طرائق الري Irrigation methods

هناك طرق عديدة للإرواء لكل منها مزاياها ومحدداتها وظروف تطبيقها وهي كالأتي :

أولا : الري السطحي(Surface irrigation)

أ- الري بالغمر (Flooding) و يقسم الى:

-الري الحوضي(Basin irrigation)

-الري السيحي (Free flow irrigation) و يقسم إلى

-الغمر الحر Free flooding

-الري الشريطي Border-irrigation

ب- ري المروز (Furrow -irrigation) وري الخطوط(Corrugating irrigation)

ثانيا: الري تحت السطحي(Sub-surface irrigation)

ثالثا: الري بالرش(Sprinkler irrigation)

رابعا: الري بالتنقيط(Drip irrigation)

إن الطريقتين ثالثا ورابعا تعتبر من طرائق الري الحديثة والتي استعملت في العراق منذ مدة ليست بعيدة و حاليا يجري نشرها بشكل واسع ضمن مشروع تقانات الري الحديثة.

طرائق الارواء : عوامل الاختيار Selecting Factors

و لتحديد أي طرائق الري نختار يجب أن نأخذ في الاعتبار عوامل عديدة وكما يلى

1- عوامل مائية(Water factors)

- كمية مياه الري Water quantity .
- نوعية مياه الري Water quality .
- مصدر تجهيز Source .
- كلفة المياه Water cost .

2- عوامل التربة (Soil factors)

- الطوبوغرافية Topography .
- نوع التربة و خصائصها Soil type .

3- العوامل النباتية(Crop factors) .

4- العوامل المناخية(Climatic factors) .

5 - عوامل أخرى مثل فترات الارواء و العوامل الاقتصادية و الاجتماعية و المكننة والمساحة المروية و مهارة المزارعين و كلفة العمل و كلفة و توفر معدات الري ومصادر الطاقة

فلسفة تقانات الرى الحديثة Principles of Modern Irrigation Techniques

لماذا طرائق الري الحديثة (الري بالرش و الري بالتنقيط) هل هي ضرورة علمية ام معالجة أنية لمظاهر شحة المياه و تزايد مخاطر الجفاف و بوادر الازمة المائية ؟

ان الاجابة على هذا السؤال تنطوي على عرض لمبدأ و فلسفة نشر هذه التقانات ان استخدام طرائق الري السطحي يحتاج الى كميات كبيرة من المياه ترافقها ضائعات مانية كثيرة تسهم في رفع مناسيب المياه الأرضية و تملح الترب و هذا واقع الحال و ما حصل فعلا في منطقة السهل الرسوبي من العراق و في بلدان عديدة فضلا عن تأثيراتها السلبية على البيئة. و قد ذكرنا إن الماء الزائد لا يقود الى زيادة في الانتاج كما يتصور البعض ((فالماء الزائد ضار و مكلف أو كلاهما)) فقد يتسبب في الآتي:

١- زيادة العبء الواقع على انظمة البزل.

٢- ارتفاع كلفة العمل .

٣- زيادة سعة المجاري المائية مما يزيد من كلفة الانشاء و التشغيل و الصيانة .

٤- غسيل العناصر الغذائية من التربة و سوء تهوية التربة مما يؤثر سلبا في الانتاج .

٥- ارتفاع مناسيب المياه الارضية و ما يرافقها من مظاهر تملح الترب و تردي خواصها .

٦- تأثير سلبي على البيئة حيث أن الماء الزائد يؤدي الى تغدق الاراضي و تكون البرك و المستنقعات التي تعد مرتعا للمسببات المرضية فضلا الى انتقال المبيدات والأسمدة الى الماء الأرضي وتلوث الاخير بهذه المواد الكيمياوية.

إن نشر طرائق الري الحديثة لم يكن معالجة آنية لمظاهر شحة المياه بل مواكبة للتطور العلمي و الحقائق العلمية التي تؤكد المزايا والمحاسن الكثيرة لهذا التقانات والتي منها

١- الاقتصاد في استعمال المياه أو السيطرة على التجهيز و تقليل الضائعات المائية
٢- تقليص عمليات التسوية و التعديل و تقليل الأيدي العاملة
٣- رفع كفاءة الري
٤- استثمار كامل للأراضي الزراعية دون ضياع.
٥- تقليل حجم المنشأت الحقلية مثل قنوات الري والبزل والمعابر .
٦- عدم اعاقة العمليات الزراعية .

الاحتياجات المائية للمحاصيل Crop water requirements

إن تحديد كمية الماء التي يحتاجها حقل معين مهمة جدا لتصميم أي مشروع للري وللاجابة على سؤال ((متى نروي و كيف نضيف الماء؟)). آن استثمار و ادخال اراض جديدة في الزراعة يتطلب تقدير الاحتياجات المائية اللازمة لري المحاصيل المختلفة التي ستزرع فيها ومقارنتها بالمصادر المائية المتوفرة .

و في ظروف المناخ الجاف وشبه الجاف يجب استغلال المياه المتوفرة استغلالا فعالا وكفوءا. إن تعيين الاستهلاك المائي للمحاصيل المختلفة هو المرحلة الأولى والمهمة (لتخطيط الإدارة المثلى للمياه المتوفرة)). ويجب أن يلم الري الناجح بما يلي:

أ: تحديد كمية المياه التي يحتاجها نظام النبات.

ب: تجهيز الكمية المحددة في الفقرة أولا.

ج: تحديد الطريقة المثلى لتجهيز المياه (طريقة الري).

وهنالك طرائق مختلفة لتقدير الاحتياجات المائية للنباتات منها مباشرة و أخرى غير مباشرة و بصورة عامة تعتمد على :

أولا: تقدير الاحتياجات المائية من معدلات استنزاف رطوبة التربة .

ثانيا: تقدير الاحتياجات المائية من المدلولات المائية المتوفرة .

وهنالك عوامل عديدة تؤثر في تقديرات الاحتياجات المائية و هي :

١. الظروف المناخية .
٢. نوع النبات و طول موسم النمو .
٣. نسبة سطح التربة المغطى بالنبات
٤. خصائص التربة .

٥. العوامل الطبيعية (خطوط الطول و العرض و الارتفاع عن سطح البحر والخصائص الطوبوغرافية للارض) .

٦، طريقة الري المستعملة و انظمة تجهيز المياه .

٧. كفائة الارواء ..

و الاستهلاك المائي يعرف بأنه ((كمية الماء التي يستهلكها نظام النبات)) ونظام النبات يشمل (النيات و التربة و البيئة المحيطة بالنبات)) ، و يشمل الاستهلاك المائي كمية الماء المفقودة بالتبخر (evaporatioh) من سطح التربة وكمية الماء المفقودة بالنتح (transpiration) من سطوح النباتات و كمية الماء المستعملة في بناء أنسجة الثبات نفسه وهي كمية قليلة لا تتعدى ١% من الفقد بالتبخر والنتح و لذلك يمكن القول ان الاستهلاك المائي يساوي التبخر والنتح ((Evapotranspiration,ET)).

ان هذا العرض الموجز يقودنا و يساعدنا في الإجابة على السؤال الذي طرحناه بداية ومفاده ((متى نروي و كم نضيف من الماء و بأي طريقة للري؟)) .

إذ يعد تقدير الاحتياجات المائية للنبات إحدى أهم الخطوات التي يجب القيام بها عند التخطيط لتنفيذ أنظمة الري المختلفة. وتشمل احتياجات الحقل الاروائية (Field irrigation repuirement) والاستهلاك المائي للمحصول (Evapotranspiration أو (Consumptive use) والضائعات المائية المختلفة وكميات المياه الأخرى التي تضاف لأغراض محددة (كمتطلبات الغسل LR) .

احتياجات الري (IR) Irrigation Requirements

وهي كمية مياه الري اللازمة لأيصال رطوبة التربة في المنطقة الجذرية الى حدود السعة الحقلية أي انها تمثل الفرق بين رطوبة التربة عند السعة الحقلية (أقصى حد للرطوبة المتيسرة في التربة) وبين رطوبة التربة عند الري

$$\mathbf{IR} = \frac{(\mathbf{M_{f.c} - M_i})\mathbf{P_B}}{\mathbf{100}}\mathbf{D}$$

IR: احتياجات الري أو عمق الماء الواجب اضافته (سم).

$M_{f.c}$: المحتوى الرطوبي عن السعة الحقلية (%).

Mi:المحتوى الرطوبي للتربة عند الري (%).

Pb: الكثافة الظاهرية للتربة (غم/ سم ٣).

D: عمق التربة (المنطقة الجذرية الواجب أروائها) وتقاس ب(سم) .

احتياجات الحقل الاروائية Field irrigation requirements

وهي كمية الماء التي تعطى فعلا في الرية الواحدة

$$FIR=\frac{IR}{Ei}$$

حيث ان :

FIR: احتياجات الحقل الاروائية (سم)

IR: احتياجات الري أو لاستهلاك المائي (ET) (سم)

Ei: كفاءة الري

وقد تدخل ضمن احتياجات الحقل الاروائية احتياجات الغسل لذلك يمكن التعبير عنها بالشكل التالي :

$$FIR=\frac{IR+LR}{EI}$$

حيث ان :

LR : احتياجات الغسل Leaching requirements.

فترات الري Irrigation Intervals

تشير فترة الري الى عدد الأيام بين ريتين متتاليتين وتعتمد على معدل الاستهلاك المائي وعلى الرطوبة المتيسرة في المنطقة الجذرية ، و عند تصميم انظمة الري فان فترة الري يجب أن تصمم على أساس عدد الأيام بين ريتين في المرحلة التي يكون فيها معدل الاستهلاك المائي للمحصول اعلى ما يمكن اذ تعتمد فترة الري على مقدار سرعة استنفاذ رطوبة التربة من قبل المحصول و كالآتي:

$$\text{فترة الري بالأيام} = \frac{\text{رطوبة التربة عند السعة الحقلية}-\text{رطوبة التربة عند الري}}{\text{اعلى معدل لاستنفاذ رطوبة التربة من قبل المحصول}}$$

زمن الري Applied on Time

الزمن اللازم لإضافة كمية محددة من الماء خلال الرية الواحدة و يتحدد بعد معرفة مايلي :

١. كمية الماء الواجب اضافتها .

٢. المساحة التي يراد اروائها .

٣. التصريف المعطى من قنوات الري أو المضخات او انظمة الري بالرش و التنقيط .

ويحتسب زمن الري من المعادلة التالية :

$$Q\ t = ad$$

حيث ان

Q: التصريف (م^3/ ساعة)

t: زمن الري (ساعة)

a:المساحة المروية (م^3)

d:عمق الماء المضاف او الذي يجب اضافته (م)

الري بالتنقيط Drip irrigation

تصنف انظمة الري الحقلي الى مجموعتين :

اولا : أنظمة الري التي يجرى فيها ترطيب كامل التربة بالماء.

ثانياً : أنظمة الري التي يجرى فيها ترطيب جزء من التربة فقط .

ويعد الري بالتنقيط من انظمة المجموعة الثانية وعادة يرد الري بالتنقيط تحت عدة تسميات Drop Irrigation، Sip Irrigation، Trickle Irrigation، Iuturnal Irrigation ، Micro Irrigation، Localized Irrigation، Flow Irrigation .

يعد الري بالتنقيط من تقانات الري الحديثة وتتكون منظومة الري بالتنقيط من شبكة من الانابيب الرئيسية وانابيب تحت رئيسية واخرى فرعية ترتبط بها المنقطات (Drippers) و (Emitters) بتصاريف محدودة وتحدد ابعادها بالمسافات بين النباتات . تنتشر المياه الخارجة من المنقطات عرضيا وراسيا بفعل قوى الخاصية الشعرية والجذب الارضي فتتخذ شكلا مستديرا . وتتوقف المساحة التي تترطب بفعل المنقط على معدل التصريف وخصائص التربة ورطوبتها ونفاذيتها . وان كميات المياه المضافة بهذه الطريقة اقل بكثير مما في الطرق الاخرى بسبب ان نسبة ما يترطب من التربة محدد بمواقع المنقطات (اي انه لايتم ترطيب كل الحقل) ، وقد يتطلب الامر زيادة معدل اضافة الماء تبعا لمرحلة نمو النبات ومعدل استنفاذ الرطوبة من التربة . تسهم هذه الطريقة في تخفيف تركيز الاملاح في المنطقة الجذرية ويمكن استعمالها عنما تكون المياه المستعملة لاغراض الري رديئة النوعية ، كما يمكن استغلال نظام الري بالتنقيط لاضافة الاسمدة والمبيدات مع المياه المضافة .

يعد الري بالتنقيط من الطرق التي تتطلب مستوى عمليا وفنيا جيدا لاغراض التصميم والتشغيل والصيانة والتطوير ، وفي المناطق الصحراوية وتحت ظروف محدودية المياه الجوفية او ارتفاع كلفة استخراجها يتطلب الامر استخدام الري بالتنقيط .

تقانة الري بالتنقيط في العراق

تعد طريقة الري بالتنقيط في العراق من طرائق الري الحديثة نسبة الى طرائق الري الشائعة كالري السطحي . ويعد اول ظهور لهذه الطريقة في العراق مطلع الثمانينات .ان الانتاج المحلي لشبكات الري بالتنقيط قد بدأ نهاية الثمانينات والذي كان عبارة عن تقليد للانتاج المستورد وبدأ

استخدامة مع محصول الطماطة في الزبير وكربلاء والنجف الا انه كان يعاني من عدة مساكل متمثلة بالانسداد وعدم انتظامية التنقيط .

مزايا الري بالتنقيط :

١. الاقتصاد في استعمال المياه والادارة السهلة للعمليات الزراعية .

٢. الاستخدام الامثل للمياه .

٣. الحاجة الى ايدي عاملة قليلة وتقليل الجهد المبذول .

٤. كنتيجة لتقليل سطح التربة المبتل فان المشكلات الناجمة عن نمو الادغال وانتشار الامراض الفطرية والحشرية تقل عند استخدام هذا النوع من الري في الزراعة المحمية.

٥. امكانية زيادة الحاصل وتحسين نوعيته من خلال السيطرة على رطوبة التربة في المنطقة الجذرية واستجابة النبات لهذة الطريقة .

٦. امكانية اضافة الاسمدة والمبيدات مع مياه الري وضمان توزيعها بصورة متجانسة .

٧. يستعمل الري بالتنقيط في الاراضي ذات الانحدارات غير المنتظمة دون الحاجة الى عمليات التسوية والتعديل .

٨. تصلح هذه الطريقة للترب ذات النفاذية العالية حيث تقل امكانية استخدام الري السطحي بنجاح .

٩. لاتظهر مشاكل ارتفاع مناسيب المياه الارضية ومشاكل تغدق الترب .

١٠. يمكن السيطرة بسهولة على عمليات الري وتجهيز المياه .

١١. عدم اعاقة العمليات الزراعية في الحقل كالعزق والرش والقطف والنقل .

١٢. تقليص حجم المنشأت في الحقل مثل قنوات الري والبزل مما يقلل من الكلفة ويرفع من كفاءة استغلال الارض .

١٣. يمكن استعمال مياه ذات ملوحة عالية نسبيا في الترب العالية النفاذية (الرملية) .

١٤. يسهم الري بالتنقيط في الحد من ظاهرة التصلب السطحي.

١٥. ضائعات التخلل العميق والسيح والتبخر قليلة جدا مما يرفع كفاءتها الى ٨٥-٩٨% .

١٦. طريقة ري ملائمة للزراعة المحمية .

١٧. المحافظة على جهد رطوبي منخفض في منطقة الجذور مما يجعل هذه المنطقة منطقة تخفيف مستمر للاملاح حيث يجرى غسل الاملاح خارج منطقة الجذور.

١٨. تستعمل تحت ظروف مناخية مختلفة .

١٩. لاتسبب تعرية التربة .

٢٠. قلة تكاليف الطاقة اللازمة للضخ .

٢١. استعمال افضل للترب الرديئة .

٢٢. يمكن استعمال تصاريف قليلة .

محددات ومشاكل الري بالتنقيط :-

١. الكلفة الابتدائية عالية نسبيا .

٢. الحاجة الى اعمال التشغيل والصيانة بصورة مستمرة مما يتطلب قدرا كبيرا من الخبرة والتدريب والكفاءة

٣. الحاجة الى توفر مصادر طاقة .

٤. انسداد المنقطات بسبب الترسبات العضوية والمعدنية والكيمياوية .

٥. غالبا ما يتحدد نمو الجذور وتزداد كثافتها في منطقة الابتلال مما يؤدي الى ضعف النمو والتقزم ، ويجعل النباتات النامية عرضه للاضطجاع عند هبوب الرياح .

٦. تلف وتكسر الانابيب والمنقطات خاصة في حالة استعمال مواد اولية غير جيدة في التصنيع كما تتعرض الانابيب الى عبث القوارض الموجودة في الحقل .

٧. في المناطق التي تشتد فيها الرياح قد تسبب حركة الحبيبات على سطح التربة الجافة الواقعة بين المنقطات ضررا للمحاصيل .

٨. تتجمع الاملاح المتراكمة على مسافة قريبة من المنقطات الى الانتقال الى المنطقة الجذرية بفعل الامطار مما يتطلب غسل الاملاح بين فترة واخرى باستعمال طرق ري اخرى ،

مكونات منظومة الري بالتنقيط :-

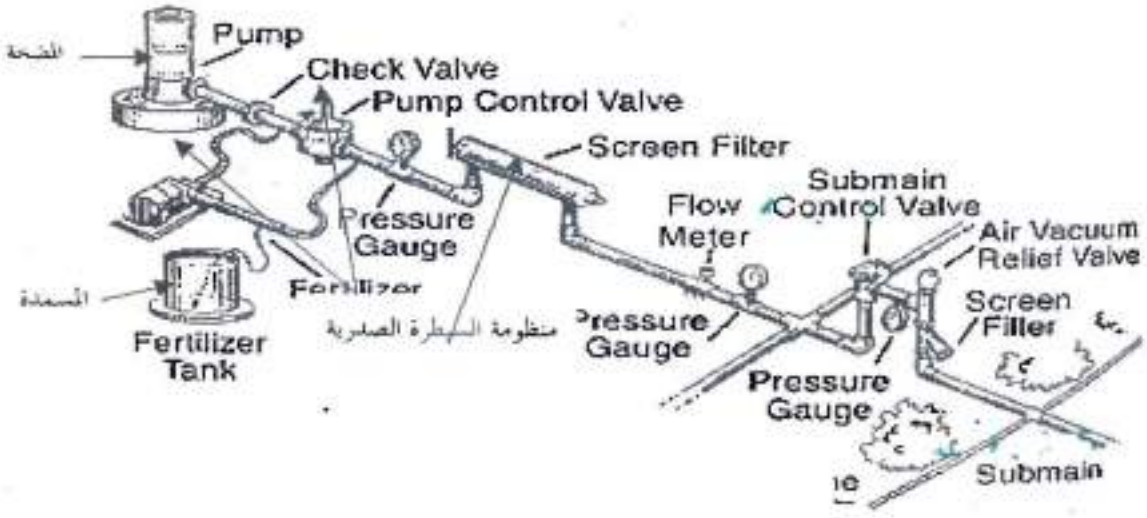
تتكون منظومة الري بالتنقيط من شبكة من الانابيب الرئيسية واخرى فرعية ترتبط بها منقطات لا تتجاوز تصاريفها ١٥ لتر في الساعة وتتحدد ابعادها بالمسافات بين النباتات ، شكل رقم (١-٥) والذي يبين منظومة الري بالتنقيط المثالية والتي تتكون من :

١. وحدة الضخ (Pumping unit): تقوم هذه الوحدة بسحب الماء من المصدر المائي والذي يكون عادة حوض ترسيب للتخلص من الشوائب والمواد العالقة خصوصا عندما تكون المياه المستخدمة في الري بالتنقيط مياه سطحية غير جوفية .

٢. وحدة السيطره الصدرية (Control head unit) : تتكون هذه الوحدة من المقاييس الخاصة بحساب التصريف والصمامات ، اضافة الى حاقنات الأسمدة ومسيطرات تلقائية والمرشحات .

٣. وحدة شبكة المنظومة : تتألف هذه الوحدة من خطوط رئيسية (Main line) التي تتسلم الماء من وحدة السيطرة وتجهزه الى الخطوط شبه الرئيسية والتي بدورها تقوم بايصال الماء الى المشعبات (manifold lines) التي تنقل الماء الى الخطوط الفرعية الجانبية وبالتالي يصل الماء الى المنقطات .

٤. المنقطات Drippers: هي عبارة عن رؤوس تجهيز للماء تصنع من مادة البولي اثيلين PE ترتبط بالانبوب الفرعي بمسافات متساوية تعتمد على نوعية النبات عادة وخصائص التربة ، وتكون الفكرة العامة لعملها هو تبديد طاقة الماء ، ان عملية تبديد طاقة الماء تتم من خلال عدة طرق ، فمنها ما يتم عن طريق استخدام ممرات طويلة وضيقة أو استخدام مبدأ الدومات الداخلية وتصميم المنقطات لكي تعطي تصاريف تتراوح بين (2–10) لتر/ساعة ، تحت ضغط تشغيلي مقدراه ١٥ م تقريبا .



شكل رقم (5-1) المكونات العامة لمنظومة الري بالتنقيط المثالية

الري بالرش :- Sprinkler irrigation

يعرف الري بالرش بانه طريقة الري التي يتم فيها ضخ المياه في شبكة من الأنابيب مختلفة الأقطار تنتهي بفتحات ثابتة او رشاشات دوارة تخرج منها المياه الى الهواء على هيئة قطرات تتساقط على الأرض والنبات تشابه المطر.

محاسن ومزايا الري بالرش

لقد أثبتت طريقة الري بالرش خلال الخمسة عقود المنصرمة، العديد من المزايا تلخص أهمها بالنقاط التالية :

١- تقليص ضائعات المياه بشكل كبير مقارنة بطرق الري السطحي التقليدية المعروفة (الالواح و الأحواض و المروز).. وعلى سبيل المثال، تصل كفاءة النقل في طريقة الري بالرش الى (100%) بسبب نقل الماء بوساطة الانابيب و في هذه الحالة لا نتوقع حصول أي فقد للماء خلال عملية نقله من المصدر (بئر او نهر...الخ) الى الحقل.. في حين تصل ضائعات النقل بطرق الري السطحي المذكورة سالفا احيانا الى اكثر من (٤٠%)، اذ أن نقل الماء بهذه الطرق يتم عادة من خلال قنوات مفتوحة قد تكون ترابية أو مبطنة وفي كلتا الحالتين يحدث فقد للماء بالتبخر والنضح من جدران القنوات والطفح من اكتافها خلال نقله من المصدر إلى الحقل. اما كفاءة اضافة المياه بطريقة الري بالرش فقد تتراوح بين (٧٠-٩٠)% ، في الوقت الذي لا تزيد على (٣٠-٥٠)% في طرق الري السطحي. ويعزى ذلك إلى امكانية التحكم في كمية المياه المعطاة بطريقة الرش وبالتالي منع فقد المياه بالتسرب العميق الى طبقات التربة البعيدة عن منال المجموع الجذري، الأمر الذي يصعب تحقيقه باستخدام طرق الري السطحي التقليدية.

٢- يمكن استعمال طريقة الري بالرش في الأراضي المتموجة ذات الانحدارات المتغيرة كما هو الحال في مناطق الاتصال بين السهول والجبال.

٣- يمكن استخدام طريقة الري بالرش كوسيلة للري التكميلي في بعض المناطق التي تكون فيها الأمطار غير كافية للزراعة المضمونة .

٤- تبرز أهمية الري بالرش بشكل واضح في الترب الجبسية و الترب الرملية الخشنة فمن المعروف أن المحاصيل المزروعة في الترب الجبسية تحتاج الى ريات خفيفة و متقاربة ، الأمر الذي لا يمكن تحقيقه الا باستخدام طريقة الري بالرش او كذا الحال في الترب الرملية .

٥- افضلية استخدامها كطريقة للري في الترب الضحلة و ذات الماء الأرضي المرتفع اذ إن استخدام طرق الري السطحي في مثل هذه الظروف سيؤدي الى ارتفاع الماء الأرضي إلى السطح وتغدق الأرض بسبب عدم امكانية السيطرة على كمية المياه المعطاة بهذه الطرق، على عكس طرق الري بالرش التي توفر سيطره كاملة على كمية المياه المعطاة في أثناء الرية.

٦- تفضل طريقة الري بالرش عندما تكون الأرض ذات قيمة (المساحات الصغيرة) اذ لا تسبب ضياعا في مساحة الأرض بسبب عدم الحاجة لأنشاء قنوات حلقية كما هو الحال في فرق الري السطحي التقليدية .

٧-يمكن استخدام الري بالرش لأغراض اخرى غير الري مثل اضافة الاسمدة المعدنية (كالأسمدة النتروجينية و البوتاسية و الفوسفاتية القابلة للذوبان بالماء واسمدة العناصر الصغرى) والمبيدات ومصلحات التربة وغسل النباتات من الغبار وحمايتها من الصقيع

الذي قد يحصل خلال موسم النمو ، وكذلك امكانية استخدام هذه الطريقة لتلطيف الجو حول النبات عند ارتفاع درجات الحرارة بشكل كبير .

محددات ومساوئ الري بالرش

يمكن إيجاز أهم محددات و مساوئ نظم الري بالرش بالنقاط الآتية:

١. صعوبة استخدام هذه الطريقة في الري عندما تكون الريح عالية والرطوبة منخفضة. إذ يؤدي ذلك إلى زيادة الضائعات المائية بالتبخر وانخفاض كفاءة الري .

٢. لايجوز استخدام مياه ري تزيد ملوحتها عن (٢,٥-٣) ديسيسيمنز/م بطريقة الري بالرش . اذ أن استخدام مياه بهذه المواصفات سيؤدي إلى حروق لأوراق النباتات تتركها قطرات ماء الرش الساقطة على الأوراق بعد تبخرها.

٣. تساهم طريقة الري بالرش في زيادة الإصابة بالأمراض و خصوصا الفطرية منها، عندما تستخدم في حقل ذات إصابة محدودة. إذ تعمل قطرات الرش القافزة من موقع لأخر إلى نقل الإصابة.

٤. إن الكلفة الأولية (الكلفة الثابتة) لنظم الري بالرش مرتفعة نسبيا مقارنة مع طرق الري السطحي المعروفة .

الري بالرش المحوري Center-pivote sprinkler Irrigation

هو من نظم الري بالرش دائمة الحركة . اي ان الرشاش يكون فيه متحركا باستمرار اثناء عملية الري . وقد تم اختراعه عام ١٩٥٢. ويستخدم على نطاق واسع في زراعة الصحراء نظرا لوجود مساحات واسعة خالية من العوارض فضلا الى ان الجهاز يكون اقتصادي في مثل هذه المساحات.ويعد الري بالرش المحوري اقل تكلفة من نظم الري نصف الثابتة ونظم الري بالتنقيط . ولكي يكون الجهاز المحوري اقتصاديا يجب ان لا يقل طول الجهاز (٤٠٠) م ، حيث يروي مساحة (٥٠) هكتار دائرية .

بعد نظام الري المحوري في الوقت الحاضر جهاز ذو مستوى عال من التقنية ومعول عليه في تغيير الوجه الزراعي وخصوصا للمناطق ذات المناخ الحار بسبب امكانياته الواسعة والمتعددة في ري الاراضي ذات الاشكال غير المنتظمة والمتموجة ، وقدرته الكبيرة في توزيع الماء والكمياويات (الاسمدة والمبيدات) بشكل متجانس.

اطلق هذا الاسم على الجهاز بسبب حركتة الدائرية حول نقطة مركزية تسمى المحور (Pivol).

مكونات الجهاز :

ولأجل فهم طريقة عمل الجهاز ، لابد من التعرف على مكونات الجهاز . يتكون جهاز لري المحوري من الاجزاء الرئيسية الاتية :

١- المحور Pivot: وهو بشكل عام يتكون من اربعة سيقان حديدية مثبتة على قاعدة اسمنتية ذات اساس في الارض – للنوع الماكث منه في الحقل – .

٢- الأذرع Spans

٣- الابراج

٤- الجامع الحلقي Collector ring

٥- لوحة السيطرة Control panel

أن اهم الوظائف التي يمكن للمشغل القيام بها من خلال لوحة السيطرة هي :

١- التشغيل والتوقف .

٢- اختيار اتجاه حركة الجهاز .

٣- اختيار سرعة حركة الجهاز والتي من خلالها يتم تحديد كمية الماء التي تعطى الى الحقل .

٦- اجهزة الاستقامة Alignment devices :

انه من الضروري معرفة ان البرج الاخير هو برج السيطرة ويعتبر القائد لحركة بقية الابراج فعندما يتحرك البرج الاخير فان جميع الابراج تتحرك لتحافظ على استقامة الجهاز.

٧- دائرة الامان Safety circuit

وهي الدائرة التي تستخدم فولتية مقدارها (١٢٠) فولت والتي يجب ان يتم توصيلها قبل اشتغال الجهاز.

محاسن نظام الري بالرش المحوري :

لهذا النوع من انظمة الري بالرش عدد من المزايا الخاصة فضلا الى المزايا العامة التي ذكرت في مقدمة الفصل . ومن اهم هذه المزايا هي مايلي :

١- يكفي عامل واحد لتشغيل نظام الري المحوري .وهذا يعد من المزايا الاساسية التي يتميز بها هذا النظام عن نظام الري نصف الثابت وخصوصا في المزارع التي تقل فيها الايدي العاملة او عندما تكون الايدي العاملة ذات كلفة مرتفعة نسبيا .

٢- يستلم الجهاز الماء عبر نقطة واحدة وثابتة تمثل مركز الحقل مما يسهل عملية نقل الماء الى هذه النقطة .

٣- يتم التحكم في تشغيل الجهاز عند نقطة واحدة ثابتة هي مركز الحقل ، وهذا يسهل عملية التشغيل ويقلل حركة الاشخاص داخل الحقل .

٤- سهولة اضافة الاسمدة والمبيدات من خلال عدة التسميد الملحقة مع الجهاز .

٥- امكانية الحصول على كفاءة توزيع وتجانس مياه عالية . اذ ان تأثير الرياح اقل مقارنة بنظم الري النصف ثابتة.

٦- المرونة في تحديث النظام المحصولي.

٧- يعطي الجهاز المستخدم مرونة في وقت وكمية اضافة الماء .

مساوئ نظام الري بالرش المحوري :

من المساوئ الخاصة للنظام مايلي :

١- المساحة المروية تكون بشكل دائري مما يؤدي الى ضياع جزء من اراضي الحقول ذات الشكل المستطيل والمربع .

٢- يحتاج الى مهارة في التشغيل والادارة وصيانة اكثر نسبيا مقارنة بنظم الري بالرش نصف الثابتة .

