العنصر	O	Si	Al	Fe	Ca	Na	K	Mg
النسبة المئوية	49.0	33.0	7.1	3.8	1.4	0.6	1.4	0.6

فالعناصر الثمانية (الأوكسجين، السليكون، الألومنيوم، الحديد، الكالسيوم، الصوديوم، البوتاسيوم، والماغنيسيوم) تكون ٩٦,٩٪ من وزن التربة، وتكون باقي العناصر الموجودة في القشرة الأرضية (٩٢ عنصر كيميائي) حوالي ٣٪ من وزن التربة، والثلاثة عناصر الأولى (الأوكسجين والسليكون والألومنيوم) تكون أكثر من ٨٩٪ من وزن التربة، وتسمى عناصر هيكل التربة، ويكون الأوكسجين حوالي نصف وزن التربة،

إلا أنه ليس حرًا وإنما يوجد في حالة ارتباط كيميائي بالعناصر الأخرى الموجودة في التربة مكونًا مركبات مثل السليكات والأكاسيد.

التركيب المعدني للتربة:

تُقسم الحبيبات المعدنية الصلبة للتربة إلى ثلاث مجموعات حسب أقطارها وهي : الرمل (Sand) وقطر حبيباته ٢-٠,٠٢ مم (٢٠٠٠-٢٠ ميكرومتر)- السلت (Silt) وقطر حبيباته ٠,٠٢-٠,٠٠٢ مم (٢٠-٢ ميكرومتر)- الطين (Clay) وقطر حبيباته أقل من ٠,٠٠٢ مم (أقل من ٢ ميكرومتر)، وذلك حسب تقسيم الجمعية الدولية لعلوم الأراضي، وهناك تقسيمات أخرى مثل تقسيم وزارة الزراعة الأمريكية: الرمل (٢-٠,٠٥ مم)، السلت (٠,٠٥-٠,٠٠٢ مم) والطين (أقل من ٠,٠٠٢ مم).

ولقد أوضحت الدراسات عن تركيب الأراضي الرسوبية في مصر أن الجزء الناعم من التربة (الطين) يتكون أساسًا من معادن الطين، أما السلت فإنه يتكون من المعادن الأولية مع بعض معادن الطين، أما الرمل فهو يتكون من معادن أولية كما يلي:

كوارتز (٧٠-٨٠٪)، فلسباربوتاسي (١٠-١٧٪) ثم ألبيت وأوليجوكلاز ومسكوفيت وأوجيت وأبيدوت بنسب قليلة.

وتتكون التربة من معادن أولية تكونت من مصهور المعادن (Lava) وإنفصاله عند برودة الماجما (Magma)، وكما أوضحنا من قبل فإن المعدن الأولى هو المعدن الذي لم يتغير تركيبه الكيميائي أو البللوري منذ تكونه من مصهور المعادن، والمعادن الأولية الشائعة الوجود في الأراضي تشمل الكوارتز والفلسبارات، كما يوجد معادن البيروكسينات والميكا والأمفيبولات والأوليفينات، ولكن بكميات قليلة، وتتواجد المعادن الأولية أساسًا في حبيبات الرمل (٢-٠,٠٥ مم) وحبيبات السلت (٠,٠٥-٠,٠٠٢ مم)، والمعدن الثانوي هو المعدن الذي تكون نتيجة التجوية الكيميائية للمعدن

الأولى إما عن طريق التغير في البناء أو عن طريق ترسيب نواتج تجوية المعدن الأولى، والمعادن الثانوية الشائعة الوجود في الترب (الأتربة) هي معادن الطين السليكاتية مثل الكاؤولينيت والمونتموريللونيت والأكاسيد مثل الجبسيت والجيوثيت والمواد الأمورفية مثل الألوفان ومعادن الكبريت والكربونات، وتتواجد المعادن الثانوية أساسًا في الجزء الطيني من التربة كما يمكن أيضًا التعرف على بعض هذه المعادن في الجزء السلتي.

وهنا توضيح لمجموعات المعادن الداخلة في تركيب التربة وهي: مجموعة السليكات- معادن الكربونات- معادن الأملاح التبخيرية- الأكاسيد والهيدروكسيدات- معادن الفوسفات.

