بسم الله الرحمن الرحيم

فيزياء التربة النظري

د بسام الدين الخطيب هشام

تعني عبارة التربة الطبقة الخارجية المتجوية والمتفتتة لسطح التربة وقد تكونت مبدئياً من تحلل وتكسر الصخور عن طريق العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية.

علم فيزياء التربة: هو فرع من فروع علم التربة المختلفة الذي يتعامل مع الصفات الفيزيائية التي تأخذ مجراها عبر التربة مع القياس والتوقع لذا فهو يتعامل مع حالة وحركة وأشكال المادة ومع التدفقات وتحولات الطاقة في التربة.

أما الهدف من دراسة فيزياء التربة فهو:

1- الوصول إلى فهم أساسي للميكانيكية التي تتحكم في سلوك التربة.
2- الوصول إلى دور التربة في المحيط الحيوي شاملة العمليات المتداخلة مثل تبادل الطاقة عند سطح الأرض ودورات الماء والمواد القابلة للنقل في الحقل.
3- الوصول إلى الإدارة المناسبة للتربة عن طريق الري والبزل وصيانة التربة والماء والتهوية وتنظيم حرارة التربة.
4- الوصول إلى كيفية استعمال مواد التربة للأغراض الهندسية.
5- النظر إلى فيزياء التربة على أنه علم أساسي وتطبيقي مع مجال أوسع جداً من المواضيع.
6- الوصول إلى قناعة بان فيزياء التربة ترتبط ارتباطاً وثيقاً بمهنة هندسة التربة في مجال ميكانيكية التربة الذي يتعامل مع التربة بصورة رئيسية كمواد إنشائية ومواصلات.

أن تكسر الصخور عن طريق العمليات الفيزيائية والكيميائية والحيوية هي التي تمهد لتكوين التربة لذا فالتجوية الفيزيائية تؤدي إلى تكسر الصخور إلى أجزاء صغيرة وهذه التجوية تشمل التمدد والتقلص المتسببة عن عمليات التسخين والتبريد المتبادلة بين الليل والنهار والضغوط الناجمة عن انجماد وذوبان الماء واختراق الجذور.

إن العمليات الكيميائية تحاول تحليل المعادن الأصلية في الصخور الأم وهذه التجوية تشمل الإماهة Hydration والأكسدة والاختزال والتحلل والتفرق Dissociation والترسيب والتطاير Volatilization.

إن العمليات الحيوية تلعب دوراً هاماً في تجوية الصخور سواءً كانت تساعد فيزيائياً كاختراق الجذور أو نقل المكونات أو تفتيتها كما تفعل بعض الحيوانات كالنمل ودودة الأرض والجرذان أو عن طريق الإفرازات الكيميائية لهذه الحيوانات والكائنات الحية الدقيقة. تستمر عمليات تكوين التربة إلى ما بعد التجوية الأولية للصخور والمعادن بتكوين معادن ثانوية ونمو الأحياء التي تساهم بالمادة العضوية وتستمر العمليات إلى أن يتكون مقد التربة المتميز.

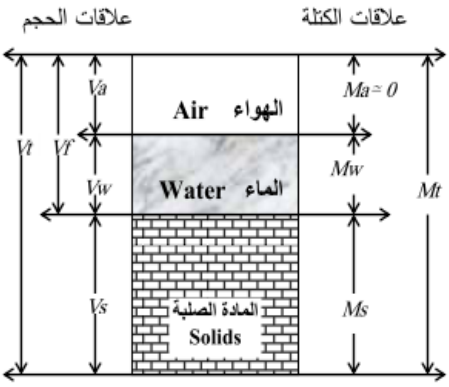
التربة نظام منتشر ثلاثي الأوجه

تتكون الأنظمة الطبيعية من مادة واحدة أو أكثر ومن طور واحد أو أكثر إن النظام الذي يتكون من مادة واحدة سيكون في نفس الوقت من طور واحد إذا كانت صفاته الفيزيائية متجانسة كلياً مثل الثلج.

إن التربة عبارة عن نظام غير متجانس ذو أوجه أو حالات عديدة منها دقائقي particulate ومنتشر ومسامي والتي يمكن أن تكون فيه مساحة الأوجه الداخلية لوحدة الحجم كبيرة جداً. إن الطبيعة المنتشرة للتربة (فعالية الأوجه الداخلية) تؤدي إلى وجود ظواهر مثل الامتزاز والتبادل الأيوني والالتصاق، التمدد التقلص التشتت الخاصية الشعرية. أن الأوجه الثلاث الاعتيادية في الطبيعة ممثلة في التربة بالشكل التالي.

1- الحالة الصلبة وهذا يكون هيكل التربة.
2- الحالة السائلة متمثلاً بماء التربة والذي يحتوي دائماً على مواد ذائبة بحيث يمكن تسميته بشكل مناسب بمحلول التربة.
3- الحالة الغازية متمثلاً بهواء التربة.

العلاقات الحجمية والكتلية لمكونات التربة



الكثافة الحقيقية (ρs) Particle density:

ويعبر عنها في بعض الأحيان بالوزن النوعي وهو النسبة بين كثافة المادة إلى كثافة الماء في درجة حرارة 4 °م وتحت ظروف الضغط الجوي. أو هي النسبة بين كتلة المادة الصلبة إلى حجمها وتتراوح قيمة الكثافة الحقيقية من 2.6 – 2.7 ميكاغرام \ م^3 وهي قريبة من كثافة الكوارتز

$$\rho s = Ms / Vs$$

Ms كتلة المادة الصلبة و Vs حجم المادة الصلبة.

الكثافة الظاهرية ($\rho\beta$) Bulk density : وهي النسبة بين كتلة التربة الجافة إلى حجمها الكلي (المادة الصلبة ومساماتها) لذا فهي دائماً اصغر من الكثافة الحقيقية . فإذا كونت المسامات نصف حجم التربة فان $\rho\beta$ تساوي نصف ρs إي حوالي 1.3 – 1.35 ميكاغرام \م^3.

$$\rho\beta = Ms / Vt \quad = \quad Ms / (Vs + Vf) = Ms/ (Vs + Va + Vw)$$

حيث أن Vt الحجم الكلي للتربة وVf حجم المسام في التربة (المشغول بالماء أو الهواء أو كليهما) وVa حجم الهواء وVw حجم الماء

المسامية (f) Porosity تمثل مؤشر نسبة حجم المسام في التربة، وقيمتها تتراوح بصورة عامة بين 30–60% وتميل الترب الخشنة النسجة لان تكون أقل مسامية من الترب الناعمة النسجة ولو أن متوسط حجم المسامات المنفردة أكبر في الأولى عنه الثانية. تختلف المسامية كثيراً في الترب الطينية حيث أن هذا النوع من الترب تتعرض إلى التمدد والتقلص وتكوين مجاميع ثابتة والتشتت والرص والتشقق دورياً.

$f = Vf / Vt = (Va + Vw) / (Va + Vw + Vs)$

نسبة الفراغات (*e*) Void Ratio وهي النسبة بين حجم المسام في التربة إلى حجم الجزء الصلب ، تعد نسبة الفراغات مؤشراً على جزء من حجم مسامات التربة . وفائدة نسبة الفراغات عن المسامية هو التغير في حجم المسام عند تغير المقام فقط بينما التغيير بدلالة المسامية يتم بتغيير كلاً من البسط والمقام، وتتراوح e بين 0.3 – 2.

$e = Vf / Vs = (Va + Vw) / (Vt - Vf)$

رطوبة التربة Soil wetness الرطوبة أو المحتوى المائي النسبي للتربة يمكن التعبير عنه بطرق مختلفة.

الرطوبة الوزنية (*w*) Mass wetness وهي النسبة بين كتلة الماء إلى كتلة دقائق التربة الصلبة الجافة ويطلق عليها أيضاً بالمحتوى المائي الوزني gravitational water contact. إذ توزن التربة الرطبة ثم تجفف على درجة حرارة 105 °م لمدة 24 ساعة.

$w = Mw / Ms$ حيث أن Mw كتلة الماء

الرطوبة الحجمية (θ) Volume wetness : وهي النسبة بين حجم الماء إلى حجم التربة، وتبلغ نسبة الرطوبة الحجمية في الترب الرملية بشكل عام بحدود 40% وفي الترب المتوسطة النسجة بحدود 50% وتصل إلى 60 % في الترب الطينية . وتمثل θ نسبة لعمق التربة أي عمق ماء لوحدة عمق تربة.