الري والبزل (عملي)

Irrigation and drainage

Aula Hussein Lecture -1

الخرائط :

الخريطة –: عبارة عن تمثيل لسطح الارض او الجزء منه تمثيلاً كارتوجرافياً من اجل توضيح الظاهرات الطبيعية والبشرية عليها عن طريق رسم تخطيطي يعتمد فيه مقياس رسم معين ومسقط خريطة محدد ورموز وألوان متعارف عليها .

أنواع الخرائط

١– **الخريطة الطبوغرافية Topographical map** هي نوع من الخرائط يوضح أشكال وحجم معالم سطح الأرض المختلفه مثل المرتفعات والمنخفضات ومجاري السيول والأوديه ويمكن

تمثيلها بعدة طرق مثل:

–طريقة التلوين

–طريقة التهشير

–خطوط الكنتور و يسمى ذلك النوع من الخرائط بالخرائط الكنتورية.

٢– الخريطة الجيولوجية:

خريطة طبوغرافية يظهر عليها توزيع الصخور وطبيعة التكوينات الجيولوجية , وعلاقة الصخور ببعضها. ترسم الخريطة الجيولوجية استنادا إلى خريطة اساسية وتضاريسية.

التعبير عن التضاريس

هي الشكل الفعلي لسطح الارض من ارتفاعات وانخفاضات يعبر عنها على الخرائط بخطوط تسمى **Contours** الخطوط الكنتورية . وعادة ماترسم خرائط كاملة لهذه الخطوط وتسمى بالخرائط الكنتورية.

الخريطة الكنتورية contour map: خريطة توضح شكل سطح الأرض في صورة مجسمة بالأستعانة بخطوط الكنتور .

خط الكنتور contour line:

خط وهمي يمر بنقاط لها نفس الأرتفاع بالنسبة لسطح البحر ، وينحدر سطح الارض عموديا على خطوط الكنتور وفي اتجاه خط الكنتور الأقل .

مواصفات خطوط الكنتور :

١ – خط الكنتور يمثل بترقيم معين يحدد منسوب النقط الواقعه عليه والتى تكون فى مستوي واحد ويسمى بترقيم خط الكنتور.

٢ – – لاتتقاطع خطوط الكنتور إلا نادراً فَي حالة الكهوف أو وجود تجوِّيف .

٢ – تكرار قيم الكنتور يعني انعكاس الأنحدار.

٣ –تتقارب خطوط الكنتور فَي الانحدارات الشدِّيدة و تتباعد فَي الاراضَي السهلة االانحدار.

٤ – قد يتلاقى طرفي خط الكنتور ليكون خط مغلق ... قد يظهر المنحنى كاملا في الخريطة إذا كانت المساحة التي يمثلها صغيرة وقد لايظهر سوى جزء منه إذا كانت المساحة كبيرة.

٥ – خط الكنتور المقفل وليس بداخله خط اخر يعبر عن قمة ارتفاع او قاع منخفض وذلك حسب اتجاه زيادة او نقص فى مستويات خطوط الكنتور.

٦– خطوط الكنتور لا تتفرع ولكنها قد تتماس عندما تكون الميول رأسيه (الجرف).

٧– إذا كانت أبعاد خطوط الكنتور عن بعضها متساوِّية دلت على أن أرض منتظمة المِّيل و العكس صحِّيح .

٨–كلما كانت خطوط الكنتور شدِّيدة التعرج دل ذلك على وعورة الارض .

الفتره الكنتورية contour interval:

هي المسافة الرأسية بين منسوبين متتاليين وهي فترة ثابتة فى الخريطة الواحدة وتختلف من خريطة

ألى أخرى حسب الغرض منها .

او هي الفرق فى المنسوب بين أي خط كنتور والسابق أو اللاحق له. وهي فترة ثابتة فى الخريطة

الواحدة ويعتمد إختيارها على :

١- الوقت اللازم لعمل الميزانية وتكاليفها.

٢- الغرض الذي تستخدم الخريطة من أجله.

٣- مساحة المنطقة الممثله بالخريطه ومقياس رسم الخريطة.

٤- طبيعة الارض ومعدل التغير فى سطحها والذي يتناسب طرديا مع الفتره الكنتورية.

٥- نوعية وطبيعة التفاصيل المراد توقيعها على الخريطة

أهمية الخرائط الكنتورية :

١- تعطي بيانات دقيقة وشاملة لسطح ألارض مثل التعرف على أشكال التضاريس .

٢- تساهم مع الخرائط الجيولوجية في دراسة التربة وأنواعها وتوزيعها .

٣- عن طريقها يمكن التعرف على درجة انحدار الارض فأذا تقاربت الخطوط دل على انحدار شديد واذا تباعدت دلت على قلة الانحدار ويفيد ذلك في التعرف على مدى استغلال الارض فَي تلك المناطق اقتصادياً في مختلف المجالات الزراعية ،و الصناعية ،و العمرانية و غيرها .

٤- لها أهمية كبيرة عند إقامة مشروعات الري والصرف والغاز لانها تعتمد بشكل مباشر على المناسيب والميول .

٥- تسوية الأراضي وإختيار المناطق والتجمعات السكنية وتحديد مواقع السدود والخزانات وحساب سعتها.

٦- هذه الخرائط لها أهمية كبيرة في مجالات الأنشاءات الهندسية و الأغراض العسكرية و تفيد في رسم الخرائط العسكرية واختيار المواقع العسكرية .

٧- تفيد في التخطيط العمراني وانشاء البنية التحتية كالشوارع وشبكات المياه والكهرباء وقنوات الري والصرف وانشاء الجسور .

٨- التعرف إلى كمية الأمطار الساقطة من خلال العلاقة بين عامل الارتفاع و كمية الأمطار التي تزداد في المناطق المرتفعة وبالتالي يمكن التعرف الى الحياة النباتية والحيوانات لتلك المنطقة .

٩- عن طريق هذه الخطوط يمكن رسم قطاع تضاريسي للمنطقة التي تمر بها فإذا تم تحديد نقطتين يُتم التوصيل بينهم ويسمى الخط الواصل بينهم باسم خط القطاع .

إعداد الخرائط الكنتورية

يعتمد إعداد الخرائط الكنتورية على تحديد إرتفاعات نقاط مختارة في المنطقة المراد عمل خريطة لها ... تعرف هذه النقاط بنقاط المناسيب

نقطة المنسوب level point: نقطة مسجل إرتفاعها من منسوب سطح البحر ويكون موجبا إذا كانت أعلى سطح البحر ويكون سالبا إذا كانت أدنى من مستوى سطح البحر.

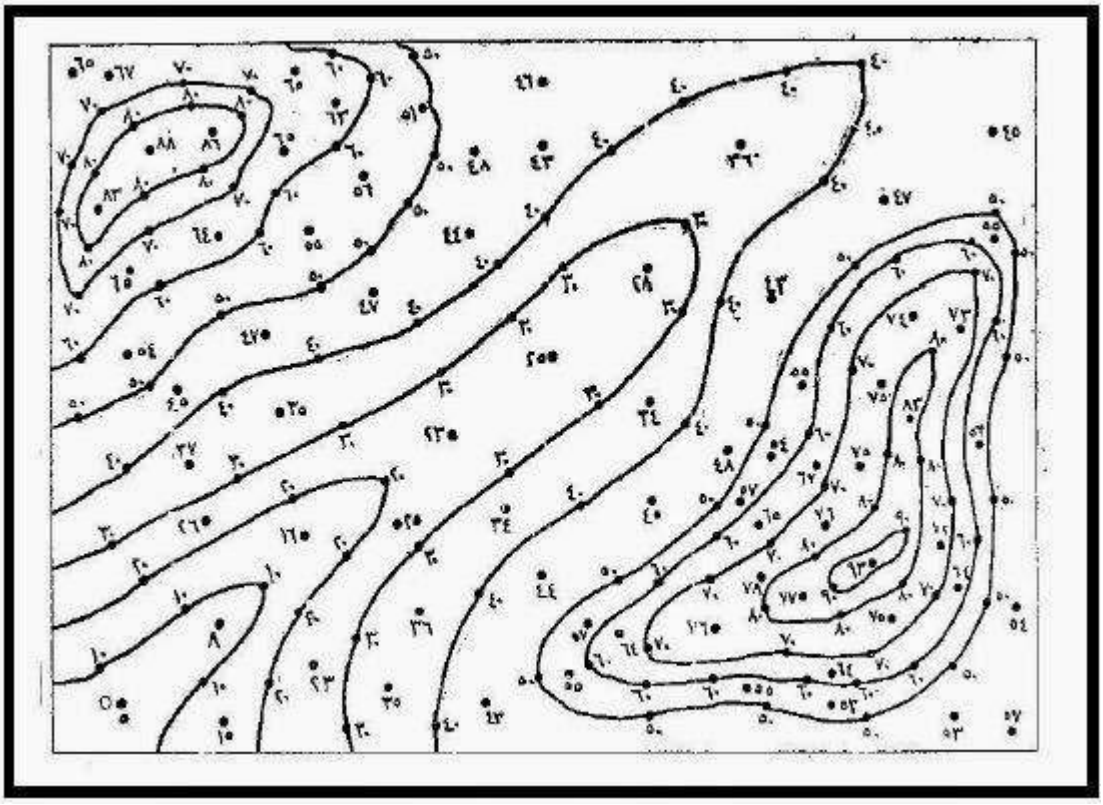
خطوات إعداد الخريطة الكنتورية:

١ - تحديد نقاط المناسيب للمنطقة المراد رسم خريطة لها بآلآت معينة

٢ - عمل شبكية للمنطقة عن طريق نقاط المناسيب

٣ - توصل نقاط المناسيب ذات الارتفاع الواحد للحصول على خطوط كنتور.

٤ - تبين أشكال خطوط الكنتور وارتفاعاتها تضاريس المنطقة .

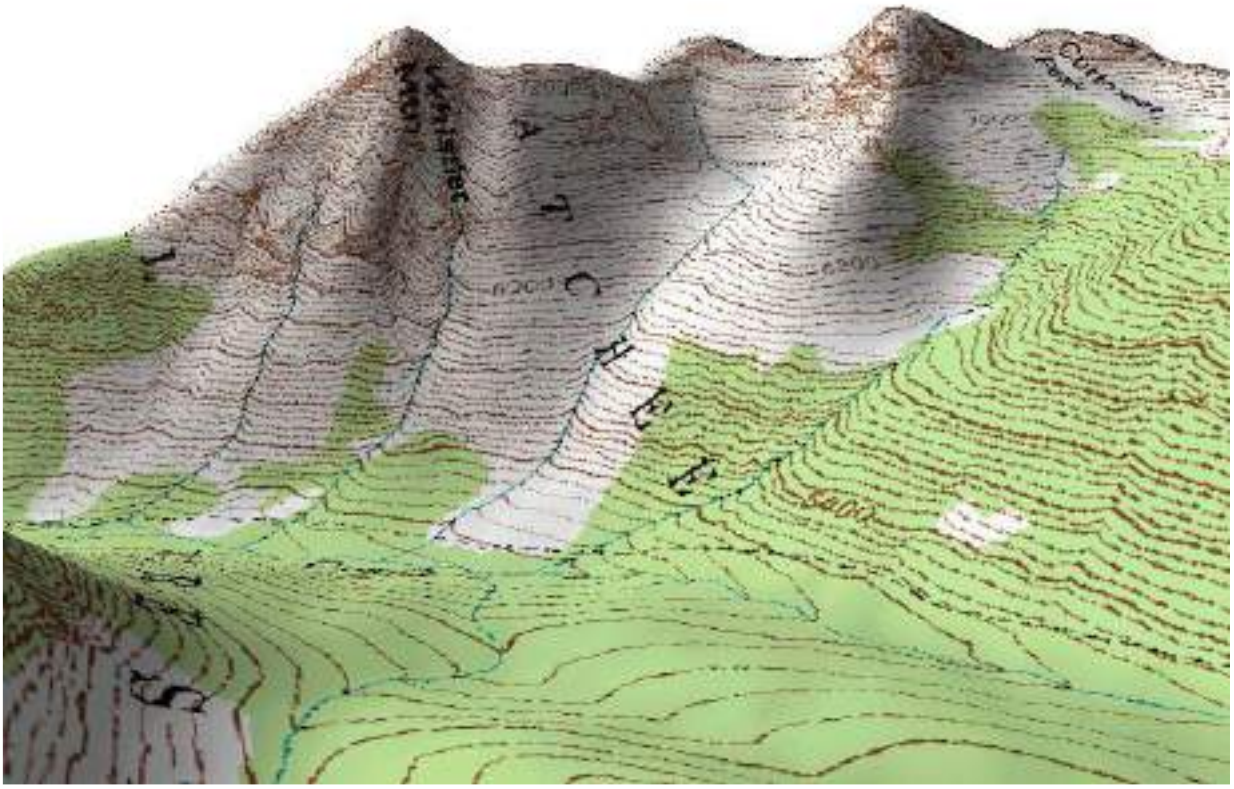


شكل يوضح خريطة كنتورية بعد الانتهاء من توصيل جميع خطوط الكنتور

وأصبح العلم الحديث يمكن من خلاله رسم خريطة كنتورية من خلال المرئيات (الصور) الجوية والفضائية والحصول علي معلومات متنوعة من سطح الارض ، بما فيها ارتفاعات النقاط بواسطة صور جوية او فضائية ، ملتقطة بواسطة اجهزة استشعارية ، محمولة علي متن الطائرات او في الاقمار الصناعية .

ويتم استخلاص ارتفاعات النقاط وتحديدها من الصور الجوية والفضائية عن طريق تحليلها بواسطة اجهزة خاصة ، وبرامج تحليل الصور الفضائية وبرامج نظم المعلومات الجغرافية GIS . تجدر الاشارة الي انه توجد الان صور فضائية خاصة لتحديد ارتفاعات النقاط علي سطح الارض ، تسمي نموذج الارتفاع الرقمي DEM ، وهي علي شكل بيانات خلوية raster ، اي تحوي علي ارتفاعات جميع نقاط سطح الارض في المنطقة الجغرافية المصورة . تبين ارتفاعات النقط ، المستخلصة من الصور الفضائية بأشكال مختلفة منها ، خطوط الكنتور.

خرائط كنتورية تم تحليلها بواسطة برامج تحليل الصور الفضائية



الري والبزل (عملي)

Irrigation and drainage

Aula Hussein Lecture 2&3

رطوبة التربة soil moisture

يعتبر تقدير المحتوى الرطوبي في التربة من الفعاليات الاساسية التي نحتاج اليها في عمليات الري ، وقد اتضح لنا ان من بين ماتهدف اليه ممارسات الري في الحقل هو توفير الكميات المناسبة من المياه في التربة بقصد تزويد النبات باحتياجاته المائية وبيسر . يشتمل الماء المتيسر للنبات على الماء الموجود في التربة بين حدود السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم ، لذلك تهدف عمليات الري الى ايصال المحتوى الرطوبي في التربة الى حدود السعة الحقلية ليصبح في متناول النبات .

أن الاجابة على سؤال (ما هي كمية الماء الواجب اضافتها وما هو موعد الأضافة المناسب) يستدعي معرفة رطوبة التربة وتوزيعها ، كذلك فان اختبار تناسق توزيع مياه الري (uniformity) وكفاءة الريefficiency يتطلبان التعرف على توزيع الرطوبة في مقد التربة . أن اضافة كميات قليلة من المياه عند الري لا تكفي لايصال رطوبة التربة إلى حدود السعة الحقلية قد يجعل استفادة النبات من المياه المضافة محدودة . كما أن الاستخدام المفرط لمياه الري قد يزيد عن قابلية التربة وحاجة النبات ويكون سببا في ارتفاع منسوب الماء الأرضي وتملح الترب ، وبتقدير المحتوى الرطوبي للتربة نضمن تحقيق كفاءة عالية في ادارة عمليات الري واستثمار الموارد المائية وزيادة انتاجية التربة . وسنتناول عرض بعض طرق قياس المحتوى الرطوبي للتربة :

١-الطريقة الوزنية Gravimetric method

وهي طريقة مباشرة لقياس رطوبة التربة وتتضمن تجفيف عينات التربة في الفرن على درجة ١٠٥ م حتى ثبوت وزنها ثم تحسب النسبة المئوية للرطوبة ويمكن تمثيل رطوبة التربة بعدة طرق منها

أ- التمثيل على اساس وزن التربة الجافة (pw)

$$Pw=\frac{M_W}{M_S}\times 100$$

حيث ان Mw = كتلة الماء المفقود

MS = وزن التربة الجافة

ب-التمثيل على اساس الوزن الرطب (Pww)

$$Pww=\frac{M_W}{M_w+M_S}\times 100$$

ج- التمثيل على اساس الحجم (Pv)

$$Pv =\frac{V_W}{V_S+V_f}\times 100$$

حيث ان

Vw = حجم الماء المفقود

Vs = حجم التربة

Vf = حجم المسامات

ويمكن التعبير عن نسبة الرطوبة الحجمية بدلالة نسبة الرطوبة الوزنية والكثافة الظاهرية للتربة .

$$Pw=Pw * \frac{\rho_B}{\rho_W}$$

حيث ان

ρ_W . ρ_B, كثافة الماء والكثافة الظاهرية للتربة على التوالي .

د- التمثيل بدلالة العمق (d)

حيث يمكن حساب عمق الماء الواجب اضافته للتربة او الموجود في التربة بدلالة عمق معين من التربة (يتحدد بعمق المنطقة الجذرية للنبات)

$$d=\frac{P_V}{100} \times D$$

حيث ان D عمق التربة

مثال : عينة تربة تزن ١٠٠ غرام وضعت في فرن على درجة حرارة ١٠٥ْ م وعند ثبوت وزنها اصبح ٧٥ غم .

١- احسب النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الجاف والرطب ؟

٢- ماهي نسبة الرطوبة الحجمية بافتراض ان كثافتها الظاهرية ١,٣ غم/سم٣ ؟

٣- ماهو عمق الماء الموجود في التربة بافتراض ان عمق التربة ١٥٠ سم ؟

الحل :

كتلة الماء المفقودة (Mw)= وزن التربة الرطبة – وزن التربة الجافة

=١٠٠-٧٥

=٢٥ غم

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة (pw)} = \frac{\text{كتلة الماء المفقود}}{\text{وزن التربة الجافة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٢٥}{٧٥} \times ١٠٠$$

$$= \%٣٣,٣$$

$$\text{النسبة المئوية للرطوبة (pww)} = \frac{\text{كتلة الماء المفقود}}{\text{وزن التربة الرطبة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{٢٥}{١٠٠} \times ١٠٠$$

$$= \%٢٥$$

$$\text{النسبة الرطوبة الحجمية (pv)} = \text{النسبة المئوية للرطوبة الوزنية (pw)} \times \frac{\text{الكثافة الظاهرية للتربة}}{\text{كثافة الماء}}$$

$$= ٣٣,٣ \times \frac{١.٣}{١}$$

$$= \%٤٣,٢٩$$

عمق الماء الموجود في التربة (d) = $\frac{\text{نسبة الرطوبة الحجمية}}{١٠٠}$ × عمق التربة

= $\frac{٤٣.٢٩}{١٠٠}$ × ١٥٠ = ٦٤,٩٣ سم

٢- طريقة الواح المقاومة الكهربائية

Electrical resistance blocks method

تستخدم هذه الطريقة للاستدلال على رطوبة التربة من خلال قياس المقاومة للتوصيل الكهربائي بين قطبين . تستعمل قطع او الواح مصنوعة من الجبس (GYPSUM) او النايلون او الصوف الزجاجي (FIBER GLASS) تحتوي بداخلها على اقطاب كهربائية ، وعند وضعها على العمق الذي يراد معرفة المحتوى الرطوبي عنده يصل المحتوى الرطوبي لهذه الالواح المسامية الى حالة توازن مع محتوى التربة الرطوبي لذا فأن المقاومة بين القطبين ستتغير مع رطوبة الواح المقاومة . تقاس المقاومة الكهربائية بواسطة مقياس المقاومة (resistance meter) . ان الواح المقاومة ذات انواع واشكال واحجام مختلفة ولكن مبدأ عملها واحد . ولكي نعبر من خلالها بصورة دقيقة عن رطوبة التربة لابد من تعييرها والحصول على منحنيات قياسية لهذا الغرض .

تعيير الالواح :

من الضروري تعيير الواح المقاومة مع المحتوى الرطوبي والشد الرطوبي للتربة بقصد رسم منحنى قياسي ويستخدم لمعرفة رطوبة التربة :

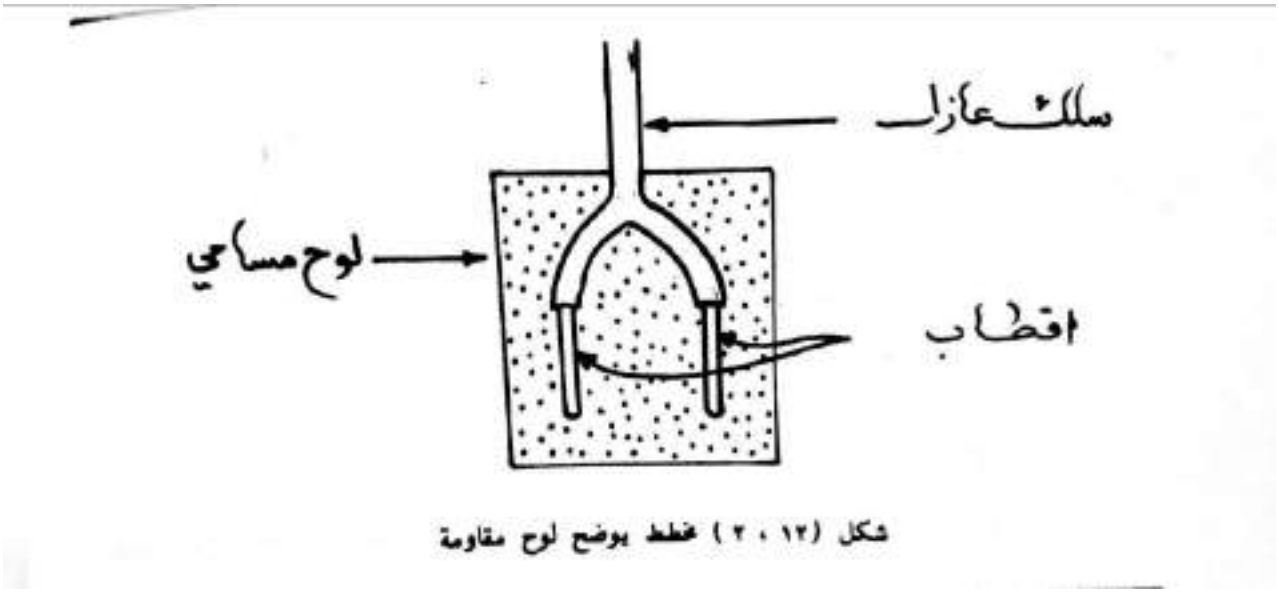
١- التعيير مع المحتوى الرطوبي: ويتم غالباً في الحقل حيث توضع الواح المقاومة في التربة عتد مستويات رطوبية مختلفة وعند حصول حالة الاتزان تؤخذ عينات من التربة وتقدر فيها نسبة الرطوبة (بالطريقة الوزنية) وتسجل حينها المقاومة المقاسة للتوصيل الكهربائي باستعمال جهاز المقاومة الكهربائية عند كل محتوى رطوبي ، ويرسم المنحنى القياسي الذي يمثل العلاقة بين قراءة الجهاز (المقاومة) والمحتوى الرطوبي للتربة .

٢- التعيير مع الشد الرطوبي : تؤخذ عينة من التربة وتوضع فيها الواح المقاومة وتسلط عليها شدود مختلفة في المختبر بأستعمال اجهزة الضغط

(pressure plate and pressure membrane) وتؤخذ قراءات المقاومة عند كل شد مسلط ويعمل منها منحنى قياسي يمثل العلاقة بين قراءة الجهاز (المقاومة) والشد

الرطوبي للتربة وهنا تبرز الحاجة الى استعمال منحنى الشد الرطوبي للتربة بهدف معرفة رطوبة التربة .

نظرية الاستخدام : يتوقف مبدأ عمل الواح المقاومة على ان التوصيل الكهربائي للتربة يقل بأنخفاض محتواها الرطوبي وهذا يعني ان المقاومة التي تبديها التربة للتوصيل الكهربائي تزداد بأنخفاض المحتوى الرطوبي . لذلك يمكن قياس المقاومة التي تبديها التربة اذا ماوصلت بدائرة كهربائية باستعمال جهاز لقياس المقاومة الكهربائية حيث يحصل اتزان بين الواح المقاومة والتربة وعند ذلك يمكن قراءة المقاومة على الجهاز والتي تعبر عن رطوبة التربة .



شكل (١٢ ، ٢) مخطط يوضح لوح مقاومة

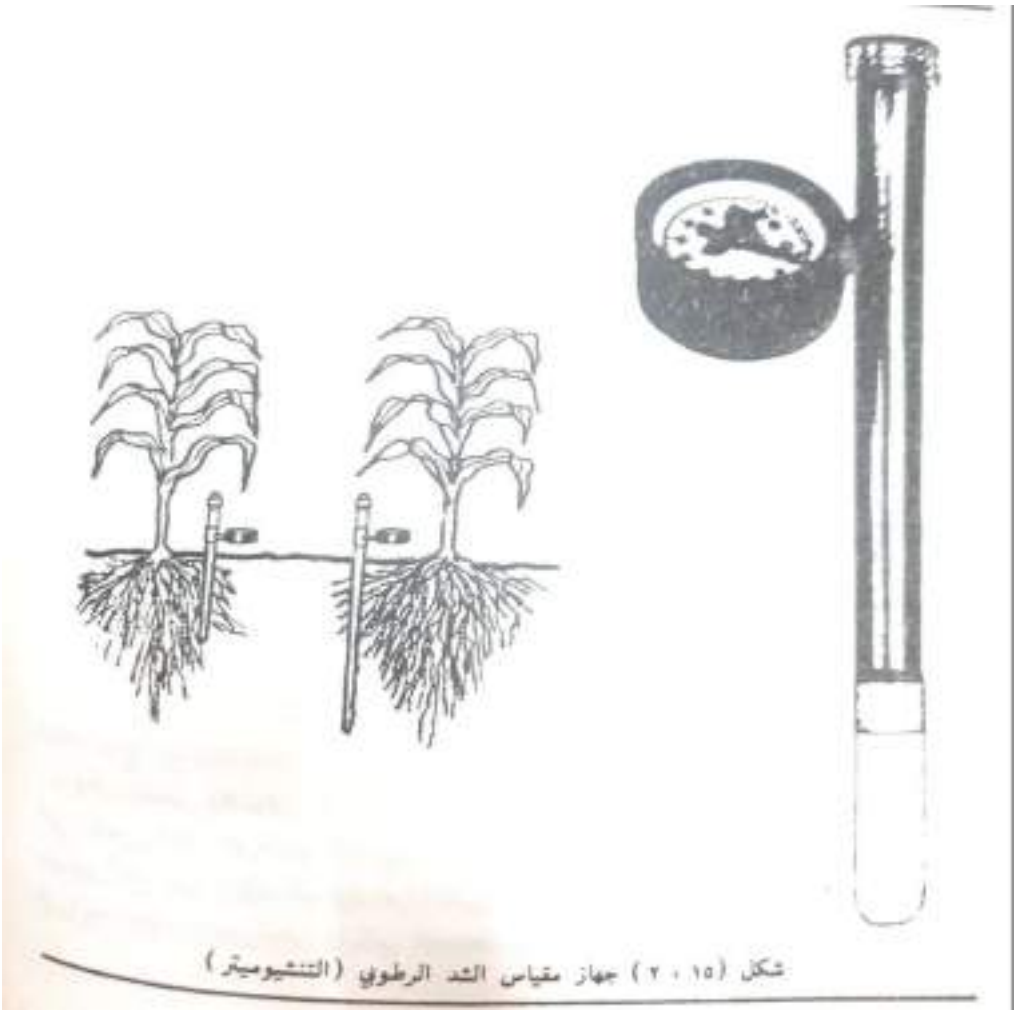
شكل (١٣ ، ٢) جهاز قياس المقاومة الكهربائية

٣- طريقة جهاز مقياس الشد الرطوبي : Tensiometer method

يمكن تقدير المحتوى الرطوبي للتربة باستخدام مقاييس الشد (Tensiometers) التي تقيس الشد الرطوبي الناشيء عن جهد المادة (matric potential) . يتألف مقياس الشد من وعاء مسامي من السيراميك يرتبط بأنبوب يمثل جسم الجهاز يقع في نهايته غطاء، ويرتبط بمقياس للضغط وعادة يدرج المقياس بوحدات الضغط الجوي او البار او سم ماء او سم زئبق او الكيلو باسكال حيث يقيس حتى ضغط مقداره ٠,٨٥ ضغط جوي ، تعتمد الفكرة الاساسية للجهاز على حدوث اتزان بين جهد الماء بداخل الجهاز مع الشد الرطوبي للتربة عند اتصالها خلال الوعاء المسامي ، وعندما يوضع الجهاز على اعماق التربة المناسبة يمكن قراءة الضغط المسجل . فلو افترضنا وضع مقياس الشد في التربة بعد الري مباشرة فأن فرق الضغط يكون اقل مايمكن او معدوم ولكن مع استمرار استهلاك النبات للماء والفقد بالتبخر والنتح والبزل ينشأ فرق في الضغط يؤدي الى ان جزء من الماء الموجود في الجهاز يتحرك للتربة تاركاً فراغا جزئيا يسجله جهاز قياس الضغط .

يستعمل هذا الجهاز في الغالب للدلالة على مدى الحاجة للري ويعيير بنفس طريقة تعيير جهاز الواح المقاومة ، يصلح هذا الجهاز للترب الرملية اكثر مما للترب الطينية وئلك لان

الجزء الاكبر من الرطوبة المتيسرة فيها تكون ممسوكة بشد اقل من (١٠٠ كيلو باسكال).
توضع مقاييس الشد قرب منطقة النمو الفعالة للجذور ويتحدد عددها تبعاً لطبيعة التربة



شكل (١٥ ، ٢) جهاز مقياس الشد الرطوبي (التنشيومتر)

ومدى تجانسها .

٤- طريقة الاستطارة النيوترونية او المجس النيوتروني

Neutron scattering or neutron probe method

استخدمت طريقة الاستطارة النيوترونية كطريقة دقيقة وسريعة لقياس المحتوى الرطوبي للتربة في الحقل .

أن مبدأ هذه الطريقة يستند على قياس عدد ذرات الهيدروجين الموجودة في حجم معين في التربة والذي يستدل منه على عدد جزيئات الماء في نفس وحدة الحجم من التربة .

تختلف درجة استطارة النيوترونات عندما توضع على اتصال مع ترب ذات محتوى رطوبي مختلف .

