الخواص الفيزيائية للتربة

د. علي محمد تركي الدربي

تحتاج النباتات لنموها ـ بصورة عامة ـ إلى كل من الضوء والدعامة الميكانيكية والحرارة والماء والهواء والعناصر الغذائية . وبإستثناء الضوء فإن التربة هي التي تمد النبات كلياً أو جزئياً بباقي احتياجاته الأساسية . وبالتالي فإن دراسة خواصها المختلفة تعد ذات أهمية كبرى حتى يمكن إختيار أنسب السبل للحفاظ عليها في صورة ملائمة لنمو النبات .

تلعب الخواص الفيزيائية للتربة دوراً هاماً في التأثير على نمو النبات ، فحبيبات التربة الصلبة مثلاً ـ إضافة إلى أنها المخزن الرئيسي للعناصر الغذائية ـ تمثل الدعامة الميكانيكية التي يستند إليها النبات ، كما أن التوزيع الحجمي يتحكم في مساحة الأسطح الداخلية المطلوبة لحفظ وتوصيل الماء والعناصر الغذائية . كذلك تؤثر الصفات الميكانيكية للحبيبات على درجة تماسك التربة (مدى انضغاط التربة) وبالتالي على مقدرة البذور على الإنبات والجذور على الانتشار في التربة ، كما أن للخواص الفيزيائية الدور الكبير في تحديد درجة التهوية الطبيعية للتربة ، بالإضافة إلى تأثيرها المباشر على الصفات الحرارية للتربة. وعموماً فإن انبات البذور يتأثر بدرجة كبيرة بحرارة التربة ، كما أن نمو وانتاجية النبات تتأثر بشكل واضح بدرجة تركيز الأكسجين في التربة .

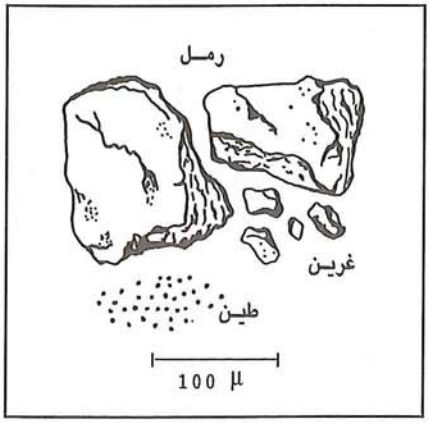
يتناول هذا المقال بعضاً من الخواص الفيزيائية للتربة من الوجهة الزراعية البحتة والتي لها علاقة مباشرة بالنبات .

قوام التربة

تعد الحبيبات الصلبة المعدنية المكون الرئيسي لجسم التربة ، وهي تشكل الدعامة الميكانيكية الأساسية والمخزن الرئيسي للعناصر الغذائية للنباتات النامية . وتتميز الحبيبات المعدنية للتربة بتباين كبير في كل من الحجم والشكل والتركيب المعدني نتيجة لإختلاف ظروف تكوينها ، ويطلق على حبيبات التربة التي يزيد قطرها عن ٢مم حصي أوفتات صخري ، أما الحبيبات التي يقل قطرها عن ٢مم فيطلق عليها ناعم التربة وذلك حسب التصنيف الذي وضع للأغراض الزراعية .

تنقسم مجموعات ناعم التربة حسب حجمها إلي رمل (Sand) ويتراوح قطره من ٢ إلى ٠,٠٢ مم حيث يتدرج من الخشن جداً ، الخشن ، المتوسط ، والناعم . ويلي ذلك الغرين (Silt) ويتراوح قطر حبيباته بين ٠,٠٢ إلى ٠,٠٠٢ مم ، أما الحبيبات التي يقل قطرها عن ٠,٠٠٢مم فيطلق عليها الطين (Clay) ، شكل (١) .

يعرف قوام التربة على أنه النسب المختلفة من حبيبات التربة الأولية (الرمل والغرين والطين) ويدل مصطلح القوام على مدى خشونة أو نعومة التربة . وهناك أثنى عشر صنفاً لقوام التربة حسب تصنيف المنظمة العالمية لعلوم الأرض ، شكل (٢) .



● شكل (١) مقارنة بين أحجام واشكال حبيبات الرمل والغرين والطين.

يمكن تجميع أصناف قوام التربة المذكورة في ثلاثة مجاميع رئيسة وذلك كما يلي :

