مبادئ علم التربة

م . م حسين فيصل عبد الواحد
جامعة البصرة
كلية العلوم
قسم علوم الارض

الخواص الفيزيائية للتربة Soil Physical Properties

- للخواص الفيزيائية للتربة اهمية كبيرة في استعمالاتها الزراعي والهندسية فهي مهمة في عمليات الفلاحة والعزق والري والبزل وإدارة وصيانة التربة والمياه والتسميد ونمو الجذور وقابلية التربة على تجهيز النبات بالماء والمغذيات وتهوية التربة وقابلية التربة على اسناد الاسس والطرق ومدرج المطارات والعديد من الاستعمالات الاخرى للتربة.
- ان معرفة خواص التربة الفيزيائية ومدى ملائمتها لنمو النباتات ومدى امكانية تحسينها لجعلها اكثر ملائمة لاستعمالات التربة المختلفة تكون من الامور المهمة الواجبة على المشتغلين والمستثمرين في الزراعة معرفتها.
- سيتم التطرق في هذه المحاضرة الى توزيع حجوم الدقائق المختلفة في التربة او ما يطلق عليه نسجة التربة والى بناء التربة والى كثافتي التربة الظاهرية والحقيقية والى هواء وحرارة ولون التربة .

نسجة التربة Soil Texture

- يقصد بنسجة التربة التوزيع النسبي للإحجام المختلفة لمفصولات التربة والتي هي الرمل والطين والغرين، وتحدد نسجة التربة مدى نعومته وخشونة التربة.
- لنسجة التربة اهمية كبيرة حيث انها تحدد المساحة السطحية النوعية للتربة التي تعتمد عليها 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 Particle size distribution 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 Sandوالغرين Silt والطين Clay وباستخدام مثلث النسجة نستطيع التوصل الى صنف نسجة التربة.

نسجة التربة Soil Texture

- 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 بالتربة الخفيفة اما التعبير الحديث فتعتمد الحجوم ولذا يطلق بالترب الناعمة على الترب الطينية والترب الخشنة على الترب الرملية.
- ولنسجه التربة اهمية كبيرة وتأثير في حركة المياه في التربة وحركة الجذور وبزوغ البادرات وقابلية التربة على مسك الماء والمغذيات والصرف، ومع هذا فأن هناك تداخلاً في هذا الموضوع 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 International System ونظام قسم الزراعة الامريكي USDA وبشكل عام فأن مديات حجوم الدقائق مبينة في الجدول الاتي:

قطر الدقائق(mm diameter)

الصفوف المستخدمة	International	USDA
Gravel حصى وهو ليس ضمن التربة	> 2.00	> 2.00
الرمل الخشن جداً Sand – very course	–	2.00-1.00
الرمل الخشن Coarse sand	2.00 - 0.02	1.00-0.50
الرمل المتوسط Medium sand	–	0.50-0.10
الرمل الناعم Fine sand	0.20 - 0.02	0.10-0.05
الغرين (السلت) Silt	0.02 - 0.002	0.05-0.002
الطين Clay	< 0.002	< 0.002

نسجة التربة Soil Texture

- يلاحظ من الجدول اعلاه ان هناك اختلافاً في حدود الرمل والغرين بين ألنظامين ولكن الحد الاعلى للرمل او للتربة بشكل عام يبلغ 2 ملم والطين اقل من 0.002 ملم.
- **وهناك عدد من التقسيمات لنسجة التربة منها:**

- **التقسيم الثلاثي** : وفيه تقسم النسجة الى ثلاثة اقسام وهي :

١. التربة الخشنة النسجة Coarse .
٢. المتوسطة النسجة Medium .
٣. الناعمة النسجة Fine texture .