تتضمن الطريقة قذف نيوترونات سريعة الى التربة من المجس النيوتروني ونتيجة لاصطدامها بذرات الهيدروجين فأن طاقتها الحركية ستنخفض وتبطأ حركتها فترتد الى الجهاز . تجري القياسات بأنزال حامل المجس النيوتروني داخل التربة الى العمق المطلوب عن طريق سلك كهربائي فتنبعث النيوترونات من المصدر المشع الى التربة وهي عبارة عن دقائق غير مشحونة (ولها تقريبا نفس وزن ذرة الهيدروجين الموجودة في التربة) فتصطدم بذرات الهيدروجين وتتبعثر في كل اتجاه فتفقد جزء من طاقتها الحركية ومع استمرار الاستطارة او التشتت والانخفاض في الطاقة ترتد الى حامل المجس النيوتروني على هيئة نيوترونات بطيئة الحركة وتمتص من قبل الكاشف (detector) الذي هو في الحقيقة البورون ١٠ المشع وتتكون جزيئات الفا ، وعند تأيين هذه الجزيئات تتحول الى نبضات وبواسطة الموسع تنتقل النبضات عن طريق السلك المثبت الى العداد . تؤخذ عدد النيوترونات الممتدة في وحدة الزمن والتي يسجلها العداد كدليل على تركيز الهيدروجين في التربة (المحتوى الرطوبي للتربة) . تتميز هذه الطريقة بدقتها وسهولتها وسرعتها ولاتتأثر بتركيز الاملاح في التربة او نسجة التربة غير انها مرتفعة الثمن .

الري والبزل (نظري)

Irrigation and drainage

Aula Hussein

Lecture -1

المقدمة :

للري دوراً مهماً في تطور الزراعة في المناطق الجافة وشـــبه الجافة على وجه الخصـــوص . ان اهمية الري كما اشـار احد العلماء « الري في بعض الاقطار فن قديم ، قديم قدم الحضـارة ولكن لكل العالم فان الري علم حديث انه علم البقاء » . وتمتاز الزراعة الاروائية بامكانية التحكم بعوامل الانتاج بدرجة اكبر وأكفأ مما هو عليه بالزراعة الجافة وفي الغالب لايمكن الاعتماد على المطر كمصـدر وحيد للري اذا ماريد تحقيق اسـتغلال امثل للاراضـي الزراعية . فالاعتماد على الامطار كمصـــدر وحيد لأمداد النبات باحتياجاته المائية يترك الانتاج الزراعي عرضـــة للعوامل البيئية التي يصعب التحكم بها من قبل الانسان . ان المحافظة على مستوى مناسب للرطوبة في التربة يكفي لاسـتمرار نمو النبات يحتم الاعتماد على انظمة ثابتة للري لتحقيق اعلى اسـتفادة من عوامل الانتاج الاخرى .

لقد تركزت الزراعة الاروائية في المناطق الجافة وشبه الجافة والتي تشكل نسبة كبيرة من مساحة العالم والعراق جزء منها . وهذه المناطق اضـافة الى انها تسـتلم كميات محدودة من الامطار فان توزيعها يتميز بعدم الانتظام وقد تمر بفترات جفاف خلال الســـنة وهذا يتطلب بالنتيجة التركيز على الزراعة الاروائية بهدف تحقيق انتاجية عالية وتنويع في الانتاج الزراعي ، كذلك لاتنحصـــر اهمية الري على المناطق الجافة وشبه الجافة بل تتعداها الى المناطق الرطبة وشبه الرطبة حيث تبرز الحاجة الى الري التكميلي عندما تكون فترات سقوط الامطار غير منتظمة على مدار موسم

نمو النبات . وتبلغ نسبة الاراضي المروية ١٦% من الاراضي المزروعة في العالم ومن المتوقع زيادتها مستقبلاً .

الري irrigation

هو عملية أضـــافة الماء الى التربة لغرض تجهيز الرطوبة الضـــرورية لنمو النبات على الوجه الأكمل . أو هو الاضافة الألية للماء كمورد طبيعي اساسي لسد الاحتياجات المائية للمحاصيل التي تحقق مردود أقتصادي جيد ولا تسبب تدهور التربة والحفاظ على مستوى مناسب من الماء الجاهز يعتمد على نوع التربة ونوع النبات والظروف المناخية .

تتطلب عملية الري السيطرة على مصادر المياه وتوجيه الماء من المصدر الى الحقل واضافته باحدى طرق الري اما فوق ســطح التربة ســيحا كما في ري الالواح والمروز والري بالرش والري بالتنقيط السطحي او الري تحت سطح التربة بالري تحت السطحي ، تتطلب الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة تكرار عملية الري (Irrigation Frequency) على فترات ري (Irrigation Intervals) للمحافظة على رطوبة تضـــمن جاهزية عالية للماء في المنطقة الجذرية تســـهل امتصـــاص الماء والمغذيات من قبل النبات وتقلل مخاطر الاجهاد المائي مما تؤدي الى زيادة الانتاج نوعاً وكماً .

أهميه الري او فوائد الري :

١- تبريد التربة وترطيب التربة و الجو المحيط لجعل البيئة ملائمة لنمو النبات .

٢- تأمين المحصول ضد فترات الجفاف القصير المدى التي تتخلل سقوط الامطار.

٣- حماية النباتات من الانجماد .

٤- تسهيل عمليات خدمة المحصول .

٥- السيطرة على تعرية الرياح .

٦- أمكانية اضافة مواد كيميائية ذائبة مع الماء .

٧- غسل وتخفيف الاملاح في منطقه الجذور.

٨- تقليل خطوره القشرة السطحية للتربة .

٩- الاستغلال الأمثل للموارد المائية والحفاظ عليها .

١٠-تجهيز الرطوبة الضرورية لنمو النبات أو سد النقص في الماء الذي تحتاجه النباتات .

١١ - يوفر فرص أنتاج عالية من المحاصيل الزراعية .

الزراعة والري : Agricuiture & Irrigation

تقسم الزراعة الى ثلاثه اقسام من حيث تزويد المحاصيل بالرطوبة اللازمة للنمو والانتاج

١- الزراعه المطرية : هي الزراعة التي تعتمد على الامطار بشكل كلي بحيث تكون الامطار كافية لأنتاج اغلب المحاصيل الزراعية كما هو الحال في شمال أوروبا

٢- الزراعة الجافة (الديمية): هي الزراعة التي تعتمد على الامطار الموسمية اذ تؤمن الأمطار احتياجات النبات المائية خلال موسم الامطار فقط وهذا الذي يحصل في المناطق الجافة وشبه الجافة كما في شمال العراق.

٣- الزراعة الاروائية :هي الزراعة التي تعتمد على الري في تجهيز كافة الاحتياجات المائية للنبات .

الري الكلي Total Irrigation: هو توفير جميع الاحتياجات المائية للمحاصيل عن طريق الري و لا يمكن الأعتماد على الامطار في ري المحاصيل و هذا هو الحال في جنوب العراق وفي مصر .

الري التكميلي Supplementary Irrigation:- هو أعطاء ريات أضافية في فترات الجفاف القصير المحاصيل التي تعتمد في نموها على الامطار وبذلك يتم ضمان أنتاج أمثل وبنوعية جيدة كما هو الحال في جنوب اوروبا و مشروع ري الجزيرة في شمال العراق.

مصادر مياه الري : Sources Of Irrigation Water

١- ماء التساقط باشكاله المختلفة.

٢- المياه السطحية العذبة المختلفة كالأنهار والجداول والبحيرات والاهوار.

٣- المياه الجوفية ذات النوعية الجيدة والكافية لزراعة أروائية و يمكن استخراجها عن طريق الابار والينابيع .

علم الري Irrigation Science :

علم يبحث في مصادر مياه الري وطرق التحكم بها واستغلالها وايصالها للحقول الزراعية ..

مهام علم الري :

١- تخزين مياه الري بانشاء السدود والخزانات.

٢- نقل وتوزيع المياه من مصادرها الى الحقول.

٣- أضافة المياه الى الحقول بطرائق ري مناسبة .

٤- تقييم كفاءة الري خلال مراحل الري المختلفة .

٥- تحديد عمق الماء المناسب والواجب أضافته للنبات كاحتياجات ري .

٦- استغلال الطاقة المائية في توليد الطاقة الكهربائية .

٧- تحديد فترات الري وزمن الري .

خصائص التربة الفيزيائية المرتبطة بالري :

يتطلب من المشتغلين بالري والزراعة الالمام بعوامل وخصائص عديدة يتعلق قسم منها بدراسة خصائص التربة الفيزيائية ذات العلاقة بالري ، لذا نجد من الضروري الاحاطة ببعض الخواص المرتبطة ارتباطاً مباشراً بالري وكما يلي :

١- نسجة التربة Soil Texture :

تعرف نسجة التربة بانها التوزيع النسبي للاحجام المختلفة لمفصولات التربة وهي الرمل والغرين والطين . وتشير نسجة التربة الى مدى خشونة او نعومة التربة وسهولة او صعوبة خدمتها . ان معرفة نسب المكونات الاساسية للتربة ذات دلالة كبيرة ، فالتربة التي يسود فيها الطين تكتسب قواما ناعماً وتكون خدمتها صعبة . ان زيادة نسبة الطين يعني زيادة المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة مما يزيد من قدرتها على الاحتفاظ بالماء وزيادة فعاليتها الكيميائية ومحتواها من العناصر الغذائية وغيض الماء فيها بطيء والايصالية المائية قليلة وتصعب خدمتها . بينما تكتسب التربة التي يسود فيها الرمل قواماً خشناً وانخفاض في قدرتها على الاحتفاظ بالماء وانخفاض في الفعالية الكيميائية والعناصر الغذائية والغيض فيها سريع والايصالية المائية كبيرة وتسهل خدمتها ، وتؤثر نسبة الدقائق الخشنة تأثيراً مباشراً على الخصائص المائية وتهوية التربة . وعموماً فأن التربة التي تحتوي على نسب متساوية او متقاربة من الرمل والغرين والطين او

الترب المتوسطة النسجة كالترب المزيجة تمتلك احسن الخصائص التي تسهل عمليات الري وترفع من كفاءة الزراعة الاروائية . وتعتبر نسجة التربة عاملاً مهماً الى درجة كبيرة في تحديد عمق الماء الذي يمكن تخزينه في عمق معين من التربة .

٢- بناء التربة : Soil Structure

يقصد بتركيب التربة بأنه انتظام دقائق التربة الاولية (Primary particles) ومجاميعها (aggregates) في نظام معين . يؤدي الاختلاف في انتظام هذه الدقائق والمجاميع بين تربة واخرى الى اختلاف في احجام واشكال وانتظام المسامات البينية (pore spaces) ، والذي يؤثر بدوره على حركة الماء وقابلية التربة على مسك الماء وتهوية التربة وحرارتها وكثافتها الظاهرية وخصوبتها وفعالية الأحياء الدقيقة ومقاومة التربة لنمو الجذور وتحملها لحركة الالات الزراعية . إن جميع الفعاليات التي يقوم بها الفلاح من الحراثة والعزق والبزل والتسميد واضافة

المحسنات ما هي الا محاولات لتغيير تركيب التربة . يمكن تقدير تركيب التربة بمعرفة حجم وشكل ووضوح مجاميع التربة بالدرجة الأساسية وكذلك ثباتيتها وصلابتها وطبيعة توزيع مسامها. يعتبر تركيب التربة عاملا مهما في تحديد الكثير من خصائص التربة خاصة طبيعة التوزيع الحجمى للمسام وما لذلك من تأثير على حركة الماء وتوزيعه في مقد التربة .

٣- كثافة التربة soil density

تعرف الكثافة الحقيقية للتربة (particle density) بأنها كتلة وحدة الحجوم لدقائق التربة الصلبة (يشمل الحجم هنا فقط المادة الصلبة) ، وتتراوح عادة لمعظم الترب المعدنية بين ٢،٥٥ -٢,٧٥

غم/سم٣ وتقل في الترب العضوية نظراً لأنخفاض كثافة الدبال . أما الكثافة الظاهرية للتربة (Bulk Density) فتعرف بأنها كتلة وحدة الحجوم للتربة الجافة (ويشمل الحجم هنا

المادة الصلبة والمسامات).

ترتبط الكثافة الظاهرية اساسا بنسجة وتركيب التربة وعمليات خدمة التربة والمادة العضوية ، وتعكس لنا الكثافة الظاهرية مسامية التربة وسهولة حركة الماء فيها وتهويتها وانتشار الجذور فيها . تكتسب الكثافة الظاهرية للتربة اهمية خاصة للمشتغلين في الري في حساب كميات المياه الواجب اضافتها للتربة لايصال محتواها الرطوبي لحد معين .

٤ _ مسامية التربة Soil Porosity

يقصد بالمسامات البينية ذلك الجزء من حجم التربة المملوء بالماء والهواء ، وترتبط مسامية التربة ارتباطاً وثيقاً بتركيب التربة ونسجة التربة ، وتعرف المسامية الكلية للتربة بانها النسبة المئوية للمسامات في حجم معين من التربة (الحجم الكلي) وهذه المسامات تكون مشغولة بالماء او الهواء او كليهما ، ان لمسامية التربة استعمالات مختلفة في الاغراض الزراعية والهندسية ولكن من الوجهة العلمية المهم هو التوزيع الحجمي للمسامات وليس المسامية الكلية . وتمتاز الترب الرملية بأن المسامية الكلية لها اقل من الترب الطينية والعضوية وتختلف نسب ماتحتويه الترب من مسامات حسب نسجتها فالترب الطينية تحتوي على نسب كبيرة للمسامات الصغيرة بينما تحتوي الترب الرملية على نسب كبيرة للمسامات الكبيرة . ان ماتهدف اليه عمليات خدمة التربة من الناحية الفيزيائية هو الحصول على توزيع متجانس لمسامات التربة بحيث تتوازن نسب مساماتها الكبيرة والصغيرة فيستحصل على انسب الظروف لتهوية التربة وحركة الماء فيها وقابليتها على الاحتفاظ بالماء .

الري والبزل (نظري)

Irrigation and drainage

Aula Hussein Lecture -5

طرق تقدير الاستهلاك المائي :

اولاً:الطرق المباشرة

توجد عدة طرق مختلفة لتحديد كمية المياه المستهلكة من قبل النباتات بين هذه الطرق :

١- تجارب مقياس التسرب (مسراب)
٢- الواح التجارب الحقلية
٣- دراسات رطوبة التربة
٤- طريقة التوازن المائي

١- المسارب Lysimeters

تشمل دراسات مقياس التسرب زراعة المحاصيل في اوعية كبيرة وقياس كمية الماء المضافة وكمية الماء المفقودة من هذه الاوعية . ويمكن تعريف مقياس التسرب بأنه وعاء يحتوي على حجم معين من التربة ومعزول عن الارض المحيطة وقد يكون مزروعاً بالنباتات او خالياً منها. ويجب ان تكون مطمورة بصورة دائمة في الارض ومحاطة بمساحات كبيرة مزروعة بنفس المحصول المراد قياس الاستهلاك المائي له

يجب المحافظة على بناء التربة واعادتها الى المسارب بنفس ترتيب الطبقات الاصلية ..

اذا كان محصول مزروع بحيث ان يكون مطابق للمحصول المزروع خارجها من جميع النواحي .. ونفس الظروف الفسلجية ونفس ظروف التهوية وجميع العمليات الزراعية ، موعد الزراعة ، التسميد ، غسل الاملاح ، نفس التأثيرات المناخية

حركة الماء تتم من خلال التربة وليس من المسافة بين التربة وجدران الحوض .

اشكال المسارب تختلف كثيراً لكي تناسب طبيعة زراعة المحصول فالمسارب الدائرية تكون اكثر ملائمة للحشائش والمحاصيل المتقاربة النمو الاخرى اما المربعة والمستطيلة تكون افضل للمحاصيل التي تزرع على خطوط.

عمـق الجهـاز يعتمـد علـى عمـق الجـذور، والجـدران يفضـل مـن الاليـاف الزجاجيـة التـي لاتتـأثر بـالحرارة ،سـطح المسـراب مطـابق لارتفـاع سـطح التربـة ،لاتوجـد ابنيـة قريبـة او مصدات رياح قريبة

ويمكن تقسيم مقاييس التسرب الى ثلاثة اقسام :

أ- مسارب غير وزنية : non-weighing lysimeters

الاسـتهلاك المـائي هـو الفـرق بـين كميـة المـاء المضـافة وكميـة المـاء المصـروفة مـن النبـات مع اخذ التغيير في رطوبة التربة بنظر الاعتبار :

$$ET = wi + p \pm w - wd$$

ET : الاستهلاك المائي ملم

Wi : ماء الري المضاف ملم

P : السقيط ملم

W : التغير في محتوى رطوبة التربة في المسراب ملم

Wd : الماء الخارج من المسراب

ويوجد انبوب اسفل المسراب لغرض خروج الماء الزائد (البزل) منه .

ب-مسارب وزنية : weighing lysimeters

وهـي مسـارب حديثـة مجهـزة بمـوازين هيدروليكيـة دقيقـة القيـاس يمكـن بواسـطتها ايجـاد الاسـتهلاك المـائي للمحاصـيل خـلال يـوم واحـد او حتـى سـاعة واحـدة نتيجـة الفـرق الحاصل في الوزن خلال فترة القياس .

ج-مقياس ترب سطح الماء الجوفي water-table lysimetern

قيـاس الاسـتهلاك المـائي للمحصـول بقيـاس كميـة المـاء المضـافة لابقـاء سـطح المـاء عنـد عمق ثابت من سطح التربة ..

٢- الواح التجارب الحقلية : Experimental Field Piots

هـي قيـاس مقـدار التغيـر فـي رطوبـة التربـة علـى ضـوء الاضـافات المائيـة للحقـل .. والمعادلة

$$\mathrm{WR} = \mathrm{IR} + \mathrm{ER} + [\mathrm{PW}_i - \mathrm{Pw_f}] \times P_b \times \mathrm{D}$$

WR : الاحتياج المائي الموسمي ملم

IR : مجموع ماء الري المضاف ملم

ER : الامطار الفعالة ملم (موسم كامل)

P_b : الكثافة الظاهرية

D : عمق الطبقة

PW : الفرق في رطوبة التربة ..

٣- قياس استنفاذ رطوبة التربة : *Soil Moisture Depiesion*

تسـجل قياسـات رطوبـة التربـة بعـد كـل ريـة مـع قـراءات مسـتمرة بـين الريـات فـي منطقـة الجـذور خـلال موسـم النمـو وتؤخـذ العينـات مـن ٦ مواقـع علـى الاقـل فـي الحقـل ..

$$Cu = [pw_i - Pw_f] \times P_b \times D$$

P_b: الكثافة الظاهرية

D : عمق الطبقة

PW : الفرق في رطوبة التربة ..

يكون CU الكامل مجموع CU لكل رية ..

٤- طريقة الموازنة المائية : *Water Balance Method*

طريقة التوازن المائي وتدعى كذلك طريقة الجريان الداخل والجريان الخار-*in flow* *out flow* وتكون ملائمة لمساحات كبيرة ولفترات طويلة

$$cu = (I + P) + (Gs - Ge) - R$$

I : كمية المياه الجارية

P : السقيط السنوي

GS : الماء المخزون في التربة عند بداية السنة .

Ge : الماء المخزون في التربة عند نهاية السنة .

R : الماء الخارج من التربة .

ثانياً : الطرق غير المباشرة (الطرق التجريبية) *Empirical Methods*

الطرق غير المباشرة هي اساس التخطيط للزراعة الاروائية وفيها يحسب التبخر- نتح الكامن وليس الفعلي وفيها تستخدم معادلات تجريبيه تعتمد على استخدام بيانات الانواء الجوية مثل الحرارة ، طول النهار ، سطوع الشمس ، الرطوبة النسبية ، سرعة الرياح ، ويعتمد فيها معامل تصحيح التربة والمحصول قسم من هذه المعادلات تعتمد على الاشعاع الشمسي (المناطق الباردة) واخرى على درجه الحرارة المناطق الجافة وشبه الجافة قسم من هذه المعادلات تستخدم للفترات القصيرة مثل معادله بينمان

يمكن حساب التبخر- نتح لفترة ١٠ ايام او ٣٠ يوم او فصل او موسم او سنوي ويحول التبخر نتح المرجعي الكامن الى الفعلي او الحقيقي من خلال :

$$E\pi_{Crop} = ET_0 \times Kc$$

بالرجوع الى اقتراح منظمة الاغذية والزراعة الدولية ، اختيرت اربع معادلات تجريبية انتشر استعمالها من بين اكثر من ٣٠ معادلة معروفة وهي

١- معادلة بلاني – كريدل *Blaney-Criddle Equation*
٢- معادلة ثورن وايت Thornthwaite Equation
٣- معادلة بينمان المعدلة *Modified Penman Equation*
٤- معادلة حوض التبخر *Pan Evaporation Equatio*

١- معادلة بلاني – كريدل *Blaney-Criddle Equation*

تعتمد هذه المعادلة على متوسط درجات الحرارة والتهوية وعدد ساعات النهار الشهرية وطورت في مناطق غرب امريكا ولذلك فهي تصلح للمناطق الجافة

$$Cu = P(0.46t + 8.13)$$

cu: الاستهلاك المائي
P عدد ساعات النهار
t درجة الحرارة مئوي
P متوسط النسبة المئوية اليومية لساعات النهار لفترة التقدير بالنسبة لعددها في السنة ويعتمد على خطوط العرض وفق جداول خاصة .
نظراً لحصول تغير في معامل المحصول اعتماداً على سرعة الرياح (ارتفاع ٢ م) الرطوبة النسبية عدلت المعادلة عام ١٩٧٥ الى

$$ET_0=a+b\{P(0.46t+8.13)\}$$

a,b عاملان يتعلقان بساعات السطوع الشمسي الحقيقية والرطوبة النسبية للهواء وسرعة الرياح خلال النهار على ارتفاع ٢ م وتحسب من جداول خاصة ومقياس ساعات السطوع الشمسية اليومية الحقيقية n ان ومقياس اعلى سطوع يومي ممكن N والنسبة بينهما تمثل اشارة الى العامل b

وأوجد مكتب الاستصلاح الامريكي معامل تصحيح للمعادلة كما يلي :

$$ET_O=P(0.0311T+0.024)(0.46T+8.13)$$

أو

$$ET_O=KP(0.046T+8.13)$$

حيث $K = (0.0311T+0.24)$

عدل المهندس العراقي نجيب خروفه هذه المعادلة الى

$$ET_O=CPT^{1.30}$$

حيث C معامل محلي يعتمد على البيانات المناخية وفي العراق يحسب

$$C = 0.22(1+\frac{n}{N})\ (0.90 + W/100)\ (1 - 0.5Rh)(0.97 + \frac{E}{10000})$$

حيث ان

$\frac{n}{N}$: نسبة السطوع الشمسي

n : الفعلي

N : القصوى

W : سرعة الرياح كم ساعة $^{-1}$

RH : الرطوبة النسبية للهواء

E : الارتفاع عن مستوى سطح البحر م

ثم يحسب

$$CU=ET_0\times KC$$

والصيغة النهائية لمعادلة خروفه في العراق

$$ETO=0.34\ PT^{1.3}$$

وعدلت من قبل د. طالب صبر ٢٠١٥ الى

لشهري حزيران وتموز

$$ETO=0.32\ PT^{1.3}$$

لبقية اشهر السنة

$$ETO=0.312\ PT^{1.3}$$

اي ان معادلة خروفه تعطي نتائج اعلى من القيم الحقيقية في العراق وتعديلها اثبت احصائياً وتجريبياً صحته في معادلة طالب صبر .

٢- معادلة ثورن وايت Thornthwaite Formula

تعتمد على معدل درجة الحرارة الشهري ومعدل الاستهلاك المائي الشهري يرتبط بعلاقة أسية فيها لمناطق الشرق الاوسط.

$$ET = -1.6\left(\frac{10t}{I}\right)^{a}$$

I : معامل درجة الحرارة السنوي او الفصلي ويساوي مجموع ١٢ قيمة لمعامل الحرارة الشهري

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1.514}$$

a : معامل تجريبي يحسب من المعادلة

$$a=0.000000675(I)^3-0.0000771I^2+0.01792I+0.49239$$

ان جمع قيم i الشهرية ولمدة ١٢ شهر تعطي قيمة دليل الحرارة السنوي (I) والذي يمكن بواسطته حساب قيمة a في المعادلة السابقة .

٣- حوض التبخر :

توجد علاقة بين الاستهلاك المائي ومعدل التبخر من احواض التبخر ويمكن حساب التبخر بهذه الطريقة متأثراً بمقدار الاشعاع والرياح ودرجة الحرارة من سطح مائي متمثل بحوض التبخر .

$$Eto= Epan\times kp$$

Kp : معامل خاص بالاحواض يختلف حسب نوع الحوض والغطاء النباتي المحيط وطبيعة سطح التربة . , epan : قيمة التبخر- نتح للحوض

$$Cu=Eto\times Kc$$

الري والبزل (نظري)

Irrigation and drainage

Aula Hussein — Lecture -4

تصميم نظام الري

الهدف من التصميم

أن نظام الري ينبغي ان يعيد تجهيز خزان المنطقة الجذرية بكفاءة ري وتجانس ري عاليين لمنع حصول اجهاد مائي للنبات بما يضمن صيانة مصادر الطاقة والمياه والمغذيات وخفض كلفة العمل . وقد يستخدم نظام الري لتبريد او تدفئة المناخ الدقيق حول الفاكهة الحساسة او الخضر كما يجب ان يكون لنظام الري قابلية غسل الاملاح المتجمعة في المنطقة الجذرية .

عوامل تصميم نظام الري

١-المقنن المائي consumptive use

ان اهمية معرفة المقننات المائية للمحاصيل الزراعية تكمن في اعتماد تصميم منشآت الري عليها بما فيها سعة شبكة الري اللازمة لايصال المياه الى المشروع الزراعي ، خصوصا اذا اخذنا بنظر الاعتبار حاجة المحاصيل في فترة اقصى احتياج مائي بالاضافة الى ذلك فأن معرفة المقننات المائية يكون مهما خصوصا في حالة كون المصادر المائية محدودة مما يترتب عليها اختيار المحاصيل الملائمة للزراعة وطبقا لتكلفة الوحدة المائية ، وحتى في حالة توفر المياه بوفرة فان الحاجة تكون مأسة لحسن استغلال هذه المياه بما يتلائم والمقننات المائية للمحاصيل الزراعية والحد من الاسراف في استعمال هذه المياه ومما تقدم تظهرالأهمية الكبيرة لمعرفة الاستهلاك المائي للنبات Evapotranspiration باعتباره مهماً جداً في مصطلح المقنن المائي

ويعرف المقنن المائي :

هـو كميـة ميـاه الـري المعطـاة للحقـل المـزروع + الضـائعات المائيـة والتـي تقـدر للمحاصـيل الشتوية ٣٣% والصيفية ٤٠% من الاستهلاك المائي + احتياجات الغسل ..

ويقسم الى :

١-المقنن المائي الحقلي field consumptive use

يعـرف بأنــه مجمــوع الاســتهلاك المــائي للمحصــول مضــافا اليــه المفقــود مــن الميــاه بــالتبخر والتســرب العميــق للســطوح المائيــة ضــمن الحــوض الزراعــي للمشــروع الاروائــي ونعنــي بــالحوض الزراعــي هنــا المســاحة المرويــة بواســطة قناة ري فرعية .

٢-المقنن المائي الكلي total consumptive use

هـو عبـارة عـن الاسـتهلاك المـائي للمحصـول مضـافا اليـه الضـائعات المائيـة نتيجة للتبخر والرشح التي تحدث في قناة الري الرئيسية .

٢-الاحتياجات المائية Water Requirement

هـي كميـة الميـاه اللازمـة لنمـو المحصـول او المحاصـيل الزراعيـة نمـواً طبيعيـاً فـي فتـرة زمنية معينة تحت ظروف موقع الحقل وتشمل

١- الاستهلاك المائي (التبخر- نتح) عند الظروف المثالية
٢- الضائعات الحقلية
التخلل العميق
السيح السطحي
الفاقد من السواقي والقنوات الحقلية بالرشح والنزيز والتبخر

٣- كمية المياه المطلوبة للعمليات الزراعية

تحضير الارض

غسل الاملاح

الحراثة

$$WR = IR + ER + S$$

WR : الاحتياج المائي

IR : احتياج الري الحقلي

ER : الامطار المؤثرة

S : امداد مقد التربة ومن ضمنها امداد الماء الجوفي .

في حالة عدم سقوط الامطار وعدم وجود ماء جوفي مرتفع تصبح المعادلة :

$$IR = WR$$

اي الاحتياج المائي الحقلي يعتمد على احتياجات الري .

- احتياج الري الكلي هو المقنن المائي الحقلي
- احتياج الري الكلي = صافي احتياج الري/ كفاءة الارواء
- صافي احتياج الري هو عمق ماء الري...

الاحتياجات المائية = الاستهلاك المائي (تبخر-نتح) + ضائعات النقل + احتياجات تهيئة التربة .

العوامل المؤثرة على الاحتياجات المائية للنباتات:

١- الظروف المناخية

درجة الحرارة

الرطوبة النسبية

سرعة الرياح

كمية الامطار والسقيط

ضغط بخار الماء

شدة الاشعاع الشمسي

فترة سطوع الشمس

٢- نوع النبات وطول موسم النمو

٣- نسبة سطح التربة المغطى بالنباتات

٤- خصائص التربة

٥- العوامل الطبيعية (الارتفاع عن مستوى سطح البحر ، تضاريس الارض)

٦- طريقة الري وانظمة تجهيز المياه

٧- كفاءة الري

٣-الاستهلاك المائي (CONSUMPTIVE USE , CU)

هو كمية المياه المستهلكة بالنتح TRANSPIRATION والتبخر EVAPORATION للنبات والتربة مضافا الى كمية الماء المستعملة في بناء الانسجة والعمليات الحيوية للنبات والتي تشكل ١% او اقل من كمية الماء المستهلكة بصورة تبخر – نتح ، مضافا اليه احتياجات الغسل،ويعبر عن الاستهلاك المائي عادة بصورة عمق مائي لوحدة زمن .

اذا كانت الظروف مثالية بحيث التربة لاتحتاج للغسل LR=0 وكمية المياه في انسجة النبات ١ % من المجموع الكلي للاستهلاك المائي وتعد قليلة فأن

الاستهلاك المائي = التبخر – نتح

اذ ان EVAPOTRANSPIRATION = CU

الاستهلاك المائي التصميمي (اقصى استهلاك مائي) :

Peak Period Consumptive Use

يقصد به ذروة الاستهلاك المائي للمحصول او اعلى معدل استهلاك خلال فترة ٦-١٠ ايام ضمن الموسم وعادة تكون في نهاية النمو الخضري وبداية مرحلة التزهير وهي القيمة التي تعتمد عند تصميم قنوات الري .