$\theta = Vw / Vt = Vw / (Vs + Vf)$

درجة الإشباع (*S*) Saturation degree وهو حجم الماء الموجود في التربة نسبة إلى حجم المسامات وتتراوح قيمته بين الصفر والوحدة الواحدة (100%).

$S = Vw / Vf = Vw / (Va + Vw)$

المسامية الهوائية (*Fa*) Air – Field porosity وهو قياس المحتوى النسبي للهواء في التربة

$Fa = Va / Vt = Va / (Vs + Va + Vw)$

ويرتبط هذا لدليل بعلاقة سالبة مع درجة الإشباع $Fa = f - S$

علاقات إضافية ناتجة علاقات حجمية وكتلية أساسية

العلاقة بين المسامية ونسبة الفراغات

$e = f / (1 - f)$
$f = e / (1 + e)$

العلاقة بين الرطوبة الحجمية ودرجة الإشباع

$\theta = Sf$ also $S = \theta / f$

العلاقة بين المسامية والكثافة الظاهرية

$f = (\rho s - \rho\beta) / \rho s = (1 - \rho\beta) / \rho sn$ also $\rho\beta = (1 - f)\rho s$

العلاقة الرطوبة الوزنية والرطوبة الحجمية

$\theta = w\,\rho\beta / \rho w\ (=1)$ also $w = \theta\,\rho w / \rho\beta$

العلاقة بين الرطوبة الحجمية ومحتوى الهواء الجزئي ودرجة الإشباع

$Fa = f - \theta = f(1 - S)$ also $\theta = f - Fa$

مثال1\ برهن العلاقات التالية؟

1) $f = (\rho s - \rho\beta)/\rho s = (1 - \rho\beta)/\rho s$

الجواب

نعوض عن المسامية والكثافة الحقيقية والظاهرية بمكوناتها الأساسية

$(Vf/Vt) = [1 - (Ms/Vt)/(Ms/Vs)] \Rightarrow (Vf/Vt) = 1 - (Vs/Vt)$

$(Vf/Vt) = (Vt - Vs)/Vt$

$\because\ Vt - Vs = Vf \qquad \therefore\ (Vf/Vt)/(Vf/Vt)$

2 و 3 يحل من قبل الطالب

2) $\theta = w\,\rho\beta / \rho w$ 3) $S = \theta / f$

مثال2 اعينة تربة وزنها الرطب 100 غم وحجمها 64 سم^3 جففت في الفرن ووجد أن وزنها الجاف 80 غم.

احسب $Fa, S, Vw, \theta, W, e, f, \rho\beta$.

الجواب

نفرض أن الكثافة الحقيقية للتربة 2.65 ميكاغرام \ م^3

$\rho\beta = Ms/Vt = 80/64 = 1.25\ Mg/m^3$

$f = (1 - \rho\beta)/\rho s = 1 - (1.25/2.65) = 0.528$ or 52.8%

Also $f = (Vt - Vs)/Vt$

$Vs = Ms/\rho s = 80/2.65 = 30.19\ cm^3$

$f = (64 - 30.19)/64 = 0{,}528$ or $52.8\ \%$

$e = Vf/Vs = (Vt - Vs)/Vs = (64 - 30.19)/30.19 = 1.12$

$w = Mw/Ms = (Mt - Ms)/Ms = (100 - 80)/80 = 20/80 = 0.25$ or 25%

$\theta = w\,\rho\beta/\rho w = 0.25\,(1.25/1) = 0.3125$ or $31.25\ \%$

Also $\theta = Vw/Vt = 20/64 = 31.25\%$

$S = Vw/(Vt - Vs) = 20/(64 - 30.19) = 0.592$ or 59.2%

$Fa = Va/Vt = [Vt - (Vw + Vs)]/Vt = [64 - (20 + 30.19)]/64$

$= 0.216$ or 21.6%

س\ إذا كانت مسامية التربة 45% والمسام المشغول بالماء 25% جد الكثافة الظاهرية والمسام المشغول بالهواء إذا كانت الكثافة الحقيقية 2.5 ميكاغرام \ م^3

الجواب

$f = (1 - \rho\beta)/\rho s = 1 - \rho\beta/2.5$

$0.45 = 1 - \rho\beta/2.5 \Rightarrow 0.45 = 2.5 - \rho\beta/2.5$

$2.5 - \rho\beta = 1.125 \Rightarrow \rho\beta = 1.38\ Mg/m^3$

Total porosity = water porosity + Air porosity

$0.45 = 25\% + x \Rightarrow x = 15\%$

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة 2 **ا م د بسام الدين الخطيب**

نسجة التربة Soil Texture

تختلف دقائق التربة الاولية في كل من حجمها وشكلها فبعضها تكون خشنة لدرجة يمكن تميزها بالعين المجردة ،في حين نجد قسما اخر تكون صغيرة بحيث تظهر خصائص الغرويات .لذا تعبر نسجة التربة عن مديات توزيع حجوم الدقائق الاولية المكونة للتربة،ولها دلالات كمية ونوعية .نوعيا ،الاعتماد على التحسس بملمس كواد التربة فيما اذا كانت خشنة (رملية)او ناعمة وملساء (طينية).اما الدلائل الكمية فترجع الى الاجزاء النسبية للاحجام المختلفة من دقائق التربة.

تصنف مواد التربة الى دقائق ذات ثلاث احجام ضمن مديات معينة يطلق عليها الرمل والغرين والطين (sand ,silt ,clay) بالدقائق الأولية Primary Particle . تصنف دقائق التربة كميا طبقا لحجمها ووصفيا تبعا لشكلها وكثافتها وتركيبها المعدني .هنالك تصنيفات عديدة أكثرها استخداما :

1- التصنيف العالمي : اقترح من قبل الجمعية العالمية لعلوم التربة (ISSS)

2- تصنيف وزارة الزراعة الأمريكية (USDA)

ويبين الشكل الأتي مخططا للنظامين أعلاه:

(USDA) United State Department of Agriculture Classification

0.002 0.05 0.1 0.25 0.5 1.0 2.0

Clay	Silt	V. Fine	Fine	Medium	Coarse	V.Coarse	Gravel
		Sand					
Clay	Silt	Sand					Gravel
		Fine			Coarse		

0.002 0.02 0.2 2.0

(ISSS) International Soil Science Society Classification

على أية حال ،فان الغرين والرمل تكون دقائقهما كروية الشكل أو مكعبة في حين دقائق الطين ذات أشكال صفائحية ,بعض الدقائق الصغيرة الحجم لا تمتلك أشكال تسمى Amorphous غير المتبلورة أما كثافة دقائق التربة المعدنية كالكوارتز وبعض الفلدسبارات فتكون 2.65 غم/سم ^{3} أما كثافة المادة العضوية تتراوح بين 1.3 – 1.5 غم/سم^3 يمكن ان تحسب كثافة التربة الحقيقية إذا عرفت الأجزاء النسبية لكل من المكونات المعدنية والعضوية .

ان تحديدنسب مفصولات التربة تعتمد على نسبة كتلة هذه المكونات الثلاث ، لقد طورت وزارة الزراعة الأمريكية نظام تشخيص نسجة التربة يدعى بمثلث النسجة فعلى فرض إن نسجة التربة Silt يجب أن يكون أكثر من 80 % من مكوناتها Silt وأكثر من 85% رمل لتدعى Sand ولكن فقط 40 % طين لتدعى Clay أما التربة المزيجة Loam فهي تربة تمتلك مزيج متساوي نسبيا من الرمل المتدرج والغرين والطين أما الترب Sandy Loam و Silty Loam و Clay Loam فتسمى نسبة إلى احتوائها على رمل أكثر أو غرين أكثر أو طين أكثر على التوالي.

التحليل الميكانيكي Mechanical Analysis

إن أساس التحليل الميكانيكي يستند إلى مفهومين هما :

1- فصل كافة الدقائق عن بعضها البعض وتفرقتها إلى دقائقها الأولية .

2- قياس كمية كل جزء حجمي في النموذج.