● تربة خفيفة (خشنة) القوام

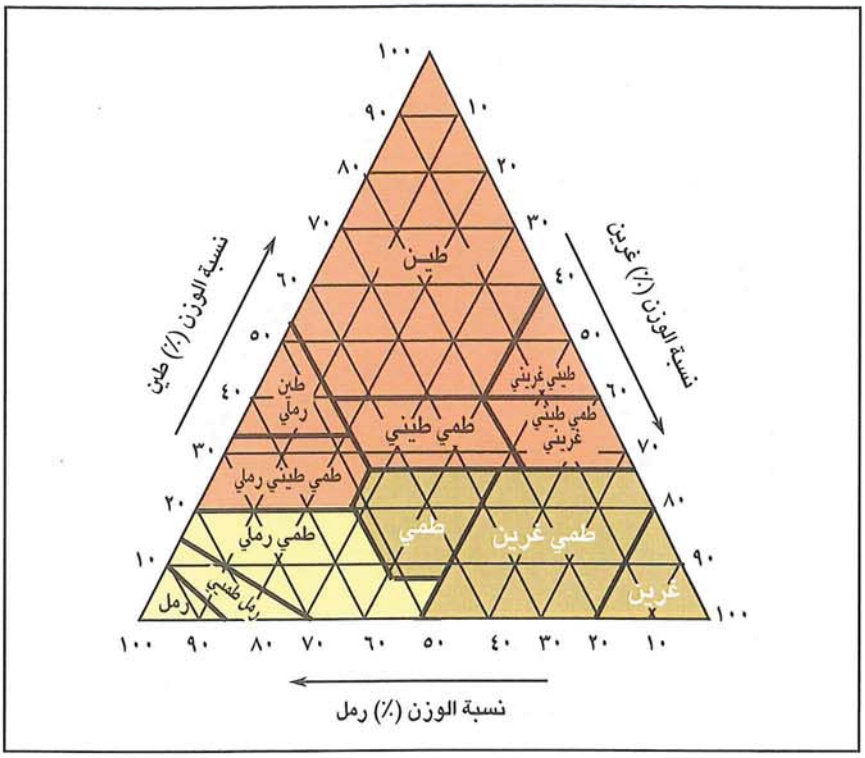
تضم التربة خفيفة القوام (Light "Coarse" Texured Soils) كلا من التربة الرملية (Sandy Soil) وهي التربة الأكثر خشونة ، تليها التربة الرملية الطمية (Loamy Sand) والتربة الطمية الرملية (Sandy Loam) والتي تعد الأقل خشونة في هذه المجموعة . تتميز الترب خفيفة القوام بكبر حجم المسامات وقلة عددها مما يجعلها قليلة القدرة على الإحتفاظ بالماء رغم تهويتها الجيدة .

● تربة متوسطة القوام

تتدرج التربة متوسطة القوام (Medium Texured Soils) من تربة طمية (Loam Soil) ، وهي الأكثر خشونة في هذه المجموعة ، تليها التربة الطمية الغرينية (Silt Loam) وأخيراً التربة الغرينية (Silty Soil) .

● تربة ثقيلة القوام

تشمل التربة ثقيلة القوام (Heavy Texured Soils) التربة التي يدخل في إسمها كلمة الطين (Clay) ، وهي تتدرج من تربة الطمي طيني رملي (Sandy Clay Loam)



● شكل (٢) مثلث قوام التربة.

وهي الأكثر خشونة في هذه المجموعة ، تليها بالترتيب من الأخف إلى الأثقل كلاً من تربة الطين الرملي (Sandy Clay) والطمي الطيني (Clay Loam) والطمي الطيني الغريني (Silty Clay Loam) والطين الغريني (Silty Clay) وأخيراً الطين (Clay) .

تتميز التربة ثقيلة القوام بمسامية عالية ولكن معظم هذا المسامات دقيقة الحجم مما يعطيها القدرة العالية على الإحتفاظ بالماء ، إلا أنه يعاب على هذا النوع من التربة أنها غير جيدة التهوية إلا في حالة التربة جيدة البناء .

بناء التربة

يعد بناء التربة أحد الخواص الفيزيائية الديناميكية للتربة ، فهو يتأثر بوضوح بالظروف الكيميائية والفيزيائية والبيئة المحيطة بالتربة ، كما يتأثر بالعمليات الزراعية . ويعرف بناء التربة بأنه نظام ترتيب الحبيبات الأولية المكونة للتربة (رمل ، وغرين ، وطين) في وحدات بنائية أساسية تسمى الحبيبات المركبة (Aggregates) . تعتمد عملية تكوين الحبيبة المركبة على الطبيعة الإلتصاقية للحبيبات الأولية المكونة للتربة ، والقوى الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي تعمل على ربط هذه الحبيبات ببعضها البعض في كتل لها أشكال وأحجام محددة ، وقد تختلف هذه الكتل في الأحجام من جزء من السنتمتر إلى عدة سنتمترات . ويوضح الشكل (٣) أنواع البناء التي يمكن أن توجد في التربة .

يعمل بناء التربة على تعديل تأثير القوام بالنسبة للعلاقة بين الرطوبة والهواء وتيسر العناصر الغذائية ونشاط الكائنات الدقيقة والنمو الجذري للنباتات . ويمكن رصد أهمية بناء التربة بسهولة من خلال تحديد المسامية الكلية للتربة ، وأشكال الفراغات وتوزيعها الحجمي . ويتأثر البناء بعمليات الحرث والخدمة الزراعية والحركة المرورية على التربة . وتعد التربة المفككة وعالية المسامية والمنفذة للماء ـ على الأقل في طبقتها السطحية ـ من أحسن الترب لأنها تضمن تهيئة المناخ الملائم لإنبات ونمو بادرات النبات بصورة أفضل . وتزداد أهمية معرفة بناء التربة في الترب ثقيلة القوام لأن البناء الجيد يحسن من الصفات الفيزيائية في مثل هذه الترب .

ولضمان انتاجية عالية للتربة يمكن تحسين بناء التربة من خلال المحافظة على بناء ذو تحبب جيد ومسامية مناسبة وتهوية جيدة وصرف جيد . ويتطلب ذلك بعض الأساليب الزراعية التي تعمل على تحسين البناء ومنع تدهوره مثل : ـ

١ ـ التسميد العضوي المنتظم بكميات تتناسب مع معدل تحلل المادة العضوية وذلك لما لها من أهمية في ثبات الحبيبات المركبة وبالذات في المناطق الجافة مثل ترب المملكة لقلة المادة العضوية بها .