كما ان تحديد ذروة الاستهلاك المائي لمحاصيل مختلفة مزروعة في ان واحد في نفس المزرعة مهم لتحديد الاستهلاك المائي التصميمي

التبخر – نتح الكامن : $(ET_P)ET_0$ Potential Evapotranspiration

وهي كمية الماء المفقودة بالتبخر والنتح في وحدة الزمن بواسطة نباتات قصيرة خضراء تغطي سطح الارض كلياً ولها طول منتظم ولاتعاني من نقص الماء (دائماً عند حدود السعة الحقلية) ، ويعتمد على البيانات المناخية فقط في حسابه .

التبخر–نتح الفعلي (ETC) A Ctual Evapotranspiration

هو عملية فقد الماء بواسطة التبخروالنتح عند اي مستوى من رطوبة التربة ويعد الماء في التربة ومرحلة النمو هي عاملاً محدداً لهذه العملية ..

العوامل المحددة للتبخر :

وجود مصدر للحرارة

وجود فرق في تركيز بخار الماء في المتر الاول فوق سطح التربة

العوامل المحددة للنتح :

١–عوامل مناخية

درجة الحرارة

الاشعاع الشمسي

ضغط بخار الماء

الرياح

٢–عوامل النبات

عدد الثغور

مرحلة النمو

الليل والنهار

٣-ظروف بيئية

غلق الثغور(طقس متطرف)

تكوين شعيرات كثيفة

طبقات شمع على الاوراق

اوراق ابرية

-ان النسبة بين التبخر-نتح الفعلي والتبخر-نتح الكامن تسمى معامل المحصول (crop coeifficient)

$$KC = \frac{\mathrm{ETC}}{\mathrm{ETP}}$$

او

$$KC = \frac{\mathrm{ETC}}{\mathrm{ET0}}$$

وعادة لكل محصول عدة قيم ل KC معامل المحصول حسب مرحلة النمو :

١- مرحلة الانبات وظهور البادرات وبداية النمو
٢- مرحلة التطور
٣- مرحلة تكوين الثمار
٤- مرحلة النضج

العوامل المؤثرة في الاستهلاك المائي :

ان جزء كبير من الاستهلاك المائي يخص نوع النبات ولكنه يتأثر كذلك بعوامل خارجية (المناخ والتربة والعمليات الزراعية).

١-عوامل النبات plant factors

ان خواص النباتات وبالاخص الاوراق (مساحتها وترتيبها وشكلها ولونها وسلوك الثغور فيها) وكذلك ارتفاعها وامتداد وكثافة الانظمة الجذرية وقابليتها على امتصاص الرطوبة تؤثر في الاستهلاك المائي .

٢-عوامل مناخية climatic factors

العوامل المناخية المهمة المؤثرة في الاستهلاك المائي هي درجة الحرارة وطاقة الاشعاع الشمسي والضغط الجوي والرطوبة الجوية والرياح . من بين العوامل المناخية فان لدرجة الحرارة التاثير الاقوى اذ يزداد الاستهلاك المائي بزيادة درجة الحرارة ، اضافة لذلك تؤثر الرطوبة النسبية تاثيرا واضحاً في الاستهلاك المائي .

٣-عوامل التربة soil factors

التأثيرات المتعلقة بالتربة في الاستهلاك المائي تنسحب بالدرجة الاولى على النسجة والتركيب وتأثيرهما في المحتوى الرطوبي والايصالية المائية والجهد المائي water potential .

كما وان لكل من طريقة الري المتبعة ، درجة كفاءة العامل الزراعي ، تحضير التربة تأثير على قيم الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية .

الري والبزل (نظري)

Irrigation and drainage

Aula Hussein Lecture -2

نوعية المياه وصلاحيتها للري

يتشكل النظام الزراعي من التربة و النبات و المياه و هذا الأخير يتمثل بعنصر النظام المهم ولا يمكن تقييم نوعية المياه للري بمعزل عن دراسة خصائص التربة والمناخ والنبات المراد إرواءه، و لذلك فان أي نظام التقسيم المياه الري لابد من أن ياخذ بعين الاعتبار التربة والمحصول المراد إرواءه وخاصة التأثير السلبي على خصوبة التربة و تملحها من الأملاح الكلية او النوعية او من مكون خاص لهذه المياه يسبب في تدني صلاحيتها نتيجة تاثيره السلبي على خصائص التربة او نمو نبات ما . واذا كانت المياه مصدرها عادمة المعالجة فيجب أن تؤخذ في الاعتبار الميكروبات المرضية والعناصر الثقيلة و النترات و يجب الأخذ بالاعتبار توازن العناصر الغذائية في النبات نتيجة مكونات ماء التربة إذ إن أي زيادة في عنصر ما في السائل الخلوي او تراكمه في جسيمات الخلية سوف يسبب خلل في نمو النبات و قلة إنتاجيته و ربما موته .

وهكذا فان تقييم صلاحية مياه الري يجب أن يأخذ في الاعتبار العناصر الأساسية التالية :

١- صفات التربة المروية:

إحد الصفات المهمة التي تتأثر بنوعية مياه الري هي بناء التربة(Soil structure) وهذا بدوره يتحكم فيه ثبات حبيبات التربة (Soilaggregates)، وفي هذه الحالة من المستحيل تحديد نوعية المياه بدون دراسة ثبات بناء التربة تحت نظم الري المختلفة ومستويات مختلفة من الملوحة، ودراسة تركيز الصوديوم في الترب الغنية بمعادن من مجموعة (Semictite) وخاصة من نوع المونتمورولونايت (Montmorolonite) عند ربها بمياه منخفضة الملوحة أو عالية الصوديوم لأنها تتسبب في تفتيت مجاميع التربة وبالتالي خفض درجة التوصيل الهيدروليكي للتربة أو انسياب الماء فيها .

٢- المناخ:

يؤثر المناخ و خاصة درجات الحرارة و الرطوبة النسبية على مدى احتياج النبات للماء، وطبعا هذا يتبعه مدى تأثر النبات بزيادة تركيز الأملاح في مياه الري وبالتالي ماء التربة فعند انخفاض الرطوبة النسبية وزيادة درجات الحرارة فان النبات يزداد

معدله في امتصاص الماء مما يزيد من تركيز الأملاح في محلول التربة و بالتالي زيادة امتصاص النبات للأملاح مما يؤثر على نموه إضافة، لذلك علاقة المناخ بأنظم الري المختلفة، فمثلا يجب ان لا تروي النباتات في وقت ارتفاع درجات الحرارة بطريقة الري بالرش وذلك لزيادة التبخر وكذلك ترسب بعض مكونات الماء على الأوراق .لذلك فعند تقييم مياه الري يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار العوامل المناخية بعين الاعتبار ويجب اللجوء إلى الري السطحي لتقليل تراكم الأملاح في التربة .

٣- نظام الري المستخدم :

نظام الري المتبع يعتمد في كثير من الأحيان على نوعية مياه الري فقد لا يصلح نظام الري بالرش لبعض المحاصيل الزراعية عند احتواء الماء على نسب مختلفة من الكلوريد والصوديوم ويعتبر الماء غير صالح للري بالرش اذا كان تركيز الكلوريد و الصوديوم أكثر من ٢٠ ملى مكافئ /لتر، ومن المفيد لمنع تراكم الأملاح زيادة كميات الماء اللازمة لغسل الأملاح ويترتب على ذلك وجود نظام بزل فعال مناسب عند اللجوء إلى الري السطحي والبزل الطبيعي اوالصناعي .

٤- المكونات الأيونية لمياه الري :

يؤثر المحتوى الأيوني لمياه الري على كل من التربة (زيادة الصوديوم المتبادل) والنباتات (محتوى المياه من الكلوريد والصوديوم والبورون والمعادن الثقيلة) وبناءاً على ذلك تتحدد صلاحية مياه الري بطبيعة المحصول المراد زراعته بحيث لا تتأثر سلبيا بالمكونات الأيونية لتلك المياه.

٥- المحصول المراد زراعته :

تتفاوت المحاصيل الزراعية في مدي تحملها للملوحة والصوديوم والتأثير النوعي للأيونات المختلفة الذائبة في مياه الري وفي هذه الحالة لابد من الأخذ بعين الاعتبار نوعية مياه الري والنبات المراد إرواءه بهذه المياه.

نوعية مياه الري Irrigation water quality

من اهم هذه المؤشرات التي يعتمد عليها في تقييم نوعية المياه ومدى صلاحيتها للري :

١- الكمية الكلية للأملاح الذائبة (TDS) Total dissolved salts

تحتوي جميع مياه الري وان اختلفت مصادرها على كميات من الأملاح الذائبة بشكل ايونات مثال ذلك Ca^{++},Mg^{++},K^{+},Na^{+},CL^{-}، SO_4^{++}، $CO_3^{=}$ ، HCO_3^{-}وكميات قليلة نسبيا من البورون. وتعتبر الكمية الكلية للأملاح الذائبة في مياه الري منالمؤشرات الأساسية والرئيسية المحددة لنوعية مياه الري، وتكمن اهمية هذا المؤشرفي انه يعكس لنا ما تحمله مياه الري من املاح ذائبة الى الاراضي الأروائية ودور هذه الأملاح في رفع الضغط الازموزي لمحلول التربة وتدهور صفات التربة على مدى فترات طويلة من استخدام الري. ويعبر عن الكمية الكلية للاملاح في مياه الري بمجموع المواد الذائبة Total dissolved salts (TDS)

ويتم حسابها من خلال تبخير حجم معين من ماء الري في جفنة خزفية او بيكر صغير بهدوء على حمام مائي أو حمام رملي، وبعد الوصول الى حالة الجفاف يترك المتبقي في فرن عند درجة حرارة ١٠٥ مْ ولمدة ثلاث ساعات في الاقل. ثم يوزن المتبقي بميزان حساس والذي يعبر عن مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء، والوحدة المستعملة للتعبير عن الكمية الكلية للمواد الذائية في مياه الري هي الجزء بالمليون (PPm) أو ملغم/لتر (mg/L)

ويعبر عن تركيز الأملاح في ماء الري بوحدات التوصيل الكهربائي (EC) Electrical conductivity وهي ميكروموز/ سم او مليموز/سم .
وباستخدام الوحدات القياسية العالمية تكون وحدات التوصيل الكهربائية تبعا لذلك هي :
سيمنز/ م او ديسمنز/م ويجب ملاحظة ان :

$dS/m \times 10^{-3} = \mu S/cm = \mu moh/cm$

$S/m = 10\ mmho/cm$

$dS/m = 1\ mmho/cm$

ويمكن تحويل قيم التوصيل الكهربائي (EC) إلى قيم الكمية الكلية للمواد الذائبة (TDS) في مياه الري من خلال العلاقة التالية:

$TDS(mg/L)=0.64\times EC\ (mS/cm)$

اما بالنسبة لتصنيف مياه الري من ناحية الكمية الكلية للاملاح الذائبة (مخاطر الملوحة) فقد اقترحت عدة مديات متعددة لتحديد نوعية وصلاحية المياه للري منها :

تصنيف مختبر الملوحة الامريكي :

قسم مختبر الملوحة الامريكي المياه اعتماداً على درجة التوصيل الكهربائي الى اربعة اقسام وهي كما في الجدول التالي :

النوعية	الايصالية الكهربائية (دسيسيمنز/م) في ٢٥ مْ	مدى صلاحية المياه
مياه ذات ملوحة منخفضة C1	اقل من ٠,٢٥	يمكن استخدامها في الري لأغلب المحاصيل من دون ضرر .
مياه ذات ملوحة متوسطة C2	٠,٢٥ – ٠,٧٥	يمكن استخدامها في ري المحاصيل التي تتحمل الملوحة بدرجة متوسطة كما يراعى اعطاء زيادة متوسطة من ماء الري لمنع تراكم الاملاح .
مياه ذات ملوحة عالية C3	٠,٧٥-٢,٢٥	تستعمل فقط في حالة الترب المتوسطة او الجيدة النفاذية ويجب ان يكون الغسل منتظما لمنع تراكم الاملاح .
مياه ذات ملوحة عالية جداً C4	اكبر من ٢,٢٥	تستخدم فقط في حالة الترب الجيدة النفاذية . ويمكن استخدامها تحت ظروف خاصة جداً مع اضافة كمية فائضة من ماء الري لغرض الغسل.

٢- التركيب الأيوني لمياه الري:

ان جميع مكونات (أيونات) مياه الري تعتبر ذات أهمية في تحديد مياه الري وصلاحيتها للزراعة . الا ان التركيز جرى على ايونات الصوديوم باعتبارها مصدر خطر للقلوية (الصودية) في التربة، اضافة الى تأثيرها، السمي المباشر على نمو معظم المحاصيل الزراعية

١- الصوديوم

للتعبير عن خطورة الصوديوم استخدمت عدة طرق وهي:

أ- استخدام مصطلح النسبة المئوية للصوديوم الذائب (Soluble Sodium percentage) كمؤشر او دليل لتقييم خطورة الصوديوم في مياه الري وتحسب بالشكل التالي :

$$\text{النسبة المئوية للصوديوم الذائب} = \frac{\text{تركيز الصوديوم}}{\text{مجموع تركيز الكايتونات}} \times ١٠٠$$

وبحسب التركيز ب(ملي مكافئ/ لتر).

واعتبرت المياه غير صالحة لأغراض الري إذا كانت النسبة أكثر من ٦٠%.

ب- استخدام مصطلح نسبة ادمصاص الصوديوم Sodium Adsorption Ratio(SAR) كمؤشر للتنبؤ بخطورة الصودية لمياه الري والذي يساوي

$$SAR = \frac{Na^{+1}}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$$

واعتمادا على نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR) فقط صنفت المياه إلى أربعة أقسام وهي كما يلي :

النوعية	نسبة ادمصاص الصوديوم (SAR)	مدى صلاحية المياه
مياه منخفضة الصوديوم S1	(١٠-٠)	تستعمل لري جميع الترب مع احتمال قليل جدا في زيادة الصوديوم الممتز في التربة
مياه متوسطة الصوديوم S2	(١٨-١٠)	أستعمالها يزيد من احتمال زيادة الصوديوم الممتز ويسبب تدهور للاراضي الطينية الفقيرة من المادة العضوية ولايحدث تدهور في الترب الغنية بالجبس ويمكن استعمالها في الترب الخشنة والترب العضوية ذات النفاذية العالية .
مياه عالية الصوديوم S3	(٢٦-١٨)	استعمالها لاغراض الري يؤدي الى ارتفاع الصوديوم الممتز من التربة ، لذلك يجب العناية الكافية بالبزل والغسل واضافة المادة العضوية والجبس او تزداد خطورة هذه المياه اذا كانت ذات ملوحة عالية .
مياه عالية جداً الصوديوم S4	اعلى من (٢٦)	تعد هذه المياه غير مرغوب فيها عموماً ، الا اذا كانت الملوحة منخفضة ومتوسطة مع العناية بالبزل او الغسل واضافة الجبس.

ج- أن استخدام صيغة SAR لفترة طويلة وعلى ترب ومياه متنوعة، اكد على ضرورة اجراء بعض التحوير على هذه الصيغة لتكون اكثر مناسبة في تقييم مياه الري وخصوصا المياه الحاوية على HCO_3،Ca .

حيث لوحظ أن استخدام المياه الحاوية على تراكيز معينة من HCO_3 تترسب على شكل$CaCO_3$ في التربة و ذلك من خلال ارتباط ايون الكالسيوم مع أيونات البيكاربونات بالشكل التالي:

$$Ca + 2HCO_3 \rightarrow Ca(HCO_3)_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + CaCO_3$$

وبالطبع فان ترسب الكالسيوم من مياه الري بشكل كاربونات الكالسيوم سيؤدي الى تغير نسبة Na إلى Ca+mg بعبارة أخرى تغير قيمة SAR الأصلي لمياه الري الأمر الذي سينعكس على قيمة ESP.

لذلك يعتقد Bower and Wilcox 1965 انه من الضروري أجراء تحوير في قيمة SAR لكي تصلح لتقييم نوعية مياه الري بشكل دقيق.

وبالفعل تم استخدام دليل التشبع Saturation index الذي يعكس مدى ميل المياه لترسيب الكاربونات عند تماسها مع التربة وتعرضها للتبخر.

ويعرف دليل التشبع بانه الفرق بين قيمة الفرق بين قيمة الأس الهيدروجيني الفعلية المياه الري (PHa) وقيمة الأس الهيدروجيني النظرية (PHc) التي تتصف في المياه عندما تكون في حالة من الاتزان مع كاربونات الكالسيوم أي أن:

Saturation index = PHa - PHc

فإذا كانت القيمة موجبة فان ذلك يشير الى احتمال ترسب كاربونات الكالسيوم من مياه الري المستعملة.

وإذا كانت القيمة سالبة فان ذلك يشير الى احتمال ذوبان كاربونات الكالسيوم، او بعبارة أخرى أن المياه المستخدمة تسبب ذوبان $CaCO_3$ الموجودة أصلا في التربة.

اذا كانت قيمة PHc اكثر من ٨,٤ فهذا يدل على ان مياه الري لها الميل لأذابة الكلس في التربة .

اما اذا كانت القيمة اقل من٨,٤ فهذا يدل على ان مياه الري لها الميل لترسيب الكلس.وبناءا على ذلك فقد اقترحت قيمة معدل ل SAR اطلق على قيمة نسبة الصوديوم المعدلة Adjust SAR أو Adj.SAR وتحسب كالتالي :

$Adj.SAR=SAR[1+(8.4-PH_C)]$

وكقاعدة عامة تكون قيمة Adj.SAR لمياه الري الحاوية على كمية معتبرة من البيكاربونات اكبر من قيمة SAR الاعتيادية. لذا تم اعتمادها (المعدلة) كدليل على خطورة الصوديوم لمياه الري .

٢- البيكاربونات

تؤثر البيكاربونات على التربة وبطرق مختلفة لذلك تعتبر احد عوامل التركيب الكيميائي لمياه الري الداخلة في تقييم نوعية مياه الري . حيث أن وجود تراكيز عالية من هذه الأيونات في مياه الري تؤدي الى ترسيب الكلس في التربة وبالتالي تؤدي إلى تغير في قيم SAR لقد اقترح (EATON 1950) مصطلح لتقييم نوعية مياه الري من ناحية محتواها من HCO_3 ، CO_3 ولقد أطلق على كاربونات الصوديوم المتبقية RESIDUAL SODIUM CARBONATE (RSC) كمعيار لتقييم نوعية مياه الري ويساوي

RSC= (CO3 + HCO3) - (Ca+Mg)

٣ - خطر الكلوريد

لقد اقترح (١٩٦٤) Doneen مصطلح الملوحة الكامنة Potential salinity لمياه الري يأخذ بنظر الاعتبار الكلوريدات حيث يساوي -

الملوحة الكامنة = تركيز إيون الكلوريد + ٢/١ تركيز الكبريتات

ويعبر عن الملوحة الكامنة بالملي مكافئ /لتر.

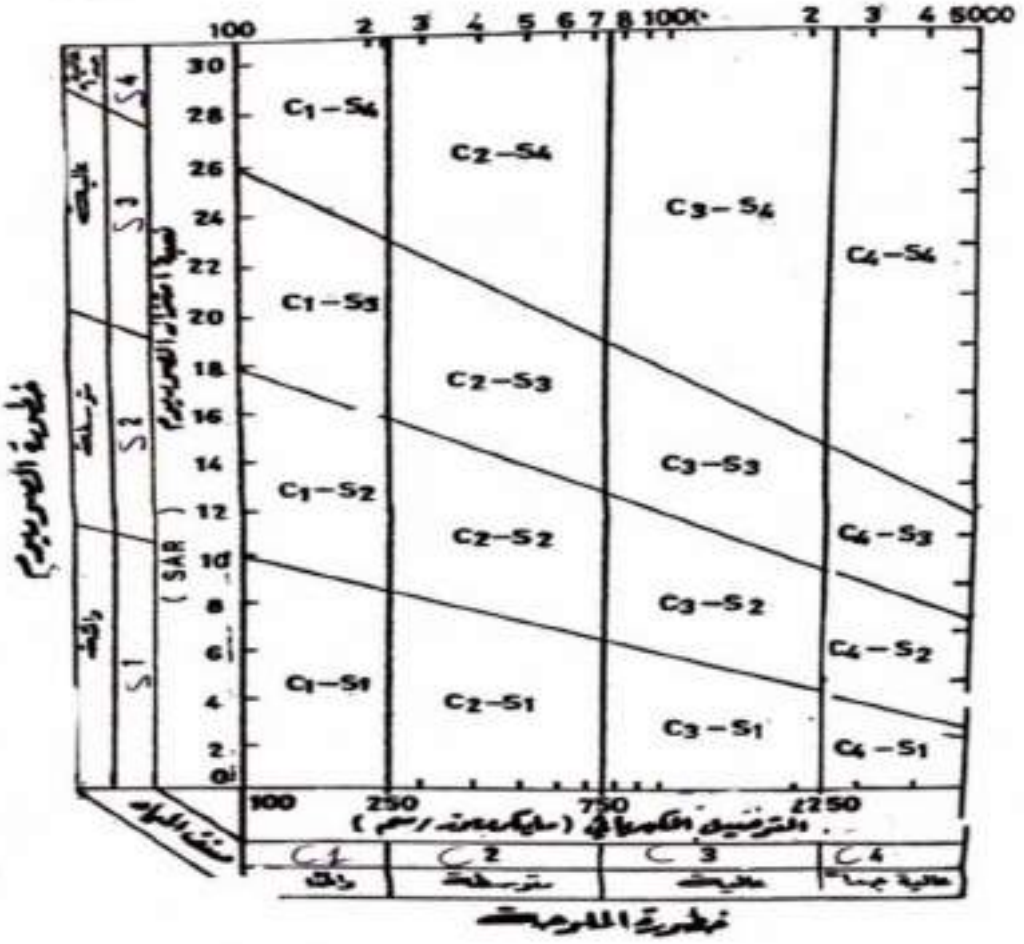
٣- محتوى العناصر الثانوية التي تسبب السمية

من بين هذه العناصر البورون وهو ذو أهمية خاصة بالنسبة لتصنيف وتقييم نوعيتها، وذلك لأن كثير من مياه الري تنقل كميات كبيرة من البورون الى الترب المروية، هذا من ناحية، ومن ناحية اخرى فان المدى بين حدود الكفاية والسمية لهذه العنصر لمعظم المحاصيل الزراعية ضيقة جدا .

٣- أنظمة تصنيف مياه الري

نقصد بنظام تصنيف المياه هو النظام الذي يستخدم فيه اكثر من مؤشر او معيار لغرض الحصول على أنواع معينة من مياه الري، تختلف من ناحية النوعية وتعكس لنا مدى صلاحية هذه المياه للري.

3. 3. 1- نظام تصنيف المياه المقترح من مختبر الملوحة الأمريكي



شكل (3–2) مخطط تصنيف مياه الري حسب مختبر الملوحة الامريكي

٢- نظام (دليل) منظمة الغذاء والزراعة الدولي (FAO) لتقييم نوعية مياه الري

طبيعة مشكلة الماء	درجة المشكلة		
	لا توجد مشكلة	زيادة المشكلة	مشكلة حادة
١ ــ الملوحة			
EC لماء الري (ملي موز/سم)	<0.75	0.75 - 3.0	≥3.0
٢ ــ النفاذية			
EC لماء الري (ملي موز/سم)			
adj. SAR	>0.5	0.5 - 0.2	<0.2
المؤمونيلانيت	<6	6 - 9	>9
اللانيت ــ الفومكيلانيت	<8	8 - 16	>16
الكوتيلانيت	<16	16 - 24	>24
٣ ــ السمية			
الصوديوم (adj. SAR)	<3	3 - 9	>9
الكلوريد (meq/L)	<4	4 - 10	>10
البورون (ppm)	<0.75	0.75 - 2.0	>2
في حالة الري بالرش			
الصوديوم (meq/L)	<3	73	–
الكلوريد (meq/L)	<3	73	–
٤ ــ تأثيرات العرضية			
(ppm) NH_4 - N NO_3 - N	<5	5 - 30	>30
(meq/L) HCO_3	<1.5	1.5 - 8.5	>8.5
pH		8.4	–

متطلبات الغسل (Leaching Requirements)

متطلبات الغسل (Leaching requirements) والتي يرمز لها LR

وقد عرفت (LR من قبل الزبيدي (١٩٨٩).(بانها ذلك الجزء من ماء الري المضاف إلى التربة اضافة الى الاستهلاك المائي والذي يجب أن يمر خلال المنطقة الجذرية للحفاظ على ملوحة تلك المنطقة عند حد معين والمحافظة على توازن ملحي مناسب لنمو النبات).

ويتم حساب متطلبات الغسل من خلال قياس التوصيل الكهربائي لمياه الري ومياه البزل حيث تصبح المعادلة بالشكل التالي :

$$LR = \frac{EC_{iW}}{EC_{dw}}$$

EC_{iW} . EC_{dw}: التوصيل الكهربائي لمياه البزل ومياه الري على التوالي .

وقد افترض مختبر الملوحة الامريكي ملوحة ماء البزل EC_{dw} تساوي تقريبا ملوحة الطبقة الجذرية عند الاشباع EC_e عند ذلك تكون المعادلة بالصيغة

$$LR = \frac{EC_{iW}}{EC_e}$$

الفصل الاول
اسس الخصائص الفيزيائية للتربة

ان اصطلاح التربة يعود الى المواد المعرضة لعملية التجوية التي تقع ضمن القشرة الخارجية من سطح الأرض. وتتكون مبدئيا من تحلل وتكسر الصخور بواسطة العمليات الفيزيائية والكيميائية، وتتأثر بواسطة النشاط وتجمع بقايا بعض الأصناف البايولوجية. يمكن ان تدرس التربة وتوصف من اوجه مختلفة؛ وعليه فعلم التربة في الحقيقة عبارة عن مجموعة من العلوم المنفصلة التي قد تكون معتمدة على بعضها البعض.

مجال تعاملنا مع التربة في هذا الكتاب سوف يكون مقتصرا على النواحي الفيزيائية للتربة والتي تعد احدى فروع علم التربة الذي يتطرق الى الصفات الفيزيائة للتربة فضلا عن وصف هذه الصفات، قياسها او التنبؤ بقيمها، والسيطرة على العمليات الفيزيائية والتي تحدث في التربة. كفيزياء يمكن التعامل مع المادة والطاقة التي تتضمن أشكالها والترابط فيما بينها، وعليه ففيزياء التربة تتعامل مع حالة وحركة المواد وكذلك التدفق وتحولات الطاقة في التربة.

من جهة ثانية، دراسة فيزياء التربة يهدف الى فهم التربة والوصول الى الاساسيات من خلال النظر الى النظام الجيوفيزيائي للقشرة السطحية، بجميع علاقاتها ودورة العمليات في الطبيعة مثل دورة المياه وتبادل الطاقة. ان تطبيقات فيزياء التربة يهدف الى استعمال الالات الخاصة في ادارة التربة من خلال عمليات الري والبزل، وصيانة التربة والمياه وحراثة التربة وبناء التربة عن طريق تحسين التهوية، وتنظيم حرارة التربة، فضلاً عن استعمال التربة كمواد بناء وشق الطرق.

يمكن النظر الى فيزياء التربة كعلم أساسي وتطبيقي بمداه الواسع وضمن الرغبات المطلوبة، وفروعه المتعددة تشارك بقية فروع علم التربة مجتمعة مع العلوم الاخرى مثل الهيدرولوجي والمناخ والبيئة والجيولوجي والمحاصيل الحقلية.

اذن التربة تعد وسط ملائم لنمو النبات معتمدة على وجود كمية المغذيات الكيميائية وعلى حالة وحركة الماء والهواء والتوزيع الميكانيكي للتربة ونظمها الحرارية. حيث ان التربة يجب ان تكون هشة وناعمة بدرجة عالية لكي تسمح للجذور النباتية بالتطور بدون أي عائق ميكانيكي، مسامات التربة باحجامها واشكالها المختلفة متوزعة بانتظام لكي تعطي الفرصة الكافية لحركة كل من الماء والهواء لسد حاجات النبات.

نظم او أطوار التربة

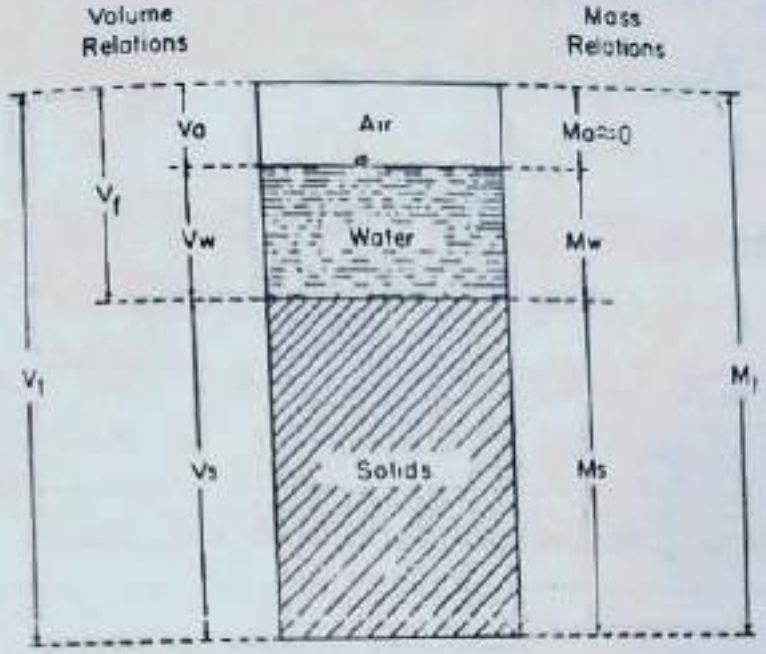
النظم في الطبيعة قد تتكون من مادة واحدة أو أكثر، أوقد تتكون من طور واحد أو عدة اطوار. فالنظام الذي يتكون من مادة واحدة او مادة منفردة يُعد أحادي الطور اذا كانت صفات اجزائه متماثلة مثال ذلك جزيئات الماء عند انجمادها، وهذا النظام يكون متماثلا. أما النظام ذي التركيب الكيميائي المتماثل قد يكون متعدد الاطوار اذا كانت المواد الداخلة في تركيبه ذات صفات واطوار مختلفة ضمن النظام الواحد، وعليه فيطلق اصطلاح الحالة على النطاق الواقع داخل كل نظام والذي يكون داخليا متماثلا في الصفات الكيميائية، مثال ذلك مزيج الثلج والماء يتكون من حالتين وذلك لكونه متماثلا في الصفات الكيميائية ومختلف الصفات الفيزيائية. من هذا نستنتج بأن النظام المتكون من عدة مواد قد يكون أحادي الطور مثل محلول الملح والماء حيث يكون سائلا متماثلا،وقد يكون متعدد الاطوار نتيجة لتكونه من عدة مواد، وتكون صفات هذا النظام مختلفة ليس فقط بين حالة واخرى لكن بين اجزائها الداخلية لكل طور والحدود المشتركة بين سطوح الاطوار المتجاورة. حيث ان السطوح المتجاورة لها بعض الظواهر المعنية مثل الادمصاص، الشد السطحي، الاحتكاك، والتي تنتج من التداخل بين الحالات المتجاورة، وعليه فلا تدخل ضمن الأطوار المتعددة نفسها. اذن المهم في هذه الظواهر ضمن النظام ككل هو نسبتها الى حجم المساحة الداخلية لكل وحدة حجم من النظام.