أولًا- مجموعة السليكات (Silicate minerals group):

تعتبر السليكا الرباعية (Silica tetrahedra) هي الوحدة البنائية للمعادن السليكلتية، وهي تتكون من كاتيون سليكون ($4Si+$) مركزي مرتبط بأربعة أيونات أوكسجين ($2O-$) متلاصقة في تجاور تام في شكل رباعي، وتقسم معادن السليكات على أساس عدد وحدات وطريقة ارتباط تراهيدرا السليكا ببعضها إلى الأقسام التالية:

١- السليكات المفردة: وهي عبارة عن واحدت مفردة من السليكا ($4SioO4-$)، وقد ترتبط عدة وحدات عن طريق كاتيون وسيط كالماغيسيوم مكونًا معدن الفورستيريت (Mg_2SiO_4)، أو الماغيسيوم والحديد مكونًا الأوليفين $(Mg\ Fe)_2\ SiO_4$.

٢-السليكات المزدوجة: وهي عبارة عن وحدتين من السليكا الرباعية مرتبطتين عن طريق أيون أوكسجين مشترك (Si_2O7-6)، وقد ترتبط بمجاميع أخرى مماثلة عن طريق كايتون معدني ومن أمثلتها الإبيدوت.

٣- السليكات الحلقية: وهي عبارة عن وحدات سليكا رباعية مرتبطة في تركيب حلقي عن طريق أيونين مشتركين من الأوكسجين (SiO_3 - 2)، ومن أمثلتها البيريل والترمالين.

٤ - السليكات السلسلية: وهي عبارة عن وحدات من السليكا الرباعية مرتبطة في سلسلة مفردة كما في حالة الأوجيت وهو من البيروكسينات، أو في سلسلة مزدوجة كما في حالة الهورنبلند وهو من الأمفيبولات.

٥ - السليكات الورقية: وهي عبارة عن وحدات سليكا رباعية مرتبطة في شكل ورقي أو صفائحي، ومن أمثلتها التلك والفلوجوبيت.

٦ - السليكات الشبكية: وهي عبارة عن وحدات من السليكا الرباعية مرتبطة في شكل شبكي ذو ثلاثة أبعاد ومن أمثلتها الكوارتز.

أهم معادن مجموعة السليكات:

١. السليكا (Silica):

وتمثل ٧٤٪ من وزن القشرة الأرضية، والسليكا هي ثاني أكسيد السليكون (SiO_2)، وتوجد في صورة متأدرتة أمورفية (غير متبلورة) مثل الأوبال $SiO_2.nH_2O$ Opal، أو صورة غير متأدرتة ومتبلورة مثل الكوارتز (الرمل) Quartz، ومعادن السليكا مقاومة للتجوية وذات نشاط كيميائي محدود.

٢. الفلسبارات (Feldspars):

وهي الومنيوسليكات غير متأدرتة تحتوي على البوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم أو الباريوم، وهي أكثر المعادن إنتشارًا بالقشرة الأرضية، وتقسم إلى:

أ) الأرثوكلاز (Orthoclase): وهي فلسباربوتاسي تركيبه $K(AlSi_3O_8)$، ويوجد في عدة صور مختلفة في الشكل البلوري وهي تشمل معادن الأورثوكلاز، الميكروكلين، الساندين، والأديولاريا.

ب) البلاجيوكلاز (Plagioclase): وهي تشمل سلسلة من المعادن المتشابهة في بنائها البلوري وتتدرج في تركيبها الكيميائي بين الألبيت : Albite

$Na_2(Al_2Si_2)O_8$، وهو بلاجيوكلاز صودي، والأنورثيت $Ca(Al_2Si_2)O_8$ Anor thite، وهو بلاجيوكلاز كالسي.

٣- الميكا (Micas):

وهي تكثر في الرواسب الناعمة والصخور الرسوبية مثل الطين والطفل، ويوجد من الميكا عدة أنواع أهمها:

أ) الميكا البيضاء (Muscovite) وتركيبها $(KAl_2(Alsi_3O_{10})(OH)_2$، وهي من النوع ثنائي الأوكتاهيدرا المقاوم للتجوية.

ب) الميكا السوداء (Biotite) وتركيبها $(K(Mg.Fe)_3(A.Si_3O_{10})(OH)_2$ ، وهي من النوع ثلاثي الأوكتاهيدرا الأقل مقاومة للتجوية.

