Physical Properties of the soil

الخواص الفيزيائية للتربة

المقدمة Introduction

للخواص الفيزيائية للتربة اهمية كبييرة في استعمالاتها الزراعية والهندسية فهي مهمة في عمليات الفلاحة والعزق والري والبزل وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والمغذيات وتهوية التربة وقابلية التربة على اسناد الاسس ومدارج المطارات والعديد من الاستعمالات الاخرى للتربة.

ان معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملائمتها لنمو النبات ومدى امكانية تحسينها لجعلها اكثر ملائمة لاستعمالات التربة المختلفة تكون من الامور المهمة والواجبة على المشتغلين والمستثمرين في الزراعة معرفتها .

وسيتم التطرق في هذا الفصل الى توزيع حجوم الدقائق المختلفة في التربة او مايطلق عليه نسجة التربة والى بناء التربة والى كثافتي التربة الحقسقسة والظاهرية والى هواء التربة وحرارة التربة ولون التربة . وتتداخل هذه الصفات مع ماء التربة الذي سينفرد له فصل خاص لاهميته .

نسجة التربة Soil Texture

يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي للاحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين . وتحدد نسجة التربة مدى نعومة وخشونة التربة .

لنسجة التربة اهمية كبيرة حيث انها تحدد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عيها الكثير من الخواص والعمليات الفيزيائية والكيميائية 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 والتي تتم بعد معاملة التربة بمواد كيميائية معينة لتوزيعها واستخدام المناخل بفصل الرمل ومن ثم استخدام المكثاف لتحديد النسب لكل من الغرين والطين .

بتعبير اخر النسب المئوية لكل من الرمل والغرين والطين وباستخدام مثلث النسجة .

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 ولاتحتاج الى قوة عالية في الحراثة بالتربة الخفيفة .اما التعابير الحديثة فتعتمد الحجوم ولذا يطلق بالترب الناعمة على الترب الطينية والترب الخشنة على الترب الرملية . ولنسجة التربة اهمية كبيرة وتاثير في حركة المياه في التربة وحركة الجذور وبزوغ البادرات وقابلية التربة على مسك الماء والمغذيات والصرف . ومع هذا فان هنالك تداخل بين نسجة التربة وبناء التربة لان المسام في التربة يتحدد من خلال نسجة وبناء التربة .

وهناك عدد من الانظمة لوصف او تحديد حجوم دقائق التربة ومنها النظام العالمي ونظام قسم الزراعة الامريكي وبشكل عام فان مديات حجوم الدقائق مبينة في الجدول الاتي :

USA	International	الصنوف المستخدمة
≥ 2.00	≥ 2.00	حصى / وهذا ليس ضمن التربة Gravel
2.00 -1.00	-	Sand-very course الرمل الخشن جدا
1.00 – 0.50	2.00-0.20	Coarse Sand الرمل الخشن
0.50 – 0.10	-	Medium Sand الرمل المتوسط
0.10 – 0.05	0.20 - 0.02	Fine Sand الرمل الناعم

0.05 – 0.002	0.020 – 0.002	Silt الغرين
≤ 0.002	≤ 0.002	Clay الطين

يلاحظ من الجدول اعلاه ان هنالك اختلاف في حدود الرمل والغرين بين نظامين . ولكن الحد الاعلى للتربة او الرمل بشكل عام يبلغ 2 ملم والطين اقل من 0.002 .

التقسيم الثلاثي : وفيه تقسم النسجة الى ثلاثة اقسام وهي التربة الخشنة والمتوسطة النسجة والناعمة النسجة .

