الخواص الفيزيائية للتربة Soil Physical Properties

مقدمة

للخواص الفيزيائية للتربة أهمية كبيرة في استعمالاتها الزراعية والهندسية فهي مهمة في عمليات الفلاحة والعزق والري والبزل وإدارة وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والمغذيات وتهويتها وعلى اسناد الأسس والطرق ومدارج المطارات والعديد من الاستعمالات الأخرى.

ان معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملائمتها لنمو النباتات ومدى امكانية تحسينها لجعلها اكثر ملائمة لاستعمالات التربة المختلفة وتعتبر من الأمور المهمة الواجب على المشتغلين والمستثمرين في الزراعة معرفتها.

وسيتم التطرق الى توزيع حجوم الدقائق المختلفة في التربة او ما يطلق عليه نسجة التربة وبناء التربة وكثافة التربة الظاهرية والحقيقية والى هواء وحرارة ولون التربة. وان هذه الصفات تتداخل مع ماء التربة.

1- نسجة التربة Soil Texture

يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي للاحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين، وتحدد نسجة التربة مدى نعومتها وخشونتها.

لنسجة التربة أهمية كبيرة، اذ انها تحدد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها الكثير من الخواص والعمليات الفيزيائية والكيمائية والحيوية في التربة.

يتم تحديد نسجة التربة اما عن طريق اللمس في الحقل او عن طريق قياس النسب المئوية

المختلفة للرمل والغرين والطين في المختبر بعملية توزيع حجوم الدقائق Particle size distribution والتي تتم بعد معاملة التربة بمواد كيمائية معينة لتوزيعها واستخدام المناخل بفصل الرمل ومن ثم استخدام المكثاف لتحديد النسب لكل من الغرين والطين، بتعبير اخر النسب المئوية لكل من الرمل Sand والغرين Silt والطين Clay وباستخدام مثلث النسجة نستطيع التوصل الى صنف نسجة التربة.

تبين النسجة سهولة الفلاحة او الحراثة واستخدام التربة وكان يطلق على التربة عالية المحتوى من الطين بالتربة الثقيلة والتي تحوي على نسب عالية من الرمل ولا تحتاج الى قوة عالية في

الحراثة بالترب الخفيفة. اما التعابير الحديثة فتعتمد الحجوم ولذا يطلق بالترب الناعمة على الترب الطينية والترب الخشنة على الترب الرملية.

ولنسجة التربة أهمية كبيرة وتاثير في حركة الماء في التربة وحركة الجذور وبزوغ البادرات وقابلية التربة على مسك الماء والمغذيات والصرف. ومع هذا فان هناك تداخلاً في هذا الموضوع بين نسجة التربة وبناء التربة لان المسام في التربة يتحدد من خلال نسجة وبناء التربة.

وهناك عدد من الأنظمة لوصف او تحديد حجوم دقائق التربة ومنها النظام العالمي International System ونظام قسم الزراعة الأمريكي USDA وبشكل عام فان مديات حجوم الدقائق مبينة في الجدول الاتي:

قطر الدقائق (mm diameter)

مديات حجوم دقائق التربة	International	USDA
حصى Gravel وهو ليس ضمن التربة	> 2.00	> 2.00
رمل خشن جداً Very coarse sand	-	2.00 – 1.00
رمل خشن Coarse sand	2.00 -0.20	1.00 – 0.50
رمل متوسط Medium sand	-	0.50 – 0.10
رمل ناعم Fine sand	0.20 -0.02	0.10 -0.05
الغرين Silt	0.02 – 0.002	0.05 -0.002
الطين Clay	< 0.002	< 0.002

يلاحظ من الجدول أعلاه ان هناك اختلافاً في حدود الرمل والغرين في النظامين. ولكن الحد الاعلى للرمل او للتربة بشكل عام يبلغ 2 مم والطين اقل من 0.002 مم.