٢ ـ اتباع دورات زراعية تدخل في عناصرها المحاصيل البقولية وتدية الجذور وكذلك المحاصيل ذات الجذور المختلفة الأعماق .

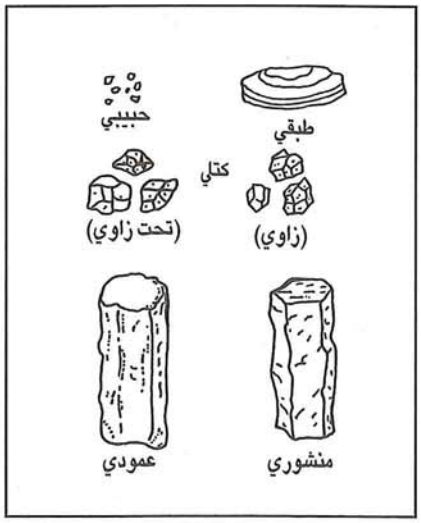
٣ ـ التسميد الخضري عن طريق قلب المحاصيل في التربة وخاصة البقولية منها .

٤ ـ إضافة محسنات التربة ومركبات الإستصلاح المعروفة مثل الجبس والمركبات العضوية التي تحاكي المركبات الطبيعية الناتجة من تحلل المادة العضوية في تأثيرها الإيجابي على بناء التربة .

٥ ـ ترشيد استخدام الآلات الزراعية واختيار الأكثر ملائمة منها لقوام التربة وإجراء العمليات الزراعية (الحراثة) في أفضل الأوقات مع مراعاة محتوى التربة الرطوبي ، وذلك لأنها قد تؤدي إلى تحطيم البناءات المرغوبة وتكوين بناءات غير مرغوبة وتجنب الحرث المتكرر على أعماق ثابته .

لون التربة

اللون هو صفة ظاهرية للتربة قد يعكس فقط بعض خواصها وعمليات تكوينها



● شكل (٣) أشكال بناء التربة.

وليس له دلالة على قوام التربة أو بنائها أو حالتها الفيزيائية العامة إلا في إطار الخبرة والممارسة العملية بموقع معين ولون محدد. ومن مسببات اللون المادة العضوية التي تضفي على سطح التربة اللون الداكن الأسود أو الرمادي ، وأكاسيد الحديد التي تعطي اللون الأحمر والأصفر بحسب نسبه المختلفة، كما أن أكاسيد المنجنيز وكبريت الحديد تضفي اللون الداكن ، وقد يعطي لون التربة كذلك دلالة على ظروف صرف وتهوية التربة ، فنجد أن اللون الفاتح يدل على التهوية الجيدة ، بينما يدل اللون الرمادي المزرق أو المخضر على ظروف صرف سيئة . وعموماً يستخدم لون التربة ودرجته كخاصية ظاهرية تساعد المختصين - في تصنيف التربة- على استخلاص معلومات عن الظروف المتعلقة بتكوين التربة وتطور آفاقها .

المسامية

تتميز مسام (فراغات) التربة بنظام هندسي معقد نظراً لاختلاف حبيباتها في الحجم والشكل والانتظام وميل بعضها للانتفاخ والانكماش والحركة والهجرة عبر قطاع التربة ، الأمر الذي يؤدي إلى تباين مسامات التربة وأشكالها وأبعادها وتعرجها واستمرارية اتصالها من موقع لآخر ومن تربة لأخرى .

وتعرف مسامية التربة على أنها حجم المسام النسبي . وذلك لوصف نظام الفراغات في التربة ، وقد تكون هذه المسامات مشغولة بالماء أو الهواء أو كليهما ، وتتراوح قيمتها بين ٣٠ ــ ٦٥٪من حجم التربة ، حيث تميل التربة خشنة القوام إلى أن تكون أقل مسامية من التربة ناعمة القوام بالرغم من أن متوسط حجم المسامات الفردية أكبر في الترب الخشنة عنه في الترب ناعمة القوام ، وبصورة عامة يوجد في التربة ثلاث أنواع من المسام هي :-

● مسامات دقيقة جداً

تنتج المسامات الدقيقة جداً (Micropores) من حبيبات التربة الأولية الدقيقة (الطين) وتعرف أيضاً بالمسامات الشعرية التي يقل قطرها عن ٠,١٠ ميكروميتر ، مما يجعلها تحبس الماء والهواء بداخلها ، عليه لابد للنبات من بذل جهد (طاقة) للحصول على احتياجاته المائية والهوائية منها ، وتعد هذه المسامات مسؤولة بالدرجة الأولى عن حفظ الماء ، كما أنها تعيق حركته داخلها لتقتصر على الخاصية الشعرية .

● مسامات متوسطة

تنتج المسامات المتوسطة (Mesopores) عن تجمع حبيبات التربة المركبة الصغيرة إلى متوسطة الحجم ، ويتراوح قطرها بين ٠,١ إلى ١٠٠ ميكروميتر.

● مسامات كبيرة

تنتج المسامات الكبيرة (Macropores) عن تجمع حبيبات التربة المركبة الكبيرة أو حبيبات الرمل ويتجاوز قطرها ١٠٠ ميكروميتر . وهي قد تنتج عن قنوات الديدان الأرضية وغيرها . وتعد هذه المسامات غير حافظة للماء إطلاقاً حيث يتحرك الماء فيها بسرعة تحت فعل الجاذبية الأرضية .