التقسيم الاثنى عشري وهو تقسيم الاقسام الثلاثة الى اقسام اقل منها وكما مبين ادناه:

المجموعة الاولى The first group

1 - رملية Sandy

2- رملية مزيجيةLoamy sand

المجموعة الثانية The second group

3- مزيجية رملية Sandy loam

4 – مريجيةLoamy

5- مزيجية غرينية Silty loam

6 – غرينيةSilty

7– مزيجية طينية رملية Sandy clay loam

8 – مزيجية طينية Clay loam

9 مزيجية طينية غرينية Silty Clay Loam

المجموعة الثالثة The third group

10 – طينية رملية Sandy Clay

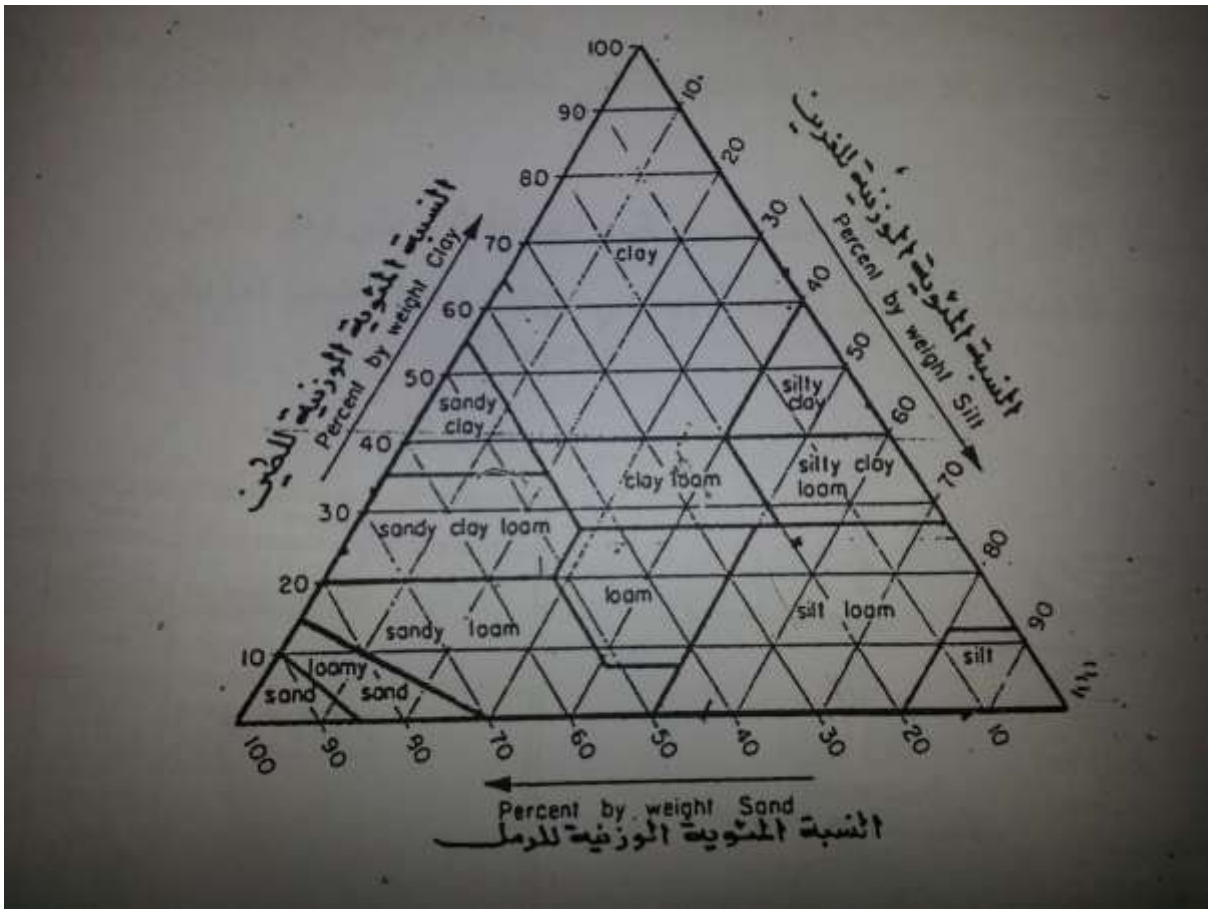
11 – طينية غرينية Silty Clay

12- طينيةClayey

فيما يلي نوضح انظمة وصف او تحديد حجوم دقائق التربة

2.0 mm	0.50	0.05	0. 002	
USA System	Coarse	Fine	Silt	Clay
	Sand			
International System	Sand		Silt	Clay
	Coarse	Fine		
2.0 mm	0.50	0.05	0. 002	

والترب متوسطة النسجة او المزيجية يمكن ان تقسم الى معتدلة الخشونة ومتوسطة النسجة ومعتدلة النعومة فيصبح تقسيما خماسيا .
والاصناف الاتنا عشر ممثلة في مثلث نسجة التربة التي اعتمد على النظام المقترح من قبل قسم الزراعة الامريكية .