للوصول الى تفرقة تامة لدقائق التربة يجب إزالة فعل المواد الرابطة من التربة وللتخلص من تأثير فعل الشد السطحي فان النموذج يرج في الماء ولذلك يجب ان يغلى الماء ليطرد الهواء منه والذي هو مسؤول عن الشد السطحي بعدها يعامل النموذج مع حامض الهيدروكلوريك وبيرو كسيد الهيدروجين لإزالة الكلس والاكاسيد الغروية للحديد والالمنيوم والمادة العضوية على التوالي بعدها يرشح محلول التربة خلال مرشح فلتر عن طريق السحب Suction لتقليل تركيز الأملاح في المحلول وأخيرا فان نموذج التربة يعامل مع محلول الكالكون Hexametaphosphate (NaPO3)6 لزيادة جهد زيتا Zeta للصفائح الغروية .يجري قياس حجوم الدقائق بالنخل Sieves والترسيب Sedimentation .

تستخدم المناخل في التحليل الميكانيكي اعتمادا على حجم الدقائق المطلوب فصلها ,تستخدم المناخل ذات الفتحات الدائرية للدقائق الأكبر من 0.05 ملم أما حجوم الدقائق الأنعم فتستخدم مناخل ذات شاشات مشبكة بأسلاك نكون فتحاتها مربعة الشكل وبما إن سمك الأسلاك يتغير حسب أقطارها فليست هناك علاقة محددة بين عدد الفتحات في الانج (Mech) وحجم فتحات الشاشات (Opening) ,وفي العادة تستخدم العلاقة الآتية لتحويل رقم ال Mech إلى حجم الدقائق بالمليمتر : 16 \ عدد الفتحات في الانج.

إن اصغر حجم للدقائق التي تفصل بالمناخل هو 0.05 ملم وهذا هو اقل حد للرمل فمنى ذلك يمكن فصل أجزاء الرمل بالنخل .الدقائق الأكبر من 0.2 ملم لا تتحرك حركة صفائحية بل تتحرك حركة اضطرابية لذلك لا يكون سقوطها خطي وان قانون ستوك يشترط ان يكون الترسيب صفائحي أما الدقائق الأقل من 0.2 ملم فتخضع للحركة البروانية.

يمكن ان يتم النخل بصورة جافة أو رطبة (مبتلة) وإذا اجري بصورة جافة فيجب أن يفصل الطين بواسطة عملية التصفية Decantation وبعكسه فان الفصل الحقيقي لا يكون مؤثرا أما إذا جرى الفصل بصورة مبتلة فيجب اخذ الحذر للتغلب على الشد السطحي أسفل انعم منخل مستخدم.

إن طريقة الترسيب لفصل أجزاء دقائق التربة تستند على قانون ستوك (Stock s Law) الذي ينص على :

ان السرعة النهائية لدقائق كروية تترسب تحت تاثير الجاذبية في سائل ذو كثافة ولزوجة معينة تتناسب طرديا مع مربع نصف قطر الدقيقة . واعتمد على عدة افتراضات وهي :

1- لا يوجد تاثير لجدران الوعاء على الدقائق وكذلك تاثير الدقائق على بعضها البعض.

2 – إن دقائق التربة يجب أن تكون كبيرة بالمقارنة مع جزيئات السائل بحيث لا تتأثر بالحركة البراونية .

3- يجب أن تكون الدقائق صلبة وملساء وكروية .

4 – كل الدقائق تمتلك نفس الكثافة .

5 – يكون جريان المائع صفائحيا او طباقيا .

اشتقاق قانون ستوك

هناك ثلاث قوى تؤثر في سقوط الدقائق في سائل عي :

1. القوة المرتبطة بلزوجة السائل Force related to viscous drag

الإعاقة اللزجة F لجسم كروي ذي نصف قطر r يتحرك بسرعة V في وسط ذي معامل لزوجة ή هي:

$$F1 = 6 \pi \acute{\eta} r V$$

2. القوة المرتبطة بكتلة الدقائق Force which related to the mass of particles

ان صافي القوة الى الأسفل ستكون محصلة لوزن الجسم والقوة الدافعة للأعلى من قبل السائل على الجسم وهذه تساوي :

$$F= m .g$$

$$F =v \rho_s g$$

$$F2 = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g$$

3-. القوة المساوية لوزن السائل المزاح Buoyant force which equal to the weight of water displaced

$$F3= \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_w g$$

$$F1 + F2 + F3 = 0$$

$$-6 \pi \acute{\eta} r V + \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_s g - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_w g = 0$$

ρ_s = كثافة دقائق التربة غم سم$^{-3}$

ρ_w = كثافة السائل غم سم$^{-3}$

g = التعجيل الارضي سم ثا$^{-2}$

V =سرعة الدقائق سم ثا$^{-1}$

ή = غم سم$^{-1}$ ثا$^{-1}$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 (\rho_s - \rho_w) g = 6 \pi \acute{\eta} r V$$

$$V = \frac{2r^2(\rho s - \rho w)g}{9\eta} = K r^2$$

$$K = \frac{2(\rho s - \rho w)g}{9\eta}$$

$$r = \frac{1}{2} d \quad , r^2 = \frac{1}{4} d^2$$

$$V = \frac{d^2(\rho s - \rho w)g}{18\eta}$$

$$V = h / t$$

والثابت K لموقع معين ولدقيقة كروية معينة ولسائل معين ولدرجة حرارة معينة .

من الملاحظ ان قانون ستوك قد اعتمد على فرضيات بسيطة والتي لا تتمشى مع حقيقة دقائق التربة ،فدقائق التربة ليست كروية وقد يكون بعضها على شكل صفائح وليست بكثافة واحة وليست ملساء . ان نتيجة التحليل الميكانيكي المعتمد

على اساس النخل ربما تختلف عن التليل المعتمدعلى الترسيب واكثر من ذلك فان دقائق التربة ليست جميعها ذات كثافة متشابهة ،لذلك لكي يكون قانون ستوك اكثر يمكن قياس الكثافة الحقيقية للتربة بالبكنوميتر.

ان صفات التربة التي يمكن ان تحمن بواسطة النسجة هي :

1. البزل. 2. سعة حفظ التربة للماء. 3. التهوية. 4. قابلية التربة للتعرية. 5. محتوى المادة العضوية. 6. السعة التبادلية الكاتيونية. 7. السعة التنظيمية لدرجة الحموضة . 8. . فلحية التربة.

<u>طرق التحليل الميكانيكي</u>

أشهر الطرق المستخدمة والتي تستند على قانون ستوك هي :

1 – طريق الماصة Pipette

2 – طريقة المكثاف Hydrometer

في طريقة الماصة يؤخذ نموذج من عالق التربة من عمق معين أسفل مستوى محدد مسبقا عن سطح العالق .إن هذا النموذج يحوي على كافة المفصولات التي لا تزال في العالق عند ذلك العمق ،وبأخذ النماذج من أعماق مختلفة من استقرار النموذج يمكن حساب التكوين الميكانيكي .

إن الزمن اللازم لفصل جزء معين يمكن ان يحسب من معادلة 5 حيث أن :

$$V = K r^2 \qquad , \quad V = \frac{distance}{time}$$

فالدقيقة بقطر 0.01 ملم فان الزمن الذي يجب اخذ النموذج من عمق 10 سم سيكون :

$$T = \frac{10}{(0.0005)^2 (10094)}$$

$$K = 10094 \quad \text{at } 25\ c^o \text{ for } \rho_s = 2.65\ gm/cm^3 \ , \ g = 980\ cm/sec^2 \ , \ \acute{\eta} = 0.0089 \text{ poise}$$

اقترح Bauyocas, 1927 طريقة المكثاف للتحليل الميكانيكي حيث انه هنالك انخفاض مستمر في كثافة عالق التربة مع الزمن وان كثافة العالق تزداد مع العمق وبمعرفة كثافة العالق وباستخدام مكثاف معير بعد أزمان معلومة فانه يمكن حساب المفصولات المختلفة .ان درجة حرارة الغرفة التي يجري فيها التحليل الميكانيكي تختلف في العادة عن الدرجة التي تم تعير المكثاف عليها لذلك فان قراءة المكثاف تصحح نسبة إلى درجة حرارة المعير عليها وكما في المعادلة الآتية :

$$Hc = Ho + (T - T_H)\ 0.3$$

Hc هي قراءة المكثاف المصححة.

Ho هي قراءة المكثاف المشاهدة.

T درجة حرارة الغرفة (مئوي).