أما النظام المشتت فيكون عبارة عن النظام المكون من حالة مقسمة الى اجزاء صغيرة والتي عند ارتباطها مع بعضها تكون ذات مساحة كبيرة مثال ذلك المحلول الغروي والمادة الهلامية والضباب والدخان

من هذا نستنتج بأن التربة تكون عبارة عن نظام متعدد الاطوار، كالطور الغروي المسامي ذي السطوح الداخلية الكبيرة لكل وحدة حجم، وطبيعة معلق التربة ونشاطها الداخلي مثال للنظام المشتت، كالتمدد والانكماش والتفرقة والتجميع والتلاصق والادمصاص والتبادل الايوني الخ. وعليه، فالحالات الطبيعية الثلاث للتربة هي الحالة الصلبة والمتمثلة بدقائق التربة، الحالة السائلة متمثلة بماء التربة والمواد الذائبة فيه والحالة الغازية متمثلة بهواء التربة. لذا يمكن النظر الى التربة بأنها نظام معقد هيكلها الصلب يتكون من دقائق مختلفة بتركيبها الكيميائي والمعدني فضلا عن الحجم والشكل. تنظيم هذه الدقائق في التربة يقدر خصائص حجم المسامات التي تسيطر على انتقال الماء والهواء. لذلك لايمكن فصل هذه الحالات نتيجة لحدوث التفاعل بينها بقوة.

علاقة حجم ومكونات التربة

الشكل (١) يمثل مخطط التربة التي تسهل فهم علاقة كل من حجم وكتلة حالات التربة الثلاث. فالشكل بصورته الكاملة يمثل الحجم والكتلة الكلي للتربة والمقسمة الى ثلاث مقاطع غير متساوية في كميتها، فالمقطع السفلي يمثل الحالة الصلبة والوسطي يمثل الحالة السائلة والعلوي للحالة الغازية. رموز كتلة هذه المكونات موضحة في الجهة اليمنى وتتمثل بـ m_a, m_w, m_s, m_t لكل من كتلة الهواء، الماء، الجزء الصلب، والكتلة الكلية على التوالي. وغالبا مايعبر عن هذه الكتل بوحدة الوزن والتي يحصل عليها من ضرب الكتلة في التعجيل الارضي. حجوم نفس المكونات موضحة في الجهة اليسرى من المخطط وتتمثل بـ V_a, V_w, V_s, V_t لحجوم كل من الهواء، الماء، الجزء الصلب والحجم الكلي على التوالي. حجم المسام يكون عبارة عن حاصل جمع حجوم الجزء المشغول بالهواء والماء. ويمكن ربط هذه العلاقة بالمصطلحات الفيزيائية الاتية :



الشكل (١ – ١) مخطط لحجم معين من التربة يمثل حالات التربة مع بعضها البعض.

١ – كثافة الجزء الصلب (معدل كثافة الدقائق) Density of Solids ρ_s

يمكن تعريفها بانها النسبة بين كتلة الجزء الصلب الى حجم نفس الجزء، ووحدة قياسها هي غم/سم^3(ميكاغرام/م^3). معظم الترب المعدنية، معدل كثافتها محصور بين ٢,٦–٢,٧ غم / سم^3. ويمكن حسابها بالقانون الاتي

$$\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$$

ان وجود المادة العضوية يؤدي الى تقليل من قيمة كثافة الجزء الصلب وذلك لارتفاع حجم المادة العضوية مقارنة بكتلها الواطئة. احيانا يمكن التعبير عن الكثافة بالوزن النوعي والتي تمثل نسبة كثافة المادة الى كثافة الماء عند درجة حرارة ٤°م وتحت الضغط الجوي، وفي وحدات النظام المتري كثافة الماء وحدة واحدة، لذلك فالوزن النوعي يكون مساوياً لكثافة المادة تحت هذه الظروف.

٢ – الكثافة الظاهرية الجافة Dry Bulk Density ρ_b

وهي عبارة عن النسبة بين كتلة الاجزاء الصلبة والجافة الى الحجم الكلي للتربة (المتضمنة حجم الدقائق اضافة الى المسامات) والتعبير الرياضي لذلك يكون القانون

$$\therefore \rho_b = \frac{M_s}{V_t}$$

وتكون اصغر من كثافة الجزء الصلب. فالتربة التي تكون المسامات فيها نصف الحجم ρ_b تكون نصف ρ_s وتكون قيمتها العددية بين ١,٣-١,٤غم/سم^3. الترب الرملية قد تصل كثافتها الظاهرية الى ١,٦ غم/سم^3، اما الترب الحاوية على تجمعات غرينية وطينية فتصل الى ١,١ غم/سم^3. بصورة عامة تتأثر الكثافة الظاهرية ببناء التربة، درجة رص وانضغاط التربة، اضافة الى خاصية التمدد والانكماش والتي تكون معتمدة على درجة ترطيبها. وكحد فاصل وقطعي للترب المرصوصة والمحببة ربما تكون كثافتها الظاهرية المتقاربة، لكنها لاتصل حدود قيم كثافتها الحقيقة، مهما كانت درجة رص التربة، فالدقائق لاتتلاحم بصورة تامة ولكنها تبقى ذات مسامية معينة. اما الترب المتمددة، فكثافتها الظاهرية تختلف باختلاف المحتوى الرطوبي.

٣- الكثافة الظاهرية الكلية (الرطبة) ρ_t Total Bulk Density

يمكن استخدام هذا الاصطلاح للتعبير عن الكتلة الكلية للتربة الرطبة لكل وحدة حجم حيث ان الكثافة الظاهرية الكلية تمثل رياضيا بالمعادلة $\rho_t = \frac{M_t}{V_t}$

$$\therefore \rho_t = \frac{(M_s + M_w)}{(V_s + V_a + V_w)}$$

تعتمد الكثافة الظاهرية الكلية على المحتوى الرطوبي للتربة بدرجة اكبر من اعتماد الكثافة الظاهرية الجافة.

٤- الحجم النوعي الجاف V_b Dry Specific Volume

يعبر عن وحدة كتلة التربة الجافة (سم^3/غم) والتي تمثل كما يأتي:

$$V_b = \frac{V_t}{M_s}$$

وتستعمل كدليل لدرجة نعومة، هشاشية ورص التربة

٥- المسامية الكلية Porosity f

وتعبر عن النسبة بين حجم المسام المشغولة بكل من الماء والهواء الى الحجم الكلي للتربة كما في المعادلة الاتية :

$$f = \frac{V_f}{V_t} = \frac{(V_a + V_w)}{(V_a + V_w + V_s)}$$

وتستعمل المسامية كدليل نسبي لحجم الفراغات الموجودة في التربة، قيمة المسامية لمعظم الترب تقع ضمن المديات ٠,٣-٠,٦ (٣٠-٦٠٪). فالترب ذات النسجة الخشنة تميل لأن تكون اقل مسامية من الترب ذات النسجة الناعمة ، رغم أن معدل حجم المسامات المفردة تكون كبيرة في التربة ذات النسجة الخشنة عند مقارنتها مع التربة ذات النسجة الناعمة. الترب الطينية تمتاز بمساميتها المختلفة وذلك بسبب قدرتها على التمدد والانكماش والتجميع والتفرقة والانضغاط والتشقق. رغم ان المسامية الكلية تعود الى حجم اجزاء الفراغات ، لكن هذه القيم يجب أن تكون مساوية الى معدل المسامية الهوائية (جزء من المسام المتمثل في مساحة المقطع العرضي) ، اضافة لذلك معدل المسامية الطولية (الجزء الطولي من الفراغات المتداخلة عن طريق الخطوط المارة خلال التربة في اي اتجاه). ان المسامية الكلية لاتمثل توزيع حجوم الفراغات التي تُعد صفة مهمة والتي سوف تشرح لاحقا.

٦- نسبة الفراغات Void Ratio e

وهي تعبر عن نسبة حجم المسام المملوءة بالماء والهواء الى حجم الجزء الصلب وتمثل رياضيا كما يأتي :

$$e = \frac{V_f}{V_s} = \frac{(V_a + V_w)}{(V_t - V_f)}$$

ويستخدم هذا الاصطلاح كدليل نسبي لحجم الفراغات أو المسامات في التربة ، لكنها تنسب الى حجم الجزء الصلب بدلا من الحجم الكلي للتربة، حيث أن تغيير حجم الفراغات سوف يؤدي الى تغيير بسط ومقام المعادلة عند حساب المسامية على حين يتغير بسط المعادلة في حساب نسبة الفراغات. وبصورة عامة يُعد هذا الاصطلاح ذا اهمية

ودليل يعتمد عليه بالنسبة للمشتغلين في هندسة التربة والميكانيك، بينما المسامية تكون دليل خاص بالمشتغلين في مجال فيزياء التربة الزراعية. تتراوح قيم نسب الفراغ بين (٠,٣-٢).

٧- رطوبة التربة Soil Wetness θ_m

يمكن التعبير عن رطوبة التربة أو المحتوى المائي النسبي بطرق مختلفة.

أ- نسبة الى كتلة الجزء الصلب.

ب- نسبة الى الكتلة الكلية.

جـ- نسبة الى حجم الجزء الصلب.

د- نسبة الى الحجم الكلي.

هـ- نسبة الى حجم الفراغات.

وان طرق التعبير عن المحتوى الرطوبي الأكثر استعمالا هي :

أ- على اساس الكتلة Mass Wetness θ_m

والذي يعبر عن كتلة الماء نسبة الى كتلة دقائق التربة الجافة، والتي غالبا ماتعبر عن المحتوى الرطوبي الوزني. يطلق اصطلاح التربة الجافة على التربة التي تفقد معظم جزيئات الماء عند درجة ١٠٥ م، وعليه فالترب الطينية غالبا ماتحتوي على كميات كافية من الماء عند تلك الحالة من الجفاف في درجات الحرارة العالية. ان تجفيف التربة هوائيا (طبيعيا) يعني ان تكون التربة حاوية على نسبة من بخار الماء اكثر من ظروف استخدام الفرن عند درجة ١٠٥م، ولغرض تجفيف نفس الكمية من التربة، يلاحظ ان الترب المعدنية عند تشبيعها بالماء، تصل قيم المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة بين ٢٥- ٦٠٪ اعتمادا على الكثافة الظاهرية. بصورة عامة درجة تشبيع الترب الطينية تكون أعلى من الترب الرملية، وتزيد هذه القيمة في بعض الأحيان عن ١٠٠٪ في حالة الترب العضوية (البيت والمك). يمكن تمثيل المحتوى الرطوبي على اساس الكتلة رياضيا.

$$\theta_m = \frac{M_w}{M_s}$$

ب- على أساس الحجم θ_v Volume Wetness

غالبا ما يعبر عن المحتوى الرطوبي على أساس الحجم استنادا الى الحجم الكلي للتربة بدلا من الحجم الخاص بالدقائق نفسها. عند تشبيع الترب الرملية، فان محتواها الرطوبي على أساس الحجم يقع ضمن المديات ٤٠- ٥٠٪، أما الترب المتوسطة النسجة فمحتواها الرطوبي يكون نسبيا أعلى من الترب الرملية، بسبب أن الترب الطينية تتمدد عند الترطيب، فاستعمال تعبير المحتوى الرطوبي على أساس الحجم بدلا من التعبير الوزني للمحتوى الرطوبي يكون اكثر شيوعاً في التطبيق وذلك لانه يحور مباشرة للتعبير عن حجم التدفق وكمية الماء المضافة الى التربة سواءا عن طريق الري أو الامطار وكذلك يعبر عن كمية الماء المفقودة عن طريق التبخر أو البزل. وتمثل طريقة الحساب رياضيا كما يأتي :

$$\theta_v = \frac{V_w}{V_t} = \frac{V_w}{(V_a + V_w + V_s)}$$

جـ- درجة التشبع θ_s Degree of Saturation

ويطلق على هذا الاصطلاح في بعض الاحيان بالتشبع، ويعبر عن حجم الماء الموجود في التربة نسبة الى حجم الفراغات فيها. وتتراوح قيم درجة التشبع بين الصفر في حالة الترب الجافة الى ١٠٠٪ في حالة الترب المشبعة تماما. وعلى كل حال من الصعوبة الوصول الى درجة التشبع ١٠٠٪ وذلك بسبب وجود الهواء في المسامات البينية والذي يعمل على اعاقة ذلك في الترب المبللة. من جهة اخرى، لايمكن الاعتماد على هذا الدليل في حالة الترب المتمددة. والتي يحصل تغير في مساميتها مع عملية ترطيبها. وطريقة حساب المحتوى الرطوبي عند درجة التشبع يمكن تمثيلها رياضيا بالآتي :

$$\theta_s = \frac{V_w}{V_f} = \frac{V_w}{(V_a + V_w)}$$

٨- المسامية الهوائية (محتوى الهواء النسبي) f_a Air Filled Porosity

الذي يعبر عن قياس المحتوى النسبي لمحتوى هواء التربة ، والذي يُعد ذا أهمية كبيرة في تهوية التربة ويكون هذا الدليل ذي ارتباط سلبي مع درجة التشبع وتمثل رياضيا حساب المسامية الهوائية والعلاقة مع درجة التشبع كما يأتي :

$$f_a = \frac{V_a}{V_t} = \frac{V_a}{V_a + V_w + V_s}$$

٩- العلاقات الأخرى :

من التعاريف الاساسية السابقة للخصائص الفيزيائية ، يمكن اشتقاق علاقات أخرى تربط المصطلحات الآنفة الذكر بعضها البعض ،نورد أهم هذه العلاقات ذات الفائدة في هذا المجال :

١- علاقة المسامية الكلية مع نسبة الفراغات

$$f = \frac{e}{1 + e} \qquad e = \frac{f}{1 - f}$$

٢- علاقة درجة التشبع مع حجم الترطيب (المحتوى الرطوبي على أساس الحجم)

$$\theta_s = \frac{\theta_v}{f}$$

٣- علاقة المحتوى الرطوبي على أساس الحجم والكتلة .

$$\theta_v = \theta_m \left(\frac{\rho_b}{\rho_w} \right)$$

وفي هذه العلاقة ، عندما تكون كثافة الماء ρ_w والتي هي عبارة عن نسبة كتلة الماء الى حجمه وحدة واحدة ، وبسبب ان كثافة التربة الظاهرية اكبر من كثافة الماء عند درجة حرارة ٤° م وضغط جوي واحد فان المحتوى الرطوبي الحجمي يكون $\theta_v = \theta_m \rho_b$

ومن المعقول أن يكون المحتوى الرطوبي على أساس الحجم أكبر من المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة اعتماداً على كثافة التربة الظاهرية.

٤- علاقة المسامية مع الكثافة الظاهرية

$$f = \rho_s - \frac{\rho_b}{\rho_s} = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s}$$

٥- علاقة المسامية الهوائية بالمحتوى الرطوبي.

$$f_a = f - \theta_v = f(1 - \theta_s)$$

من هذا يستنتج بأن اكثر التعابير الفيزيائية الانفة الذكر استعمالا هي مسامية التربة وكثافتها الظاهرية والمحتوى الرطوبي على أساس الحجم.

مثال (١)

اذا كان لديك تربة على هيئة مكعب ابعادها (١٠× ١٠× ١٠ سم) وزن التربة الرطب ١٤٦٠ غم ووزن الماء فيها ٢٦٠ غم. اذا علمت بأن كثافة التربة الحقيقية هي ٢,٦٥ غم/سم^3 وأن كثافة الماء ١غم/سم^3 اوجد كل مما يأتي:

١- المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة.
٢- المحتوى الرطوبي على أساس الحجم.
٣- النسبة المئوية للرطوبة على أساس الكتلة.
٤- النسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم.
٥- عمق الماء.
٦- الكثافة الظاهرية.
٧- مسامية التربة.
٨- المسامية الهوائية.

يلاحظ عند حل هذا المثال يمكن الاعتماد على العلاقات الفيزيائية الواردة في هذا الفصل فلايجاد المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة نلاحظ أن:

المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة = كتلة الماء / كتلة التربة الجافة

= ٢٦٠غم / (١٤٦٠غم−٢٦٠غم) = ٠,٢١٧

النسبة المئوية للرطوبة على أساس الكتلة= المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة× ١٠٠ ٪

=٠,٢١٧× ١٠٠٪= ٢١,٧ ٪

المحتوى الرطوبي على اساس الحجم = حجم الماء / حجم التربة

حيث أن حجم الماء= كتلة الماء / كثافة الماء

= ٢٦٠غم / (١ غم/سم٣) / (١٠سم×١٠سم×١٠سم) = ٠,٢٦٠

نسبة المئوية للرطوبة على أساس الحجم= المحتوى الرطوبي على أساس الحجم × ١٠٠ ٪

= ٠,٢٦٠× ١٠٠٪= ٢٦٪

$$\text{عمق الماء} = \frac{\text{حجم الماء}}{\text{المساحة السطحية للتربة}} = \frac{\text{كتلة الماء}}{\text{كثافة الماء}} \times \frac{1}{\text{المساحة السطحية}}$$

$$= \frac{\text{٢٦٠غم}}{\text{١غم/سم}^3} \times \frac{1}{\text{١٠٠سم}^2} = 2{,}6 \text{ سم}$$

$$\text{أما الكثافة الظاهرية للتربة} = \frac{\text{وزن التربة الجاف}}{\text{حجم التربة الكلي}} = \frac{\text{١٤٦٠ غم- ٢٦٠ غم}}{\text{١٠٠٠سم}^3}$$

$$= \frac{\text{١٢٠٠ غم}}{\text{١٠٠٠ سم}^3} = 1{,}2 \text{ غم/سم}^3$$

$$\text{مسامية التربة} = 1 - \frac{\text{الكثافة الظاهرية}}{\text{الكثافة الحقيقية}} = 1 - \frac{\text{١,٢ غم/سم}^3}{\text{٢,٦٥ غم/سم}^3} = 0{,}547$$

وهناك طريقة اخرى لايجاد مسامية التربة عن طريق عمق الجزء الصلب وعمق الجزء المشغول بالهواء وذلك من المعلومات الموجودة في المثال.

$$\text{عمق الجزء الصلب} = \frac{\text{حجم الجزء الصلب}}{\text{المساحة السطحية للتربة}} = \frac{\text{كتلة الجزء الصلب}}{\text{الكثافة الحقيقية}} \times \frac{1}{\text{المساحة السطحية للتربة}}$$

$$= \frac{\text{١٤٦٠غم- ٢٦٠ غم}}{\text{٢,٦٥ غم/سم}^3} \times \frac{1}{\text{١٠٠سم}^2} = \text{٤,٥٣سم}$$

عمق الجزء المشغول بالهواء = العمق الكلي – (عمق الجزء الصلب + عمق الماء)

= ١٠ سم – (٤,٥٣ + ٢,٦٠ سم)

= ٢,٨٧ سم

$$\text{المسامية} = \frac{\text{حجم المسام المشغول بالماء والهواء}}{\text{الحجم الكلي للتربة}} = \frac{\text{المساحة السطحية للتربة (عمق الماء + عمق الهواء)}}{\text{الحجم الكلي للتربة}}$$

$$= \frac{١٠٠ \text{ سم}^٢ (٢,٨٧ \text{ سم} + ٢,٦٠ \text{ سم})}{١٠٠٠ \text{ سم}^٣} = ٠,٥٤٧$$

$$\text{اما المسامية الهوائية} = \frac{\text{حجم المسام المشغول بالهواء}}{\text{الحجم الكلي للتربة}} = \frac{\text{عمق الهواء}}{\text{عمق التربة الكلي}}$$

$$= \frac{٢,٨٧ \text{ سم}}{١٠ \text{ سم}} = ٠,٢٨٧$$

$$\text{يمكن ايجاد التشبع النسبي} = \frac{\text{عمق الماء}}{\text{عمق الماء + عمق الهواء}} = \frac{٢,٦٠ \text{ سم}}{٢,٦٠ \text{سم} + ٢,٨٧ \text{سم}} = ٠,٤٧٥$$

مثال (٢)

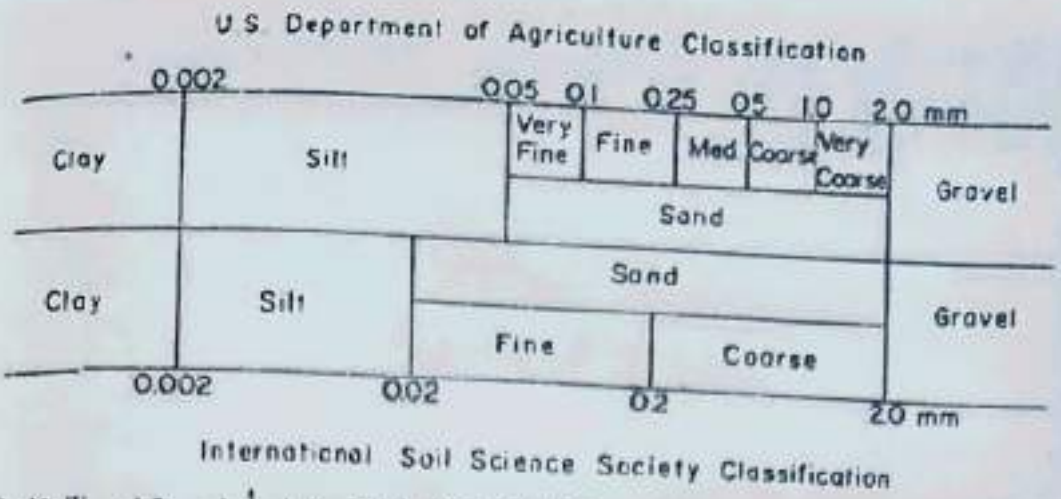
اذا علمت بان وزن التربة الرطب ٢٢٠ كغم وأن المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة هي ٠,١٨ فما هي كتلة الجزء الصلب وكتلة الماء.

الفصل الثاني
الحـــالة الصـلبة

بعد استعراض الأسس العامة للتربة والتي لها ارتباط وثيق بالخصائص الفيزيائية في الفصل الأول ، سوف نعرض في هذا الفصل الأمور المتعلقة بحالة التربة الصلبة والذي يعد من حالات التربة الثلاث ويكون التركيز على الاجزاء المرتبطة بالخصائص الفيزيائية وتشمل :

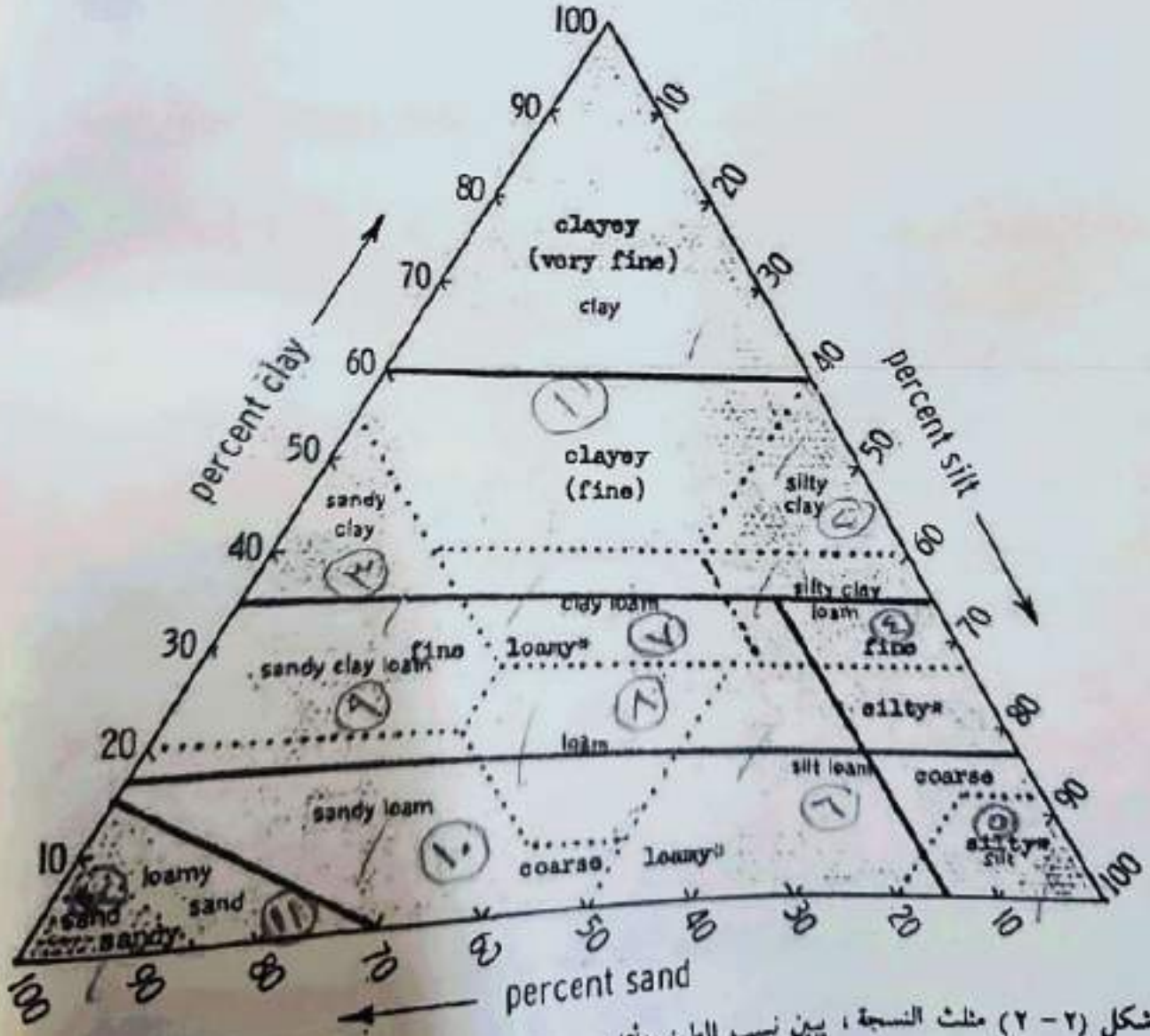
١ – نسجة التربة Soil Texture

ان الدقائق الأولية في التربة تختلف بلا شك في كل من حجمها وشكلها ، فبعضها تكون خشنة لدرجة يمكن تمييزها بالعين المجردة ، في حين نجد قسما اخر من حبيبات التربة تكون صغيرة بحيث تظهر خصائص الغرويات . لهذا فاصطلاح نسجة التربة من وجه نظر العاملين في مجال فيزياء التربة يعبر عن مديات توزيع حجوم الدقائق الاولية المكونة لجسم التربة ، ولها دلالات كمية ونوعية . نوعيا ، يمكن الاعتماد على التحسس بملمس مواد التربة فيما اذا كانت خشنة (رملية) أو ناعمة وملساء (طينية) ، ان المتخصصين في مجال تصنيف الترب يمكن عن طريق فرك مواد التربة بين راحتي اليد معرفة ، فيما اذا كانت دقائق التربة ذات نسجة خشنة أو ناعمة . أما الدلائل الكمية لنسجة التربة فترجع الى الأجزاء النسبية للأحجام المختلفة من دقائق التربة المعينة . اجزاء النسجة او مفصولات التربة تصنف مواد التربة الى دقائق ذات ثلاث أحجام ضمن مديات معينة تعتمد على نوع التصنيف المتبع . هذه الدقائق بصورة عامة تشمل الرمل والغرين والطين ، وأهم هذه التصانيف المستخدمة في تحديد مديات هذه المفصولات هي الموضحة في الشكل (٢–١) .



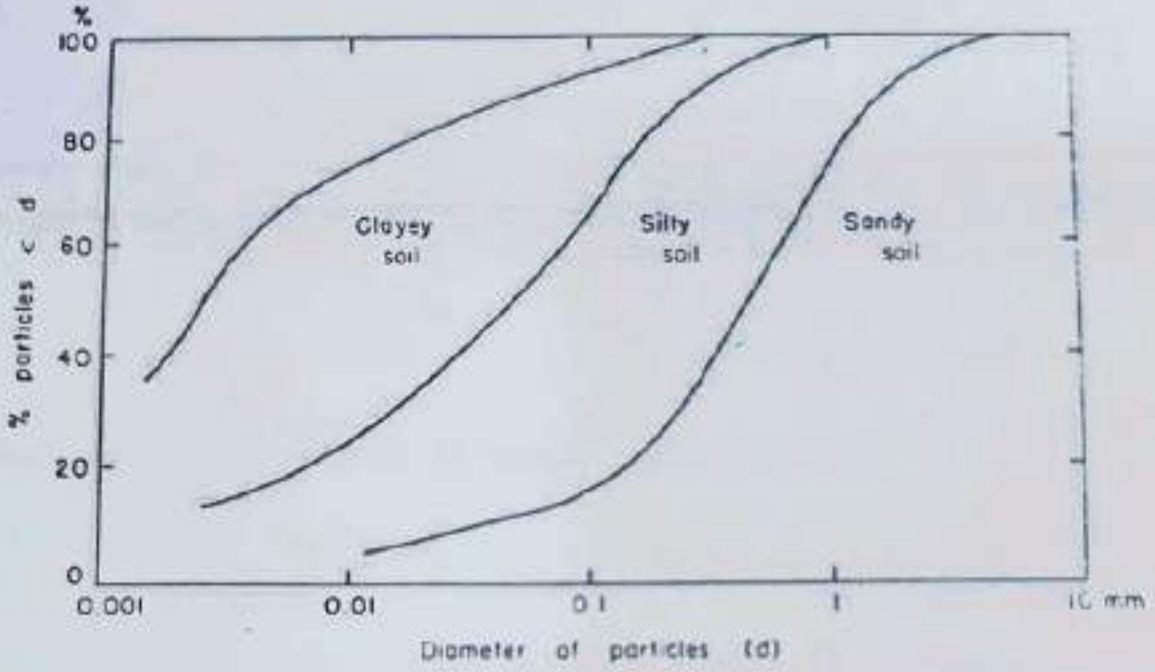
شكل (٢- ١) مسميات مفصولات التربة تبعا لمديات اقطار الدقائق (على أساس مقياس اللوغاريتم).