٤- البيروكسينات والأمفيبولات (Pyroxenes and Amphiboles):

وهما الومينوسليكات ماغنيسيوم وحديد من السليكات السلسلية، وينحصر وجود هذه المعادن بالتربة في مكونات الرمل والسلت ومن أمثلتها: الأوجيت، الانستاتيت، الديبوسيد، والرودونيت (وهي من معادن البيروكسينات) ، والهورنبلند، والتريموليت (وهي من معادن الأمفيبولات).

٥- الأوليفينات (Olivines):

وهي سليكات حديد وماغنيسيوم من النوع المفرد وينحصر وجودها بالتربة في مكونات السلت والرمل، ومنها المعادن التالية: الفورستريت، الفاياليت، والتيفوريت، والأوليفين ضعيف المقاومة للتجوية، ولذلك لا يتواجد في أغلب أنواع الأتربة.

٦- معادن الطين (Clay minerals):

(أ) التركيب البنائي لمعادن الطين:

معادن الطين هي المعادن التي تتواجد في المحتوى الطيني من التربة، وهي معادن بلورية ثانوية تركيبها الأساسي سليكات هيدراتية للألومنيوم والحديد والماغنيسيوم، وتتكون معادن الطين من وحدات تتراهيدرا السليكا وأوكتاهيدرا الألومنيوم مرتبة في عدة تشكيلات طبقية؛ لذلك فهي تتبع قسم السليكات الصفائحية، ويمكن حصر معادن الطين في المجموعات الثلاث الأساسية التالية:

الأولى- معادن طين 1:1 ، وهي مكونة من إرتباط صفيحة تترهيدرا السليكون بصفحة أوكتاهيدرا الألومنيوم.

الثانية- معادن طين 1:2 ، وهي مكونة من ارتباط صفيحتين من تترهيدرا السليكون مع صفيحة أوكتاهيدرا الألومنيوم.

الثالثة- معادن طين 1 : 2:1 ، وهي مكونة من صفيحة أوكتاهيدرا الألومنيوم بين وحدتين من النوع 2:1 .

* وطبقة تيرهيدرا السليكا (Silica tetrahedra) تتكون من أربع ذات أوكسجين تحيط بكايتون سليكون مركزي في شكل هرم رباعي، ورمزها الكيميائي (SiO_4^{-4}).

* وطبقة أوكتاهيدرا الألومنيوم (Alumina Octahedra) تتكون من ست ذرات أوكسجين أو هيدروكسيد تحيط بكاتيون مركزي من الألومنيوم أو الماغنيسيوم في شكل ثماني الأوجه، وهي نوعان:

(أ) طبقة الألومينا أوكتاهيدرا (جبسيت Gibbsite) ورمزها الكيميائي العام $Al_2(OH)_6$.

(ب) طبقة ثلاثية الأوكتاهيدرون (البروسيت)، ورمزها الكيميائي العام $Mg_3(OH)_6$.

(ب) أهم معادن الطين الصفائحية في التربة:

- معادن الطين 1 - 1، ومنها الكاؤولينيت (Kaolinite) والرمز الكيميائي العام لوحدة الطبقة الكاملة فيه $Si_4Al_4O_{10}(OH)_8$، ومنها أيضًا معادن الديكيت، الهالوسيت، الناكريت Halloysite and Nakrite، Dekite وهي لها نفس تركيب الكاؤولينيت وتختلف عنه في تتابع الطبقات ووجود جزئيات الماء بين وحدات التركيب.

- معادن الطين 2:1، ومنها أربع مجموعات هي:

أ) مجموعة بيروفيلليت- تلك (pyrophyllite - Talc group)، والبيروفيلليت ثنائي الأوكتاهيدرا، والتلك ثلاثي الأوكتاهيدرا، والرمز الكيميائي العام للبيروفيلليت بالنسبة للخلية الكاملة هو $Si_8Al_4O_{20}(OH)_4$.

ب) مجموعة سمكتيت- سابونيت (Smectite- Saponite)، والسمكتيت ثنائي الأوكتاهيدرا والسابونيت ثلاثي الأوكتاهيدرا، وأكثر المعادن شيوعًا لمجموعة السمكتيت معدن المونتموريللونيت Montmorillonite، والرمز الكيميائي العام لنصف وحدة الخلية المثالي هو $Mo._{33}H_2OAl_{1.67}(Fe2+Mg2+)_{0.33}Si_4O_{10}(OH)_2$.