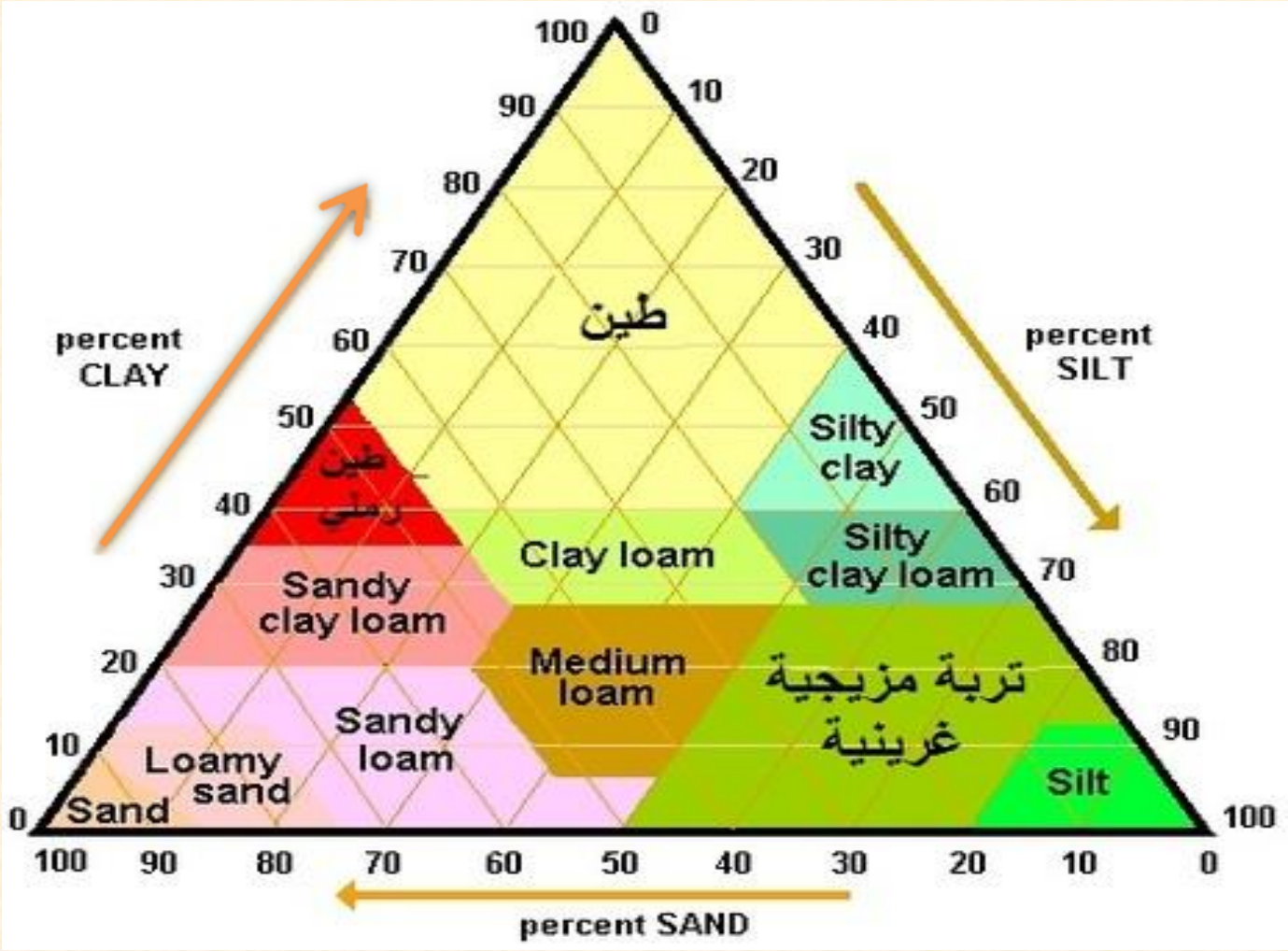
التقسيم الاثنى عشري وهو تقسيم الاقسام الثلاثة الى اقسام اقل منها كما مبين ادناه :

I. تربة خشنة النسجة Coarse texture (تربة رملية)	1. رملية Sandy 2. رملية مزيجة Loam sand
II. التربة متوسطة النسجة Medium texture (مزيجة)	3. مزيجة رملية Sandy loam 4. مزيجة Loamy 5 . مزيجة غرينية Silty loam 6. غرينية Silty 7 . مزيجة طينية رملية Sandy clay loam 8. مزيجة طينية Clay loam 9. مزيجة طينية غرينية Silty clay loam
III. التربة ناعمة النسجة Fine texture	10. طينية رملية Sandy clay 11. طينية غرينية Silty clay 12. طينية Clay

ان الترب المتوسطة النسجة او المزيجة يمكن ان تقسم الى معتدلة الخشونة ومتوسطة النسجة ومعتدلة النعومة فيصبح تقسيماَ خماسيا. والأصناف الاثنى عشر ممثلة في مثلث نسجة التربة التي اعتمد على النظام المقترح من قبل قسم الزراعة الامريكية USDA .