T_H درجة الحرارة التي تم تعيير المكثاف عندها (20 درجة مئوية).

يفضل استخدام طريقة الماصة لأغراض الأعمال الدقيقة في حين تستخدم طريقة المكثاف كطريقة سريعة وهي أيضا طريقة دقيقة لأغراض عديدة .

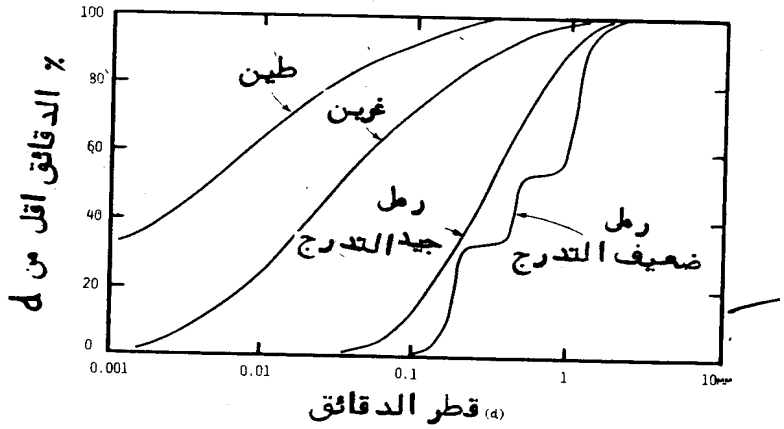
طرق التعبير عن التكوين الميكانيكي للتربة Reporting the mechanical composition

1- حجوم الدقائق Size of particle

تستخدم هذه الطريقة في التعبير عن التكوين الميكانيكي ويعبر عن أجزاء المفصولات لحجوم دقائق التربة كنسب مئوية على أساس الكتلة المأخوذة في هذا التحليل .

2- التعبير البياني عن أجزاء حجوم الدقائق

وذلك برسم منحنى للعلاقة بين النسب المئوية على أساس الكتلة للدقائق الأقل من ذلك القطر مرسومة على محور Y مع مقياس لوغاريتمي للمحور X لأقطار دقائق التربة .نتيجة لاستخدام المقياس اللوغارتمي فإننا نستطيع شمول كافة أقطار الدقائق على رسم واحد .

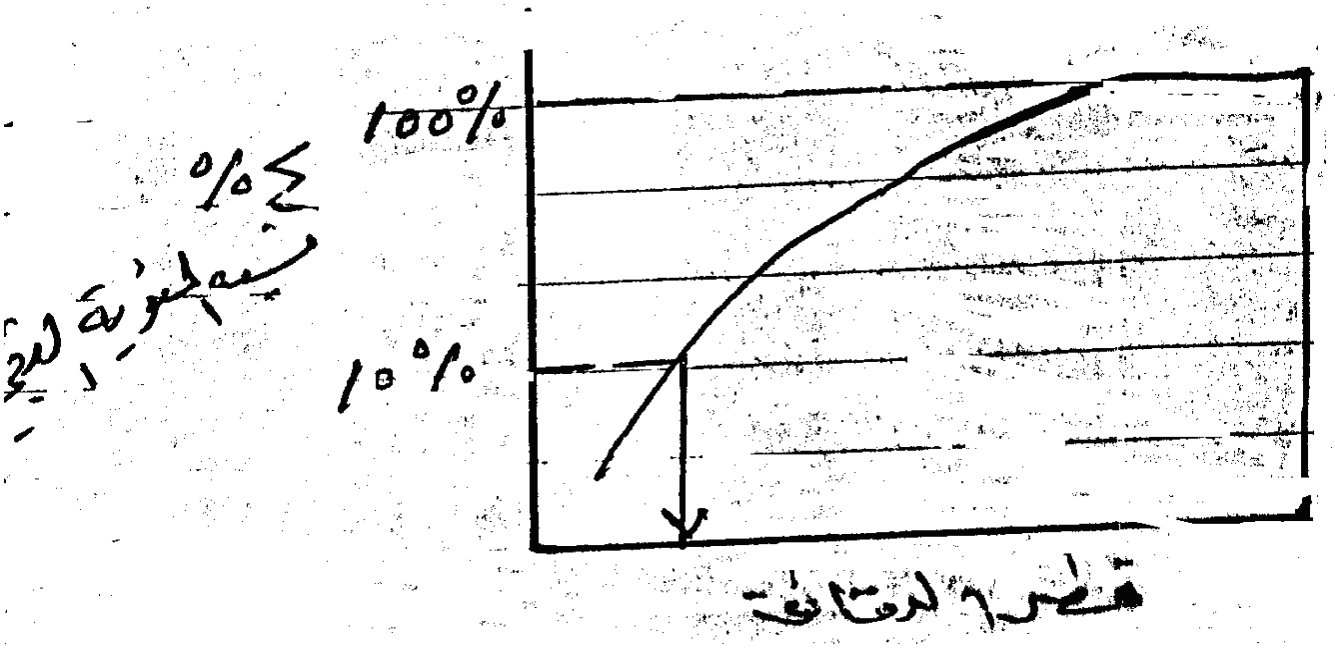


ل 4-4 منحنيات توزيع حجوم الدقائق لانواع مختلفة من مادة التـ
خطيطي) .

3- حجم الدقائق الفعال ومعامل التجانس

الترب التي تتكون من دقائق متجانسة ربما تمتلك نفس النفاذية لترب أخرى متدرجة تتألف من دقائق صغيرة الحجم .ا قطر الدقائق للتربة المتجانسة (حجوم دقائقها متقاربة) والتي تملك نفس النفاذية لتربة أخرى متدرجة (غير متجانسة تتكون من حبيبات صغيرة وكبيرة) يشار إليها بقطر الدقائق الفعالة Effective Particle Size

إن قطر الدقائق الفعال يحدد تقريبا بأنه يمثل حجم 10% من الدقائق .



إن النسبة بين حجم الدقائق التي تشكل 60 % إلى قطر الدقائق الفعال التي تشكل 10 % يسمى بمعامل التجانس Uniformity Coefficient ويرمز له CU :

CU = قطر الدقائق التي تشكل 60 % \ قطر الدقائق التي تشكل 10 %

إن معامل التجانس للترب المتجانسة تماما يساوي 1 ،والترب المتدرجة يكون اكبر من 1 ويزداد مع زيادة عد التجانس

طبيعة وسلوك الطين

يعد الطين الغروي الجزء المحدد لسلوك التربة بسبب صفاته ككبر المساحة السطحية وكونه اكثر نشاطا من ناحية العمليات الفيزيوكيميائية(معادن الطين تمتلك شحنة سالبة بشكل عام) .تجاذب الكتيونات الى الشحنات السالبة لمعادن الطين الغروية وتزداد بزيادة تكافئ الايون كما ان الايونات المتمئنة والتي تميل لان تكون بعيدة عن السطح) تكون سهلة الاحلال مع الايونات الاقل تميئا .ان اختلاف الضغط الازموزي بين الطبقة المزدوجة والمحلول الخارجي يتولد ضغط التمدد خاصة عندما يسمح للطين المتمدد امتزاز الماء . دقائق الطين ربما تتجكع او تتفرق، بصورة عامة يحدث التشتت بوجود الكتيونات الاحادية شديدة التميء حيث يكبر القطر الايوني للذرة كذرات الصوديم بسبب تكون اغلفة مائية حول الايون تعمل على ابعاد دقائق التربة عن بعضها البعض . يحصل العكس اذا تتجمع دقائق الطين بوجود الايونات الثنائية والثلاثية.

ان دقائق الطين تكون ذات اشكال صفائحية وعليه فانها تمتلك مساحة سطحية نوعية عالية .بالاضافة الى ذلك فان السطوح الخارجيةلبعض انواع بلورات الطين تحتوي على مساحات داخلية كالتي تتكون عندما يتمدد البناء الشبكي لمعدن المونتمورلنايت عند تشربه الماء .