وهناك عدد من التقسيمات لنسجة التربة منها:

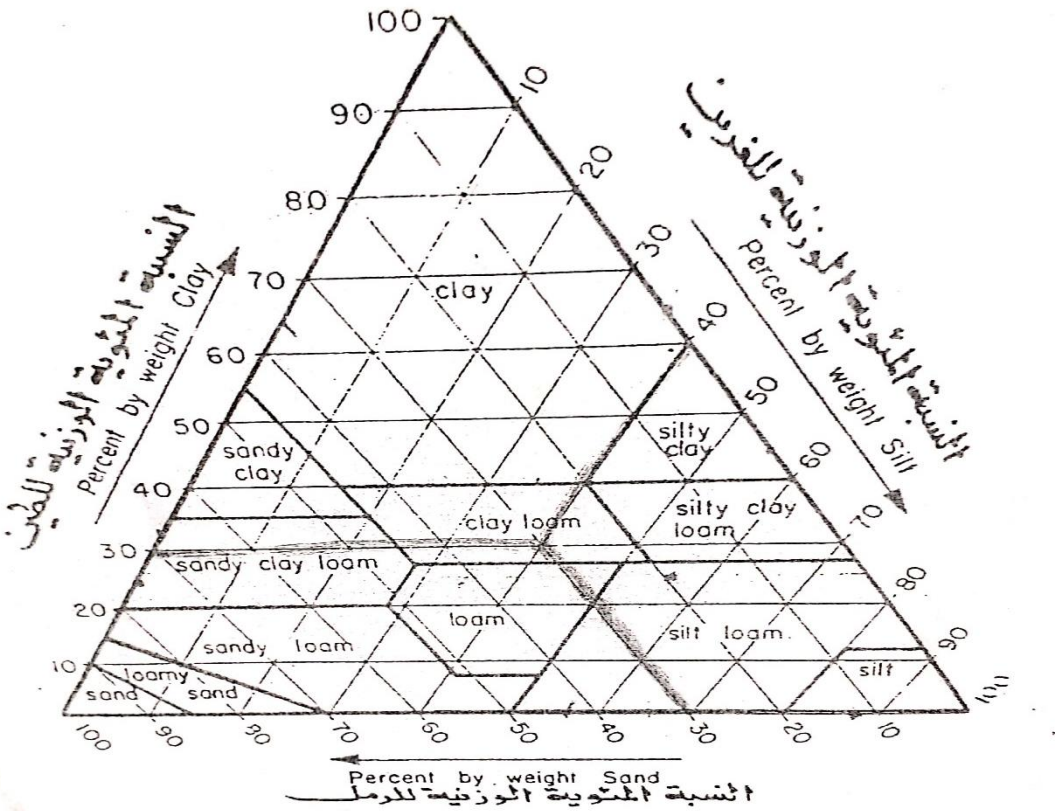
1- التقسيم الثلاثي: وفيه تقسم النسجة الى ثلاث اقسام وهي التربة الخشنة النسجة Coarse والمتوسطة النسجة Medium والناعمة النسجة Fine texture.

2- التقسيم الخماسي: وفيه تقسم النسجة الى خمسة اقسام وهي خشنة النسجة ومعتدلة الخشونة ومتوسطة النسجة ومعتدلة النعومة وناعمة النسجة.

3- التقسيم الاثني عشر: وهو تقسيم التقسيمان الثلاثي والخماسي الى اقسام اقل منها وكما مبين ادناه:

التصنيف الثلاثي	التصنيف الاثني عشر	التصنيف الخماسي
1- تربة خشنة النسجة Coarse texture (تربة رملية)	1- رملية Sandy 2- رملية مزيجة Loamy sand	1- خشنة النسجة
2- التربة المتوسطة النسجة Medium texture (مزيجة)	3- مزيجة رملية Sandy loam 4- مزيجة Loamy	2- معتدلة الخشونة
	5 – مزيجة غرينية Silty loam 6- غرينية Silty	3- متوسطة النسجة
	7- مزيجة طينية رملية Sandy clay loam 8- مزيجة طينية Clay loam 9- مزيجة طينية غرينية Silty clay loam	4- معتدلة النعومة
3- الترب الناعمة النسجة Fine texture	10- طينية رملية Sandy clay 11- طينية غرينية Silty clay 12- طينية Clayey	5- ناعمة النسجة

والاصناف الاثني عشر ممثلة في مثلث نسجة التربة الذي اعتمد على النظام المقترح من قبل قسم الزراعة الامريكية USDA.



الشكل 1: مثلث النسجة المقترح من قبل قسم الزراعة الامريكي USDA

بناء التربة (تركيب التربة) Soil Structure

يقصد ببناء التربة تنظيم دقائق التربة بأشكال كتلية مختلفة.

التربة التي تكون فيها الدقائق غير مرتبطة ببعضها تسمى Structure lees او Single grained structure كما في التلال الرملية.