كما مبين في مثل النسجة :

مثلث النسجة


طين
طين رملي
Silty clay
Clay loam
Silty clay loam
Sandy clay loam
Medium loam
تربة مزيجية غرينية
Sandy loam
Loamy sand
Sand
Silt
percent CLAY
percent SILT
percent SAND
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0

بناء التربة (تركيب التربة) Soil Structure

المجاميع المورفولوجية التي تترتب فيها دقائق التربة والأنواع الشائعة تشمل المجاميع الكتلية والصفائحية والحبيبية والمنشورية.

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

عموماً تتجمع الدقائق مع بعضها مكونة تراكيب معينة لها شكل Shape وحجم Size ودرجة ثبوتية grade معينة.و الترب الزراعية المثالية يوجد فيها تركيب يكون بشكل حبيبي يسمى Crumb مثالي يسمح للبادرات للبزوغ والجذور للتغلغل ويجهز الماء والمغذيات بسهولة الى جذور ألنباتات التجمع او المجموعة aggregate يجب ان تكون ذات مقاومة معينة وثبوتية معينة لمقاومة ضربات او قوة سقوط قطرات المطر وإلا تتكون قشرة Crust تمنع من بزوغ البادرات وتساعد على التعرية والانجراف السطحي(السيح) لدقائق التربة.

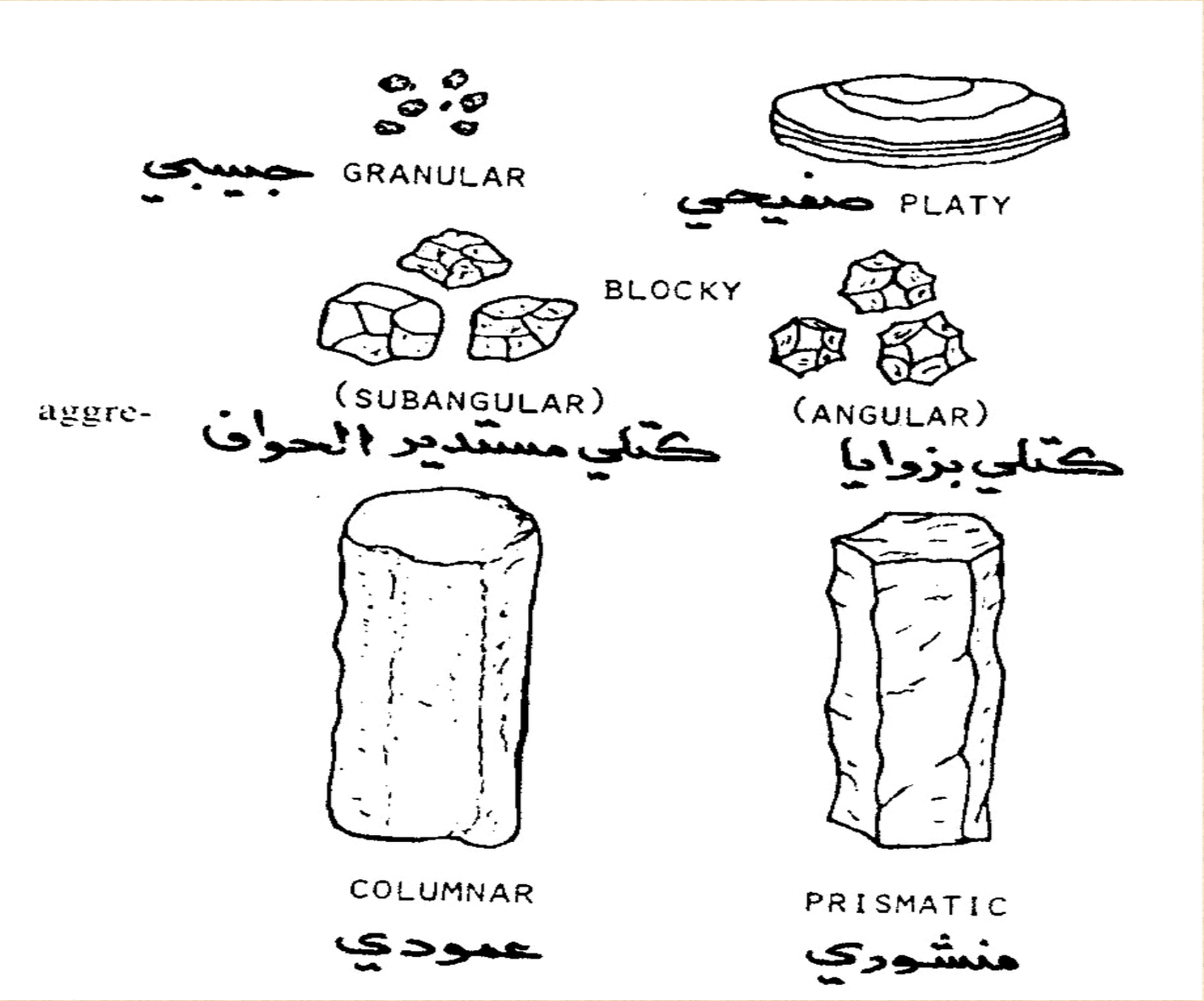
الدقائق ترتبط مع بعضها بالمواد العضوية التي تحوي على سكريات متعددة تربط بين الدقائق وهناك اكاسيد الحديد ايضاً تدل كمواد رابطة.