وعموماً تلعب أشكال وأقطار هذه المسامات دوراً رئيسياً في حركة الهواء والماء في التربة ، بينما تلعب المسامات الكلية دوراً أقل بكثير ، لذا يلاحظ أن حركة الماء والهواء في الترب الرملية أسرع منها في الترب الطينية على الرغم من أن مسامية التربة الطينية أعلى من مسامية التربة الرملية . وقد يعزى ذلك إلى أن نسبة المسامات الكبيرة عالية في الترب الرملية ، بينما تسود المسامات الدقيقة في التربة الطينية مما يجعل حركة الماء بطيئة جداً في هذه الترب . وهذا يعني أن معرفة المسامية الكلية ليس له أهمية في التعرف على مدى تهوية الترب وحرية حركة الماء والهواء والجذور ، وأن معرفة التوزيع الحجمي لهذه المسامات هو الذي يلعب دوراً كبيراً في هذا الخصوص ، وبالتالي فإن تحسين النظامين الهوائي والمائي للتربة الثقيلة (الناعمة) القوام يتطلب العمل على رفع نسبة المسامات الكبيرة فيها .

كثافة التربة

يمكن التعبير عن كثافة التربة بمصطلحين رئيسيين هما الكثافة الحقيقية والكثافة الظاهرية للتربة ، وتعرف الكثافة الحقيقية للتربة على أنها كتلة وحدة الحجم من المادة الصلبة . وهذه لا تتأثر بنظام ترتيب حبيبات التربة ، ولكنها تتأثر بمكونات التربة المعدنية ، ونظراً لأن غالبية المعادن في التربة هي من الكوارتز والفلدسبار والطين فإن قيمة الكثافة الحقيقية للتربة تتراوح بين ٢,٦ - ٢,٧ جم /سم^3 . وتعمل المادة العضوية على خفض الكثافة الحقيقية للتربة حتى تصل إلى ٢,٤ جم/سم^3 للترب التي تصل نسبة المادة العضوية فيها إلى ١٠٪ .

تعرف الكثافة الظاهرية للتربة على أنها كتلة التربة الجافة تماماً (عند ١٠٥م° حتى ثبات الوزن) إلى الحجم الكلي للتربة ، وتؤثر الكثافة الظاهرية بشكل مباشر على عملية النمو والإنتاج النباتي عبر تأثيرها على الأنظمة المائية والهوائية والحرارية في التربة، فالكثافة الظاهرية لها دور مؤثر على قيمة التوصيل الهيدروليكي للماء والإنتشار الغازي والتوصيل الحراري داخل التربة ، وتتأثر بقوام التربة ، وبمحتواها العضوي وبنائها وشكلها ، كما تتأثر بالعمليات الزراعية المختلفة ودرجة تراص حبيبات التربة واندماجها والإنتشار الجذري وكثافته، اضافة إلى ظاهرتي الإنتفاخ والإنكماش لمعادن الطين بالتربة . وتتراوح الكثافة الظاهرية للترب الرملية بين ١,٢ - ١,٨ جم/سم^3 نظراً لقلة الحجم الكلي للمسامات ، بينما تتراوح الكثافة الظاهرية للتربة المتوسطة إلى ناعمة القوام بين ١,٠ - ١,٦جم/سم^3 تبعاً لنسبة المسامات فيها ومحتواها من المادة العضوية.

وعموماً تعد الكثافة الظاهرية للطبقات التحتية أعلى منها للطبقات السطحية ، ويعزى ذلك إلى انخفاض محتوى الطبقات التحتية من المادة العضوية وانخفاض درجة تحببها وزيادة الضغوط الواقعة عليها ، مما يزيد من اندماجها وتراصها وبالتالي ارتفاع كثافتها الظاهرية .

تؤخذ قيمة الكثافة الظاهرية للتربة في أحيان كثيرة كمؤشر على درجة تراص التربة واندماجها وحالة بنائها الحقلي وعلى مساميتها ونظامها الهوائي . فقد ينخفض الإنتاج الزراعي نتيجة لإرتفاع الكثافة الظاهرية للتربة بسبب استخدام الآليات الزراعية الثقيلة التي تتجاوز أوزانها ١٥ طناً .

هواء التربة

يشكل هواء التربة أحد أطوارها والذي يتصف بعدم الثبات حجماً وتركيباً ، فهو

يتغير تبعاً لرطوبة التربة والنشاط الحيوي والظروف الحيوية المحيطة والعمق ، ويملأ الهواء مسامات التربة الفارغة فتنخفض قيمته مع ازدياد المحتوى الرطوبي إلى أن ينعدم وجوده في حالة التشبع المائي للتربة . وتهوية التربة (Soil Aeration) هي عبارة عن عملية التبادل الغازي للأكسجين (O_2) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) مع الهواء الجوي إضافة إلى الغازات الأخرى الموجودة في الجو مثل النيتروجين وبعض الغازات الأخرى الناتجة عن النشاط الحيوي .

ويعد هواء التربة وخاصة غاز الأكسجين عاملاً مؤثراً في نمو النباتات ، وينعكس تأثيره على الإنتشار الجذري ، وعملية امتصاص الماء والعناصر الغذائية ، إضافة إلى النشاط الحيوي في التربة ، وتحولات الطاقة بها ، وأكسدة العديد من المركبات والعناصر المعدنية فيها ، والتي تؤثر في مجملها على خصوبة التربة وانتاجيتها .