عموماً تتجمع الدقائق مع بعضها مكونة تراكيب معينة لها شكل Shape وحجم Size ودرجة ثبوتية grade، والترب الزراعية المثالية يوجد فيها بناء يكون بشكل فتاتي يسمى Crumb مثالي يسمح للبادرات بالبزوغ والجذور بالتغلغل ويجهز الماء والمغذيات بسهولة الى جذور النباتات.

التجمع او المجموعة aggregate يجب ان تكون ذات مقاومة وثبوتية معينة لمقاومة ضربات او قوة سقوط قطرات المطر والا تتكون قشرة Crust تمنع بزوغ البادرات وتساعد على التعرية والانجراف السطحي (السيح) لدقائق التربة.

الدقائق ترتبط مع بعضها بالمواد العضوية التي تحوي على سكريات متعددة تربط بين الدقائق وهناك اكاسيد الحديد ايضاً تدل كمواد رابطة.

تكوين مجاميع التربة

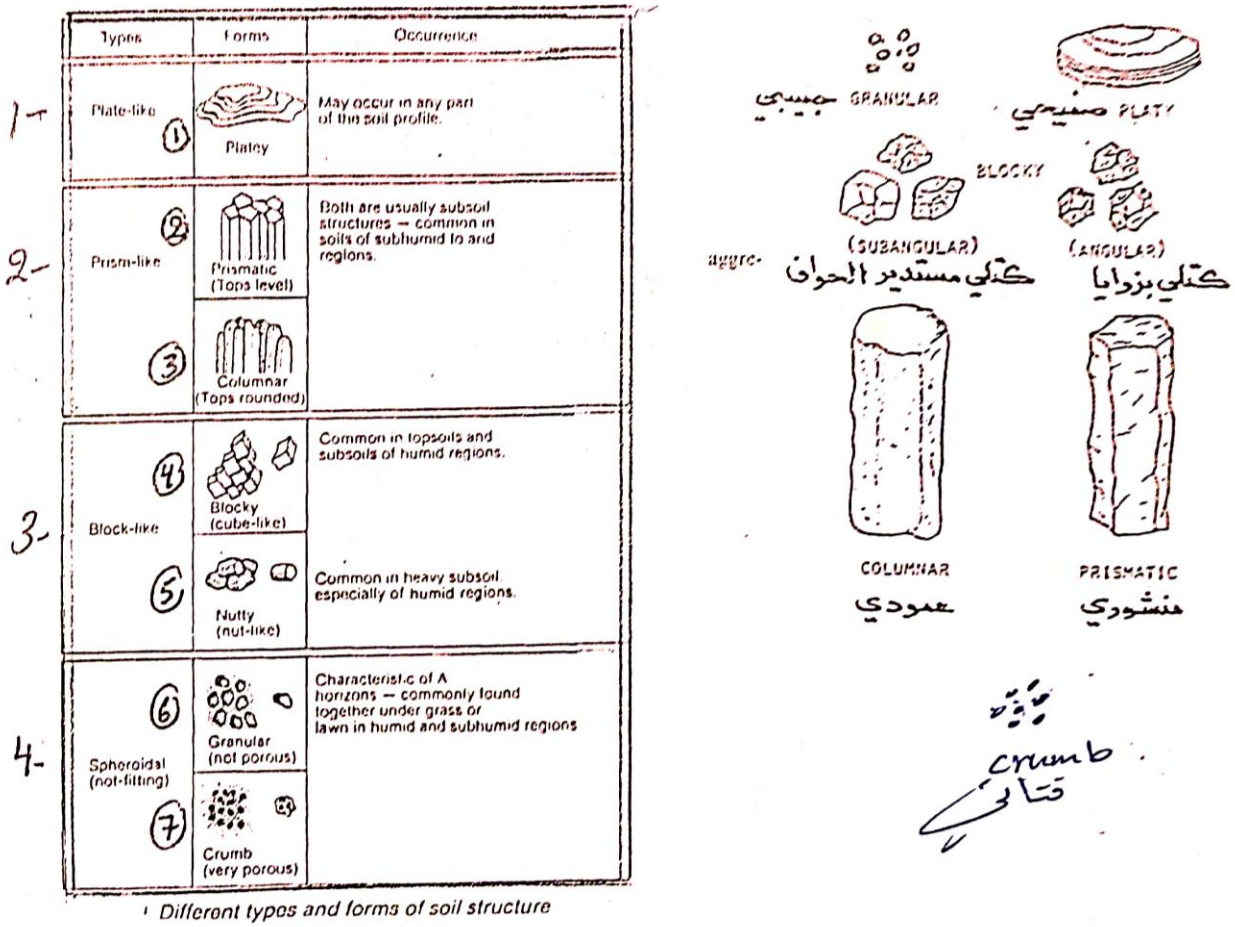
هناك عمليتان هي التخثر flocculation والتجمع aggregation والتخثير ناتج عن قوى كهرو-كاينتيكية. اما التجمع فيحتاج الى مادة لمسك المواد او الدقائق الاولية المتخثرة بشدة مع بعضها وعدم انفصالها بالماء، وهنا التجمع هو تخثر مع زيادة.