المساحة السطحية النوعية لدقائق التربة

تعد المساحة السطحية النوعية من أهم خصائص دقائق التربة لان معظم العمليات الفيزيائية والكيميائية المهمة كالتلاصق Adhesion والتماسك Cohesion واللدانة وحرارة الابتلال Heat of witting والتبادل ألايوني على أسطح دقائق التربة ،إن مفهوم المساحة السطحية لنظام معروف كالتربة يعبر عنه بدلالة المساحة النوعية وتعرف على إنها :المساحة السطحية الكلي لوحدة كتلة a_m أو لوحدة حجم من الدقائق a_v أو لوحدة حجم كلي من التربة a_b.

$$a_m = \frac{As}{Ms}\frac{m^2}{gm} \quad , \quad a_v = \frac{As}{Vs}\frac{m^2}{m^3} \quad , \quad a_b = \frac{As}{Vt}\frac{m^2}{m^3}$$

يؤثر حجم وشكل الدقيقة في قيم المساحة السطحية ،لنفس الحجم تكون المساحة النوعية للمكعب اكبر من الكرة .

كيف يؤثر شكل الدقيقة في المساحة السطحية ؟

نأخذ الكرة /

$$V = 4/3\ \pi\ r^3 = 1 mm^3$$

$$\frac{4}{3} x \frac{22}{7} r^3 = 1$$

$$r^3 = 0.2383$$

$$r = 0.620$$

$$As = 4\ \pi\ r^2 = 4x\frac{22}{7}(0.62)^2 = 4.83\ mm^2$$

$$a_v = \frac{4.83}{1} = 4.83\frac{m^2}{m^3}$$

نأخذ المكعب /

$$V = L^3 = 1\ mm^3$$

$$L = 1$$

$$As = 6\ (1)^2 = 6\ mm^2$$

$$a_v = \frac{6}{1} = 6\frac{m^2}{m^3}$$

نأخذ متوازي مستطيلات /

$$V = L\ W\ h = 1\ mm^3$$

$$V = L\ (0.5\ \ L)\ (0.1\ \ L) = 1$$

$$L^3 = 20 \qquad L = 2.71\ \ mm$$

$$As = 2\ (1(0.5\ \ L) + L\ (0.1\ \ L) + 0.5\ \ L\ (0.1\ \ L))$$

$$= 9.57\ mm^2$$

$$a_v = \frac{9.57}{1} = 9.57\frac{m^2}{m^3}$$

تأثير حجم الدقائق /

نفترض عندنا مكعب طول ضلعه 1 ملم و جزءنا الى مكعبات صغيرة طول ضلعها 0.1 ملم

$$V = (0.1)^3$$
$$= 0.001\ mm^3$$
$$N = \frac{1}{0.001} = 1000$$

N عدد المكعبات = الحجم الأصلي / حجم المكعب الصغير

$$As = 1000 \times 0.06 = 60\ mm^2$$
$$a_v = \frac{60}{1} = 60\ mm^2/mm^3$$

وفي حالة تقسيم المكعب الكبير إلى مكعبات طول ضلعها 0.01 لأصبحت المساحة السطحية النوعية 600 ملم^2/ملم^3 .

نستنتج من ذلك انه كلما صغر حجم الدقائق لوحدة كتلة أو وحدة حجم كلما زادت المساحة السطحية النوعية .

إذن ،فان تعبيرات الدقائق متساوية الأبعاد كدقائق الرمل والغرين تكون متشابهة ،وان توزيع حجوم الدقائق يمكن أن يسمح لنا بحساب المساحة النوعية بالمعادلة التجميعية الآتية :

$$a_m = (\frac{6}{\rho s})\Sigma c_i(\frac{di^2}{di^3}) = (\frac{6}{\rho s})\Sigma(\frac{c_i}{d_i})$$

حيث ان c_i هي كتلة جزء الدقائق التي تمتلك معدل قطر مقداره d_i .

دعنا ألان نتصور دقيقة صفيحية لغرض المناقشة نفترضها مربعة الشكل بأبعاد L وسمك مقداره i .ان نسبة السطح للحجم هي:

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

ان نسبة السطح للكتلة هي :

$$a_m = 2\ (L + 2\ i)/\ \rho s\ L\ i$$

إذا كانت الصفيحة رقيقة جدا لدرجة أن سمكها i يمكن إهماله مقارنة بالبعد النسبي L ،وان ρs = 2.65 غم/سم^3 فان :

$$a_m = 2 / \rho s\ i \approx 0.75 / i \quad cm^2/gm$$

المساحة السطحية النوعية للطين يمكن أن تقدر لو عرف سمك صفيحته ،على سبيل المثال لو أن سمك الصفيحة لمعدن المنتمورلينايت المفرق بدرجة كاملة كان حوالي 10 A^O أو 10^{-7} سم لذلك فان :

$$a_m = \frac{075}{10^{-7}1} = 750\ \ m^2/gm$$

وتكون هذه القيمة مقاربة للقيمة المقاسة .

إذن المساحة السطحية نوعية صفة أساسية للتربة ووجد إن هذه الصفة لها تأثير في مسك وإطلاق العناصر الغذائية المختلفة ومسك الماء والانتفاخ والانكماش والخواص الميكانيكية للتربة كالمطاطية والتماسك والمقاومة ومعامل الكسر ،إن قياسها يمكن أن يساعد في فهم الأسس لتقيم سلوك التربة.

على الرغم من إن قياس المساحة السطحية النوعية للتربة غير شائع إلا أنها ربما تكون ذات مغزى وأساس لوصف التربة أكثر من النسب المئوية للرمل والغرين والطين (النسجة) .

إن الطريقة العادية لتعيين المساحة السطحية النوعية تجري بقياس كمية الغازات أو السوائل المطلوبة لتكوين طبقة أحادية الجزيئات على السطح عن طريق الامدصاص .

س / كيف يتم تقدير المساحة السطحية النوعية للتربة ؟

هناك طريقتان هما :

1- عن طريق حرارة الابتلال الحقيقية .

2- يتم تقديرها بجعل التربة بتماس مع كليسرول تحت ظروف خاصة من الضغط البخاري التي ينتج عنها امدصاص طبقة أحادية الجزيئات ،ويتم الحساب من معرفة كمية الكليسرول المستخدمة.

فيزياء تربة Soil Physics

المحاضرة الثالثة / **د بسام الدين الخطيب**

بناء التربة Soil Structure

يعرف بناء التربة بانه انتظام دقائق التربة المختلفة عن طريق ارتباطها مع بعضها البعض بواسطة المواد اللاحمة وباشطال هندسية معينة . يشير بناء التربة إلى الخصائص الفيزيائية لمادة التربة من حيث الحجم والشكل والترتيب ودرجة التطور من الدقائق الأولية والمسامات ضمن الوحدة البنائية الواحدة . بناء التربة يشير إلى فكرة وصفية وليست كمية.

تسمى الوحدة البنائية الطبيعية المفردة Ped وهي في الغالب تجمعات دائمية ..... Primary Peds لا يمكن تجزئتها إلى وحدات طبيعية اصغر ولكن يمكن أن ترتبط مع بعضها البعض مكونة وحدات بنائية ثانوية Secondary Peds والتي من الممكن ان تكون وحدات اكبر تسمى Tertiary Peds (ثلاثية).

A pedal المواد التي ليس لها مدر طبيعي(عديمة ال Peds) .

تتكون Peds في السطح نتيجة الفعاليات والحراثة .وعادة تكون ذات سطوح لماعة لوجود أغلفة من المادة العضوية والطين ،تسمى أغلفة الطين Cutans لذلك عند طحنها يتغير لونها .

Clods آو Fragments لاتمتلك مثل هذه الأغلفة على سطوحها .

حراثة التربة أو حفرها يمكن أن يكون كتل Clods غير ثابتة...لا تدوم عند تعرضها إلى دورات من الترطيب والتجفيف .

الأجزاء Fragments تتكون نتيجة تكسير المدر الكبيرة أو عن طريق تفتيت أفق تربة كتلي ويمتاز بسطوح مكسرة بدلا من سطوح ضعف طبيعي.

نسجة التربة والسطح النوعي يكونان ثابتين على مدى فترات زمنية طويلة مقارنة ببناء التربة المتغير بدرجة كبيرة من وقت لاخر نتيجة لتغير الظروف الطبيغية ،النشاطات البايولوجية وادارة التربة وكذلك العمليات الزراعية .

ان بناء التربة قد يكون العامل المحدد لانتاجية التربة بسبب تاثيره العالي علىمحتوى الماء والهواء وحرارة التربة ،التي بدورها تؤثر على انبات البذور ونمو الجذور وكذلك تاثيرها على العمليات الزراعية مثل الحراثة والري والبزل.