بناء التربة Soil structure

وهي تمثل المجاميع الموفولوجية التي تترتب فيها دقائق التربة والانواع الشائعة تشمل المجاميع الكتلية والصفائحية والحبيبية والمنشورية .

حيث ان التربة التي تكون فيها الدقائق غير مرتبطة ببعضها تسمى Structure less او Single grained structure

عموما تتجمع الدقائق مع بعضها مكونة تراكيب معينة لها شكل Shape و Size و Grade .

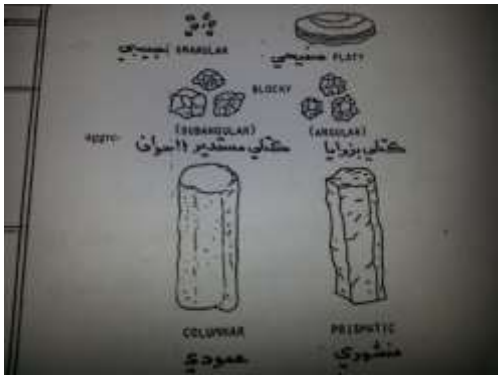
والترب الزراعية المثالية يوجد فيها تركيب يكون بشكل حبيبي يسمىCrumb هذا البناء يسمح للبادرات البزوغ وللجذور التغلغل كما انه يجهز الماء والمغذيات بسهولة الى جذور النباتات .

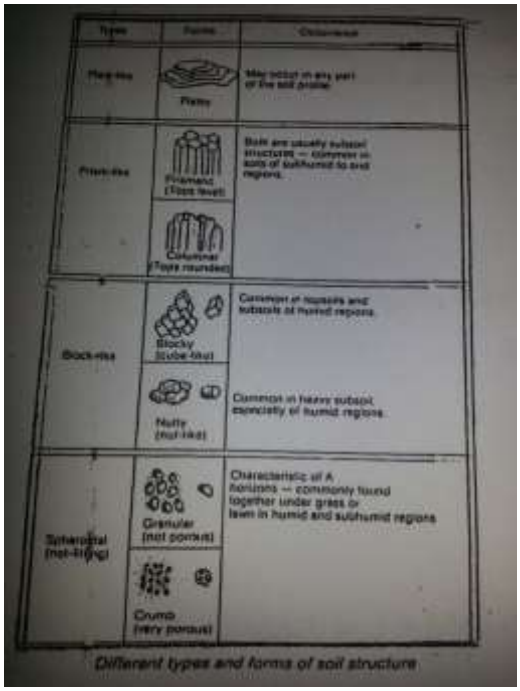
التجمع او المجموعة Aggregateالذي يشكل التربة الجيدة يجب ان يكون ذو مقاومة معينة وثبوتية ايضا جيدة لمقاومة

ضربات قطرات المطر الساقطة او حتى عمليات العزق وان لايكون هذا البناء ضعيفا يساعد على عمليات التعرية والانجراف من جراء عمليات السقي او المطر . تساهم المواد العضوية والمعدنية في ربط وتثبيت هذه المجاميع لتكون اصناف مختلفة من انواع بناء التربة والتي تعتمد على شكل التجمعات وحجمها ووضوحها او ثباتيتها .

التصنيف الاتي هو المعتمد من قبل قسم الصيانة الامريكي وهو كالاتي :

1 – شكل وانتظام التجمعات او الكتل التركيبية ويسمى Shape او Type





2- على درجة النعومة والخشونة او الحجم ويطلف عليه Glass او Size وهنا يتم التقسيم ضمن المجاميع الاتية :

خشن جدا ، خشن ، متوسط ، ناعم ، ناعم جدا

: وتمثل مدى تماسك او ثبوتية المجاميع وتقسم الى :

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

عديم التركيب Structure less

ضعيف Weak

متوسط Moderate

قوي Strong

تكوين مجاميع التربة: هناك عمليتان هي التثخثرFlocculation والتجمع Aggregation

والتخثر ناتج عن قوى كهرو – ستاتيكية . اما التجمع فيحتاج الى مادة لمسك المواد او الدقائق الاولية المخثرة بشدة مع بعضها وعدم انفصالها بالماء . وهنا التجمع هو تخثر مع زيادة .