ويتوقف تركيب هواء التربة على سرعة عملية التبادل الغازي بين الهواء الجوي (الخارجي) وهواء التربة . ففي التربة جيدة التهوية مثلاً يكون تركيب هواء التربة قريباً من تركيب الهواء الجوي الخارجي حيث يستبدل الأكسجين المستهلك في التربة نتيجة للنشاط الحيوي بسرعة من الجو . أما في حالة التربة رديئة التهوية فيختلف الأمر لاختلاف تركيب هواء التربة عن تركيب الهواء الخارجي . وتنشأ الاختلافات الكبيرة في تركيز ثاني أكسيد الكربون (CO_2) الذي يعد الناتج الرئيسي من عملية التنفس الهوائي لجذور النباتات والعديد من الكائنات الحية في التربة ، حيث يصل تركيزه في التربة من عشر أضعاف إلى مائة ضعف تركيزه في الجو .

حرارة التربة

تلعب حرارة التربة وتغيراتها ـ زمانياً ومكانياً ـ دوراً هاماً في تحديد معدلات واتجاهات العمليات الفيزيائية للتربة وتحولات الطاقة والكتلة وتبادلها مع الجو عبر عمليات التبخر والتهوية ، كما تتحكم درجة الحرارة في أنواع ومعدلات التفاعلات الكيميائية التي تحدث في التربة ، ويضاف إلى ذلك تأثير درجة حرارة التربة على العمليات الحيوية مثل انبات البذور وظهور البادرات ونموها ، والنمو الجذري ، ونشاط الأحياء الدقيقة . حيث أن لكل نبات درجة حرارة تربة دنيا لا بد من الحصول عليها لحدوث مثل تلك الأنشطة .

وتتأثر حرارة التربة بسرعة بسبب التغيرات في عمليات التبادل الإشعاعي والحراري ، والطاقة الكامنة التي تحدث عبر سطحها . كما تتأثر بتغير الزمن فصلياً ويومياً ومن ساعة إلى أخرى نهاراً وليلاً ، ويتأثر هذا التغير بدوره مكانياً عبر قطاع التربة مما يؤثر على الخواص الفيزيائية المختلفة للتربة ، مما يجعل دراسة النظام الحراري للتربة أمراً بالغ التعقيد .

ويمكن ايجاز العوامل التي تؤثر على حرارة التربة ونظامها الحراري في التالي :

- تأثير العوامل الجوية من رطوبة ورياح وغيوم وساعات إضاءة .
- الموقع الجغرافي وتضاريس الأرض .
- ظروف تغطية السطح ونوع الغطاء وكثافته .
- خواص التربة الفيزيائية ومكوناتها المعدنية .

أما العوامل التي تؤثر في تباين حرارة التربة من نقطة لأخرى فيها ، فيمكن حصرها بالنقاط التالية :ـ

- التبادل الحراري مع الهواء المحيط بحبيبات التربة .
- التبادل الحراري مع الوسط عن طريق الإشعاع .
- العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية التي تجري في التربة .
- التدفق الحراري داخل التربة نفسها بواسطة التوصيل الحراري .

ماء التربة

يلعب الماء دوراً أساسياً في التربة ونمو النباتات ، وللماء عدة مهام في التربة منها أنه ضروري ومهم لعمليات التجوية ، وتحلل المواد العضوية ، والتفاعلات الكيميائية التي ينتج عنها توفر العناصر الغذائية التي يحتاج إليها النبات في نموه ، ويعد ماء التربة وسطاً ملائماً لحركة العناصر الغذائية من منطقة نشوئها إلى جذور النباتات ، ولكن في المقابل فإن كثرة الماء في التربة تؤدي إلى فقد العناصر الغذائية عن طريق غسلها خارج منطقة الجذور ، كما تؤدي إلى الحد من حركة الهواء خلال التربة مما يؤدي إلى حرمان النبات من الأكسجين المطلوب لنمو الجذور، إضافة لذلك فإن تحرك الماء إلى سطح التربة نتيجة لزيادة نسبة البخرنتح (Evapotranspiration) يؤدي إلى تحرك الأملاح إلى سطح التربة وتراكمها بنسب قد تكون عالية تؤثر على نمو النبات.كما أن للماء تأثير على بعض الخواص الميكانيكية للتربة مثل الخواص التماسكية وصلاحيتها للحرث .

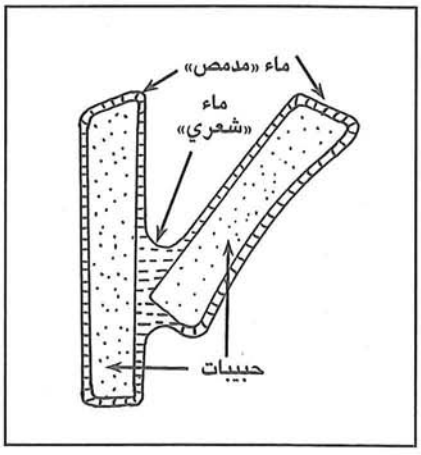
ويمكن تصنيف ماء التربة إما على أساس الدرجة النسبية لمقدرة التربة على الإحتفاظ بالماء وإما على أساس درجة استفادة النبات من الماء (العلاقة بالنبات) وذلك كما يلي :ـ

● العلاقة بالتربة

وضع هذا التصنيف لمراعاة قدرة التربة على الإحتفاظ بالماء وقدرة النبات على أخذ ذلك الماء والذي يتأثر مقداره ـ بدرجة رئيسة ـ بقوام التربة وبنائها ونسبة المادة العضوية ، وحسب ذلك التصنيف تختلف مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء بإختلاف مواضع تماس الماء بحبيبات التربة وذلك كمايلي :ـ

١ـ ماء الجذب (Gravitational Water) :
وهو الماء الذي يوجد بالمسامات الكبيرة بعد غمر التربة بالماء ويتحرك تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، ومن الوجهة الزراعية يجب التخلص منه لأنه يؤدي إلى خنق النبات.