تصنيف بناء التربة

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

- التصنيف الآتي هو التصنيف المعتمد من قسم الصيانة الامريكي وهو كالأتي

أ- شكل وانتظام التجمعات او الكتل التركيبية ويسمى type : وهذا التقسيم كما يلي :



شكل التجمعات Type

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

خشن جداً ، خشن ، متوسط ، ناعم ، ناعم جداً

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

عديم التركيب	Structure less
ضعيف	Week
متوسط	Moderate
قوي	Strong

تكوين مجاميع التربة

هناك عمليتان هي :

١. التخثر flocculation

٢. والتجمع aggregation

التخثير ناتج عن قوى كهرو- ستاتيكية او 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.

العوامل المؤثرة في تكوين البناء (التركيب)

١. المواد العضوية الغروية ومخلفات الاحياء الدقيقة والإحياء الاخرى
٢. الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل
٣. الترطيب والجفاف والتمدد والتقلص
٤. جذور النباتات وفعاليات حيوانات التربة
٥. الانجماد والذوبان
٦. العمليات الزراعية

بتعبير اخر ، عوامل كيميائية وحيوية وعوامل ميكانيكية او فيزيائية.

عموماً فأن زيادة المادة العضوية المتدبلة يزيد من ثباتية المجاميع ويتداخل الطين مع المادة العضوية ويكون التأثير مهما والإحياء المجهرية هي الاخرى تتداخل مع المادة العضوية وتؤثر فيها من خلال التحلل للمواد العضوية وتحلل الاحياء نفسها ناتج عن سكريات متعددة وأحماض دبالية واصماغ ودهون تزيد من ثباتية ألتجمعات الايونات الموجبة الممدصة على معقد التبادل مهمة جداً وستلاحظ ذلك في دراسة الصفات الكيميائية للتربة.

تأثير بناء التربة في نمو النبات

تأثير بناء التربة 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 المسامات الكبيرة وفي قابلية التربة على مسك الماء والمغذيات وادارة المياه . وبزوغ البادرات مهم جداً وله علاقة او يتاثر ببناء التربة فالبناء القوي جداً ولا سيما عندما يكون كتليا او صفائحياً ومكوناً طبقة على السطح تمنع من بزوغ البادرات واختراق الجذور . وهنا تتداخل نسجة التربة وبناء التربة مؤثرة في هذه الصفات .