ان تحديد مفصولات التربة تكون مستندة على أسس نسبة كتلة هذه المكونات الثلاثة فالترب ذات النسب المختلفة من الرمل والغرين والطين موضحة في مثلث النسجة شكل (٢ – ٢) ومن الملاحظ بان أحسن طريقة لوصف نوع التربة هي التي تظهر توزيع مستمر



شكل (٢ – ٢) مثلث النسجة، يبين نسب الطين (أقل من ٠,٠٠٢ ملم)، الغرين (٠,٠٥– ٠,٠٠٢ ملم)، والرمل (٠,٠٥– ٢ملم) الموضح اصناف نسجة التربة.

لأحجام الدقائق والموضحة في الشكل (٢- ٣). فبعض الترب تمتلك خاصية الاستمرارية لدقائقها ذات الأحجام المختلفة مما يكسبها صفة التجبب الجيد، وعلى العكس هناك ترب لم تمتلك هذه الخاصية نتيجة لتكونها من دقائق ذات مديات أحجام محدودة وغير مستمرة مما يكسبها صفة التحبب الضعيف او غير الجيد.



شكل (٢- ٣) توزيع أحجام الدقائق لثلاث أنواع من التربة.

توزيع أحجام الدقائق (التحليل الميكانيكي).

يعرف التحليل الميكانيكي بأنه تقديرات توزيع أحجام دقائق التربة (mechanical analysis). ان فصل الدقائق الى مجاميع يمكن اجراؤها بصورة عامة بواسطة عملية النخل خلال مناخل ذات أقطار مقاربة لأقطار الحبيبات والتي قد تصل لحد ٠,٠٥ ملم. بصورة عامة يمكن استعمال طريقة الترسيب لفصل وتصنيف الدقائق الناعمة من معلق التربة، وقياس سرعة الترسيب لكل دقيقة من دقائق التربة وبقياس كثافة المعلق الذي تكون فيه بعض الدقائق مترسبة أو مستقرة. سرعة ترسب الدقائق المترسبة تحت تأثير الجاذبية تستند الى قانون ستوك والتي تعتمد على كثافة ولزوجة السائل وحجم وكثافة الدقيقة، ولفهم ذلك سوف نشتق القانون الذي يستند على سقوط الدقائق الكروية في السائل بفعل الجاذبية.

من المعروف بان القوة تكون مساوية الى حاصل ضرب الكتلة(m)في التعجيل الأرضي الناتج من الجذب(a).

$$F = m\,a$$
$$m = V\rho$$

$$V \text{ of sphere} = \frac{4}{3}\ \pi r^3$$

F_1 = force which related to the mass of particles

وهذه القوة تتمثل بالقوة المرتبطة بكتلة الدقائق ، حيث ان g تمثل التعجيل الأرضي.

$$\downarrow F_1 = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g$$

F_2 = Bouyant force which equal to the weight of water displaced

$$\uparrow F_2 = -\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_l g$$

$\uparrow F_3$ = force related to viscous drag

$$\uparrow F_3 = (-2\pi r)(3v\eta)$$
$$\uparrow F_3 = -6\pi r v\eta$$

محصلة هذه القوى تكون مساوية الى الكتلة والتعجيل بفعل الجاذبية ، وعند افتراض ان الدقائق تكون في حالة سكون أو استقرار عند بدء التجربة.

$$\therefore F_1 + F_2 + F_3 = ma = 0.0$$

وعند التعويض عن هذه القوى بما يساويها نحصل على

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_l g - 6\pi r v\eta = 0.0$$

$$\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s g - \frac{4}{3}\pi r^3 \rho_l g = 6\pi r v\eta$$

حيث أن

m= كتلة دقائق التربة (غم)

r = نصف قطر الحبيبة (سم)

ρ_s ، ρ_l = كثافة كل من دقائق التربة والسائل (غم/ سم^3)

g= التعجيل الارضي (سم ثا$^{-2}$)

v= سرعة الدقائق (سم/ ثا)

d= العمق المكاني، (سم) ، t= الزمن (ثا)

$$\frac{4}{3}r^3g(\rho_s - \rho_l) = 6v\eta$$

$$v = \frac{4r^2g(\rho_s - \rho_l)}{18\eta} = \frac{2}{9\eta}r^2g(\rho_s - \rho_l)$$

$$d = Vt$$

$$d = \frac{2}{9\eta}r^2g(\rho_s - \rho_l)t$$

$$t = \frac{9\eta d}{2r^2g(\rho_s - \rho_l)}$$

ان القانون الأخير يطلق عليه بقانون ستوك ، وللوصول الى هذه الصيغة النهائية هناك عدة افتراضات اعتمد عليها والتي تشمل على :

١ – ان الدقائق كبيرة الحجم مقارنة بجزيئات السائل ، اي ان الحركة البراونية تكون ضعيفة .

٢ – ان الدقائق صلبة وملساء وكروية .

٣ – ان جميع الدقائق لها نفس الكثافة .

٤ – لايوجد تأثير لجدران الوعاء على دقائق التربة وكذلك تأثير الدقائق على بعضها البعض قليل أو معدوم (يجب ان تكون تركيز الدقائق في المعلق منخفضاً) .

٥ – ان جريان السائل يكون صفائحيا او طباقيا .

من الملاحظ أن قانون ستوك لقياس توزيع حجوم الدقائق قد اعتمد على الفرضيات البسيطة ، الآنفة الذكر والتي لم تكن متماشية مع حقيقة دقائق التربة . مثال ذلك ان الدقائق كروية الشكل ومتماثلة في كثافتها ويكون ترسيبها واستقرارها غير معتمد على بعضها

البعض ، وكذلك أن تدفق وجريان السائل حول هذه الدقائق يكون صفائحيا. في الحقيقة نلاحظ بأن دقائق التربة ليست كروية ، حيث أن بعضها قد يكون على شكل صفائح ، وعليه فحساب القطر المؤثر على سرعة الترسيب واستقرار الدقائق نفسها قد لايكون من الضروري مرتبطامع الأبعاد الحقيقية للدقائق. لذلك فنتيجة التحليل الميكانيكي المعتمد على أساس النخل ربما يختلف عن التحليل المعتمد على عملية الترسيب واكثر من ذلك ، فان دقائق التربة ليس جميعها ذات كثافة متشابهة. معظم السليكا لها كثافة حقيقية تتراوح ٢,٦ – ٢,٧ غم / سم^{٣} ، اكاسيد الحديد المعدنية والمعادن الثقيلة الأخرى تمتلك كثافة تصل لحدود ٥ غم / سم^{٣} او أكثر. لذلك لكي يكون قانون ستوك أكثر تطبيقا ، يمكن قياس الكثافة الحقيقية لدقائق التربة بالطريقة المعروفة بكنومتر (قنينة الكثافة) وتحديد مقدارها الحقيقي. من الملاحظ بأن دقائق التربة الأولية ، غالبا ماتكون ذات طبيعة تجميعية ، ويجب تفرقتها عن طريق ازالة تأثير المواد اللاحمة (مثل المادة العضوية ، اكاسيد الحديد ، الغرويات ، السليكا وكاربونات الكالسيوم) لغرض الحصول على تفرقة تامة للدقائق ومن ثم قياس نسبها في التربة المعنية.

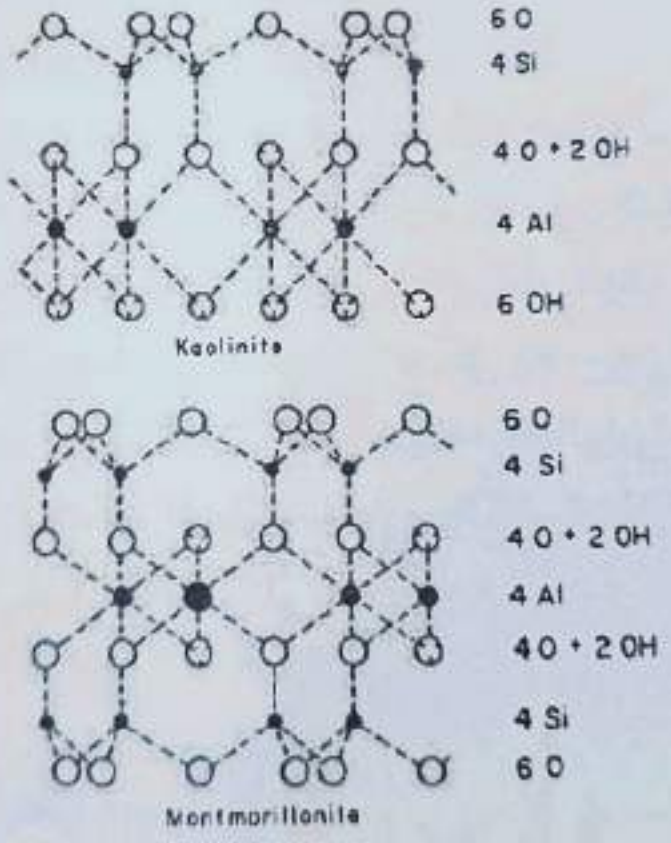
طبيعة وسلوك الطين

يعد الطين الغروي الجزء المحدد لسلوك التربة بسبب صفاته المختلفة ككبر المساحة السطحية وكونه اكثر نشاطا من ناحية العمليات الفيزيوكيميائية.

بصورة عامة دقائق الطين تكون ذات شحنات سالبة وتشكل الطبقة الكهربائية المزدوجة والتي عن طريقها يحدث التبادل الكاتيوني. على العكس دقائق الرمل والغرين لها سطح نوعي صغير نسبيابالمقارنة مع الدقائق الطينية يظهر اقل درجة من ناحية العمليات الفيزيوكيميائية. يطلق على هذه الأجزاء « هيكل التربةsoil skelcton » في حين يمكن ان يكون الطين وباستخدام المصطلح نفسه « جسد التربة » ، وربط الأجزاء المختلفة مع بعضها البعض يمكن أن يطلق عليها بالشبكة الصلبة للتربة. ان اصطلاح الطين لايشير فقط الى الدقائق الواقعة ضمن مديات وحجوم معينة فحسب ، بل يشمل مجموعة من المعادن ، بعضا منها يكون بلوريا ، رغم أن هذه الأشكال البلورية الصغيرة تكون ذات تركيب جيد والتي تاخذ حجم الغرويات. نتيجة لذلك أجزاء الطين تكون مختلفة معدنيا فضلاعن أحجام دقائقها. أما الرمل والغرين ، التي تتكون بصورة رئيسية من الكوارتز والمعادن

الأولية الأخرى والتي لم تتحول كيميائيا الى معادن ثانوية كما هي الحال مع الطين، حيث أن الأنواع المختلفة من الطين تكون ذات بناء بلوري جيد رغم اختلاف درجة انتشارها.

اكثر المعادن الطينية شيوعا هي المعادن الصفائحية الالمنيوسليكاتية، حيث تتكون بلوراتها من وحدتين أسايتين، وتكون رباعية السطوح المتكونة من ذرات الاوكسجين المحاطة بكاتيون مركزي، عادة السليكون Si^{+4}، أو ثماني السطوح متكونة من ذرات الاوكسجين أو مجموعة الهيدروكسيل المحاطة بكاتيون كبير الحجم، عادة الالمنيوم Al^{+3} او المغنيسيوم Mg^{+2}. ذرات الاوكسجين الرباعية ترتبط من زواياها الأربعة، أو المجاميع ذات السطوح الثمانية ترتبط خلال حوافها عن طريق مشاركتها بذرات الاوكسجين وعليه فالمعادن ذات السطوح الرباعية والثمانية موضحة في الشكل (٢- ٤).



شكل (٢- ٤) البناء المثالي لمعادن سليكات الالمنيوم.

ان المعادن الالمنيوسليكاتية تتكون من نوعين أساسيين اعتمادا على نسبة الطبقات الرباعية والثمانية والتي قد تشكل (١ : ١) او (٢ : ١). ان معادن (١ : ١) والمتمثلة بالكاوولونايت، ترتبط عن طريق المشاركة في ذرات الاوكسجين الى الطبقات المفردة الرباعية. أما في معادن (٢ : ١) والمتمثلة بالمونتمور اللونايت، فترتبط بنفس الطريقة

كمية الكاتيونات المدمصة على سطوح الدقائق لكل وحدة كتلة من التربة تحت ظروف التعادل الكيميائي تكون ثابتة تقريباوغير معتمدة على نوع الكاتيون ، ويطلق على هذه الظاهرة بالسعة التبادلية الكاتيونية. حيث أن التربة تختلف في سعتها التبادلية الكاتيونية ، والتي قد تكون محصورة بين الصفر- ٠,٦٠ ملمكافئ/ غرام. تختلف المعادن الطينية نوعاما بكثافة سطح الشحنات (كمثال عدد سطوح التبادل لكل وحدة مساحة من سطح الدقائق) ، وتختلف بشكل كبير في مساحة السطح النوعي ، وعليه فتختلف أيضا بالسعة التبادلية الكاتيونية الكلية. المونتمور اللونايت ، له سطح نوعي يقرب من ٨٠٠ م^{٢}/ غم ، ويمتلك سعة تبادلية كاتيونية تقرب من ٠,٩٥ ملمكافئ/ غم ، في حين الكاوولونايت يمتلك سعة تبادلية كايتونية تتراوح من ٠,٠٤ - ٠,٠٩ ملمكافئ/ غم. كبر السطح النوعي للمونتمور اللونايت يعودالى اتساع صفائحه وتمددها ، والتي لم تحصل كما في معدن الكاوولونايت. المعادن الطينية الاخرى (مثل اللايت ، المايكا ، البالجورسكايت ، الخ) غالبا ولها صفات وسطية تقع بين معدن الكاوولونايت والمونتمور اللونايت.

تجاذب الكاتيونات الى الشحنات السالبة لمعادن الطين الغروية تزداد بزيادة تكافؤ الكاتيون. وعليه ، فالكاتيونات الاحادية تحل بسهولة عند مقارنتها مع الكاتيونات الثنائية والثلاثية. ان الكاتيونات المتميئة ، والتي تميل لأن تكون بعيدة عن السطح ، تكون سهلة الاحلال مع الكاتيونات الأقل تميعا ، وتكون درجة تسلسل الكاتيونات بصورة عامة كما يأتي :

$$Al^{3+} > Ca^{+2} > Mg^{+2} > K^{+} > Na^{+} > Li$$

ان اختلاف الضغط الأزموزي بين الطبقة المزدوجة والمحلول الخارجي ، يتولد ضغط التمدد خاصة عندما يسمح للطين المتمدد ادمصاص الماء ، ويعتمد على الحالة الخاصة بالتميع وتركيب الكاتيونات المتبادلة ، دقائق الطين ربما تتجمع أو تتفرق بصورة عامة التشتت يحدث للكاتيونات الأحادية الشديدة التميع (مثال الصوديوم) وعكسيا ، فالتجمع يحدث في التركيز العالي من المذاب او عند وجود الكاتيونات الثنائية والثلاثية (مثال الكالسيوم والالمنيوم) وعندما تكون الطبقة المزدوجة مضغوطة فيكون تأثير التنافر قليل جدا وبالتالي يحصل التقارب بين أي جسمين من بعضهما كبيرا. مديات قوة

التجاذب الصغيرة (قوة لندن– فاندرفال) والتي تلعب دورا كبيرا، تربط الجسيمات وتشكل كتلة منها. عند جفاف الطين المتشتت يشكل كتلة صلبة وذات كثافة عالية ويحصل التقشر. من جهة ثانية، عند جفاف الطين المتجمع يشكل تجمعات سهلة التفتيت وهشة، وتحت ظروف الأمطار في الحقل، الطين المتشتت سوف يصبح موحلاً (مكونا للأوحال) ذو النفاذية القليلة أكثر تعرضا للتاكل من الطين المتجمع. وعليه فالظروف المرغوبة للترب الطينية هي ظروف التجميع، والتي لايمكن اختلاقها لتشكيل تركيب مثالي.

السطح النوعي وظاهرة الادمصاص

يعرف السطح النوعي للتربة بأنه عبارة عن مساحة السطح الكلية للدقائق لكل وحدة كتلة a_m، أولكل وحدة حجم من الدقائق a_v، اولكل وحدة حجم من التربة الجافة a_b، والتعبير الرياضي لذلك هو:

$$a_m = A_s / M_s$$
$$a_v = A_s / V_s$$
$$a_b = A_s / V_t$$

حيث أن مساحة السطح الكلية تمثل A_s، كتلة الدقائق، حجم الدقائق، والحجم الكلي الظاهري يتمثل بـ M_s، V_s، V_t.

عادة مايعبر عن السطح النوعي بالمتر المربع لكل غرام (وحدة مساحة لكل وحدة وزن) أووحدة السنتمتر المكعب (وحدةمساحة لكل وحدة حجم). حيث يعتمد بالدرجة الأساسية على حجم دقائق التربة، ففي الرمل السطح النوعي ربما يكون أقل من ١ م^2/غم في حين يصل سطح الطين النوعي الى عشرات أو مئات الامتار المربعة لكل غرام. كذلك يعتمد السطح النوعي على شكل الدقائق الخاصة للتربة، فالدقائق المسطحة والطويلة عادة لها سطح نوعي كبير لكل وحدة كتلة. عند مقارنتها بالدقائق الكروية أو المكعبة التي لها نفس معدلات الكتلة. وبسبب ان دقائق الطين صفائحية فيكون لها سطح نوعي كبير عند مقارنتها مع حجم دقيقة الطين نفسها، ومع كل ذلك فان بلورات الطين لها سطح داخلي مثل تلك التي تتكون عند تمدد صفائح المونتمور اللونايت عند دخول الماء بينها.

وعليه يظهر بان التربة لها سطح نوعي يتكون من السطوح الداخلية والخارجية معتمدا على نوع الطين فضلاً عن كميته الكلية ، وبسبب أن معظم صفات التربة تعود لظاهرة السطح الداخلي ، فان السطح النوعي للتربة يكون ذا صلة كبيرة بنوع التربة(علاقة كبيرة) وكصفة يجب دراستها ومعرفتها وقياسها ربما يساعد لمعرفة الأساس في التطور والتنبأ بسلوك التربة. والسطح النوعي غالباً مايرتبط ببعض صفات التربة مثل التبادل الكاتيوني ، جاهزية بعض العناصر، التمدد وبشد الماء تحت الضغوط العالية وكذلك بعض الصفات الميكانيكية الأخرى مثل اللدانة والقوة ولهذا السبب من المحتمل قياسها للتربة لم يكن مثل قياس نسجة التربة بالطرق الاعتيادية والمشهورة لكنها تكون ذات قيمة متعلقة بالأدلة الخاصة بصفات التربة اكثر من نسبة الرمل والغرين والطين في التربة.

طالما ان السطح النوعي يعتمد على شكل وحجم دقائق التربة (اشكال هندسية ثابتة) فيمكن ايجاد المعادلات الخاصة بالاشكال المعدنية لدقائق التربة ، في حالة الدقائق الكروية الشكل ذات نصف القطر، r نلاحظ بأن السطح النوعي على اساس الحجم والكتلة يكون

$$\text{Volum of sphere} = \frac{4}{3}\pi r^3$$

$$\text{mass} = \text{Volume} \times \text{density}$$

$$\text{total surface} = 4\pi r^2$$

اذن السطح النوعي على أساس الحجم يكون مساويا الى

$$a_v = \frac{A_s}{V_s} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{r}$$

أما السطح النوعي على اساس الكتلة فيكون مساويا الى

$$a_m = \frac{A_s}{M_s} = \frac{4\pi r^2}{\frac{4}{3}\pi r^3 \rho_s} = \frac{3}{r\rho_s}$$

وعندما تكون كثافة الدقيقة مساوية الى ٢,٦٥ غم/ سم^3، نحصل تقريبا على سطح نوعي مساوي

$$s_w = \frac{1.1}{t}$$

اما الدقائق المكعبية الشكل، فسطحها النوعي على اساس الحجم والكتلة، عندما يكون طول ضلعها L نلاحظ

$$\text{Volume of cube} = L^3$$
$$\text{mass} = \text{Volume} \times \text{density}$$

$$\text{total surface area} = 6L^2$$

$$s_v = \frac{6L^2}{L^3} = \frac{6}{L}$$

$$s_w = \frac{6}{\rho_s L}$$

وعليه، فالتعبير عن الدقائق التي تكون تقريبامتساوية في ابعادها مثل سطح المعادن، دقائق الثرين تكون متشابه والمعلومات عن احجام توزيع الدقائق المتوزعة يمكن ان تساعدنا في حساب السطح النوعي التقريبي بواسطة معادلة الجمع

$$s_w = \frac{6}{\rho_s} \Sigma \frac{d_i^2}{d_i^3} \times C_i$$

حيث ان C_i تمثل نسبة الدقائق ذات القطر d_i

وعندما تكون $\frac{6}{\rho_s}$ مساويا الى ٢,٣ نحصل على

$$s_w = 2.3 \Sigma \frac{1}{d_i} \times C_i$$

وعند أعتبار أن الدقائق صفائحية، فيمكن في هذه الحالة أفتراض ان الصفائح بشكل مربع بطول ضلع مقداره L وسمك i نلاحظ بأن السطح النوعي على الحجم والكتلة تكون

$$a_r = (2L^2 + 4Li)/L^2 i$$

$$a_m = 2(L + 2i)/\rho_s Li$$

وعندما تكون الصفائح ذات سمك رقيق جداً i يمكن اهمالها مقارنة الى الابعاد L ، وعندما تكون كثافتها الحقيقية ٢,٦٥ غم/ سم^3 فعليه

$a_m = \frac{2}{\rho_s i} = \frac{0.75}{i}\ cm^2/gm$ وعليه فالسطح النوعي للطين يمكن تقديره اذا كان سمك الصفيحة معلوماً ، كمثال سمك الصفائح لمعدن المونتمور اللونايت المعلق يكون تقريباً 10°A (اي مايعادل ١٠–^{٧} سم) لذلك نجد أن السطح النوعي لهذا المعدن على اساس الكتلة هو $a_m \frac{0.75}{10^{-7}}$ والذي يعادل (٧٥٠ م^٢/ غم) يكون نوعاما قريبا من القيمة المقاسة .

ان الطريقة القياسية لتقدير السطح النوعي للمواد الخاصة بالتربة هي بواسطة الادمصاص لبعض الغازات مثل النتروجين. ابسط الطرق التي تعطي نتائج نسبية تكون مستندة على تحرر واطلاق جزيئة عضوية تطبيقية مثل اثيلين كلايكول او اثيلين كليسرول . etheylen glecerol or etheylen glycol .

ظاهرة الادمصاص قد وصفت ١٩٥٣ من قبل deBoer تحت الضغط الواطئ كمية الغاز المدمص لكل وحدة مساحة للسطح المدمص σ_a تكون مرتبطة مع ضغط الغاز P ودرجة الحرارة T وحرارة الادمصاص Q_a كما في المعادلة :

$$\sigma_a = K_i P \exp\left(\frac{Q_a}{RT}\right)$$

حيث ان R تمثل ثابت الغازات، K_i تمثل مقدار ثابت ، وعليه فان كمية الأدمصاص تزداد مع الضغط ، لكنها تقل مع الحرارة. نلاحظ بان معادلة لانجمبور Langmuir توضح العلاقة بين ضغط وحجم الغاز المدمص لكل غرام من المادة المدمصة ، على التوالي عند درجة الحرارة الثابتة .

$$\frac{P}{V} = \frac{1}{K_2 V_m} + \frac{P}{V_m}$$

حيث ان حجم الغاز المدمص يتمثل بـ V_m والذي يكون طبقة أحادية فوق السطح المدمص ويمكن الحصول عليه وذلك من علاقة P/V مع P (الضغط) والسطح النوعي المدمص يمكن حسابه بتقدير عدد الجزيئات في V_m وضربه بواسطة مساحة المقطع العرضي للجزيئات. من الملاحظ بأن معادلة لانجمير تستند على فرضية أدمصاص طبقة مفردة واحدة وان حرارة الأدمصاص تكون ثابتة ومتماثلة خلال العملية.

فرضية برونبور واخرين ١٩٣٨ اشتق ماعرف بمعادلة Brunauer, Emmett, and Teller equation (BET) والتي استندت على فرضية ادمصاص طبقتين كما في المعادلة الاتية :

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)}{V_m C P_0}$$

حيث ان V تمثل حجم الغاز المدمص عند الضغط P ، V_m حجم الطبقة ذات الجزئيات المفردة المدمصة على سطوح الادمصاص ، P_0 ضغط الغاز المطلوب لتشبع الطبقة المفردة عند حرارة التجربة ، C ثابت الغاز المعين ويمكن الحصول على V_m من فرضية BET عن طريق رسم العلاقة بين $\frac{P}{V(P_0 - P)}$ مع $\frac{P}{P_0}$. أما كثافة الغاز فعادة ماتفترض على أساس أنها اما على صورة سائل أو غاز صلب.

ان الادمصاص القطبي (مثل الماء) ربما لاينطبق على معادلة BET اولانجمير (والتي تكون متشابهة عند الضغوط الواطئة وبسبب أن الجزيئة أو ألايون ربما يميل الى التجمع عند حواف الشحنات بدلامن أن يتوزع بالتساوي على سطح الادمصاص. استعمال مواد مدمصة مختلفة وطرق تكنيكية لقياس السطح النوعي لمواد التربة والذي قد وصف من قبل (Mortland and Kemper ، ١٩٦٥).

مثال (١)

دقائق التربة الكروية الشكل نصف قطرها R تسقط لعمق ٢ سم في مدة ساعة في وعاء الترسيب (السلندر). كم تستغرق دقائق مشابه نصف قطرها R كي تستقر عند العمق ١٠ سم؟

من المعلوم لحل هذا المثال الرجوع الى قانون ستوك لترسيب دقائق التربة ، ويلاحظ بأن السرعة = المسافة / الزمن

$$\frac{d}{t} = \frac{2}{9} \frac{(\rho_s - \rho_l) g r^2}{\eta}$$

حدود المعادلة الخاصة لقانون ستوك معرفة في هذا الفصل.
نفترض أن الكثافة الحقيقية لدقائق التربة هي ٢,٦ غم / سم^3 وان كثافة الماء هي ١ غم / سم^3

$$\frac{\text{٢٠ سم}}{\text{٣٦٠٠ ثا}} = \frac{٢}{٩} \frac{(\text{٢,٦٥ غم / سم}^3 - ١) \times \text{٩٨٠ سم}^2 \text{ ثا}^{-2} \text{ نق}^2 \text{ (سم}^2\text{)}}{\text{س (غم سم}^{-1} \text{ ثا}^{-1}\text{)}}$$

في الحالة الثانية نلاحظ بأن الوقت اللازم لترسيب دقائق مشابه لعمق ١٠ سم هي

$$\frac{\text{١٠ سم}}{\text{الزمن}} = \frac{٢}{٩} \frac{(٢,٦٥ - ١) \times ٩٨٠ \times \left(\frac{R}{4}\right)^2}{\text{س}}$$

$$\text{الزمن} = \frac{\text{٩٠ سم} \times ١٦ \times \text{س}}{١,٦ \times ٩٨٠ \times \text{نق}^2}$$

ومن معرفة كل من اللزوجة ونصف القطر يتم حساب الزمن اللازم لترسيب هذه الدقائق لعمق ١٠ سم.

مثال (٢)

احسب السطح النوعي لدقائق التربة المكعبة الشكل طول ضلعها ٠,١ ، ٠,٠٠١ سم . علما بان الكثافة الحقيقية لهذه الدقائق هي ٢,٥ غم/سم^3.

$$a_m = \frac{6}{L \rho_s}$$

السطح النوعي للدقائق ذات الطول ١,٠ سم = $\frac{٦}{١,٠ \text{ سم} \times ٢,٥ \text{ غم/سم}^٣}$ = ٢٤٠ سم^٢/غم

والسطح النوعي للدقائق ذات الطول ٠,٠٠١ سم = $\frac{٦}{٠,٠٠١ \text{ سم} \times ٢,٥ \text{ غم / سم}^٣}$ × = ٢٤٠٠ سم^٢/غم

مثال (٣)

خلال عملية تحليل التوزيع الحجمي لدقائق التربة ، وجد بأن أكبر الدقائق التي حصل عليها خلال ١٠ دقائق ولعمق ١٥ سم لها معدل قطر ٤٠ مكرون ، فعند معرفة كل من كثافة الدقائق ولزوجة السائل. فما هو أكبر قطر للدقائق التي نحصل عليها بطريقة الماصة خلال فترة ساعة واحدة ولنفس العمق (١٥ سم).

قطر الدقيقية = ٤٠ مكرون = ٠,٠٠٤ ملم = ٤ × ١٠$^{-٢}$ سم

$$V = \frac{2}{9} \frac{(\rho_s - \rho_l)\, gr^2}{\eta}$$

اذا افترضنا ان كثافة الدقائق الحقيقية = ٢,٥ غم / سم^٣

كثافة السائل = ١ غم / سم^٣

$$\frac{١٥ \text{ سم}}{٣٦٠٠ \text{ ثا}} = \frac{٢}{٩} \quad \frac{(٢,٥ - ١)\ ٩٨٠ \text{ نق}^٢}{\text{اللزوجة}}$$

$$\text{نق}^٢ = \frac{١٥ \text{ سم} \times ٩ \times \text{اللزوجة}}{٣٦٠٠ \text{ ثا} \times ٢ \times ١,٥ \times ٩٨٠}$$

نق^٢ = ١٦,٣ × اللزوجة .

الفصل الثالث
بـــناء التـربـــة

يمكن تعريف بناء التربة بأنه انتظام لدقائق التربة المختلفة عن طريق ارتباطها مع بعضها البعض بواسطة المواد اللاحمة وباشكال هندسية معينة . وهذا المصطلح يستعمل في بعض الاحيان مع النظم الهندسية للفراغات البينية ، وبسبب انتظام دقائق التربة المعقد ، لهذا لم تكن هناك طريقة عملية لقياس بناء التربة بصورة مباشرة لذا فظاهرة بناء التربة تكون مستعملة في التعبير النوعي. في الحقيقة ان الطريقة المستعملة لوصف بناء التربة غير المباشرة والتي تقيس بعض الصفات المؤثرة على البناء بدلا من قياس البناء مباشرة هي المتبعة في اغلب الاحيان.

من الملاحظ بان النسجة والسطح النوعي للتربة المعينة يكونان ثابتين على مدى فترات زمنية طويلة مقارنة ببناء التربة المتغير بدرجة كبيرة من وقت لاخر نتيجة لتغير الظروف الطبيعية ، النشاطات البايولوجية وادارة التربة وكذلك العمليات الزراعية. ان بناء التربة قد يكون العامل المحدد لانتاجية التربة بسبب تأثيره العالي على محتوى الماء والهواء وكذلك حرارة التربة ، التي بدورها تؤثر على انبات البذور، ونمو الجذور وكذلك تأثيرها على العمليات الزراعية مثل الحراثة والري والبزل.