العوامل المؤثرة في تكوين البناء (التركيب)

1- المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والاحياء الاخرى .

2- الايونات الموجبة الممدصة على معقد التربة

3- الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص

4- جذور النبات وفعاليات حيوانات التربة

5- الانجماد والذوبان

6- العمليات الزراعية

بتعبير اخر ، عوامل كيميائية وحيوية وعوامل ميكانيكية او فيزيائية .

وعموما فان زيادة المادة العضوية المتبدلة يزيد من ثباتية المجاميع ويتداخل الطين مع المواد العضوية ويكون التاثير مهما . والاحياء المجهرية هي الاخرى 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 جدا وستلاحظ ذلك في دراسة الصفات الكيميائية للتربة .

تاثير بناء التربة في نمو النبات Soil structure effect on plant growth

تاثير النبات يكون من خلال المقاومة الميكانيكية التي تبديها التربة لاختراق الجذور. هذا فضلا عن تاثير البناء في الصفات المائية والهوائية للتربة. اذ ان تغير البناء يؤثر في حجم المسام لاسيما المسام الكبير وكذلك في قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وادارة المياه . كما ان بزوغ البادرات مهم جدا وله علاقة ببناء التربة ويتاثر بها فالبناء القوي جدا ولاسيما عندما يكون كتليا او صفائحيا ومكون لطبقة على السطح تمنع من بزوغ البادرات واختراق الجذور . وهنا تتداخل نسجة التربة وبناء التربة مؤثرة في هذه الصفات .

فالمسام الصغير يكون ضمن التجمع او المجموعة الواحدة بين دقائق الرمل والطين والغرين والمسام الكبير بين التجمعات . وبتعبير اخر المسام الصغير تؤثر في نسجة التربة والمسام الكبير يؤثر في بناء التربة .

وهنا تكون ادارة التربة مهمة جدا لتحسين خواص التربة باضافة المواد العضوية وتحسين البناء والتهوية وادارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة . والدورات الزراعية الحاوية على محاصيل بقولية لاسيما اذا ما تلبث في التربة تؤثر بشكل كبير في تحسين خواص التربة . التقليل من استخدام الالات الثقيلة التي في دك التربة .

كثافة التربة Soil Density

الكثافة الحقيقية او كثافة الدقائق True density or particle density ρ_p

تمثل احدى الخواص الفيزيائية الرئيسية ويمكن ان تعرف على انها كتلة دقائق التربة مقسومة على الحجم المشغول من قبل الجزء الصلب . وبتعبير اخر بعد استبعاد المسام والماء . القيم المثالية بين 2.5 -2.8 غم / سم^3 او 2.5 -2.8 ميكاغرام. م$^{-3}$

وان قيمة 2.65 ميكا غرام .م$^{-3}$ يمكن ان يكون ممثلا لعدد من الترب . اهمية الكثافة الحقيقية يمكن ان تاتي من اهميتها في حسابات بعض الخصائص الفيزيائية كالمسامية وتوزيع حجوم الدقائق .

عند تقدير الكثافة الحقيقية تزال المواد الرابطة او Cementation agent 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 هي عبارة عن الكثافة الحقيقية للجزء المعدني . ان ادخال المادة العضوية تعني ان التغيرات في ادارة التربة يمكن ان تغير الكثافة الحقيقية . والطريق الاكثر استخدام لتقدير الكثافة الحقيقية هي استخدام قنينة الكثافة Pycnometer والتي من خلالها يمكن قياس حجوم الدقائق بشكل جيد . طريقة

الكثافة الظاهرية Bulk Density ρ_b

وهي كتلة وحدة الحجم لتربة مجففة الى وزن ثابت تحت درجة حرارة 105 م وهي مقياس لكثافة التربة بوجود الفراغات او المسام .اي ان الحجم هنا يشمل الحجم الكلي وهو حجم المادة 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 مقارنة بالتربة خشنة النسجة وهنال حالات تصل فيها الكثافة الظاهرية الترب تحت السطحية الى 2.0 ميكاغرام .م^3

اما الكثافة الظاهرية للترب العضوية فتكون منخفضة جدا مقارنة بالترب المعدنية وتتراوح قيم الكثافة الظاهرية للترب العضوية فيها 0.2 – 0.6 ميكاغرام .م^3 . وسبب ذلك انخفاض كتلة الدقائق العضوية مقارنة بالدقائق المعدنية .بالاضافة الى تطور البناء وزيادة المسامية حجما في الترب العضوية .