فالمسام الصغيرة تؤثرالنسجة فيها والمسام الكبيرة تتأثر بالبناء .وهنا تكون ادارة التربة مهمة جداً لتحسين خواص التربة بإضافة المواد العضوية وتحسين البناء والتهوية وادارة المياه بشكل جيد يتناسب مع طبيعة التربة . والدورات الزراعية الحاوية محاصيل بقولية لاسيما اذا ما تلبث في التربة تؤثر بشكل جيد في تحسين خواص التربة . التقليل من استخدام الآلات الثقيلة التي تؤثر في دك التربة

كثافة التربة soil density

- **الكثافة الحقيقية True density (ρ_P)**
- تمثل احدى الخواص الفيزيائية الرئيسية ويمكن ان تعرف على انها كتلة دقائق التربة مقسومة على الحجم المشغول من قبل الجزء الصلب .(بتعبير 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 2.65ميكاغرام . م$^{-3}$ يمكن ان تكون ممثلاً لعدد من الترب.
- اهمية الكثافة الحقيقية تتأتى من اهميتها في حسابات الخصائص الفيزيائية كالمسامية وتوزيع حجوم الدقائق.
- عند تقدير الكثافة الحقيقة تزال المواد الرابطة لان الغرض هو قياس كثافة الدقائق.

الكثافة الحقيقية True density (ρ_p)

- 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 الحقيقة للجزء المعدني .ان ادخال المادة العضوية تعني ان التغيرات في ادارة التربة يمكن ان تغير الكثافة الحقيقية.
- والطريقة الاكثر استخداماً لتقدير الكثافة الحقيقية هي استخدام طريقة قنينة الكثافة (البكنوميتر Pycnometer) والتي من خلالها يمكن قياس حجوم الدقائق بشكل جيد.

الكثافة الظاهرية (Bulk density(ρb)

- كتلة وحدة الحجم لتربة مجففة الى وزن ثابت تحت درجة حرارة 105م° وهي مقياس لكثافة التربة بوجود المسام او الفراغات . اي ان الحجم هنا يشمل الحجم الكلي وهو حجم المادة الصلبة والمسام.
- تتراوح قيم الكثافة الظاهرية لتربة سطحية ناعمة النسجة بين 1.0 - 1.6 ميكاغرام . م$^{-3}$. ويعود سبب انخفاض الكثافة الظاهرية في الترب الناعمة النسجة الى تطور افضل لبناء التربة مقارنة 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 بالدقائق المعدنية ، فضلاً عن تطور البناء وزيادة المسامية حجماً في الترب العضوية .
- يؤثر نوع المحصول والتسميد العضوي وادارة التربة في الكثافة الظاهرية بشكل مهم. اما استخدام الآلات الثقيلة فله تأثير سلبي على الكثافة الظاهرية ويؤدي الى زيادتها بشكل واضح لاسيما في الطبقة الواقعة تحت طبقة المحراث او افق الحراثة Apمباشرة كذلك تتأثر قيم الكثافة الظاهرية برص التربة ومع العمق.

العلاقة بين نسجة التربة والكثافة الظاهرية

- 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.
- 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 فأن حجوم دقائق الرمل كبيرة وحجم المسام كبير إلا ان المجموع الكلي للمسام واطئ ولذا فالكثافة الظاهرية عاليه اما الترب الناعمة(الطينية) ذات المسام الاصفر حجماً ولكن المجموع الكلي للمسام او الفراغات يكون اكبر ولذا فان الكثافة الظاهرية تكون اقل.