بصورة عامة يمكن تمييز ثلاثة انواع من بناء التربة وهي حبيبات مفردة، حبيبات كتلية وتجمعات من الحبيبات يطلق على البناء الحبيبي. في حالة ان دقائق التربة تكون تماما غير مرتبطة مع بعضها البعض (حبيبات مفردة)، وعندما تكون الدقائق محاطة مع بعضها البعض على هيئة ضخمة نوعا ما يطلق عليها بالبناء الكتلي ، وهناك حالة وسطية والتي تكون فيها الدقائق منتظمة على هيئة كتلة صغيرة تعرف بالتجمعات وداخل هذه التجمعات تكون الدقائق نوعا ما ثابتة بواسطة روابط داخلية. ان التجمعات (البناء

التجمعي) يمكن وصفها نوعيا (دليل مسح الترب) وذلك بتحديد شكلها النموذجي (المثالي) للتجمعات (مثل المكعبي ، العمودي والصفائحي) او كميا بواسطة قياس حجمها، وهذه القياسات يمكن عملها اما بواسطة النخل الجاف او النخل الرطب. طريقة النخل الرطب عادة مايتم تنفيذها عندما يكون نموذج التجمعات مغمورا في الماء وتستعمل كدليل على ثباتية التجمعات نحو فاعلية الماء.

حيث ان تشكيل هذه التجمعات وثباتيتها تكون معتمدة بالدرجة الكبيرة على كمية الماء وحالة دقائق الطين وعلى وجود المادة العضوية. ايمرستون وصف الموديل لتجمعات التربة استنادا على الطرق المختلفة التي فيها سيادة لدقائق الطين والمرتبطة معدقائق الكوارتز، الرمل والغرين لتشكل التجمعات الطبيعية (والتي يطلق عليها بـ pec) لتشكل جسم التربة.

ان المواد اللاعضوية المختلفة مثل الغرويات المتميعة للحديد واكاسيد الالمنيوم اضافة لكاربونات الكالسيوم وكذلك المواد العضوية خاصة الاكثر ثباتية (الهيومس) والناتجة من تحلل بقايا النبات والحيوان تؤدي الى تكوين تجمعات تربة ثابتة.

وعندما يحصل تفكيك لطين التربة تحت تأثير تبادل الصوديوم، يحدث انهيار لتجمعات التربة. تجمعات التربة الضعيفة، بتأثير الماء يحصل لها تكسر وتحطم بفعل ظواهر التمدد، الانكماش، تكون الثلج، قطرات المطر، عمليات الحراثة المتكررة والرص وتأثير كل ذلك على عملية التعرية. من جهة ثانية، النمو المتقارب للنباتات الحولية التي لها نظام جذري كثيف مثل الحشائش تشجع على تكوين مجاميع تربة جيدة. بصورة عامة حدوث تكسر لتجمعات التربة في طبقات التربة السطحية، والتي تكون ضمن نطاق الحقل الزراعي تكون معرضة لفعل قطرات الماء، ويحصل لها انضغاط بفعل العمليات الزراعية وينتج عن ذلك في النهاية تشكيل قشرة متصلبة ذات كثافة عالية، والتي تعكس تأثير نفوذية الماء وتبادل الغاز الحر وتعيق من نمو البادرات.

أ- تصنيف بناء التربة

أ- التصنيف المعتمد على حجم، شكل، خصائص وصفات التجمعات

لقد اقترح هذا التصنيف الخاص ببناء التربة اعتمادا على اشكال وحجوم التجمعات

وكذلك الخصائص المتعلقة بالسطح النوعي لهذه التجمعات والكتل من قبل (Zakharov ، ١٩٣٧). حيث تمكن من تمييز الأشكال الرئيسية لبناء دقائق التربة والتي تشمل

١- البناء المكعبي Cubelike structure ، وهذا النوع من البناء تكون فيه الدقائق الثانوية على هيئة مكعب وذات اضلاع متساوية على طول المحاور الثلاثة.
٢- البناء المنشوري Prismlike structure ، والذي تكون فيه الدقائق الثانوية طولية الشكل في اتجاه المحور العمودي مشكلة بذلك هيئة موشورية.
٣- البناء الصفائحي Platelikestruture ، والذي تكون فيه الدقائق الثانوية على هيئة وحدات قصيرة في اتجاه المحور العمودي ومتسعة بدرجة اكبر في اتجاه المحور الافقي.

لذلك يلاحظ بان البناء الواقع ضمن الانواع الاساسية السابقة الذكر يمكن تمييزه استنادا على خصائص الأوجه والحواف غير الواضحتين وكذلك الوحدات البنائية ذات الاوجه والحواف الواضحة والمتميزة. اما لأغراض وصف البناء حقليا، يلاحظ بان اعضاء فرقة مسح الترب اعتمدوا على الظواهر الاساسية التي وصفها(Nikiforoff ، ١٩٤١) لتطوير التصنيف الخاص ببناء التربة حقليا وهذا التصنيف يستند على: ١- نوع البناء المقدر بواسطة شكل وانتظام الكتل، ٢- حجم الكتل ٣- وكذلك درجة البناء المقدر بمدى وضوح هذه الكتل ، والموضحةفي الجدول (٣-١).

جدول (٣-١) تصنيف بناء التربة استناداً على هيئة مسح التربة (١٩٥١) واعتماداً على حجم الكتل

الصنف - حجم الكتل	صفائحي	المنشوري	العمودي	المكعبي	المكعبي الزاوي	الحبيبي	الكتلي
١- ناعم جداً او رقيق جداً	اقل من ١ ملم	اقل من ١٠ ملم	اقل من ١٠ ملم	اقل من ٥ ملم	اقل من ٥ ملم	اقل من ١ ملم	١ ملم
٢- ناعم او رقيق	١ - ٢ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	٥ - ١٠ ملم	٥ - ١٠ ملم	١ - ٢ ملم	١ - ٢ ملم
٣- متوسط	٢ - ٥ ملم	٢٠ - ٥٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	١٠ - ٢٠ ملم	٢ - ٥ ملم	٢ - ٥ ملم
٤- خشن او سميك	٥ - ١٠ ملم	٥٠ - ١٠٠ ملم	٥٠ - ١٠٠ ملم	٢٠ - ٥٠ ملم	٢٠ - ٥٠ ملم	٥ - ١٠ ملم	—
٥- خشن جداً او سميك جداً	اكبر من ١٠ ملم	اكبر من ١٠٠ ملم	اكبر من ١٠٠ ملم	اكبر من ٥٠ ملم	اكبر من ٥٠ ملم	اكبر من ١٠ ملم	—

الدرجة - متانة الكتلة

١ - صفر - عديم البناء غير تجمعي او منتظم متسلسل

٢ - ضعيف - ضعيف التشكيل ، وغير متصلب ويتكسر الى كتل صغيرة وغير متجمعة .

٣ - متوسط - تشكيل جيد ، متوسط الصلابة ويتكسر الى كتل غير متجمعة .

٤ - قوي - تشكيل ، متصلبة بدرجة ضعيفة مع بعضها البعض وتتكسر الى كتل متكاملة .

جدول (٣- ٢). مستويات التصنيف لبناء التربة (عن Brewer, 1964) .

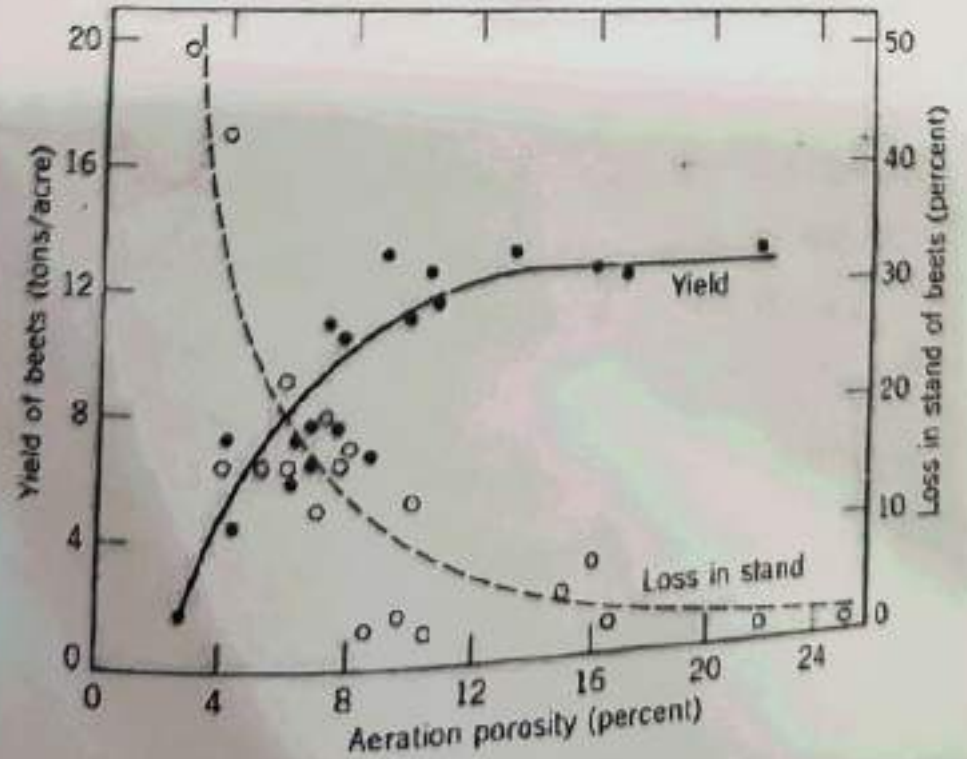
مستوى البناء	وصف المكونات
أ- انتظام الوحدات الاساسية	الحجم والشكل وانتظام الموشور، الحبيبات والفراغات المرتبطة .
١- البناء المنشوري	الحجم والشكل وانتظام الموشور، الحبيبات والفراغ في الكتل البدائية لمواد التربة منضمنة الظواهر البيولوجية
٢- البناء الاولي	تكامل الحجم والشكل وانتظام جميع الظواهر البيولوجية والمكونة شبكة على هيئة عدد البناء الاساسي .
٣- البناء الابتدائي	تكامل صفات الحجم والشكل والانتظام المعين للظواهر البيولوجية والبناء الاساسي
ب- النظام بين الكتل	
١- البناء الثانوي	الحجم والشكل وانتظام الكتل الاولية والفراغات وارتباط الظواهر البيولوجية في مواد التربة
٢- البناء الثلاثي	الحجم والشكل وانتظام الكتل الثانوية (الكتل المركبة الناتجة من ارتباط الكتل الاولية) وارتباط الظواهر البيولجية مع الفراغات .

من هذا يلاحظ بان نعومة وملمس التربة (هشاشية) تطلق على انتظام الدقائق الاولية والثانوية مع بعضها البعض واحتوائها على المسام ، بينما هيكل التربة يتضمن الدقائق المعدنية المنفردة وكذلك المواد العضوية المقاومة للتحلل والتي يكون قطرها اكبر من الدقائق الغروية . اما البلازما فتكون عبارة عن مواد التربة المتحركة في التربة والتي تكون نشطة بدرجة عالية وتتكون من المعادن الاولية والغرويات العضوية . ان انتظام الكتل تسلك مستويات من التنظيم معتمدا على حجم وشكل الكتل البسيطة ، وهذه الكتل الاولية لاتتكسر الى كتل صغيرة تكون وحدة اساسية لعملية الوصف . اما في حالة التربة غير الحاوية على الكتل ، فواد التربة تكون وحدة اساسية عند الوصف .

٢- بناء التربة ونمو النبات :

تعد التربة البيئة المناسبة لبزوغ البادرات ونمو النبات وتطوره في جميع مراحل النمو الجذري . حيث ان التربة لاتكون مسؤولة فقط عن تزويد النبات بما يحتاجه من عناصر غذائية لازمة لاكمال العمليات الحيوية لكنها تزوده بالماء والهواء اللازم لاداء وظائفه . يلاحظ بان امتصاص العناصر الغذائية من التربة يكون محددا بنقصان وزيادة كمية الماء في التربة .

ان زيادة الكثافة الظاهرية ونقصان التهوية لاتؤثر فقط على تكاثر الجذور وامتصاصها للعناصر الغذائية والماء بل تؤثر على نشاط الاحياء الدقيقة ، ونتيجة لذلك فان البناء غير الجيد للتربة يكون عاملا محددا في انتاج المحاصيل ويجب اخذه بنظر الاعتبار كعامل محدد لخصوبة التربة . ان تاثير البناء الضعيف (غير الجيد) على انتاج المحاصيل موضح بصورة جيدة في الشكل (٣- ١) ، والذي يبين علاقة حاصل البنجر السكري مع تهوية التربة الطينية الثقيلة والمضاف اليها كميات مختلفة من المادة العضوية (Baver و Farnsworth ، ١٩٤٠) . يوضح الشكل بان التهوية الكافية تقلل من اضطجاع البنجر السكري طبقا للاصابة بالفطريات السوداء ، حيث ان التاثير المؤذي لهذه الاخيرة يختفي عند زيادة المسامية الهوائية عن ١٠ ٪ ، ومن هذه العلاقة يلاحظ ايضا بان حاصل البنجر يثبت عند زيادة التهوية ، اعلى حاصل يمكن الوصول اليه عند حدود التهوية ١٠ ٪ وهذا لايؤثر على كمية الحاصل بل على ارتفاع نسبة السكر في حاصل البنجر .

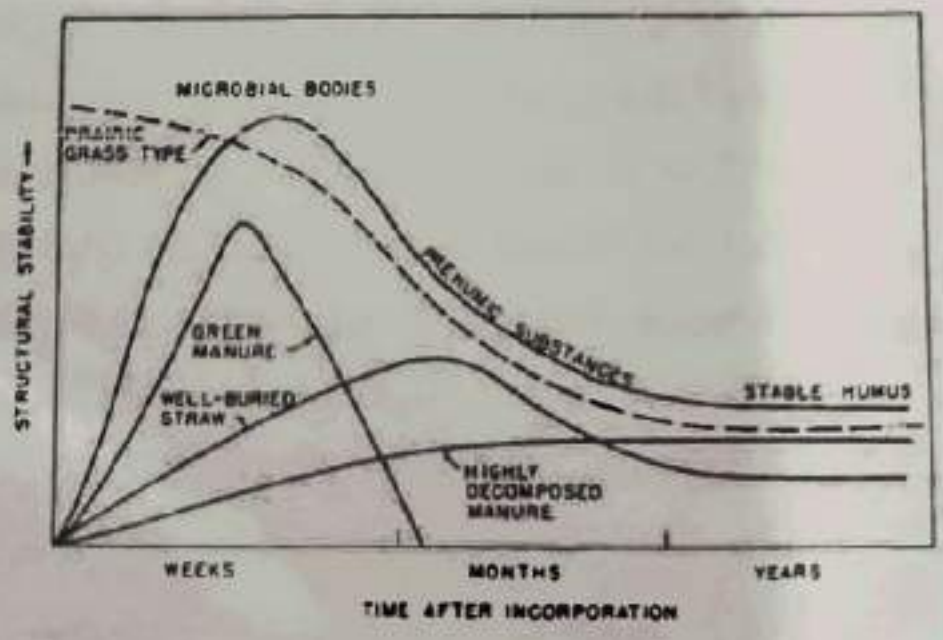


شكل (٣ - ١) علاقة المسامية (التهوية) بانتاج حاصل البنجر السكري (عن Baver ، ١٩٤٠) .

ان التهوية الجيدة تقلل من النتروجين الممتص من قبل النبات ، حيث يقاسي النبات من قلة التغذية بعد توفير التهوية الجيدة للتربة .

٣- ثباتية تجمعات التربة :

عند تقييم تجمعات التربة يلاحظ بان التوزيع الحجمي لهذه التجمعات ، كميتها وثباتية هذه التجمعات من اهم العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند تقدير كمية وتوزيع المسام البينية المرتبطة مع هذه التجمعات ومقاومتها لفعل العوامل المؤثرة عليها والتي تشمل التعرية المائية والريحية . ان ثباتية التجمعات تكون متغيرة باستمرار مع تغير اضافة المادة العضوية والمتحللة ، حيث ان المواد اللاحمة والتي تكون تجمعات ثابتة تنهدم فيما بعد لتكون تجمعات اقل ثباتية وبالنهاية تغير ثباتية التجمعات مع الزمن بعد تحلل وهدم المادة العضوية موضحة في الشكل (٣- ٢) . يلاحظ من الشكل بان ثباتية التجمعات تكون مستندة على اختلاف درجة تهدم التجمعات وتحطمها بفعل الماء ، الكحول والبنزين ، ذروة المنحني توضح التجمعات المتحصل عليها بواسطة أجسام الكائنات الحية في التربة والذي يعود بالدرجة الاساسية الى زيادة كثافة النشاط البايولوجي خلال هذه الفترة والذي يؤدي الى الربط الميكانيكي عن طريق هايفات الفطريات والاكيتومايستس وبعض الخلايا البكتيرية . وهذا النوع من الثباتية يكون وقتيا وذلك لان الهايفات والخلايا تضمحل عند قلة كثافة النشاط البايولوجي . ان النشاط النوعي لهذه المواد العضوية في



شكل (٣ - ٢) تأثير المادة العضوية في ثباتية تجمعات التربة (عن Monnier, 1975) .

ثباتية البناء والتجمعات تكون اقل لكن التجمعات المتكونة تكون مقاومة لفترة طويلة ومن هذه المواد التي يطلق عليها بروتيومك والتي تشمل السكريات المتعددة والمواد المشابه لها والتي تتعرض الى تحولات بايولوجية بطيئة ، يحدث نقصان في معدل تحلل المواد واللذي يرتبط بتاثيره على ثباتية التجمعات . ان المرحلة النهائية لثباتية التجمعات تعتمد على ثبات الهيومس المتكون . يجب ملاحظة ان الاسمدة الخضراء التي تكون جاهزة للتحليل ولها نسبة واطئة من C / N تظهر ذروة حادة خلال النشاط المركز عند التحلل وتنخفض الى الصفر في وقت قصير.

اما مخلفات القش لاتخضع الى التحلل البايولوجي وذلك لكون ان نسبة الكاربون الى النتروجين عالية وقلة نشاط الفطريات . ان المخلفات الخضراء ذات درجة التحلل العالية والتي تعرضت الى تحلل بايولوجي لم تظهر ذروة جيدة في المنحني ، لذلك نلاحظ بان ثباتية التجمعات تعد دالة مركبات الهيومك . ان جذور الاعشاب البرية ينتج عنها ثباتية تجمعات عالية قبل قلب مخلفاتها في التربة وينتج ذلك من التحولات البايولوجية والمرحلة النهائية من نواتج الهيومس المتكون .

٣- طرق تحليل تجمعات التربة والتعبير عن نتائجها

تهدف عملية تحليل تجمعات التربة الى قياس نسبة الدقائق الثانوية المقاومة لفعل الماء او الرياح في التربة وكذلك فعل الفصل الميكانيكي للتجمعات الناتجة من ارتباط المفصولات الصغيرة الحجم عند تكوينها مفصولات كبيرة الحجم . بصورة عامة هناك ثلاث طرق يمكن اتباعها عند تحليل تجمعات التربة وثباتيتها تشمل النخل الرطب والجاف ، استعمال الهواء ، وطريقة الترسيب . من الطرق المباشرة والمستعملة في الحقل لتقدير توزيع التجمعات والكتل هي طريقة النخل الجاف (Cole ، ١٩٣٩) والتي اعطت صورة واضحة لثباتية التجمعات الخاصة بالتربة الجافة لمنطقة كاليفورنيا عند مقارنتها مع طريقة النخل الرطب وذلك بسبب ضعف ارتباط التجمعات في ظروف التبلل عند مقارنتها مع الفعل الميكانيكي لعملية النخل والتي تؤدي الى تحطيم التجمعات . يلاحظ بان هناك بعض المشاكل التي قد تؤدي الى انسداد فتحات المنخل عند اتباع هذه الطريقة ، وللتغلب على مثل هذه المشاكل استخدمت المناخل الدوارة (Chepil ، ١٩٦٢) . ان النخل الجاف للتجمعات يكون دليلا مهما لتوضيح صفة مقاومة التجمعات في التربة للتعرية الريحية . اما عملية النخل الرطب فتعد من الطرق المعروفة لقياس تجمعات

التربة (Tiulin ، ١٩٢٨) حيث تعتمد هذه الطريقة على الترطيب البطئ لنموذج التربة بواسطة الخاصية الشعرية لمدة ٣٠ دقيقة وبعدها تنقل الى سلسلة من المناخل المغمورة بالماء ، حيث يتم رفع المناخل ببطء في الماء بحدود ٣٠ مرة ويقدر وزن التربة المتبقية مع كل منخل ، ان المنخل الموجود في قاع هذه السلسلة له فتحات سعتها ٠,٢٥ ملم . بعد ذلك تطورت طريقة ميكانيكية لرفع وخفض المناخل او توماتيكيا خلال مسافة ٢ تقريبا ٣٠ ذبذبة في الدقيقة لمدة ٣٠ دقيقة ، ولهذا حورت طريقة المناخل الرطبة لفصل التجمعات الكبيرة والتي يمكنها فصل التجمعات لحد ٠,١ ملم وكذلك ٠,٢٥٠٠ ملم.

تعدمشكلة ترطيب نموذج التربة من المشاكل الكبيرة لطريقة النخل الرطب وذلك لان التجفيف الهوائي يقلل من نسبة التجمعات الكبيرة على حساب التجمعات الصغيرة الحجم (Russell ، ١٩٣٨) وهذا التاثير يكون كبيرا ومتركزا في عملية التجفيف . كلما كانت سرعة ترطيب نموذج التربة كبيرة تكون اكثر عرضة لتحطيم التجمعات الكبيرة ، غمر التربة بالماء تسبب اكثر تحطما للتجمعات اكثر من الترطيب بواسطة الخاصية الشعرية . اما عملية رش الماء على هيئة رذاذ الى التجمعات ينتج عنها تحطيم قليل للتجمعات في الطرق المذكورة . اما عند ترطيب النموذج تحت التفريغ يمكن حل المشكلة السابقة وهذا التاثير يتم بمعاملة التجمعات مع ايثايل الكحول ليحل محل الهواء قبل عملية النخل الرطب (Kemper و Chepil ، ١٩٦٥) . ربما يستعمل الهواء لفصل التجمعات ذات الأقطار المحصورة بين ١ – ٠,٠٢ ملم وتكون مفيدة خاصة في حالة الفصل تحت المستويات التي لايمكن فصلها بواسطة النخل الرطب (Baver و Rhoades ١٩٣٢).

بينما يتم استخدام طريقة الترسيب لتقدير توزيع التجمعات في المفصولات الناعمة والتي لايمكن فصلها باستعمال المناخل وتكون محددة لاحجام التجمعات الاصغر من ١ ملم . ويمكن استخدام اما طريقة الماصة او الهيدروميتر لعملية الفصل وهناك بعض الصعوبات في حالة الفصل باستخدام طريقة الترسيب وهي اختلاف كثافة التجمعات خاصة بالنسبة للدقائق الثانوية الكبيرة وكذلك حدوث تجميع للمفصولات خلال عملية الترسيب وذلك لحركة التجمعات الكبيرة نحو الاسفل.

اما بالنسبة لطريقة التعبير عن تجمعات التربة فهناك عدة طرق يمكن اتباعها ويمكن تسمية حالة التجمعات لتميز نسب التجمعات ، والتي تكون اكبر من بعض الحجوم المعينة من وزن التربة المحدد . حيث يلاحظ بان الترب الرملية لاتحتوي على تجمعات مثل احتواء الترب الغرينية المزيجية والمحبة جيدا ، ومن الممكن لجميع الدقائق الغرينية والطينية في الترب ذات النسجة الخشنة ان توجد على هيئة تجمعات . ولفرض قياس نسبة

التجمعات للمفصولات الناعمة ، فالقيمة المستعملة يحصل عليها بقسمة نسبة التجمعات التي تكون اكبر من الحجم (٠,٠٥ - ٠,١ ملم) في التربة الى نسبة المفصولات الاصغر من هذا الحجم وهذا مايعطي درجة التجمعات للدقائق الصغيرة وهذا مايوضح نسبة الدقائق الاصغر من الحجم المعين والذي يكون متجمعا في وحدات ثابتة اكبر من هذا الحجم . استخدم (Van Bavel ، ١٩٤٩) اصطلاح معدل القطر الموزون (MWD) mean weight diameter كدليل للتعبير عن التجمعات وذلك عن طريق ضرب نسبة وزن المفصولات المعينة Wi لحجم مفصولات التجمعات بمعدل قطر هذه المفصولات ($\bar{X}_i$) وحاصل جمع هذه المفصولات لجميع احجام اجزائها يعطي معدل القطر الموزون .

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \bar{X}_i W_i$$

لقد استخدم ايضا معدل القطر الهندسي (GMD)geometric meandiameter كدليل للتعبير عن تجمعات التربة (Mazurak ، ١٩٥٠) وفي هذه الحالة يضرب وزن التجمعات في الحجم المعين من حجم المفصولات بلوغاريتم معدل قطر المفصولات وحاصل جمع المفصولات لجميع احجام المفصولات يقسم على وزن نموذج التربة ومنها يحصل على GMD .

$$GMD = \exp\left[\frac{\sum_{i=1}^{n} W_i \log \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i}\right]$$

حيث تمثل W_i وزن التجمعات ضمن الحجم الذي له معدل قطر $\bar{X}_i$. $\sum_{i=1}^{n} W_i$ تمثل الوزن الكلي لنموذج التربة .

٤- طرق تقييم ثباتية تجمعات التربة :

هناك عدة طرق يمكن من خلالها التعبير عن ثباتية التجمعات والتي تشمل :

١- الثباتية ضد الهدم خلال النخل الرطب .
٢- الثباتية ضد تصادم قطرات مياه الامطار .
٣- الثباتية ضد التمزق خلال الغسل بالمحلول المخفف لكلوريد الصوديوم .
٤- الثباتية ضد الغمر عند معاملة النموذج بمحلول كحولي او السوائل العضوية .

ان طريقة النخل الرطب استعملت بدرجة كبيرة لتقدير التوزيع الحجمي للتجمعات وثباتيتها . ان ثباتية التجمعات يمكن تقييمها بعدة طرق عند استخدام هذا التكنيك.لقد

وجد كل من Russall و Feng ١٩٤٧ علاقة بين ثباتية التجمعات وطول فترة التذبذب بانها دالة اسية عند تذبذب التجمعات في المناخل العمودية بالماء لفترات زمنية مختلفة والعلاقة موضحة في المعادلة :

$$\log W = a - b \log T$$

حيث تمثل W وزن التجمعات الثابتة في الماء ، T زمن التذبذب ، a هي لوغاريتم وزن النموذج عندما يكون زمن التذبذب صفر والتي يطلق عليها الثباتية الابتدائية ، b هي انحدار المنحني الخطي والذي يطلق عليه بمعدل التفرقة . فالتربة ذات الثباتية الابتدائية العالية ومعدل التفرقة الواطئ لها تجمعات ثابتة . يلاحظ ان التغير في معدل القطر الموزون من النخل الجاف الى النخل الرطب يمكن ايضا ان يتصف بالتجمعات الثابتة . ان الثباتية يمكن ان تقدر بواسطة ترطيب التجمعات ذات الاقطار ١ – ٢ ملم تحت المفرغة ، وبعدها توضع تحت المنخل الرطب خلال منافذ بقطر ٢٥ , ٠ ملم لفترة ٥ دقائق وبعدها يطرح وزن كمية الرمل في التجمعات الباقية على الفتحات(Kemper ، ١٩٦٥) . ان فعل قطرات المطر على تفرقة التجمعات يكون واضحا في طريقة قطرات الماء (McCalla ، ١٩٤٤) والثباتية تقدر عن طريق عدد قطرات الماء ذات الاقطار ٧, ٤ ملم التي تسقط من ارتفاع ٣٠ سم على كتلة التربة والتي تحتاج لاكمال تحطم كتلتها . اما Emerson ، ١٩٥٤ فقد قدر ثباتية التجمعات لكتلة التربة عن طريق تقدير تركيز كلوريد الصوديوم والذي ادى الى تفرقة تجمعات التربة وجعلها عديمة النفاذية ، حيث ان كتلة التربة قد رطبت تحت جهد الشد ١٥ سم من ٠,٥ بمحلول كلوريد الصوديوم وبعدها غسلت بنفس المحلول لغرض الاحلال التام بالكاتيونات الموجبة . يلاحظ بان التركيز الذي أدى الى تفرقة كتل التربة ، وعندما كانت النفاذية صفر يطلق عليه بالتركيز الحرج والذي يكون دليلا على ثباتية التجمعات ، حيث ان التركيز الواطئ يعطي اعلى ثباتية (مثال ذلك ان التركيز الحرج في التربة التي لم تسمد كان ٠,٠٣٤ ع واما في التربة المسمدة كان ٠,٠٠٥ ع في حين نجد التربة الحاوية على حشائش دائمية كان ٠,٠٠٣ ع)وعند تقدير مايحتاجه التركيز المفرد من كلوريد الصوديوم ،لوحظ بان ٠,٠٥ ع كان كافيا ليس فقط لارتباط التجمعات بل كان واطئا بدرجة لتقليل النفاذية . ان دليل الالتصاق او ثباتية التجمعات يكون مساويا الى نسبة $\frac{K_2}{K_1}$ حيث ان K_1 هي النفاذية البدائية لكتلة التربة قبل غسلها بثلاث التار من كلوريد الصوديوم ذو العبارية ٠,٠٥ع ، K_2 تمثل النفاذية النهائية بعد الغسل . ان معاملة التربة بالكحول والذي يؤدي الى احلال الهواء في المسام ليحد من ظاهرة التمدد . اما البنزين يقلل من ترطيب التجمعات كما هي مثبتة

الفصل الرابع
الصفات الديناميكية للتربة

تعود الصفات الديناميكية للتربة الى سلوك التربة تحت تأثير الجهد أو القوة المسلطة عليها وهي تلك الصفات التي تعبر عن حركة التربة الناتجةعن القوة الخارجية المسلطة.

١- قوام التربة Soil Consistancy

يمكن تعريف قوام التربة بأنها ظاهرة تعيين القوة الفيزيائية لكل من التلاصق والتماسك والتي تحدث للتربة عند المستويات الرطوبية المختلفة، وتشمل هذه الظواهر سلوكها نحو الجذب، الضغط، الدفع والسحب. وكذلك ميل وقابلية كتلة التربة للالتصاق بالأجسام والمواد الغريبة. ان ظواهر قوام التربة تشمل مقاومتها للرص والانضغاط، جهد القص، نعومة وهشاشية التربة، اللدانة وسيولة التربة، وجميع هذه الخصائص المختلفة تظهر نتيجة لقوة التلاصق والتماسك المختلفة ضمن كتلة التربة.

أ- اشكال قوام التربة

اقترح Atterbery، ١٩١٢ أربعة أشكال لقوام التربة والمتضمنة للحالات اللزجة وهذه الاشكال تشمل:

١- القوام اللزج sticky Consistancy : الذي يتظاهر بصفة اللزوجة أو التلاصق مع مختلف الأجسام.