تصنيف بناء التربة:

هناك عدد من التصنيفات التي تعتمد على شكل التجمعات وحجمها ووضوحها او ثباتيتها.....الخ.

التصنيف الاتي هو التصنيف المعتمد من قسم الصيانة الأمريكي :

1- شكل وانتظام التجمعات او الكتل التركيبية ويسمى type وهذا التقسيم كما يأتي:



Different types and forms of soil structure

الشكل 2. يبين انواع واشكال بناء (تركيب) التربة.

2- درجة النعومة والخشونة او الحجم ويطلق عليه Class: وهنا يتم التقسيم ضمن المجاميع الاتية:

1	2	3	4	5
خشن جداً	خشن	متوسط	ناعم	ناعم جداً

3- الدرجة Grade: وتمثل مدى تماسك او ثبوتية المجاميع وتقسم الى:

1- عديم التركيب Structure less
2- ضعيف Weak
3- متوسط Moderat

4- قوي Strong

ويتبين مما تقدم طريقة التصنيف المعتمدة من قبل دائرة خدمات صيانة التربة الامريكية والتي تعتمد في تصنيفها على الطرق الثلاثة الأولى المذكور أعلاه في تحديد نوعtype التركيب والذي يعتمد على شكل وانتظام المدر (الكتل التركيبية)، وصنف class التركيب والذي يعتمد على حجم المدر ودرجة grade التركيب والذي يعتمد على وضوح ومقاومة المدر. فلو فرضنا ان فحص عينة من التربة في الحقل بين ان شكل المجاميع كان فتاتي crumb وان صنف التركيب خشن وان هذه المجاميع كانت جيدة التكوين ومعتدلة الثبات وغير كاملة الحجم، فما هو تركيب التربة؟

نوع التركيب type هو فتاتي crumb، صنف التركيب class هو خشن coarse ، ودرجة التركيب grade متوسطة moderate.

يقال ان تركيب التربة في هذه الحالة هو فتاتي خشن متوسط (moderate coarse crumb).

العوامل المؤثرة في تكوين البناء (التركيب)

1- المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والاحياء الأخرى.

2-الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل.

3- الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص.

4- جذور النباتات وفعاليات حيوانات التربة.

5- الانجماد والذوبان.

6- العمليات الزراعية.

بتعبير اخر، عوامل كيميائية وحيوية وعوامل ميكانيكية او فيزيائية.

وعموماً فان زيادة المادة العضوية المتدبلة يزيد من ثباتية المجاميع ويتداخل الطين مع المادة العضوية ويكون التأثير مهماً، والاحياء المجهرية هي الأخرى تتداخل مع المادة العضوية وتؤثر فيها من خلال التحلل للمواد العضوية وتحلل الاحياء نفسها ناتج عن سكريات متعددة واحماض دبالية واصماغ ودهون تزيد من ثباتية التجمعات. الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل مهمة جداً وسنلاحظ ذلك في دراسة الصفات الكيميائية للتربة.

تأثير بناء التربة في نمو النبات

تأثير البناء يكون من خلال المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لاختراق البذور، هذا فضلاً عن تأثير البناء في الصفات المائية والهوائية للتربة، اذ ان تغير البناء يؤثر في حجم المسام لاسيما المسام الكبيرة وفي قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وإدارة المياه. ان بزوغ البادرات مهم جداً وله علاقة او يتاثر ببناء التربة فالبناء القوي جداً ولاسيما عندما يكون كتلياً او صفائحياً ومكوناً لطبقة على السطح تمنع من بزوغ البادرات واختراق الجذور، وهنا تتداخل نسجة التربة وبناء التربة مؤثرةً في هذه الصفات. فالمسامات الصغيرة تكون ضمن التجمع او المجموعة الواحدة بين دقائق الرمل والطين والغرين والمسامات الكبيرة بين التجمعات، بتعبير اخر المسامات الصغيرة تؤثر النسجة فيها والمسامات الكبيرة تتأثر بالبناء.