٢ـ الماء الشعري (Capillary Water) :
وهو الماء الموجود في المسامات الدقيقة للتربة أي ما يسمى بالمسامات الشعرية (Capillary Pores) ، وهو في صورة أغشية رقيقة محيطة بحبيبات التربة ، شكل (٤) ، ويعد معظم هذا الماء متاحاً للنباتات حيث يمكن إمتصاصه والإستفادة منه .



● شكل (٤) علاقة ماء التربة بحبيبات التربة غير المشبعة.

٣ـ الماء الهيجروسكوبي (Hygroscopic Water) : وهو عبارة عن الطبقات الداخلية من الأغشية المائية المحيطة بحبيبات التربة وقديصل سمك هذه الأغشية إلى حوالي ١٥ – ٢٠ جزيئاً مائياً ممسوكة بقوة كبيرة تزيد عن ٣٠ باراً الأمر الذي يصعب على جذور النبات امتصاصه ، ولهذا فهو غير ميسر .

● العلاقة بالنبات

يمكن تصنيف ماء التربة من الوجهة الحيوية الزراعية حسب مدى استفادة النبات من هذا الماء إلى أربعة اصناف وذلك كما يلي :

١ـ السعة الحقلية (Field Capacity -FC) : وهي عبارة عن المحتوى الرطوبي للتربة بعد صرف ماء الجذب (الماء الحر) ، ويمكن أن تقاس السعة الحقلية معملياً عند ١ ,٠ – ٣٣ ,٠ بار (ضغط جوي) تبعاً لقوام التربة ، وتعد السعة الحقلية هي الحد الأقصى من الماء الذي تحتفظ به التربة ، ليستفيد منها النبات .

٢ـ نقطة الذبول الدائم (Permanent Wilting Point - PWP) : وهي عبارة عن المحتوى الرطوبي للتربة التي عندها لا تستطيع التربة تزويد النبات بالماء للمحافظة على امتلاء خلاياه مما يعرضه إلى حالة الذبول الدائم ، والتي لايمكن أن يسترد النبات بعدها امتلاءه حتى وإن وضع في جو مشبع ببخار الماء . وتعد نقطة الذبول الدائم الحد الأدنى من الرطوبة التي يمكن للنبات الإستفادة منه . وهي تقاس معملياً عند ضغط ١٥ بار (ضغط جوي) .

٣ـ الماء الميسر (Available Water) : وهو الفرق بين المحتوى الرطوبي عند السعة الحقلية والمحتوى الرطوبي عند نقطة الذبول الدائم . وهو عبارة عن مخزون التربة من الماء الذي يمكن أن يستخدمه النبات بكل يسر وسهولة . وعلى الرغم من أن جميع هذا الماء ميسراً للنبات إلا أن النباتات تحتاج إلى بذل طاقة أكبر للإستفادة منه كلما انخفضت كميته ، وعليه فإن هناك قاعدة عامة تقضى بضرورة ري التربة عند استنفاذ حوالي ٥٠٪ من الماء الميسر.

٤ـ الماء غير الميسر (Unavailable Water) : ويقصد به الماء الموجود في التربة والذي يعجز النبات عن امتصاصه ويشمل الماء الهيجروسكوبي وجزء من الماء الشعري .

يوضح الشكل (٥) العلاقة العامة بين الخواص الرطوبية للتربة وقوامها . ويلاحظ من الشكل أن قيم رطوبة التربة عند نقطة الذبول الدائم تزداد بازدياد نعومة التربة ، وأن قيم الرطوبة عند السعة الحقلية تزداد كذلك بإزدياد نعومة التربة حتى يصل قوام التربة إلى طمي غريني (متوسط القوام) ولا تحدث بعد ذلك زيادة مهما ازدادت نعومة التربة . ويجب التنبيه إلى أن الشكل (٥) هو مجرد شكل تمثيلي ولربما تكون قيم الرطوبة لتربة ما مختلفة عن ما هو في الشكل .

حركة الماء في التربة

يدخل الماء إلى التربة إما عن طريق تسرب ماء المطر أو ماء الري ، ويخرج منها عن طريق الصرف ، والتبخرمن سطح التربة والنتح من خلال ثغور النبات ، ويعد الماء في التربة في حركة مستمرة تبعاً لفروق القوى الواقعة عليه في مناطق التربة المختلفة . وتتم هذه الحركة في جميع الإتجاهات من أعلى إلى أسفل وإلى الجوانب (حركة أفقية) ومن أسفل إلى أعلى تبعاً لتأثير القوى المحركة له .

وتنبع أهمية دراسة حركة ماء التربة من أن جميع العلاقات المتبادلة بين التربة والماء والنبات تعتمد عليها . ويمكن لماء التربة الاحتواء على طاقة ، مثله مثل الأجسام الأخرى في الطبيعة . وتأخذ طاقة الماء في التربة شكلين هما :ـ

● طاقة حركية

يعد هذا الشكل من الطاقة غير ذي أهمية من الناحية الزراعية لإن حركة الماء في التربة بطيئة جداً، وعليه يمكن أهمال هذا الشكل من الطاقة .