٢- قوام اللدن Plastic Consistancy : الذي يحمل صفات الصلابة والقدرة على التشكيل.

٣- القوام الأملس Soft Consistancy : الذي يتصف بكونه هشا وناعما.
٤- القوام الصلب Harsh Consistancy : الذي يتصف بكونه صلبا وقويا.

يلاحظ عند المحتوى الرطوبي الواطئ بان التربة تكون صلبة ومتماسكة وذلك بسبب تأثير المواد اللاصقة بين الدقائق الجافة ، وتتكون الكتل الكبيرة عند حراثة التربة تحت هذه الظروف. أما عند زيادة المحتوى الرطوبي ، فجزيئات الماء تدمص على سطوح دقائق التربة ويقل تماسكها وتكون هشة ، القوام الاملس يوضح مديات المحتوى الرطوبي للتربة والتي عندها يمكن اجراء الحراثة دون تكوين الكتل الكبيرة ، أما عند زيادة المحتوى الرطوبي يقل تماسك الأغشية المائية حول الدقائق مما يجعل التربة لزجة وبعدها تصبح لدنة وتكون الأوحال في هذه المديات من الرطوبة.

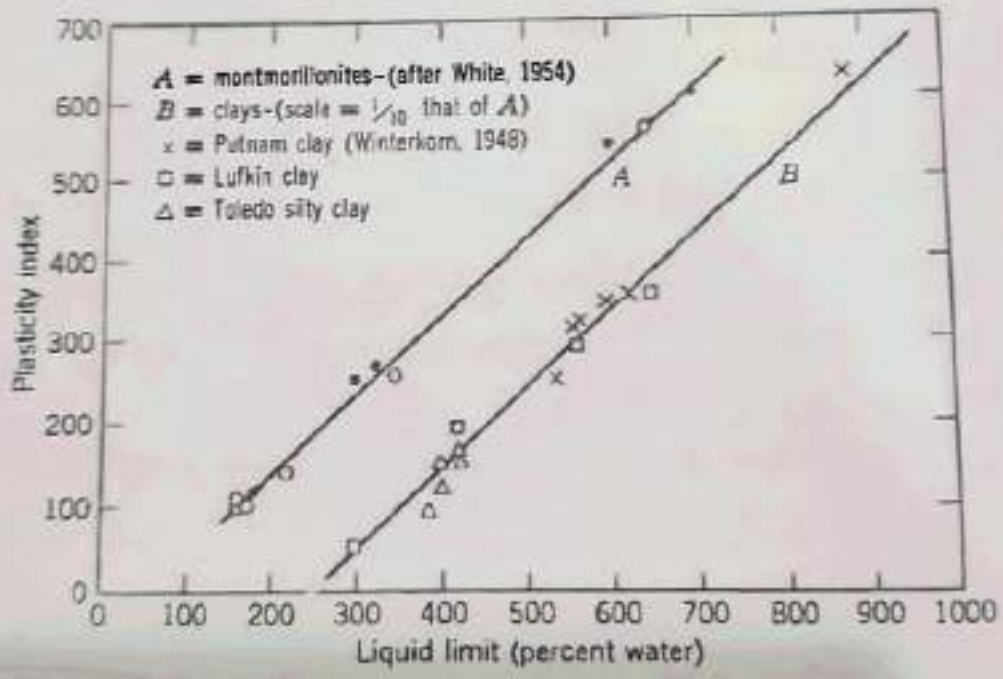
٢-حدود أتربرج

ان حدود اللدانة توضح التغير الحاصل في المحتوى الرطوبي بين القوام الأملس والناعم الى الحالة اللدنة ، والممثلة لأدنى نسبة مئوية في رطوبة التربة والتي يمكنها تكوين الأوحال. ان التحويرات الحاصلة في دقائق التربة نتيجة لانزلاق الدقائق فوق بعضها البعض عند اضافة الماء الكافي لتشكيل الأغلفة المائية يعتمد على كمية وطبيعة المواد الغروية الموجودة في التربة. ان كمية الماء الموجودة في التربة عندما تكون التربة عند حدود اللدانة تكون عند الشد المحصور تصل بين ٦٦٦- ٢٠٠٠ سم ماء ، حيث يعد الشد السطحي عاملا مؤثرا لاحداث التلاصق للتربة ، أما عند زيادة سمك الأغلفة المائية حول دقائق التربة والتي عندها يقل التلاصق يحدث الجريان بمجرد تسليط أي قوة عليها وتدخل ضمن حدود السيولة ، وتعتمد على عدد الاغلفة المائية الموجودة والتي تشغل الجزء الاكبر من المسامات البينية Greacen ، ١٩٦٠ . ان دليل اللدانة يعد قياساغير مباشر للقوة اللازمة لتكوين أشكال من التربة ويعد دالة لعدد الأغلفة المائية والممثلة لكمية الماء الواجب اضافته لنظام التربة لغرض زيادة المسافة بين الدقائق كما موضحا في المعادلة الاتية لحساب قوة التلاصق بين الدقائق :

$$F = \frac{4\pi\, rk\sigma \cos\alpha}{d}$$

حيث ان F تمثل قوة التلاصق للأغلفة المائية بين دقيقتين من التربة ، K مقدار ثابت ، r هي نصف قطر الدقائق ، σ هي الشد السطحي ، α زاوية التلامس بين الماء ودقائق التربة وغالبا ما تفترض أنها مساوية للصفر ، d تمثل المسافة بين الدقائق .

ويحدث الجريان عند هذه الحدود بسبب زيادة سمك الاغلفة المائية . يتضح من ذلك بأن هناك علاقة مباشرة بين دليل اللدانة وحد السيولة كما موضحة في الشكل (٤ - ١) ، يتضح من الشكل بأن المنحني الخاص بمعدن المونتمور اللونايت بين نموذجين مختلفين مشبعين بكاتيونات مختلفة ، بينما طين بتنام وطين توليدوا الغربي يعود الى النظام المتجانس ، ويظهر بان المنحنيين متوازيين وهذا يعني أن المنحني B سوف يكون بحالة مستمرة مع المنحني A عند رسم المنحنيين بنفس المقياس .

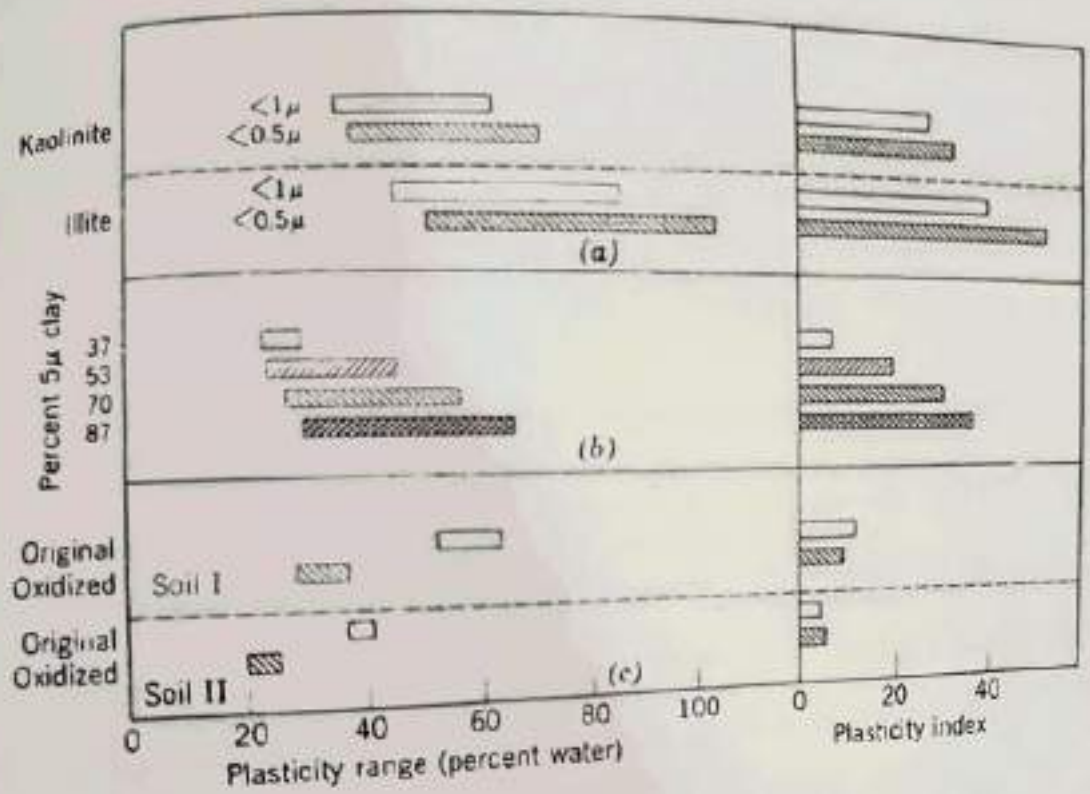


شكل (٤- ١) العلاقة بين دليل اللدانة وحد السيولة .

٣- العوامل المؤثرة على حدود اتربرج

١- المحتوى الطيني : بسبب أن اللدانة دالة لمفصولات التربة الناعمة ، لهذا فالترب المختلفة تظهر صفات لدانة مختلفة طبقا لكمية ما تحتويه من دقائق طينية . اوضح اتربرج (Atterberg ، ١٩١١ و ١٩١٢) بأن زيادة نسبة الطين تجعل دليل اللدانة مرتفعا عند

المحتوى الرطوبي المعين وبالتالي ترتفع اللدانة ، وهذا ما يوضحه الشكل (٤- ٢).
يلاحظ ايضا المحتوى الرطوبي عند حدود اللدانة يقل تدريجيا مع قلة المحتوى الطيني. ان
قلة المحتوى الطيني يقلل حد السيولة ويتبعها قلة دليل اللدانة ، رغم أن حد السيولة يعتمد
على عدد الأغلفة المائية الموجودة وطبيعة الغرويات السطحية.



شكل (٤- ٢) العوامل المؤثرة على حدود اتربرج أ- تأثير حجم الدقائق ب- تأثير المحتوى الطيني جـ - تأثير المادة العضوية
عن White, 1949

هناك علاقة مباشرة بين قلة النسبة المئوية للطين والمحتوى الرطوبي عند هذه الحدود.
ومن هذه العلاقة يتضح بأن النسبة بين النتائج الملاحظة الى المحسوبة لحد السيولة تتغير
بين ١,٠ - ١,١ ٠ ان الشكل (٤- ٢أ) يوضح أن المفصولات لكل من معدن اللايت
والكاوولونايت والاقل من ٠,٥ مايكرون تكون ذات لدانة أعلى من الدقائق ذات الاقطار
الأقل من ١ مكرون ، وأن اللدانة لمعدن اللايت أكبر مما للكأوولونايت ويشبه الى حد
النتائج الموجودة في الشكل (٤- ٢ب). وعليه ، فان المحتوى الطيني يحدد مقدار السطح
الممكن ان يدمص أكبر جزء ممكن من جزيئات الماء ، وانتظام الأغلفة المائية حول الدقائق
المسؤولة عن التلاصق ومن ثم اللدانة ، التي يمكن عدها دليل قياس غير مباشر للمحتوى

الطيني والذي يوضح كمية الماء المكونة للأغلفة المائية الواقعة بين حدود اللدانة و حدود السيولة .

ب- نوعية معادن الطين :

يلاحظ من نتائج دراسة اتربرج(Atterberg ، ١٩١١ ، ١٩١٢) أن معادن التربة ذات البناء الصفائحي أو الطبقي الشكل تسلك سلوك ترب لدنة عند طحنها ، أما الكوارتز والفلدسبار ذو البلورات المرتبط مع التراكيب الرباعية للتدراهيدرا تكون غير لدنة ، في حين ان الكاوولونايت المسكوفايت ، البيوتايت وبقية المعادن ذات البلورات المربوطة على هيئة صفائح تكون لدنة وهذا الاختلاف يعود الى زيادة مساحة السطوح وتلامسها مع بعضها عن طريق الدقائق المكونة للأشكال الصفائحية. ويلاحظ بأن الترب لاتمتلك جميعها الكميات المتساوية من هذه المعادن الأولية لتتساوى في تأثيرها على حالة اللدانة ، في حين نجد المعادن الثانوية لها تراكيب طبقية مشابه الى المعادن الأولية والتي تساعد على ابراز ظاهرة اللدانة وتأثيرها على مقدار ما تمتصه من ماء على سطوح دقائقها ومن ثم تعطي صفات فيزيائية معينة مثل الكثافة الظاهرية للماء الممتص على سطوحها ، وتأثير ذلك على حدوث بعض التفاعلات المتداخلة مع الطين. ان امتصاص الماء على هيئة بخار من قبل المعادن الطينية يزداد طبقا للتسلسل الآتي :

المونتمور اللونايت > البيدلايت > الايت > الكاوولونايت. وهذا التسلل يتبع ارتباط جزيئات الماء بالقرب من سطوحها. في حين تمدد المعادن يتبع التسلسل الآتي :

الفيرموكيولايت > المونتمور اللونايت > الايت > الكاوولونايت. هناك اختلافات واسعة في حدود اتربرج بين النماذج المختلفة لمعادن الطين، وهذه الاختلافات تعود الى الاختلافات في الاحلال المتماثل ضمن البلورات ، بناء المعدن وطبيعه الكاتيونات المتبادلة وربما يعود الى تأثير الدقائق الكبيرة. ان قيم الكاؤونايت تتراوح بين ٠,٣٣ - ٠,٤٦ واللايت ٠,٩٠ والمونتمور اللونايت المشبع بالكالسيوم والصوديوم ١,٥ و ٧,٢ على التوالي(Skempton،١٩٥٣) رغم ان دليل اللدانة لمعظم المعادن الطينية يزداد مع السطح النوعي ، وان زيادة اللدانة لكل وحدة مساحة من السطح النوعي تكون كبيرة لمعدن المونتمور اللونايت (Winkler, Platen ، ١٩٥٨). لاتوجد أية اختلافات في دليل

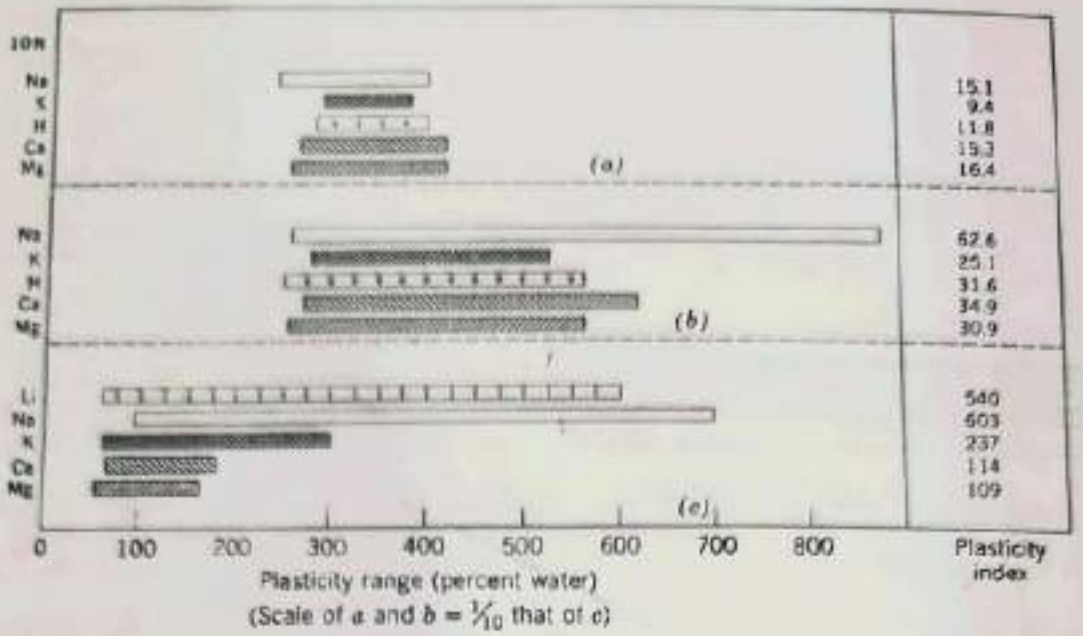
اللدانة عند تقدير اللدانة بمحلول كلوريد الصوديوم ذو عيارية ٣,٦ وذلك لأن اللدانة تكون كدليل لكمية السطح النوعي عند التشبع بكلوريد الصوديوم ذو عيارية اقل من ٣,٦ ، وهناك اختلافات قليلة في دليل اللدانة لمعدن اللايت عند استخدام الماء أو المحلول الملحي . في حين ان دليل اللدانة لمعدن الكاوولونايت يكون بدرجة أكبر عند استخدام المحلول الملحي ويعود ذلك الى زيادة السطح النوعي والنشاط لكل وحدة مساحة . أما بالنسبة الى دليل اللدانة لمعدن المونتمور اللونايت فيكون واضحاً بدرجة كبيرة في المحلول الملحي وذلك بسبب حماية الطبقات الداخلية من التمدد والانكماش الحاد للطبقة المزدوجة .

جـ - طبيعة الكاتيونات المتبادلة : ان الكاتيونات المتبادلة لها تأثيرات كبيرة على لدانة التربة ، والشكل (٤ - ٣أ) يبين التأثير المثالي للكاتيونات المتبادلة لترب مختلفة (Baver ، ١٩٢٨) ويمكن ملاحظة مايأتي :

١- تشبع التربة بالصوديوم يجعل التربة لها أقل حد اللدانة وكذلك حد السيولة مما يجعل دليل اللدانة عاليا . (الفرق بين حدي اللدانة والسيولة)
٢- عند التشبع بالبوتاسيوم تظهر دليل لدانة واطئة ، وكذلك حد السيولة يكون واطئاً .
٣- أما عند التشبع بكل من الكالسيوم والمغنسيوم يكون لها سلوك متشابه ، ويكون لها قيم عالية لحدي اللدانة والسيولة عند مقارنتها مع هذه الحدود عند تشبعها بالصوديوم والبوتاسيوم وفي حالة المغنسيوم يكون دليل اللدانة أكبر من الكالسيوم .
٤- أما عند التشبع بالهيدروجين فيحصل لها تذبذب في قيم اللدانة والسيولة .

ان قيم اللدانة للمعدن بيدلايت موضحة في الشكل (٤ - ٣ب) ، حيث يلاحظ ثلاث صفات متغيرة لتمدد صفائح الطين ، أولها ارتفاع حد السيولة عند التشبع بالصوديوم ، وثانيا انخفاض حد السيولة ودليل اللدانة عند التشبع بالبوتاسيوم ، وثالثا عند التشبع بالكاتيونات المختلفة فيكون هناك تأثير على حد اللدانة مشابهاً لبقية المعادن عند تعرضها لنفس العملية ويلاحظ عند التشبع بالصوديوم والبوتاسيوم أن حدود اللدانة لاتكون واطئة بنفس درجة تأثرها عند التشبع بالكاتيونات الثنائية .

ان تأثير التبادل الكاتيوني على لدانة معدن عند تشبيعه بالصوديوم ، في حين نرى أن حد اللدانة والسيولة ودليل اللدانة ذو سلوكية متقاربة أو متغيرة عند تشبع نفس المعدن



شكل (٤- ٣) تاثير الكاتيونات المتبادلة مع لدانة التربة أ- معدن اللايت ، ب- معدن اليديلايت جـ- معدن المنتمور اللونايت.

بالبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم وذلك لأن البوتاسيوم الأحادي التكافؤيقوم بنفس عمل الكاتيون الثنائي الذي يؤثر على صفات اللدانة. أما عند التشبيع بكل من الليثيوم والصوديوم لمعدن المونتمورِاللونايت فتكون قيم كل من حد السيولة ، ودليل اللدانة أكبر من نفس القيم عند تشبيع المعدن بكل من البوتاسيوم ، الكالسيوم ، والمغنسيوم ، يعود سبب الاختلاف الى أن كل من الصوديوم والليثيوم يؤديان الى زيادة تمدد معدن المونتمور اللونايت لارتفاع الضغط الأزموزي وتفرقه صفائح المعدن ويصبح لدنا عند تكوين ١٠ جزيئات مائية على شكل طبقات بين التركيب البلوري للمعدن لتكوين أغلفة مائية مستمرة وذلك لأن زيادة كمية الماء المستلمة من قبل صفائح المعدن يزداد معها سمك الاغلفة المائية لحدود الانزلاق (Michaels ، ١٩٥٩). في حين يلاحظ في حالة البوتاسيوم أن حجم ايون البوتاسيوم لايجعل طاقة التميع واطئة فقط بل اعاقة تداخل انتظام جزيئات الماء عند تميع الغرويات السطحية ، وأن خفض طاقة التميع لايمكنها التغلب على

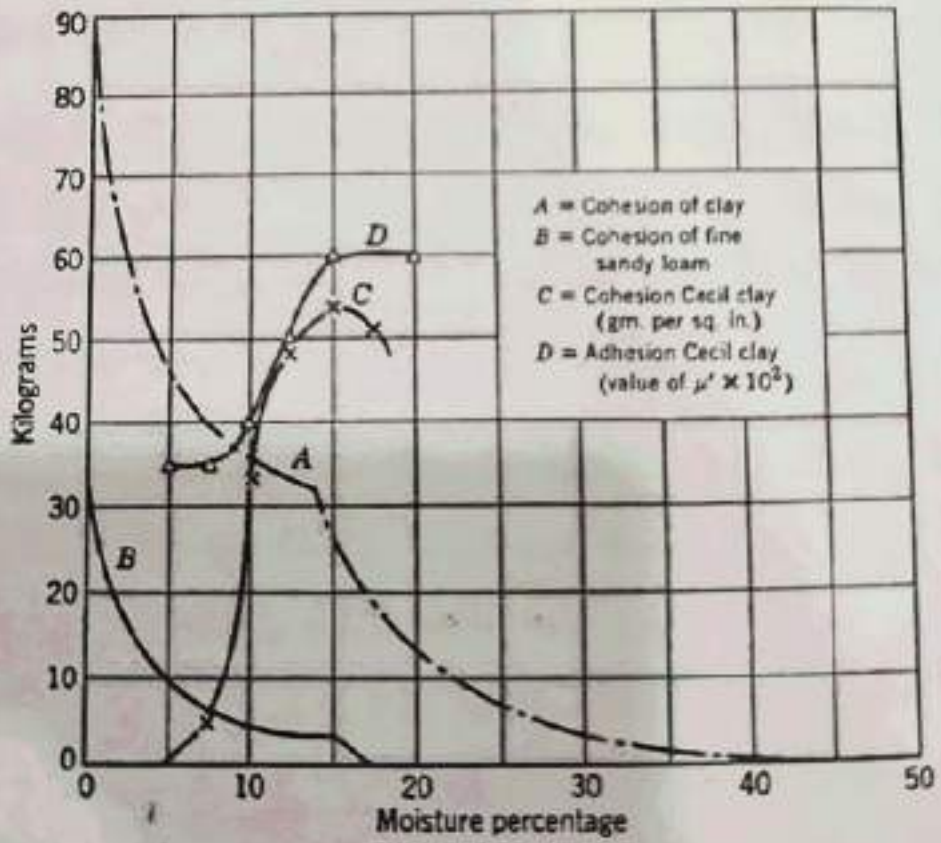
قوة الجذب الكهربائية عند تميع سطح المعدن الطيني. رغم كل ذلك فان ايون البوتاسيوم يحصل له تثبيت بين الطبقات الداخلية عند تجفيف المعدن ويربط الوحدات الطبقية مع بعضها البعض وينتج عنها تكوين بناء لمعدن اللايت الذي يقلل من امتصاص الماء. أما من ناحية الكاتيونات المتعددة التكافؤ فعند استخدامها في عملية التشبيع يعمل على ربط الصفائح المتعددة ومن ثم يحدد تكوين الطبقة المائية بين الصفائح ومن ثم تكون قيم حدي اللدانة والسيولة ودليل اللدانة متشابه.

أما تأثير الأيونات على المعادن غير المتمددة فيكون مختلفا عند المقارنة مع معدن المونتمور اللونايت حيث يلاحظ بأن أيونات الليثيوم والصوديوم تميل لخفض قيم حد ودليل اللدانة عند مقارنتها مع الكاتيونات الثنائية والاختلاف لايكون كبيراً والسبب في ذلك يعود الى قلة معدل التبادل الكاتيوني. أما اذا كان الكاتيون الأحادي غير متميعا عند امتصاصه للماء فوجوده على السطح سوف يعيق انتظام جزئيات الماء ونتيجة لذلك تقل اللدانة، حيث أن طاقة التميع العالية للكاتيونات الثنائية تسبب رفع حدود اتربرج (Hendricks واخرون، ١٩٤٠).

د- **المادة العضوية**: ان للمادة العضوية دوراً متميزاً في عملية اللدانة، ويلاحظ من قياسات اللدانة لترب مختلفة بأن حدود اتربرج للطبقات السطحية أعلى في محتواها الرطوبي من الطبقات الأخرى ويعود هذا الأختلاف الى وجود المادة العضوية في الطبقات السطحية، أما عند أكسدة المادة العضوية بيروكسيد الهيدروجين فتؤدي الى خفض حد اللدانة، وهذا يتضح من الشكل (٤- ٣ج). ان وجود المادة العضوية في التربة بنسبة ٣,٥٪، تحتاج الى ٢٠٪ من الرطوبة للوصول الى حد اللدانة، في حين ان دليل اللدانة لايتغير عند اكسدة المادة العضوية. ان المادة العضوية لها القدرة العالية على امتصاص الماء، حيث يتم التميع للمادة العضوية عن طريق تغليف الماء حولها قبل تشكيل الأغلفة المائية حول الدقائق المعدنية، وبعد ذلك تصل لحد اللدانة عند الوصول الى مستويات رطوبية أعلى نسبياً من الرطوبة اللازمة لتشكيل الأغلفة المائية. وفي النهاية يكون اضافة الماء دالة فقط لاتساع الأغلفة المائية لحين حدوث الجريان ويكون وجود المادة العضوية ذا تأثير قليل على هذا النوع من الماء ونتيجة لذلك لايكون مؤثرا على دليل اللدانة. ان وجود المادة العضوية في التربة يتيح الفرصة لاجراء عملية الحراثة حتى عند احتواء التربة على رطوبة بحدود ٥٢٪ بدون تكوين الأوحال فيها، ويجعل التربة أكثر نعومة وهشة.

٣- تغيرات قوة التماسك مع المحتوى الرطوبي

قوة التماسك تعرف بأنها قوة التجاذب بين أى جسمين متشابهين فقد يكون التماسك بين دقيقة تربة مع دقيقة تربة أو جزيئة ماء مع جزيئة ماء. ان قوة التماسك تزداد مع قلة المحتوى الرطوبي طبقا لقلة الأغلفة المائية، ويلاحظ بأن الطين له قوة تماسك أكبر من الترب الرملية المزيجية ويكون سبب ذلك كبر سطح التلامس. يلاحظ بأن هناك جزئين متميزين للمنحني أوب في الشكل (٤- ٤)، حيث ان نقطة الانكسار توضح حدود الانكماش للتربة ودخول الهواء للمسام والتى تكون أصلا مملوءة بالماء. ان التماسك عند المحتوى الرطوبي الواقع فوق هذه يكون طبقا لقوة الأغلفة، وتحت هذه النقطة قوة التجاذب بين الدقائق الداخلية تكون طبقا لقوة فان درفال والتي يكون لها السيادة تحت مثل هذه الظروف. وعليه فان التماسك يكون طبقا للتجاذب الداخلي في حالة الترب الرملية الناعمة والمزيجية تزداد بدرجة قليلة مع نقصان المحتوى الرطوبي تحت نقطة الانكسار، في حين تزداد في الطين بسرعة عند المحتوى الرطوبي الواطئ. ان المنحني جـ في



شكل (٤- ٤) علاقة التلامس والتماسك مع رطوبة التربة (المنحني أ وب) للتربة الموحلة (عن Johaunsen, 1914) (والمنحني جـ و د) للترب غير الموحلة (عن Nichols, 1931).

الشكل الأنف الذكر يوضح التغيرات في قوة التماسك لبعض الترب الطينية عند زيادة المحتوى الرطوبي ، حيث يلاحظ بانه عند تشكيل الأغلفة المائية تزداد بسرعة قوة التماسك الى اقصى ما يمكن وبعدها تقل وهذا يعود الى فقدان التماسك الناتج من زيادة سمك الأغلفة المائية بين الدقائق ، أقصى قيمة للتماسك تتم في حالة ارتفاع نسب الطين في الترب ، في حين نرى أن الترب الرملية والجافة لاتمتلك قوة تماسك . ان المنحني أ وجد في الشكل الأنف الذكر ربما يظهر تناقص مفاجئاً اولا (مثال المنحني أ يظهر زيادة في قوة التلاصق تحت مستوى رطوبي ١٥ ٪ ، في حين المنحني جـ يظهر تناقصا وهذا الاختلاف يكون طبقا لطريقة تهيئة الطين ، ففي الحالة الأولى تتكون الأوحال ويحصل الجفاف ، وفي الحالة الثانية لاتكون الأوحال) . يجب ملاحظة أن التماسك في المنحني جـ يبدأ في النقصان مع زيادة المحتوى الرطوبي بعد وصوله الى اقصى ما يمكن ، ويصبح موحلاً بعد وصول المحتوى الرطوبي حوالي ١٥ ٪ يحصل التوافق بين المنحنين بعد هذه النقطة . ويحصل نقصان في التلاصق بعد زيادة المحتوى الرطوبي في كلا الحالتين .

٤- قوة الالتصاق والاغلفة المائية

يعرف الالتصاق بأنه القوة التي تربط بين جسمين غير متشابهين كالتصاق دقائق التربة مع جزيئات الماء ، ويحدث التصاق أي جسم مع دقائق التربة عند اقصى محتوى رطوبة للتربة ، وعند المحتوى الرطوبي العالي ، يكون الماء ممسوكاباًقل قوة من قبل الدقائق وتتجاذب على سطوح أي جسم لتشكل أغلفة رابطة بينها وبين التربة .

وان اقصى محتوى رطوبي يحدث عنده الالتصاق يعتمد على كمية الماء التي تحتاجها التربة لتكوين الاغلفة المائية بين الدقائق المفردة وقوة التجاذب على سطوح الجسم الغريب ، وترتبط مع المحتوى الغروي وتكون علاقة خطية بينها
وهذا مايوضحه المنحنى د في الشكل (٤-٤) ، ويكون شكل التلاصق على هيئة الحرف S . لهذا فان التلاصق يتناسب طرديا مع الشد السطحي للسائل المفرق وهذه العلاقة الخطية للترب الطينية المزيجية موضحة في المنحني أ في الشكل (٤-٥) ، وان الخط المستقيم يمثل العلاقة النظرية التي يمكن الحصول عليها عندما يكون التلاصق معتمداعلى جهد الشد ضمن الاغلفة المائية والتي تكون تماما مستمرة ونتيجة لذلك قيمة التلاصق