حيث M يرمز إلى الكاتيون الفلزي الموجود بين الطبقات، ولمعدن المونتموريللونيت دور هام في التربة من خلال تبادل الأيونات والتمدد والانكماش حيث ينتفخ في الماء ويمتص أربع طبقات من جزئيات الماء أو أكثر.

ج) مجموعة الفيروميكيوليت (Vermiculite group-2:1)، ومنها فيرميكيوليت ثنائي الأوكتاهيدرا وفيرميكيوليت ثلاثي الأوكتاهيدرا، والرمز الكيميائي العام لنصف وحدة الخلية بالنسبة لمعدن الفيرميكيوليت ثنائي الأوكتاهيدرا هو:

$$Mo._{74}H_2O\,(Si_{3.56}Al_{0.44})(Al_{1.4}Mg_{0.3}Fe_{0.3})O_{10}(OH)_2$$

د) مجموعة الإيليت (Illite group-2:1)، ويطلق عليها اسم الميكا المتأدرتة؛ لأنها تكونت من التجوية للميكا الأولية الموجودة في الصخور النارية، وهي معادن غير متمددة لوجود البوتاسيوم بين طبقاتها، وصيغة وحدة الطبقة لمعدن الإليت هي:

$$Al_4\,Si_7Al\,O_{20}\,(OH)_4\,K_{0.8}$$

- معادن الطين 1:1:2 (مجموعة الكلوريت **Chlorite group**-2:1:1)، وهي مكونة من معادن طين من النوع 1:2 مع وجود طبقة من الهيدروكسيد بين الوحدات، وهذه الطبقة قد تكون من الجبسيت أو البروسيت، والتركيب الكيميائي العام لنصف الخلية من معدن الكلوريت ثنائي الأوكتاهيدرا هو.

$$(Mg_{0.3}\,Al_{1.9}OH_6)\,(Si_{3.9}Al_{0.1})(Al_{1.8}Mg_{0.2})O_{10}(OH.F)_2$$

- معادن الطين غير المتبلورة (الأمورفية) **Amorphous clay minerals**، وتسمى أيضًا باسم الألوفان (Allophane)، وهي تتكون من الأكاسيد المتأدرتة للألومنيوم والحديد والسليكون، وتوجد في الأراضي المتكونة من الغبار البركاني.

ثانيًا- مجموعة معادن الكربونات (Carbonate minerals group):

وأهم معادن الكربونات الداخلة في تكوين التربة:

١-الكالسيت (Calcite)، وهو كربونات الكالسيوم $CaCO_3$.

٢-الأراجونيت (Aragonite)، وهو أيضًا كربونات كالسيوم، ولكن يختلف عنه في النظام البلوري.

٣- الدولوميت (Dolomite)، وهو كربونات كالسيوم وماغنيسيوم $Ca.\ Mg\ (CO_3)_2$.

ثالثًا- مجموعة معادن الأملاح التبخيرية التراكمية (Evaporites):

وتشمل الأملاح الذائبة في الماء والتي تتراكم في التربة نتيجة زيادة معدل التبخر عن معدل المطر أو الغسيل، ومنها:

١- الجبس (Gypsum)، وهو كبريتات كالسيوم مائية ($Ca\ SO_4 .\ 2H_2O$).

٢-الهاليت (Halite)، وهو ملح الطعام أو كلوريد الصوديوم ($Na\ Cl$).

٣- البوراكس (Borax)وهو بورات الصوديوم المائية: $Na\ B_4\ O_5\ (OH)_4\ 8H_2O$

رابعًا- مجموعة الأكاسيد والهيدروكسيدات والأوكسي هيدروكسيدات Oxides, Hydroxides and Oxyhdroxides:

وأهمها أكاسيد الحديد والألومنيوم والمنجنيز ولها دور هام في كيمياء التربة، ويستعمل لفظ الأوكسيد ليدل أيضًا على الهيدروكسيد وأوكسي هيدروكسيد، ومنها:

١- أكاسيد الألومنيوم، ومنها الجبسيت $Al\ (OH)_3$، والبوهيميت، الدياسبور، ووالبايريت.

٢- أكاسيد الحديد ومنها الهيماتيت Hematite (Fe_2O_3)، والجيوثيت Feooh (Goethite)، والماجنيت Magnetite (Fe_3O_4)، وغيرها.