وهنا تكون إدارة التربة مهمة جداً لتحسين خواص التربة بإضافة المواد العضوية وتحسين البناء والتهوية وإدارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة، اذ ان الدورات الزراعية الحاوية على محاصيل بقولية لاسيما إذا ما تلبث في التربة تؤثر بشكل كبير في تحسين خواص التربة، كذلك التقليل من استخدام الآلات الثقيلة التي تؤثر في دك التربة.

كثافة التربة Soil density

1- الكثافة الحقيقية او كثافة الدقائق True density or Particle density (ρ_p)

تمثل احدى الخواص الفيزيائية الرئيسية ويمكن تعرف على انها كتلة دقائق التربة مقسومة على الحجم المشغول من قبل الجزء الصلب، (بتعبير اخر بعد استبعاد الماء والهواء). القيم المثالية بين 2.5 – 2.8 غم سم$^{-3}$ او 2.5 – 2.8 ميكاغرام م$^{-3}$ وان قيمة 2.65 ميكاغرام م$^{-3}$ يمكن ان تكون ممثلاً لعدد من الترب. ان اهمية الكثافة الحقيقية تأتي من أهميتها في حسابات بعض الخصائص الفيزيائية كالمسامية وتوزيع الحجوم.

عند تقدير الكثافة الحقيقية تزال المواد الرابطة cementing agents لان الغرض هو قياس كثافة الدقائق.

السؤال المهم هو دور المادة العضوية التي توجد في الطبقة السطحية والتي كثافتها الحقيقية بحدود 1.0 ميكاغرام م$^{-3}$ الا ان معظم الطرائق المستخدمة في التقدير تزيل المادة العضوية لذا فان النتائج عبارة عن الكثافة الحقيقية للجزء المعدني، ان ادخال المادة العضوية تعني ان التغيرات في إدارة التربة يمكن ان تغير الكثافة الحقيقية. والطريقة الأكثر استخداماً لتقدير الكثافة الحقيقية هي استخدام طريقة قنينة الكثافة (البكنوميتر Pycnometr) والتي من خلالها يمكن قياس حجوم الدقائق بشكل جيد.

2- الكثافة الظاهرية Bulk density (ρ_b)

كتلة وحدة الحجم لتربة مجففة الى وزن ثابت تحت درجة حرارة 105 °م وهي مقياس لكثافة التربة بوجود الفراغات او المسامات، أي ان الحجم هنا يشمل الحجم الكلي وهو حجم المادة الصلبة والمسام.

تتراوح قيم الكثافة الظاهرية لتربة سطحية ناعمة النسجة بين 1.0 – 1.6 غم سم$^{-3}$ (1.0 – 1.6 ميكاغرام م$^{-3}$) وللتربة الخشنة النسجة الى 1.2 – 1.8 ميكاغرام م$^{-3}$. ويعود سبب انخفاض الكثافة الظاهرية في الترب الناعمة النسجة الى تطور افضل لبناء التربة مقارنةً بالتربة خشنة النسجة وهناك حالات تصل فيها الكثافة الظاهرية للترب تحت السطحية الى 2.0 ميكاغرام م$^{-3}$.

اما الكثافة الظاهرية للترب العضوية فتكون منخفضة جداً مقارنة بالترب المعدنية وتتراوح قيم الكثافة الظاهرية فيها من 0.2 – 0.6 ميكاغرام م$^{-3}$ وسبب ذلك هو انخفاض كتلة الدقائق العضوية مقارنة بالمعدنية، فضلاً عن تطور البناء وزيادة المسامية حجماً في الترب العضوية.

يؤثر نوع المحصول والتسميد العضوي وإدارة التربة في الكثافة الظاهرية للتربة ولاسيما للطبقات السطحية، وقد وجد ان اضافة المواد العضوية عمل على خفض الكثافة الظاهرية بشكل مهم. اما استخدام الآلات الثقيلة فله تأثير سلبي على الكثافة الظاهرية ويؤدي الى زيادتها بشكل واضح ولاسيما في الطبقة الواقعة تحت طبقة المحراث او افق الحراثة Ap مباشرةً، وكذلك تتأثر قيم الكثافة الظاهرية برص التربة ومع العمق.