يؤثر نوع المحصول والتسميد العضوي وادارة التربة في الكثافة الظاهرية للتربة ولا سيما للطبقات السطحية . وقد وجد ان اضافة المواد العضوية تعمل على خفض الكثافة الظاهرية بشكل مهم . اما استخدام الالات الثقيلة فله تاثير سلبي على الكثافة الظاهرية

ويؤدي الى زيادتها بشكل واضح لاسيما في الطبقة الواقعة تحت طبقة المحراث او افق الحراثة A_p مباشرة . كذلك تتاثر قيم الكثافة

الظاهرية برص التربة ومع العمق .

العلاقة بين The relationship between the soil compaction and the bulk density نسجة التربة والكثافة الظاهرية

1- ان الدقائق الصغيرة لها القابلية على بناء جسور اكثر من الدقائق الكبيرة مما يؤدي الى تكوين بناء هش وتقليل في 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 المجموع الكلي للمسام واطيء لذا فالكثافة الظاهرية عالية . اما الترب الناعمة (الطينية) ذات المسام الاصغر حجما ولكن المجموع الكلي للمسام او الفراغات يكون اكبر ولذا فان الكثافة الظاهرية تكون اقل. وهناك طرائق مختلفة لقياس الكثافة الظاهرية قسم منا حقلي كاستخدام طريقة الاسطوانة المعروفة Core Sample

والتي يتم ادخالها في التربة ومن ثم حساب 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 .

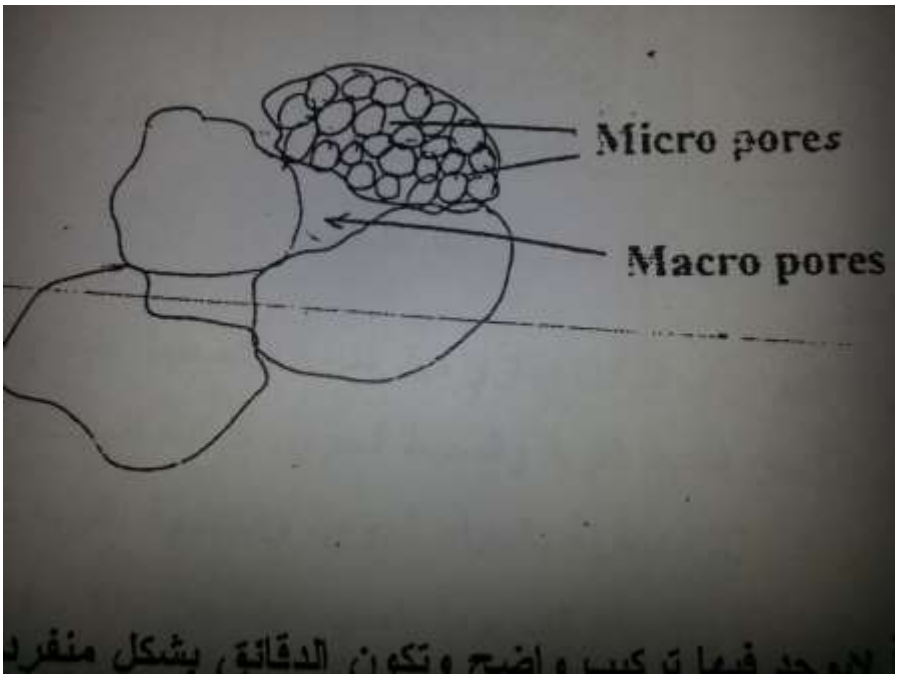
مسام التربة Soil pores

في حالة كون التجمعات والتي تعرف (عبارة عن دقيقتي تربة او اكثر ترتبط مع بعضها بقوة تزيد عن قوة تجاذبها مع المجاميع الاخرى المجاورة لها) وقد يكون سبب التكوين طبيعيا او اصطناعيا واضحا فيمكن تقسيم حجوم المسامات الى :

1- Macro pores وهي المسامات بين التجمعات وهذه المسامات تعد مسارات رئيسية لنفوذ الماء في التربة وبزلها منها وتهويتها الموجودة بين التجمعات او الواقعة المسامات الكبيرة .