تكوين البناء Structure Formation

التربة نظام معقد ثلاثي الأطوار يتكون من الطور الصلب والسائل والغازي .إن الدقائق الأولية (الرمل والغرين والطين) يشار إليها بمفصولات التربة أو النسجة .الدقائق الثانوية توجد كمجاميع من الدقائق الأولية وتسمى بالوحدات التركيبية Structure units أو التجمعات Aggregate ،إن مجموعة التربة التي توجد بصورة طبيعية فردية تسمى Ped ويمكن أن تعرف بأنها تجمع طبيعي أو مجموعة من الدقائق التي تكون القوة التي تمسك بعضها البعض اكبر من القوة التي تمسك بين المجاميع .

إن التوزيع الحجمي للتجمعات وثاباتيتها وكميتها والتوزيع الحجمي للمسامات بين التجمعات وداخلها توصف بناء التربة soil structure ،لذلك لايعتبر Aggregation رديفا ل Soil structure لان ال .Agg يمثل فقط وحدة واحدة من البناء .ومن وجهة نظر زراعية فان مجموعة دقائق التربة التي تكون التجمعات مهمة جدا لتكوين أحسن وامثل فلحية للتربة Soil tilith .

ان Soil tilith تشير بصورة عامة إلى أحسن قابلية لتجمعات التربة للثبات ضد التدهور نتجه الفعل الميكانيكي لقطرات المطر وجريان الماء لذلك فان طبيعة العلاقة بين الهواء والماء سوف تعطي أحسن مستوى لنمو النبات والنشاط الميكروبي .

اتجاهات عديدة توضح الفعاليات التي يمكن ان تسهم في تكوين تجمعات التربة .منها:

1- دقائق الطين Clay Particle

تقوم دقائق الطين بعمل جسور بين دقائق الرمل الكبيرة وحبيبات التربة .إن قوى التلاصق بين الدقائق تنشا بفعل ميكانيكي فيزيوكيميائي.

2- المادة العضوية Organic matter

تلعب المادة العضوية دورا مهما في الفعاليات الميكروبية في التربة وهي مع دقائق الطين تكون العامل الرئيسي المسؤول عن تكون التجمعات وهي أكثر تأثيرا من الأطيان في تكوين تجمعات ثابتة مع الرمل .والمادة العضوية بدون الفعل الميكروبي يكون تأثيرها قليل على بناء التربة فإذا توفرت ظروف مناسبة للنشاط الميكروبي يزداد معدل تكوين التجمعات بفعل مايسيل الفطريات كما إن الفعل الشديد للميكروبات له اثر سيء في زيادة معدل تدهور التجمعات لأنه يعجل من تحلل المادة العضوية .

يوصف بناء الترب الرملية بأنه Structure less أو Single grain structure لان عدد قليل من الدقائق تتماسك أو تترابط فيما بينها عند جفاف التربة .

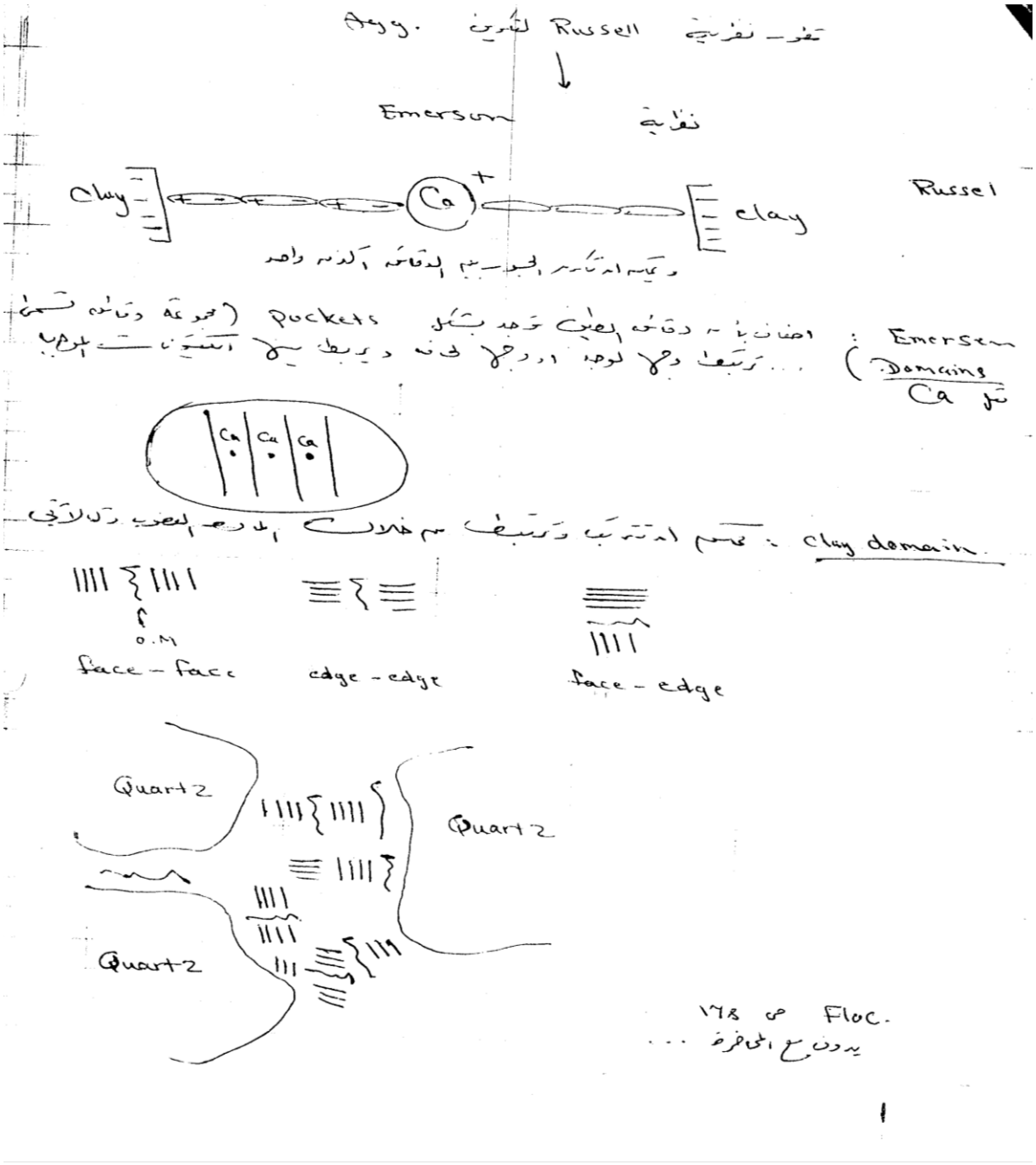
Genesis of soil structure

تكون التجمعات الثابتة يحتاج إلى دقائق أولية ممسوكة معا بحيث لا يحصل لها انتشار في الماء كما تحتاج عملية التجمع إلى مواد إسمنتية وفعاليات تجمع ..إذن عملية التخثر مرحلة أولى لعملية التحبب لذلك يمكن القول إن التجمع يحتاج إلى مواد إسمنتية لتثبيته .

الأفكار الروسية السابقة عن عملية تكون التجمعات تشير إلى فعالية المجاميع الجذرية وفعالية أحياء التربة كعوامل رئيسية في تكون التجمعات ولكن هذا المفهوم أجريت عليه إضافات بفعل فكرة أن التغيرات الدورية في الرطوبة والحرارة تسبب في تكوين Fragments وبالتالي تكون التجمعات .