العلاقة بين نسجة التربة والكثافة الظاهرية

1- ان الدقائق الصغيرة لها القابلية على بناء جسور اكثر من الدقائق الكبيرة مما يؤدي الى تكوين بناء هش وبالتالي تقل الكثافة الظاهرية او بتعبير اخر زيادة حجم المسام الكلي.

2- وجود الدقائق الصغيرة والكبيرة يؤدي الى زيادة الكثافة الظاهرية من خلال دخول الدقائق الصغيرة داخل الفراغات للدقائق الكبيرة وبذا يقل الحجم وتزداد الكثافة الظاهرية.

وبصورة عامة فان حجوم دقائق الرمل كبيرة وحجم المسام كبير الا ان النسبة المئوية للمسامات قليلة ولذا فالكثافة الظاهرية عالية، اما الترب الناعمة (الطينية) ذات المسام الاصغر حجماً الا ان النسبة المئوية للمسامات عالية او الفراغات تكون اكبر ولذا فان الكثافة الظاهرية تكون اقل.

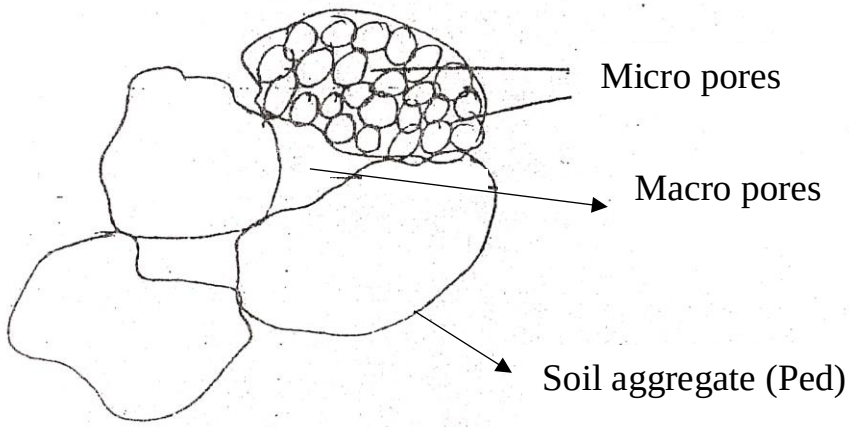
وهناك طرائق مختلفة لقياس الكثافة الظاهرية قسم منها حقلي كاستخدام طريقة الاسطوانة المعروفة الحجم (Core sampler) والتي يتم إدخالها في التربة وحساب وزن التربة التي ستشغل هذا الحجم ومن الوزن والحجم نحسب الكثافة الظاهرية. وهناك طريقة مختبرية تستخدم شمع البرافين لتغليف كتلة معينة من التربة ومن ثم معرفة وزن الكتلة وحجمها بعد التغليف، ومن خلال حساب حجم السائل المزاح، ولكل طريقة محاسنها وعيوبها.

مسام التربة Soil pores

في حالة كون التجمعات aggregates (والتي عبارة عن دقيقتي تربة او اكثر ترتبط مع بعضها بقوة تزيد عن قوة تجاذبها مع المجاميع الأخرى المجاورة لها) وقد يكون سبب التكوين طبيعياً او اصطناعياً واضحاً فيمكن تقسيم حجوم المسامات الى مديين:

1- المسامات الكبيرة Macro pores: وهي المسامات الموجودة بين التجمعات او الواقعة بين التجمعات Inter- aggregates وهذه المسامات تعد مسارات رئيس وهذه المسامات تعد مسارات رئيسية لنفوذ الماء في التربة وبزله منها وتهويتها.

2- المسامات الصغيرة Micro pores: وهي مسامات موجودة داخل التجمعات intra- aggregates وهذه مسؤولة عن مسك الماء والاملاح المذابة في التربة، ومع هذا لا توجد حدود فاصلة بشكل واضح بين هذين المديين والشكل الاتي يوضح هذين النوعين من المسام.



الشكل 3: يبين انواع مسامات في التربة

المدرة Ped وتتكون من الرمل والغرين والطين.
التربة الرملية عموماً لا يوجد فيها تركيب واضح وتكون الدقائق بشكل منفرد Single ولذا فان هناك نوعاً واحداً من المسام كبير الحجم Macro pores. اما المسام الصغيرة فلاتوجد وهذا سوف يؤثر في حركة الماء داخل التربة والتبادل الغازي.