٣- أكاسيد المنجنيز، ومن أكثرها شيوعًا في التربة البيرنيسيت Birnessite (Mno_2)، والبيرولوسيت Pyrolusite.

٤- أكاسيد التيتانيوم (Titanium)، ومنها الأناتاس (Anatase)، والريوتيل (Rutile)، وتركيبها TiO_2.

خامسًا- مجموعة معادن الفوسفات (Phosphate minerals group):

وأهمها في التربة معدن الأباتيت Apatite $Ca_5(PO_4)_3F_2Cl_2(OH)_5$، ويوجد في صخور الفوسفات وأيضًا في الرواسب البحرية.

موجز لأهم خواص التربة:

للتربة خواص فيزيائية (طبيعية) تشمل تكوين وأحجام وطريقة ترتيب حبيبات الطور الصلب وعلاقة الماء بهذه البيئة المسامية، وطاقة وانتقال محلول التربة والعمليات التي تصاحب ذلك، وأيضًا تركيب وتجديد الهواء الأرضي وحرارة نظام التربة وخصائصه الميكانيكية، ولقد أشرنا إلى التركيب المعدني والكيميائي للتربة فيما سبق، وفرع كيمياء التربة يتناول جميع العمليات الكيميائية التي تحدث في التربة وخواصها الكيميائية المختلفة مثل درجة الحموضة والقلوية (pH)، وتركيب محلول التربة وتفاعلاته مع الطور الصلب وغرويات التربة والتبادل الأيوني وكيمياء المادة العضوية إلى غير ذلك.

والتربة لها خصائص حيوية تشمل نوعية وكمية ونشاط الأحياء الدقيقة بها، وللتربة خصائص غذائية تظهر مدى خصوبتها ومقدار ويسر العناصر الغذائية الضرورية للنبات، وبالطبع فإن شرح خصائص التربة يحتاج إلى مؤلفات عديدة يتناول كل مؤلف منها نوع من الخصائص الأساسية للتربة سواء طبيعية أو كيميائية أو حيوية وغيرها.

سوف أوضح هنا بإيجاز بعض الخصائص الهامة للتربة:

-الخصائص الطبيعية للتربة Soil Physical Properties:

١ - قوام التربة (Soil Texture)، ويعبر عن التوزيع الحجمي للحبيبات الصلبة للتربة، فهو يشمل دلالة وصفية؛ لأنه يعبر عن مدى خشونة أو نعومة التربة، وأيضًا دلالة كمية في معرفة نسب الحبيبات ذات الأحجام المختلفة أي النسبة المئوية لكل من الرمل والسلت والطين والمتعارف عليها بأنها المكونات الفردية للتربة، ويتم معرفة قوام التربة بإجراء التحليل الميكانيكي لها، والذي من أجله أُبتكرت تقنيات قياسية، ونتائج هذا التحليل تُعطي التركيب الميكانيكي للتربة أو قوام التربة.

والنسب المئوية على أساس الكتلة لمكونات التربة الثلاثة من الرمل والسلت والطين تحدد أصناف التربة من ناحية القوام (Textural class)، فالتربة قوامها رملي أو سلتي أو طيني، مع ملاحظة أن صنفًا من التربة يسمى طمي (Loam) يحتوي على خليط متوازن من حبيبات الرمل والسلت والطين وخواصه وسطية بين هذه المكونات الثلاثة، ولذلك تعتبر التربة الطميية تربة مثلى لنمو النبات لقدرتها المناسبة على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية، فخواصها الطبيعية والكيميائية جيدة، بينما التربة الرملية فلها خواص كيميائية غير جيدة؛ لأنه ليس لها قدرة على الاحتفاظ بالعناصر الغذائية فهي فقيرة كيماويًا، ولكنها غنية طبيعيًا حيث يتحرك فيها الماء والهواء وجذور النبات بسهولة، أما التربة الطينية فهي نشيطة من الناحية الكيميائية وتحتوي على مخزون من العناصر الغذائية، ولكن خواصها الطبيعية ليست دائمًا جيدة.

ويوجد ١٢ صنف أو درجة معروفة لقوام التربة، وهي ممثلة بمساحات مختلفة داخل مثلث القوام، ويمكن وضعها في ثلاثة أقسام هي:

١ - القوام الخشن ويضم الرملي، الرمل الطمي، والطمي الرملي.