● طاقة كامنة

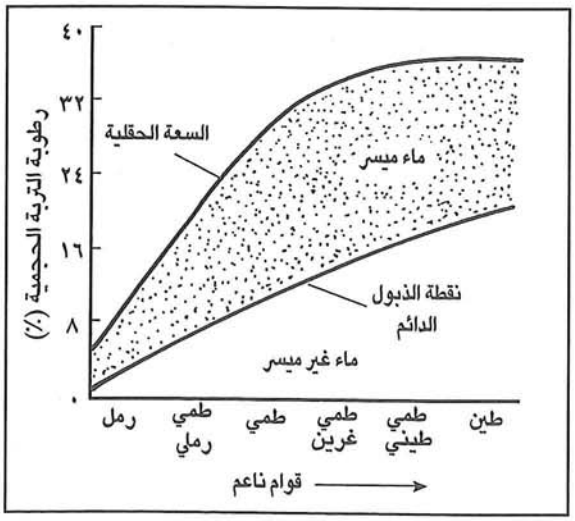
ينتج هذا الشكل من الطاقة عن الحالة التي يكون فيها الماء بين ذرات التربة (حركة الماء الداخلية) وحولها. ويعبر هذا الشكل من الطاقة على مدى تماسك ذرات الماء بالتربة .وبما أن النبات يحتاج إلى امتصاص الماء من التربة فلابد من توفر طاقة أكبر من طاقة تماسك ذرات الماء بالتربة . ومن هنا نشأ مفهوم جهد ماء التربة (Soil Water Potential) وهو عبارة عن الضغط اللازم لتحرير (سحب) الماء من التربة لجعله متاحاً للنبات ، ولإن عملية سحب الماء من التربة تتأثر بقوى مختلفة مثل : الجاذبية الأرضية ، والضغط الهيدروستاتيكي ، وقوى انجذاب الماء في القنوات الشعرية ، وغيرها ، فإن جهد ماء التربة يحسب على أنه مجموع الجهد الناتج عن تلك القوى ولذلك فإن مكوناته تنحصر فيما يلي :ـ

* **جهد الجاذبية (Gravitational Potential):** وهو الجهد الناتج عن الجاذبية الأرضية .

* **جهد الضغط (Pressure Potential) :** وهو الجهد الناتج عن الضغط الهيدروستاتيكي ويكون له قيمة في الترب المشبعة فقط .

* **الجهد الماتري (Matric Potential) :** ويطلق عليه ايضاً الضغط السالب . وهو ناتج عن التصاق ماء التربة بحبيباتها في القنوات الشعرية . وبما أن هذا النوع من الماء يحتاج إلى جهد لسحبه وجعله متاحاً للنبات فإن قيمة هذا الجهد تزداد بازدياد جفاف التربة ، وكذلك بازدياد نسب الطين فيها .

* **الجهد الاسموزي (Osmatic Potential) :** وينتج عن وجود الأملاح في التربة ، وهو جهد ليس له تأثير على حركة الماء في التربة في صورته السائلة ولكنه ذو تأثير فاعل على مقدرة النبات في امتصاص الماء وعلى تبخر الماء من التربة .



● شكل (٥) العلاقة العامة بين الخواص الرطوبية للتربة وقوامها.

مما يجدر ذكره أن مجموع الجهود لحركة ماء التربة يطلق عليها ايضاً الجهد الهيدروليكي (Hydraulic Potential) ، وأن حركة الماء وسرعتها من نقطة إلى أخرى تعتمد على فرق الجهد الهيدروليكي بين النقطة والأخرى والمسافة بينهما ، ويتم ذلك باتجاه الجهد المنخفض وتزداد السرعة كلما قلت المسافة بين النقطتين .

تحسين الخواص الفيزيائية

يمكن تحسين الخواص الفيزيائية للتربة لضمان إنتاجية عالية لها من خلال المحافظة على بناء ذو مسامية مناسبة وتحبيب وتهوية وصرف جيد في نفس الوقت. ويتطلب ذلك بعض الأساليب الزراعية التي تعمل على تحسين البناء ومنع تدهوره مثل :-

● التسميد العضوي

يعمل التسميد العضوي بكميات تتناسب مع معدل تحلل المادة العضوية على ثبات الحبيبات المركبة وبالذات في الترب الجافة مثل المملكة لقلة المادة العضوية . ويتم التسميد العضوي من خلال اضافة مخلفات حيوانات المزرعة وبقايا المحاصيل ، وخلطها مع التربة السطحية ، وكذلك بقلب المحاصيل وخاصة البقولية منها مع التربة . وتعد هذه الطريقة وسيلة تقليدية لتحسين بناء الترب الرملية الصحراوية ولما ينجم عنها من تحسين قدرتها على الاحتفاظ بالماء والعناصر الغذائية ، وهي كذلك الطريقة التقليدية لتحسين الترب الجيرية الصحراوية بقصد التخلص من القشرة السطحية المتصلبة والتي تؤدى إلى الحد من دخول الماء والهواء إلى قطاع التربة .

● الدورات الزراعية

تعمل الدورات التي تدخل في عناصرها المحاصيل البقولية وتدية الجذور وكذلك المحاصيل ذات الجذور مختلفة الأعماق على تفكيك التربة المندمجة وبالتالي خفض كثافتها الظاهرية مما يحسن من حركة الماء والهواء في قطاع التربة .