المسامات الصغيرة Micro pores وهي مسام موجود داخل التجمعات 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 :



التربة الرملية عموما لايوجد فيها تركيب واضح وتكون الدقائق بشكل منفرد ولذا فان هناك نوعا واحدا من المسام كبير الحجم . اما المسام الصغير فلا يوجد وهذا سوف يؤثر في حركة الماء في داخل التربة والتبادل الغازي .

ولحساب المسامية تستخدم العلاقة التالية :

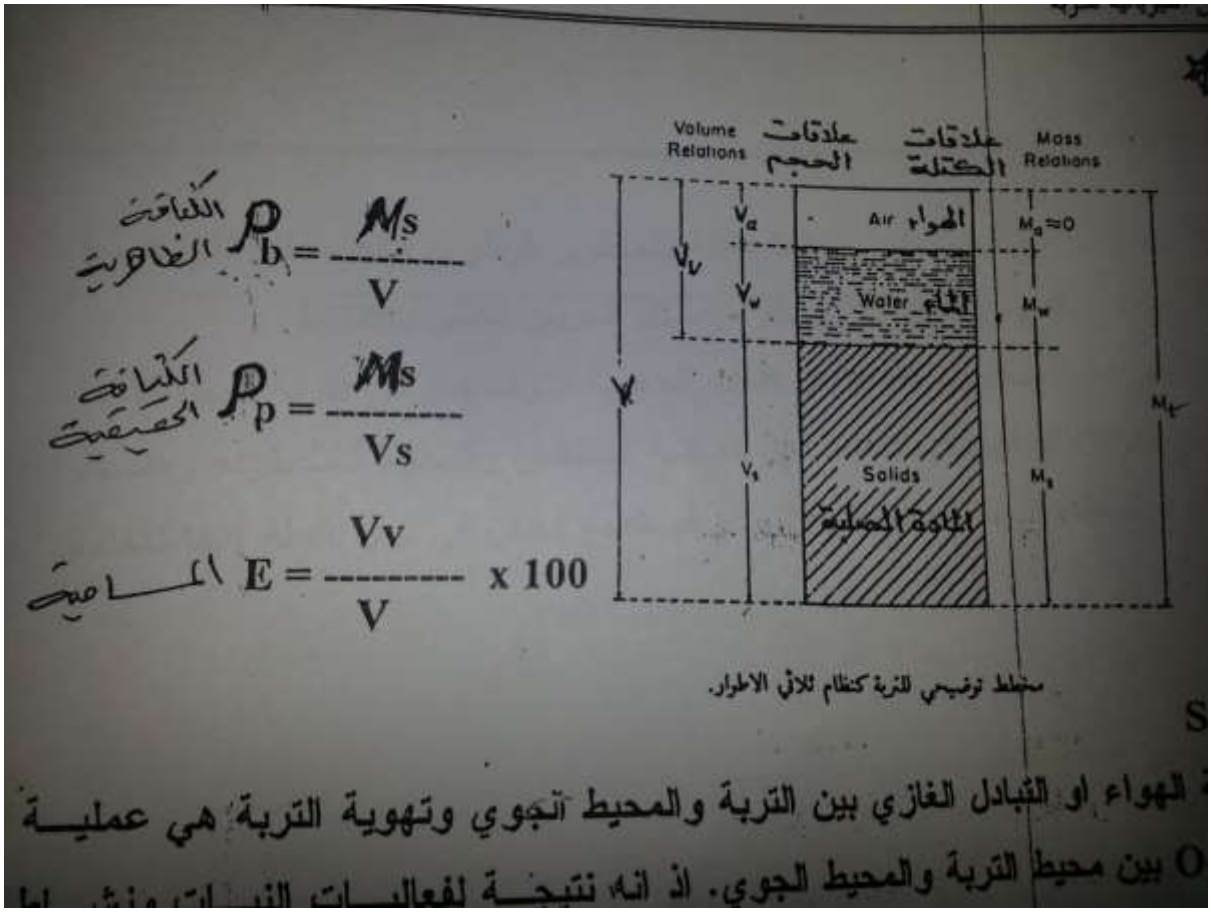
$$E=(1-\rho_b/\rho_p)x100$$

E تعني المسامية

حيث انρ_b تعني الكثافة الظاهرية

اما ρ_p تعني الكثافة الحقيقية

وهي بالحقيقة عبارة عن حجم مسام (المشغولة بالماء والهواء) نسبة الى الحجم الكلي (الجزء الصلب +المسام) كنسبة مئوية ولصعوبة القياسات يفضل استخدام المعادلة اعلاه من خلال حساب الكثافة الظاهرية واعتما الكثافة الحقيقية على انها 2.65 ميكا غرام زم-3 . والشكل الاتي يمثل الاطوار الثلاثة لمادة التربة وهي الطور الصلب (الجزء الهيكلي)والطور السائل ويمثل الماء مذابا فيه بعض الاملاح او مايسمى بمحلول التربة او الطور الغازي وهو هواء التربة .



مخطط توضيحي للتربة كنظام ثلاثي الاطوار.

الهواء او التبادل الغازي بين التربة والمحيط الجوي وتهوية التربة هي عمليـــة
بين محيط التربة والمحيط الجوي. اذ انه نتيجـــة لفعاليـــات النبـــات

هواء التربة Soil Air

المهم هنا حركة الهواء او التبادل الغازي بين التربة والمحيط الجوي وتهوية التربة هي تبادل غازي بين الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون الموجودين بين محيط التربة والمحيط الجوي . اذ انه نتيجة لفعاليات النبات ونشاط الاحياء يستهلك الاوكسجين ويزداد ثاني اوكسي الكاربون مقارنة بالهواء الجوي .والتهوية للتربة تعني احلال الاوكسجين محل ثاني اوكسيد الكاربون وذلك لكي تجهز جذور النباتات والاحياء المجهرية بنسب جيدة من الاوكسجين .