٢- القوام المتوسط ويضم الطمي، الطمي السلتي، والسلتي.

٣- القوام الناعم ويضم الطمي الطيني الرملي، الطمي الطيني السلتي، الطمي الطيني، الطين الرملي، الطين السلتي، والطيني.

وقوام التربة يعكس لحد ما خواص وسلوك التربة من حيث الاحتفاظ بالماء وسهولة عمليات الحرث وتهوية التربة وأثر ذلك على نمو جذور النبات وأيضًا التأثير على خصوبة التربة، فالتربة الخشنة (الرملية) سهلة الحرث، عالية التهوية، سريعة الابتلال، وسريعة الصرف، وبالتالي لها قدرة قليلة للاحتفاظ بالماء بسبب المسام الواسعة والسطح النوعي الصغير، وأيضًا ذات قدرة ضعيفة على الإمداد بالعناصر الغذائية، أما التربة الناعمة (الطينية) فهي صعبة الحرث وذات سطح نوعي عال، بطيئة الابتلال، عالية الاحتفاظ بالماء، وعالية في الاحتفاظ بالعناصر الغذائية اللازمة للنبات، أما التربة متوسطة القوام (الطمية)، فهي وسط بين التربة الرملية والتربة الطينية، وتعد مناسبة لنمو النبات والاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية.

٢- بناء التربة (**Soil structure**)، ويعرف بأنه كيفية ترتيب الحبيبات بالتربة، بالإضافة إلى كيفية تركيب هذه الحبيبات لتكوين ما يعرف بالحبيبات المركبة أو المجمعة (aggregates)، وعملية تجمع الحبيبات الفردية لتكوين حبيبات مركبة تتم عن طريق مواد لاحمة (Cementing agents) مثل كربونات الكالسيوم أو أكاسيد الحديد والألومنيوم أو المواد العضوية والعامل الحيوي وخاصة المادة العضوية المتحللة والتي تسمى بالدبال (Humus).

وينعكس ترتيب ورص الحبيبات في الترتيب الهندسي للفراغات (التوزيع الحجمي للمسام)، والقوام والبناء خاصيتين مرتبطتين، يحددنا معًا سرعة انتقال الماء والهواء في التربة وأيضًا مدى اختراق وحركة جذور النبات بها.

وهناك ثلاث مجموعات رئيسية لبناء التربة، هي:

١ - البناء الفردي (Single graind)، وفيه تكون الحبيبات فردية غير ملتصقة ببعضها كما هو الحال في الربة الرملية.

٢ - بناء الكتل الكبيرة (massive)، وهو عبارة عن تجمعات كتلية متماسكة كبيرة الحجم، كما هو الحال في التربة الطينية التي تكون كتل تصل إلى عشرات السنتميترات في القطر أحيانًا عند الجفاف.

٣- بناء مركب أو مجمع (aggregated)، وفيه تتجمع الحبيبات الفردية في حبيبات مركبة أو مجمعة تحت ظروف مناسبة للتجمع، وأشكال البناء للحبيبات المركبة تقسم إلى:

(أ) طبقي (صفائحي)، وفيه تمتد الحبيبات المركبة في الاتجاه الأفقي.

(ب) منشوري أو عمودي وهو أعمدة متراصة رأسيًا ويسمى منشوري عندما تكون الرؤوس مستوية، ويسمى عمودي إذا كانت الرؤوس دائرية.

(جـ) كتلي (blocky)، أو مكعبي (cubic)، وفيه تتكون الحبيبات المركبة في شكل مكعبات بالتساوي تمتد في الثلاث اتجاهات.

(د) كروي (spherical)، وهي الحبيبات المركبة المستديرة الشكل ويوجد منها الحبيبي (granular).

والبناء الجيد هو البناء الثابت تحت تأثير العوامل الخارجية من أمطار ورياح وحرارة، ويساعد في ثبات الثبات بصورة خاصة العامل الحيوي من أحياء دقيقة وجذور نباتات، ويمكن من خلال تقدير مدى ثبات الحبيبات المركبة بواسطة أجهزة النخل المبتل (wet sieving) التعرف على جودة البناء.