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

مسام التربة Soil pores

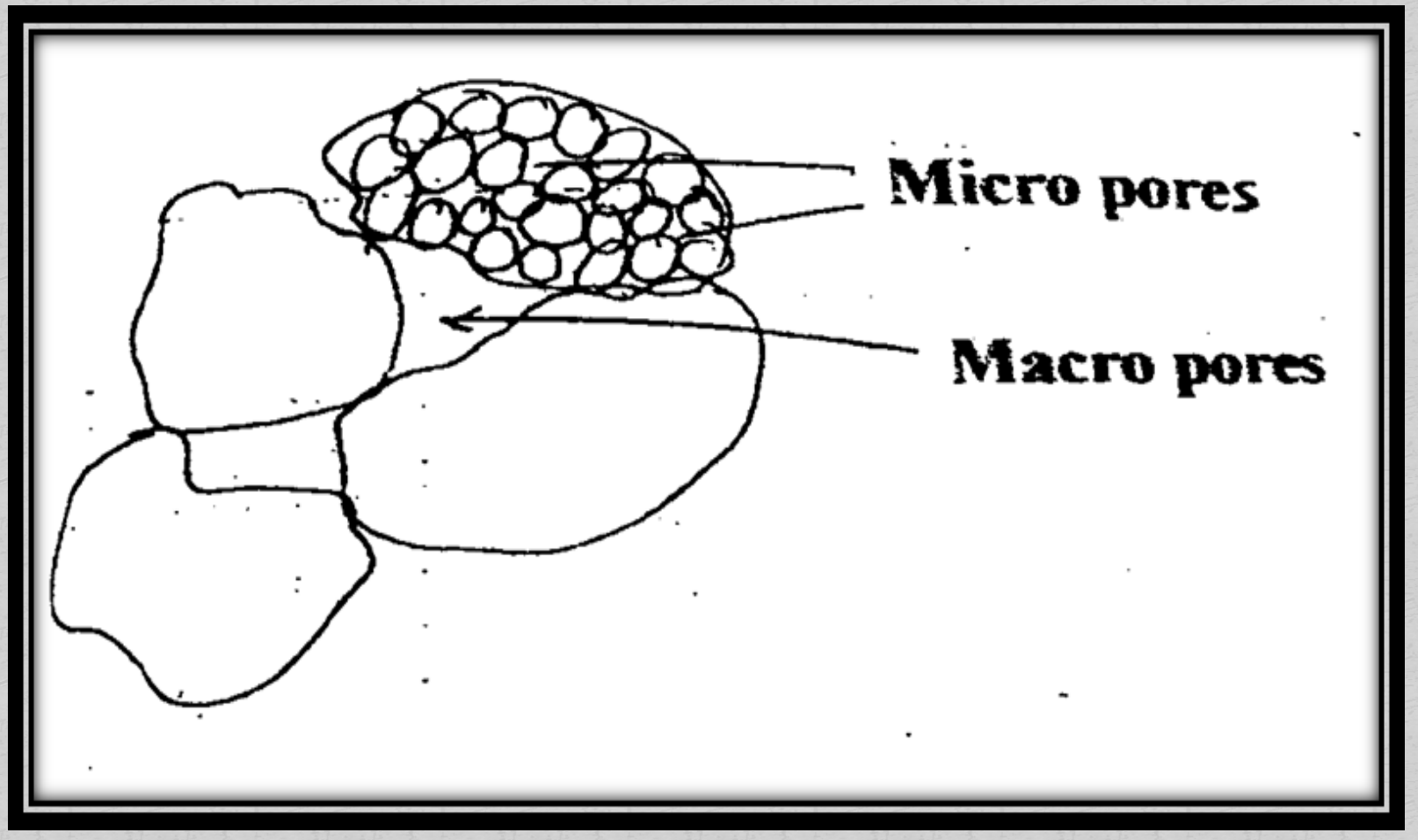
في حالة كون التجمعات aggregates (والتي عبارة عن دقيقتي تربة او اكثر ترتبط مع بعضها بقوة تزيد عن قوة تجاذبها مع المجاميع الاخرى المجاورة لها) وقد يكون سبب التكوين طبيعياً او اصطناعياً واضحاً فيمكن تقسيم حجوم المسامات الى مديين:

١ـ المسامات الكبيرة Macro pores

وهي المسامات الموجودة بين التجمعات او الواقعة بين التجمعات Inter-aggregates وهذه المسامات تعد مسارات رئيسة لنفوذ الماء في التربة وبزلها منها وتهويتها.