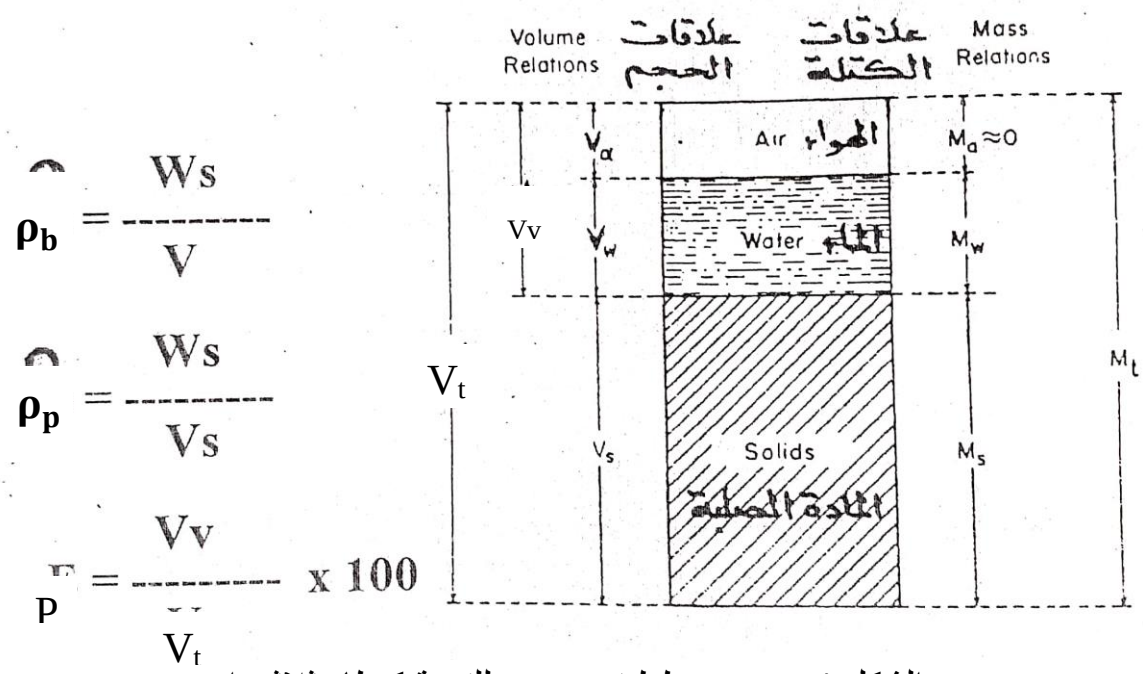
ولحساب المسامية تستخدم العلاقة التالية:

$$P = (1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}) \times 100$$

وهي بالحقيقة عبارة عن حجم المسام (المشغول بالماء والهواء) نسبتاً الى الحجم الكلي (الجزء الصلب + المسام) كنسبة مئوية ولصعوبة القياس يفضل استخدام المعادلة أعلاه من خلال حساب الكثافة الظاهرية واعتماد قيمة الكثافة الحقيقية على انها 2.65 ميكاغرام م$^{-3}$ كمعدل.

والشكل الاتي يمثل الاطوار الثلاثة لمادة التربة وهي الطور الصلب (الجزء الهيكلي) والطور السائل ويمثل الماء مذاباً فيه بعض الاملاح او ما يسمى محلول التربة والطور الغازي وهنا هواء التربة.

هواء



الشكل 4: يبين مخطط توضيحي للتربة كنظام ثلاثي الاطوار.

هواء التربة Soil air

المهم هنا حركة الهواء او التبادل الغازي بين التربة والمحيط الجوي وتهوية التربة هي عملية تبادل لغازي CO_2 وO_2 بين محيط التربة والمحيط الجوي. اذ انه نتيجة لفعاليات النبات ونشاط الاحياء يستهلك O_2 ويزداد CO_2 مقارنة بالهواء الجوي. والتهوية للتربة تعني احلال O_2 محل CO_2 وذلك لكي تجهز جذور النباتات والاحياء المجهرية بنسب جيدة من O_2. ان تهوية التربة

تؤثر بشكل مباشر في نمو الجذور وامتصاص المغذيات، ونقص التهوية الشديد يؤثر في جهد الاختزال والاكسدة مما يؤدي الى زيادة ذوبانية الحديد والمنغنيز الى نسب تصل الى حد السمية للنبات.