٣- محتوى التربة من الماء والطاقة الممسوك بها (جهد ماء التربة): يقوم الماء بوظائف عديدة بالتربة فهو أساس عمليات التجوية والتعرية وتحلل المادة العضوية وفي التفاعلات التي تمد النبات بالعناصر الغذائية، ويمكن التعبير عن الماء في التربة في صورة المحتوى أو الكمية الموجودة بوحدة الكتلة أو وحدة الحجم من التربة، والأفضل التعبير عنه بالطاقة المصاحبة للماء أي جهد الماء (water potential)، وهناك ثوابت ومصطلحات هامة للتعبير عن الماء في التربة، ومنها:

- نسبة التشبع، وهي قيمة المحتوى الرطوبي للتربة عند التشبع أي عندما تكون كل مسام التربة مملوءة بالماء.

- السعة الحقلية (Field capacity)، وهي قيمة المحتوى الرطوبي للتربة المشبعة بعد صرف الماء الحر بها (ماء الجذب الأرضي)، وتؤخذ عادة على أنها محتوى الماء في الحقل بعد يومين من الري.

- نقطة الذبول، وهي محتوى التربة من الماء عندما يظهر علامات الذبول على النبات النامي فيها، وهناك ذبول مؤقت وذبول مستديم.

- الماء المتاح أو الماء الصالح أو الميسر، وهو الفرق بين قمتي المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول المستديم، والكيفية أو الأسباب التي تؤدي إلى مسك التربة للماء تشمل:

١- مسك الماء نتيجة أدمصاص الحبيبات الغروية للتربة لجزئيات الماء القطبية، وذلك راجع لوجود شحنة سالبة على سطوح الغرويات.

٢- ربط الماء الناتج عن التوتر السطحي للماء الشعري، وذلك على اعتبار أن المسام الدقيقة تمثل أنابيب شعرية متصلة يرتفع فيها الماء إلى أعلى بالخاصية الشعرية، وهذا يظهر بوضوح أكثر كلما كان قوام التربة ناعم (طيني)، وبالتالي تكون المسام دقيقة.

٣- ربط الماء تحت تأثير وجود الأيونات المتبادلة (أو الأملاح)، ففي التربة التي تحتوي نسبة واضحة من الطين والغرويات العضوية تتكون طبقة كهربائية مزدوجة قريبة من سطح الحبيبات الغروية، وتحتوي هذه الطبقة على أيونات مضادة، وهذا يسبب ضغط أسموزي يجعل من الصعب انتزاع الماء أو تحريكه من هذا النظام.

والماء الموجود بالتربة يمكن تصنيفه فيزيائيًا (طبيعيًا) إلى:

١ -ماء حر (ماء الصرف)، وهو الذي يترك جسم التربة متحركًا إلى أسفل في قطاع التربة تحت تأثير الجاذبية الأرضية، ويشمل هذا الماء الجزء الممسوك بقوة ضعيفة أو غير ممسوك، وهو المقدار من الماء الزائد عن السعة الحقلية.

٢ - الماء الشعري أو الغشائي، وهو الذي يتحرك في مسام التربة إلى أعلى ضد الجاذبية الأرضية، وهو ممسوك بقوة تتراوح بين أو إلى ٣١ ضغط جوي.

٣- الماء الهيجروسكوبي، وهو الممسوك في صورة أغشية رقيقة حول حبيبات التربة الجافة هوائيًا، وهو ممسوك بقوة شد كبيرة تتراوح بين ٣١ إلى ١٠٠٠٠ ضغط جوي.

ويقسم ماء التربة بيولوجيًا حسب يسره للنبات إلى:

١ - ماء فائض، ويمثل الرطوبة الزائدة عن تلك الموجودة عند السعة الحقلية، وعند وجود هذا الماء الحر بوفرة (حالة التشبع)، فإنه يتسبب في ظروف لا هوائية ضارة بالنبات.

٢ - الماء الميسر (available water)، وهو الماء الذي يمكن لجذور النباتات امتصاصه، وهو القدر الذي تحتفظ به التربة من الماء فيما بين السعة الحقلية ومعامل الذبول أو نقطة الذبول المستديم.

٣- الماء الغيرمتيسر، وهو الذي لا تستطيع جذور النباتات أمتصاصه؛ لأنه ممسوك بقوة كبيرة عند نقطة الذبول المستديم وأقل منها في المحتوى الرطوبي (الماء الهيجروسكوبي).