اقترح (1934) Russell بان تكون التجمعات يعتمد على التداخل بين الكتيونات المتبادلة على دقائق الطين والمحلول ..دقيقة الطين تمثل بان لها نواة وسطح مشحون بشحنات سالبة .إن النهايات السالبة للماء ترتبط مع الكتيونات والنهايات الموجبة على سطح الدقيقة على النحو التالي :

Particle -- water ---Cation –water ---Particle



تصنيف البناء Classification of soil structure

لغرض تصنف البناء يعتمد على :

1- شكل وانتظام المدر Shape and arrangements of peds

درجة grade of structure

2- حجم المدر Size of peds

صنف Class of structure

3- مدى وضوح ومتانة المدر Distribution and durability of peds

نوع Type of structure

في التصنيف عادة يتبع التسلسل الاتي :

Grade - Class – Type

Grade : يمثل الفرق او الاختلاف بين التماسك داخل ال peds وبين التلاصق بين ال peds المتجاورة .ويتم تحديد الدرجة من ملاحظة مدى متانة المجاميع ونسب المادة المتجمعة مقارنة بالمادة غير المتجمعة عندما تكسر او تسحق المجاميع بصورة متانية او عندما نحاول فصل المجاميع عن بعضها .

cubelike

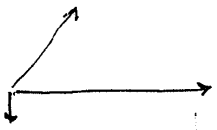
تتطور الدقائق الثانوية بدرجة متساوية في اتجاه المحاور الثلاثة

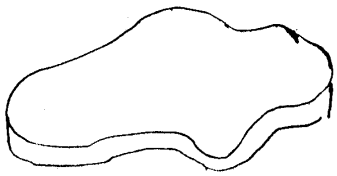
Prismlike

تتطور " " = رئيسي باتجاه عمودي

plate like

تتطور الوحدات البنائية بدرجة قليلة بالاتجاه العمودي وبدرجة كبيرة في المحورين





Classification Based upon Soil fabric

اعتمد Kubiena في تصنيف تركيب الترابع Soil fabric

Soil fabric : يشير الى طبيعة ترتيب الدقائق الاولية والثانوية والمسامات بينها

Skeleton : يشمل الجسيمات المعدنية المفردة ومقاومة المواد العضوية الناضجة كبيرة من الحجوم الغير

Plasma : مواد التربة التي تتحرك في التربة

(Blocky , Sub angular Blocky)
(granular , Crumb)
(platy)
(Prismatic , Columnar)

Type

Block like
Spherodial
plate like
Prism like

Class

very fine or very thin
fine or thin
medium
coarse or thick
very coarse or very thick

grade

week
moderate
Strong

Apedal او Structureless اذا لم يوجد بناء للتربة نسميها

عادة تسلسل الوصف كالآتي

① grade
② Class
③ Type

مثال

* Strong fine granular

* moderate coarse Subangular Blocky
grade class type

أهمية البناء للزراعة

تحتاج التربة إلى أحسن بناء لضمان أقصى معدلات لنمو النبات والإنتاج .إن معظم المحاصيل تحتاج إلى ترب يتصف بنائها بالاتي:

1- ملائم لتطور ونمو الجذور.

2- يسمح بتهوية مناسبة وظروف بزل جيدة للمنطقة الجذرية .

3- يسمح للتربة بمسك كمية كافية من الماء .

4- يسمح بوصول كمية مناسبة من العناصر الغذائية للنبات .

إدارة البناء Management of Soil Structure

يوصف بناء الترب بأنه جيد عندما يوفر ظروف تعطي أحسن إنتاج عند أي وقت والتربة رديئة البناء هي التربة التي لا توفر ظروف ملائمة من حيث مساماتها لتطور الجذور والبزل والتبادل الغازي .

هنالك ثلاث عمليات مهمة في إدارة البناء :

1- تغيير البناء Modification

يؤثر استعمال الأرض على طبيعة بنائها فإذا كانت التربة قديمة فيها أعشاب فان حراثتها تؤدي إلى تدهور بنائها بسبب انخفاض المادة العضوية بينما يمكن زراعة التربة بالإعشاب لمدة أربعة سنوات فيتحسن بنائها.

إن تأثير عمليات الحراثة على بناء التربة يمكن أن يسيطر عليه بطريقة الحراثة ونوعها وتوقيتها .يطلق على التربة Mellow أو good tilith عندما تكون مجاميع الطبقة السطحية Soft أو Crumb .

إن حراثة التربة ذات النسجات المتوسطة سهل جدا ويوفر ظروف جيدة للتربة خاصة إذا احتوت على نسبة جيدة من O.M ،أما الحراثات المستمرة فإنها تحطم بناء التربة وتجعل الطبقة السطحية بعد فترة متصلبة عند الجفاف .

2- تثبيت البناء Stabilization

استعملت طرق طبيعية وصناعية لتثبيت بناء التربة مثل إضافة المادة العضوية أو تغطيتها بالمادة العضوية أو زراعتها بالمحاصيل أو إضافة محسنات التربة خاصة على السطح مثل المحسنات اللاعضوية (Phosphoric acid, Cement , Lime) أو مصلحات عضوية مثل (VAMA , PAM , PVA) وغيرها .

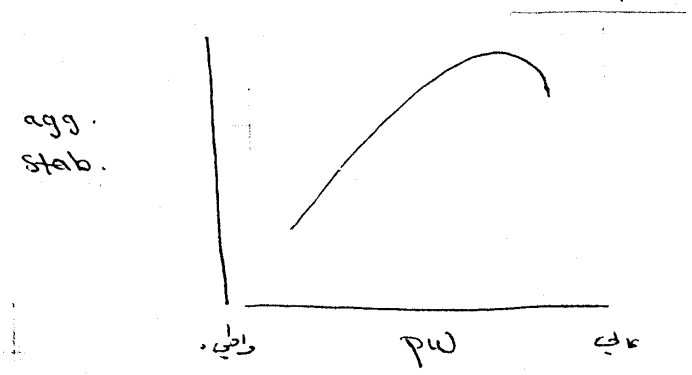
3- الحفاظ على البناء Preservation

إن أهم مشكلة في إدارة التربة هي صيانة المسامات وثباتيتها لتوفير ظروف جيدة للجذور ونشاط أحياء التربة التي تنتج اصماغ تسهم في تحسين البناء لذلك فان تجهيز المادة العضوية للتربة ضروري لفعالية الأحياء والتربة نفسها .إن الحفاظ على مستوى عالي لخصوبة التربة ضروري جدا لإعطاء ظروف مشجعة للبناء الجيد .كذلك صيانة بناء التربة ممكنة بتقليل الفعل الميكانيكي بتقليل حركة الآلات الثقيلة التي تسبب دك مستمر للتربة يخرب التوزيع المسامي .لذلك فان Zero tillage يقلل من حركة الآلات إلى اقل ما يمكن خاصة إذا علمنا أن مكافحة الأدغال تتم بالمبيدات وليس الجني بالآلات.

ثباتية التجمعات Aggregate Stability

Aggregate : جزء من التربة كبير بدرجة بحيث إن توزيع الدقائق الأولية (اقل من 2 ملم)داخل المجموعة لا يختلف توزيعها كثيرا عن توزيعها داخل التربة.

التكسر الأولي للمجاميع عند تغطيسها بالماء Slaking وسبب هذا التكسر هو differential swelling والشيء الأخر entrapped air ,كلما زادت سرعة امتصاص مجاميع التربة للماء كلما زاد تأثير الهواء . المادة العضوية والمواد الأخرى الكارهة للماء تعمل على تقليل سرعة الترطيب فتقلل من تأثير الهواء وذلك لتغليف المادة العضوية لدقائق الطين (مجموعات من دقائق الطين الموجودة في المجاميع) كما يغلف كيس شبكي مجموعة من الدقائق ،كذلك وجود المادة العضوية بكمية مناسبة يعمل على زيادة زاوية التماس Contact angle مما يقلل من سرعة امتصاص التربة للماء ،أيضا يقل Slaking أو يمنع عن طريق تغليف دقائق الطين ككتل صلبة إما طبيعية بواسطة ترسب كربونات الكالسيوم أو اصطناعية بإضافة الكلس .أهمية العاملين تعتمد على المساحة السطحية للطين وأيضا نسبة الطين في التربة .مقدار الإجهاد المسلط يقل مع زيادة محتوى التربة أو المجاميع من الماء قبل الانضغاط .



بالرطوبة العالية تقل سرعة الترطيب فتقل قابلية التربة على التكسر والعكس عند جفاف التربة .

ظاهرة Slaking تعتمد على سرعة الترطيب وطريقة الترطيب.وتحدث هذه الظاهرة في بداية الغمر وتسبب تكسر المجاميع أما تشتت دقائق الطين Dispersion فيبدأ بعد أن يبدأ فعل Hydration للماء ووجود الأملاح ،إذا كانت الأملاح واطئة تبدأ الدقائق الانفصال عن المجاميع .للصوديوم دور رئيسي في التشتت ويزداد تأثيره بوجود المغنيسيوم أما الألمنيوم فتأثيره معاكس (شحنة أعلى).