● الاستصلاح بالكالسيوم

يعمل أيون الكالسيوم ــ بسبب مقدرته على تجميع حبيبات التربة وتكوين حبيبات مركبة ـ على تكوين بناء جيد للتربة مما يتيح توزيع جيد لمسامات التربة ، وبالتالي تسهل حركة الماء والهواء داخل التربة . وعلى العكس من ذلك يعمل أيون الصوديوم على تدهور الصفات الفيزيائية للتربة عن طريق تشتتها (Dispersion) لحبيبات صغيرة لها بناء ردىء يعيق حركة الماء والهواء فضلاً عن زيادة كثافتها الظاهرية . ويهدف الاستصلاح بالكالسيوم إلى إحلاله محل الصوديوم الموجود على أسطح حبيبات الطين وهو ما يعرف بالتبادل الأيوني بين الصوديوم والكالسيوم .

يمكن لأيون الكالسيوم (ثنائي التكافؤ) أن يحل محل أيونين من الصوديوم ، ويتم التبادل الأيوني بين الكالسيوم والصوديوم عن طريق اضافة الجبس ($CaSO_4 . 2H_2O$) الزراعي أو اضافة مواد حمضية ــ مثل حامض الكبريت أو كبريتات الحديد ـ تعمل على تزويد التربة بالكالسيوم ليسهل تبادله مع الصوديوم .

● محسنات التربة الصناعية

محسنات التربة الصناعية (Synthetic Conditioners) هي مركبات عضوية تحاكي في تأثيرها الإيجابي للمركبات الطبيعية الناتجة من تحلل المادة العضوية في التربة . تتميز المحسنات الصناعية بقدرتها على مقاومة التحلل الميكروبي بدرجة أكبر من المواد العضوية الطبيعية ، وبالتالي هناك ضمان لبقائها في التربة لمدة أطول. وتقوم المحسنات الصناعية على اختلاف أنواعها بربط الحبيبات بعضها ببعض لتكوين حبيبات مركبة . وهي عبارة عن بوليمرات ذات سلاسل طويلة ذات شحنة سالبة أو موجبة أو غير مشحونة ، وهي إما ذائبة أو في صورة مستحلبات أو في صورة حبيبات ذات أحجام مختلفة . وقد أظهرت العديد من الدراسات أن المحسنات تعمل على زيادة قدرة التربة الرملية على الإحتفاظ بالماء ، وتخفض من معدل التسرب المائي ، وتقلل من البخر ، وتزيد من تحبب التربة. وتعمل المحسنات بطبيعتها على تمدد وانتفاخ التربة مما يؤدي إلى انخفاض الكثافة الظاهرية للتربة . ويعد المعدل المناسب اضافته من هذه المحسنات على درجة كبيرة من الأهمية ، حيث أنه كلما زاد معدل الإضافة زادت درجة تأثر بعض الصفات الفيزيائية إلي درجة معينة قد يحدث بعدها تأثير عكسي . وهنا يجب الإشارة إلى أن اسعار هذه المحسنات عالية جداً ، لذلك فإن إستخدامها في الحقول المفتوحة قد لا يكون مجدياً اقتصادياً في الوقت الحاضر . إضافة إلى أن الكثير منها يفقد قدرته على الإحتفاظ بالماء مع استخدام المياه عالية الملوحة .

● التغطية

تلعب تغطية (Mulching) سطح التربة بمواد مثل بقايا المحاصيل من الموسم السابق ، الرمل ، الحصي ، الأغطية البلاستيكية سوداء أو بيضاء أو شفافة دوراً هاماً في تدفئة أو تبريد التربة حسب الموسم وكذلك تقليل البخر من سطح التربة مما يزيد من رطوبته ، وللتغطية دور رئيسي في حماية سطح التربة من التأثير التدميري لقطرات المطر على حبيبات التربة المركبة ، وبالتالي المحافظة على تجمعات بنائية جيدة بسطح التربة مما يزيد من كمية الماء الداخلة إليها . علاوة على ذلك فإن التغطية ببقايا المحاصيل تحد من الإنجراف المائي للتربة وتقلل من التعرية .

● الحرث

يعرف الحرث على أنه المعاملة الميكانيكية للتربة بهدف تحسين خواصها المؤثرة على انتاجية النباتات . ومن ضمن الأهداف الرئيسة للحرث تحسين بناء التربة وتقليل كثافتها الظاهرية والذي بدوره يحسن من النظام المائي والهوائي للتربة . ويعمل الحرث على أعماق مختلفة على إيجاد حالة فيزيائية أفضل ، لأن الحرث المتكرر على أعماق ثابتة يؤدي إلى نشوء طبقة تحتية ذات بناء رديء تحد من حركة الماء والهواء والجذور إلى الأعماق . وتتأكد أهمية الحرث في الترب ثقيلة القوام والترب الجيرية ذات الطبقات المتصلبة القريبة من سطح التربة . ويؤدى زيادة الحرث عن الحد اللازم ، علاوة على الجهد المبذول فيه إلى تعريض التربة للتعرية سواء بالماء أو الرياح ، وعلى كل فإن هناك اتجاهات حديثة للحرث تعرف بالحراثة المخفضة (Reduced Tillage) أو الحراثة المحدودة (Minimum Tillage)، ويقصد بذلك أقل معالجة للتربة تؤدي إلى زراعة وانبات ونمو وإنتاج مرضي للنباتات ، أي أنه يمكن دمج أكثر من عملية زراعية في عملية واحدة والحد من عدد مرات الحرث في الموسم الزراعي الواحد إلى حد تحضير مرقد البذرة فقط ، وتعد هذه الحالة القصوى من اختصار الحرث ويطلق عليها بدون حرث (No Tillage) .