ومما سبق ذكره نلاحظ أن هناك علاقة عكسية ليست خطية بين محتوى التربة من الماء وقوة مسك الماء بواسطة التربة (جهد الشد)، والمنحنى الذي يمثل هذه العلاقة يسمى منحنى الرطوبة المميز للتربة، ويتوقف على قوام وبناء التربة.

- **الخصائص الكيميائية للتربة (Chemical properties of the soil):**

يدرس فرع كيمياء التربة التركيب الكيميائي للتربة وخواصها الكيميائية والعمليات الكيميائية التي تتم بالتربة، مثل تركيب محلول التربة وتفاعله مع الحبيبات الصلبة، ولقد تناولنا من قبل بالتفصيل التركيب المعدني والكيميائي للتربة، وسوف نعاود الحديث عن العناصر الغذائية عند الحديث عن حصول النبات على غذائه من التربة، وفي الفقرات التالية سوف أذكر في إيجاز بعض الخصائص الكيميائية الهامة للتربة:

١- محلول التربة (soil solution) والاتزان الديناميكي: من وجهة نظر كيمياء وخصوبة التربة يطلق على الطور السائل في التربة اسم محلول التربة، وهو محلول مائي يحتوي على العديد من المواد الذائبة في صورة أيونات حرة متأدرتة ومركبات معدنية وعضوية وفي حالة إتزان ديناميكي مع بقية مكونات التربة، وتحدث تفاعلات كيميائية معقدة بين محلول التربة وكل من هواء التربة، الجزء الصلب من التربة، والمادة العضوية، والغلاف الجوي، والأيونات المتبادلة، وأيضًا امتصاص العناصر بواسطة النبات، فالعناصر الكيميائية في التربة قد تكون في صورة غير حرة داخلة في التركيب المعدني، أو في صورة أيونية ذائبة أو مرتبطة في صورة متبادلة أو مدمصة على سطوح غرويات التربة، وأيضًا في صورة مترسبة في محلول التربة أو مثبتة في الجزء الصلب.

٢- التبادل الأيوني (Ionic exchage)، ويقصد به تبادل الكاتيونات (الأيونات الموجبة)، أو الأنيونات (الأيونات السالبة الشحنة) التي تحملها الحبيبات الغروية على سطوحها مع أيونات محلول التربة مع ملاحظة أن بناء الحبيبة نفسها لا يتغير، وحيث أن أغلب غرويات التربة تحمل شحنة سالبة فإن السائد هو تبادل الكاتيونات أو ما يسمى بالتبادل الكايتوني، ويزداد التبادل كلما زاد محتوى التربة من الغرويات وازداد تركيز وتكافؤ الكايتون الموجود في محلول التربة، ومن الخصائص المميزة لكل تربة ما يسمى بالسعة التبادلية الكاتيونية Cation exchange capacity (CEC)، وهي عبارة عن كمية الكايتونات المتبادلة لكل وحدة وزن من التربة الجافة، وتقاس عادة بالملليمكافئ/ ١٠٠ جم تربة.

٣- رقم الحموضة والقلوية أو رقم الـpH، وهو اللوغاريتم السالب لتركيز أيون الأيدروجين في محلول التربة، وقيمة الـpH تتراوح بين ١ و ١٤ ونقطة التعادل عند رقم ٧، وتزداد الحموضة من رقم ٧ إلى الصفر، وتزداد القلوية (أو القاعدية) من رقم ٧ إلى رقم ١٤، ويؤثر الـpH على ذوبان معادن التربة، وعلى نمو الأحياء الدقيقة والنباتات بالتربة، وتفضل أغلب أحياء التربة والمحاصيل الحقلية الـpH القريب من التعادل، وتستطيع معظم الأراضي أن تقاوم التغير في رقم الـpH عندما يضاف لها كميات كبيرة من المواد ذات التأثير الحامضي أو القاعدي القوي وهذا ما يسمى بالقدرة أو السعة التنظيمية للتربة وتعرف بأنها كمية الحامض أو القلوي اللازم إضافتها لوزن معين من التربة لتحدث تغيير قدرة وحدة واحدة من رقم الـpH أو مقدار التغير في رقم pH التربة عند إضافة كمية معينة من الحامض أو القلوي إلى وزن معين من التربة.