٢ـ المسامات الصغيرة Micro pore

وهي مسام موجودة داخل التجمعات Intra – aggregate وهذه مسؤولة عن مسك الماء والأملاح المذابة في التربة، ومع هذا لا توجد حدود فاصلة بشكل واضح بين هذين المديين والشكل الاتي يوضح هذين النوعين من المسام



شكل يوضح هذين النوعين من المسام

التربة الرملية عموماً لا يوجد فيها تركيب واضح وتكون الدقائق بشكل منفرد Single ولذا فأن هناك نوعاً واحداً من المسام كبير الحجم Macro pores . اما المسام الصغيرة فلا توجد وهذا سوف يؤثر في حركة الماء في داخل التربة والتبادل الغازي.

ولحساب المسامية تستخدم العلاقة الاتية:

$$E = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p} \right) \times 100$$

حيث أن:

- E= المسامية(%)
- ρ_b= الكثافة الظاهرية(غم/سم٣)
- ρ_P= الكثافة الحقيقة(غم/سم٣)

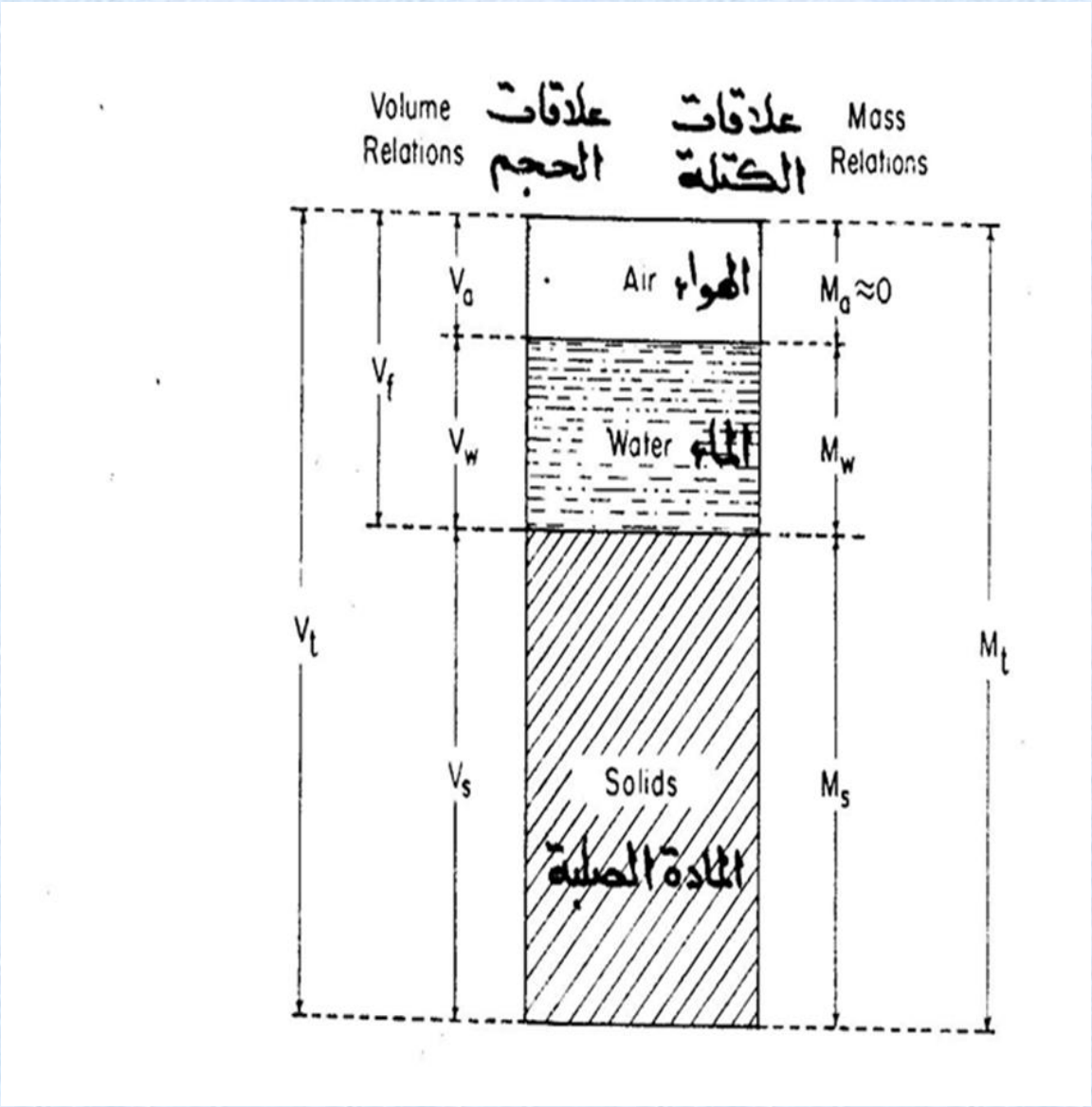
ان المسامية بالحقيقة عبارة عن حجم المسام (المشغولة بالماء والهواء) نسبةً الى الحجم الكلي (الجزء الصلب+ المسام) كنسبة مئوية ولصعوبة القياسات يفضل استخدام المعادلة السابقة من خلال حساب الكثافة الظاهرية واعتماد قيمة الكثافة الحقيقية على انها 2.65 ميكا غرام. م$^{-3}$.