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 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 جدا وهذه لها علاقة بالمحتوى الرطوبي والصفات الفيزيائية الاخرى كالنسجة والبناء والكثافة . والتبادل الغازي يتم من خلال الجريان الكتلي والانتشار .وعموما تتاثر 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 ترب غدقة لانها تاخذ الهواء عن طريق الاوراق .

حرارة التربة Soil temperature

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

نمو الجذور والنباتات عموما تتاثر بالحرارة ولذلك هناك نباتات تنمو في المناطق الباردة ونباتات تنمو في المناطق الحارة .

تؤثر الحرارة ايضا في الاستهلاك المائي (التبخر –نتح) وحاليا 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 التغيرات 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 تاثيره في تغيرات درجات الحرارة وله علاقة بنسبة ومحتوى التربة من المادة العضوية . وعموما فان التربة الغامقة تكون عالية الانتاجية بسبب زيادة المادة العضوية والقدرة على مسك الماء والمغذيات . يتاثر لون التربة بالاملاح والاكاسيد التي تحويها . ففي الترب المتاثرة بالاملاح يصبح لون اللتربة غامق لاسسيما في الترب الصبخة ويصبح اللون ابيض في ترب الشورة وكما سنوضح لاحقا في دراسة ملوحة التربة . ان وجود الصوديوم لاسيمل بيكاربونات الصوديوم يعطي لونا غامقا للتربة نتيجة تكون هيومات الصوديوم في الترب العضوية .ووجود اكاسيد الحديد يعطي لونا خاصا يتاثر برطوبة التربة فهم احمر عند الظروف الهوائية وازرق تحت ظروف الاختزال . ويمكن تعين لون التربة باستعمال دليل منسل Mansell colour chart وهناك ارقام تدل على الوان الترب المختلفة ودلالة كل رقم .

الدكتور

مرتضى جليل المعموري

مدرس المادة النظري