مكونات هواء التربة	الهواء الجوي%	هواء التربة%
N	79	79
O_2	21	15.1 – 20.4
CO_2	0.03	0.2 – 0.45

ان سرعة التبادل الغازي مؤثرة ومهمة جداً وهذه لها علاقة بالمحتوى الرطوبي والصفات الفيزيائية الأخرى كالنسجة والبناء والكثافة.... والتبادل الغازي يتم من خلال الجريان الكتلي والانتشار. وعموماً تتأثر الكثير من المحاصيل عندما تقل النسب الحجمية للاوكسجين في التربة عن 10 % وتختلف حساسية المحاصيل للاوكسجين فهناك محاصيل حساسة كالقطن والذرة الصفراء وهناك محاصيل تتحمل مثل الذرة البيضاء، اما الصفصاف والبردي فيستطيع العيش في تربة غدقة لانها تاخذ الهواء عن طريق الاوراق.

حرارة التربة Soil temperature

تؤثر الحرارة في نشاط الاحياء المجهرية ونمو النبات، ونشاط الاحياء المجهرية يؤثر في تحلل المادة العضوية، ولذا يلاحظ ان المواد العضوية تتجمع في ترب المناطق الباردة وتقل في ترب المناطق الحارة عند توفر الظروف الاخرى.

نمو الجذور والنباتات عموماً يتأثر بالحرارة، ولذلك هناك نباتات تنمو في المناطق الباردة ونباتات تنمو في المناطق الحارة.
تؤثر الحرارة ايضاً في الاستهلاك المائي (التبخر- نتح) وحالياً لاسيما في الزراعة المغطاة (البيوت البلاستيكية والزجاجية) يمكن السيطرة على درجات الحرارة داخل البيت من خلال التكييف، وان نسب الرطوبة الجيدة في التربة تقلل من التغايرات في حرارة التربة بين الليل والنهار وكذلك الغطاء النباتي يقلل من التغايرات اليومية والفصلية في درجات الحرارة.

لون التربة Soil colour

لون التربة يؤثر في نمو النبات بصورة غير مباشرة من خلال تأثيره في تغيرات درجات الحرارة وله علاقة بنسبة الرطوبة ومحتوى التربة من المادة العضوية. وعموماً فان التربة الغامقة تكون عالية الإنتاجية بسبب زيادة المادة العضوية والقدرة على زيادة الماء والمغذيات.

يتأثر لون التربة بالاملاح والاكاسيد التي تحويها التربة، ففي الترب المتأثرة بالاملاح يصبح لون التربة غامقاً لاسيما في الترب السبخة وابيض في ترب الشورى، وسنوضح ذلك لاحقاً في ملوحة التربة. ان وجود الصوديوم لاسيما بيكاربونات الصوديوم يعطي لوناً غامقاً للتربة نتيجة تكون هيومات الصوديوم في الترب العضوية، ووجود اكاسيد الحديد يعطي لوناً خاصاً يتأثر برطوبة التربة فهو احمر عند الظروف الهوائية وازرق تحت ظروف الاختزال.

ويمكن تعيين لون التربة باستخدام دليل لون منسل (Munsell colour chart) او كتاب منسل Munsell وهناك ارقام تدل على الوان الترب المختلفة.

يوصف لون التربة بخواص الضوء الأساسية الثلاثة وهي:

1- هيو (hue) الذي يتعلق بطول الموجة الضوئية السائدة.

2- فاليو (value) المسماة احياناً بالسطوع واللمعان (brilliance) الذي يتعلق بمجموع كمية الضوء حيث تزداد هذه الكمية من اللون الغامق الى اللون الفاتح.

3- كروما (chroma) والتي تدل على النقاوة النسبية للموجة الضوئية السائدة.

تدل 10YR على ان الهيو لهذه التربة برقم 10 وهو اصفر – احمر ويدل الرقمان 3,6 على قيمة الفاليو والكروما على التوالي والتسمية الملائمة لهذا اللون بني باهت.

ومن المراجع المهمة:

هلل، دانيال. 1990. المدخل الى فيزياء التربة. ترجمة جمال شريف دوغرامه جي. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.

Baver,L.D.Garner,W.H.,Garner,W.R.1972.Soil Physics. John wily& Sosn.