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

$$\rho_b = \frac{W_s}{V}$$

$$\rho_p = \frac{W_s}{V_s}$$

$$E = \frac{V_v}{V} \times 100$$



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 و O_2 بين محيط التربة والمحيط ألجوي اذ انه نتيجة لفعاليات النبات ونشاط الاحياء يستهلك O_2 ويزداد CO_2 مقارنة بالهواء ألجوي والتهوية للتربة تعني احلال O_2 محل CO_2 وذلك لكي تجهز جذور النباتات والإحياء المجهرية بنسب جيدة من O_2. ان تهوية التربة تؤثر بشكل مباشر في نمو الجذور وامتصاص ألمغذيات ونقص التهوية الشديد يؤثر في جهد الاختزال والأكسدة مما يؤدي الى زيادة ذوبانية الحديد والمنغنيز الى نسب تصل الى السمية للنبات.

جدول يبين مكونات الهواء في التربة والهواء الجوي

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

ان سرعة التبادل الغازي مؤثرة ومهمة جداً وهذه لها علاقة بالمحتوى الرطوبي والصفات الفيزيائية الاخرى كالنسجة والبناء والكثافة والتبادل الغازي يتم من خلال الجريان الكتلي والانتشار.

وعموماً تتأثر الكثير من المحاصيل عندما تقل النسب الحجمية للأوكسجين في التربة عن 10% وتختلف حساسية المحاصيل للأوكسجين فهناك محاصيل حساسة كالقطن والذرة الصفراء وهناك محاصيل تتحمل مثل الذرة البيضاء اما الصفصاف والبردي فيستطيع العيش في ترب غدقة لأنها تأخذ الهواء عن طريق الاوراق.

Soil Temperature حرارة التربة

- تؤثر في نشاط الاحياء المجهرية ونمو النبات، ونشاط الاحياء المجهرية يؤثر في تحلل المواد العضوية ولذا نلاحظ ان المواد العضوية تتجمع في ترب المناطق الباردة وتقل في ترب المناطق الحارة عند توفر الظروف الاخرى.
- نمو الجذور والنباتات عموماً تتأثر 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 التكيف.
- 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 color

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 الانتاجية بسبب زيادة المادة العضوية والقدرة على مسك الماء والمغذيات.

يتأثر لون التربة بالأملاح والاكاسيد التي تحويها ألتربة ففي الترب المتأثرة بالأملاح يصبح لون التربة غامقاَ لاسيما في الترب السبخة ويصبح اللون ابيض في ترب الشورى وكما سنوضح ذلك لاحقاً في دراسة ملوحة ألتربة ان وجود الصوديوم لاسيما بيكاربونات الصوديوم يعطي لوناَ غامقاَ للتربة نتيجة تكون هيومات الصوديوم في الترب ألعضوية ووجود اكاسيد الحديد يعطي لوناَ خاصاَ يتأثر برطوبة التربة فهو احمر عند الظروف الهوائية وازرق تحت ظروف الاختزال. ويمكن تعيين لون التربة باستخدام دليل لون منسل (Munsell color chart) او كتاب منسل (Munsell) وهناك ارقام تدل على الوان الترب المختلفة ودلالة كل رقم.

Thank you all
Hussain F.A