اكاسيد الحديد والألمنيوم الصغيرة الحجم قد تمنع التشتت عن طريق عملها كجسور بين دقائق الطين حسب نظرية Russell .

المادة العضوية قد تعمل على منع التشتت بسبب عملها كروابط بين دقائق الطين حتى عند وجود الصوديوم (تعمل على منع الماء من الوصول إلى الصوديوم فتقلل من تأثيره على التشتت ،وجود مصدر مثل كربونات الكالسيوم يقلل من تأثير التشتت بتأثير electrolyte content of water .

إن المختصين او المهتمين ببناء التربة وثباتيته وعلاقته بالتعرية والغيض وتغلغل الجذور والتهوية والتطبيقات الهندسية المرتبطة بحركة الماء وقوة التحمل فأنهم يقيمون بناء التربة بطرق ترتبط بشكل جيد بهذه العوامل .

يعرف الزراعيون Soil Tilith بأنه مصطلح عام يشير إلى قابلية التربة أو حبيباتها أو تجمعاتها للبقاء أو الثبات ضد عملية الهدم بفعل ضغط الآلات الزراعية وقطرات المطر وجريان الماء ،لذلك فان اختراق الماء والتهوية واختراق الجذور يجب أن يكون عند أحسن مستوياتها .

يمكن تقييم بناء التربة بتعيين محتوى التربة من التجمعات وثباتيتها وطبيعة المسامات وهذه الخصائص تتغير بسبب فعاليات الحراثة ونظام النبات والتي بدورها تؤثر على علاقة التربة بالنبات .

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 عن ارتباط المفصولات لتكوين مجاميع. بصورة عامة هنالك ثلاث تكنيكات تستخدم لتحليل المجاميع هي :

1- النخل الرطب والجاف .

2- استعمال الهواء .

3- طريقة الترسيب .

/ Dry sieving

تستعمل لتقييم توزيع التجمعات أو الكتل Clods ويحبذ التجفيف هوائيا على النخل الرطب لان الظروف الرطبة تؤدي إلى تحطم التجمعات بسبب الفعل الميكانيكي .

إن النخل الجاف باستعمال مجموعة من المناخل الدوارة تعطي دليلا مهما للتربة فبما بتعلق بالتعرية الريحية ،أما النخل الرطب فهو طريقة جيدة لقياس Soil Aggregate واستنادا لهذه الطريقة فان التربة ترطب ببطيء بالخاصية الشعرية لمدة 30 دقيقة ثم تنقل إلى مجموعة من المناخل المغمورة بالماء ترتفع وتنخفض في الماء 30 مرة في الدقيقة ولمدة 30 دقيقة (ترتفع وتنخفض لمسافة1.25 انج) ،ويحسب وزن التربة على كل منخل .إن أخر منخل قطر فتحاته 0.25 ملم .

اقترحت طرق ميكانيكية عديدة لهذا الغرض منها (Yoder ,1936 ; Kemper , 1965) .

إن أهم مشكلة في النخل الرطب هي طريقة الترطيب للنماذج ،التجفيف هوائيا يقلل نسبة المجاميع الكبيرة .الترطيب السريع يسبب تحطم المجاميع الكبيرة . الغمر يسبب تحطم المجاميع مقارنة بالترطيب بالخاصية الشعرية .أما رش الماء على المجاميع فانه يعطي اقل تحطيم مقارنة بالطرق الثلاثة .إن الترطيب السريع يجعل تأثير الهواء المحصور كبيرا على تحطم التجمعات .لذلك فان الترطيب مع التفريغ يعد أحسن حل لهذه المشكلة .

.

Expression of data

هنالك طرق عديدة لتمثيل التجمعات في التربة .اقترح مصطلح State of aggregation لتحديد نسب التجمعات الأكبر من حجم معين سائد في وزن من التربة .ولكن في الترب الرملية لا تحتوي على عدة تجمعات مقارنة بتربة مزيجة

غرينية ,لانها تحتوي على نسب عالية للدقائق الخشنة بينما يتمل تواجد تجمعات من الطين والغرين في تربة خشنة .لذلك وللحصول على نسبة التجمعات للمفصولات الناعمة نقسم نسبة التجمعات الأكبر من حجم معين (0.05 – 0.1 ملم) في التربة على نسبة الأجزاء الأصغر من ذلك الحجم وهذا يعطي degree of aggregation للدقائق الناعمة .

ادخل Van Bavel (1949) تعبير معدل القطر الموزون Mean Weight Diameter (MWD) لتجمعات التربة كمؤشر أو دليل للتجمع :

$$MWD = \sum_{i=1}^{n} \bar{x}_i \; w_i$$

حيث إن :

W_i : نسبة الوزن لحجم معين من التجمعات .

X_i : قطر ذلك الجزء (الحجم) .

كما يمكن تحديد معدل القطر الموزون بيانيا من منحنيات التجميع التكراري حيث تمثل اعلى معدلات للمفصولات مقابل التكرار التجميعي .إن قيمة معدل القطر الموزون للترب العذراء والمزروعة بالذرة (دورة زراعية) والذرة مستمرة هي على التوالي 1.604 ، 0.432 ، 0.288 .

أما معدل القطر الهندسي Geometric mean diameter (GMD) اقترح من قبل Mazuraf ,1950 كمؤشر للتجمع حيث إن وزن التجمعات لحجم معين من مفصولات التربة مضروبا باللوغاريتم لمعدل قطر ذلك الجزء .إن مجموع النواتج للحجوم المختلفة للمفصولات مقسوما على الوزن الكلي للنموذج يعطي GMD :

$$\bar{Y} = \exp\langle \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i \log x_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i} \rangle$$

يؤثر الماء على تجمعات التربة بطريقتين:

أولا: إن فعل التادرت Hydration يسبب تفكك التجمعات خلال عمليات الانتفاخ أو التمدد أو الانفجارات بفعل الهواء المحصور .

ثانيا : يخرب الماء ويحطم التجمعات من خلال سقوط الأمطار .

تسبب القطرات الساقطة تشتيت لمجاميع التربة إن الدقائق المتشتتة تتحرك وتنتقل في مسامات التربة فتزيد من صلابتها وتقلل مساميتها .,أما الأمطار الشديدة فإنها تحطم التحبب والتجمعات في السطح (لانج أو أكثر) فتكون قشرة غير نفاذة Crust .

<u>طرق التقييم</u>

هنالك عدة طرق لتقييم ثباتية التجمعات هي :

1- الثباتية ضد الهدم خلال النخل الرطب.

2-الثباتية ضد تصادم قطرات مياه الامطار.

3-الثبانية ضد التمزق خلال الغسل بمجلول مخفف لكلوريد الصوديوم.

4- الثباتية ضد الغمر عند معاملة النموذج بمحلول كحولي او السوائل العضوية.

إن النخل الرطب يستعمل لتعيين التوزيع الحجمي لثباتية التجمعات .

استخدم Russell and Feng (1949) تكنيك بوضع التجمعات على مجموعة من المناخل التي تتحرك عموديا في الماء بشكل تذبذبي ولعدة دورات لزمن محدد ووجدوا أن العلاقة بين الثباتية وطول زمن التذبذب (الحركة) هي علاقة آسية وكالاتي :

$$\text{Log } w = a - b \text{ Log } T$$

حيث أن :

W: وزن التجمعات الثابتة في الماء .

T: زمن التذبذب (الحركة) .

a: قيمة Log w عند الزمن صفر (initial stability) .

b : ميل معادلة الانحدار.

دلالات قياس بناء التربة☹ معايير تقييم بناء التربة)

1- الكثافة الظاهرية .

2- معدل القطر الموزون .

3- توزيع المسامات .

4- التوصيل المائي .

5- غيض الماء في التربة.

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة 4 **ا.م.د بسام الدين الخطيب**

الصفات الديناميكية للتربة

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

قوام التربة Soil Consistency

هو مجموع الظواهر الفيزيائية الناتجة عن تفاوت قوى التماسك Cohesion والتلاصق Adhesion والتي تحدث للتربة عند مستويات رطوبية مختلفة ،وتشمل هذه الظواهر سلوكها نحو الجذب، الضغط ،الدفع والسحب كذلك ميل وقابلية التربة للالتصاق بالأجسام والمواد الغريبة .إن ظواهر قوام التربة تشمل مقاومتها للرص والانضغاط وجهد القص ونعومة وهشاشة التربة واللدانة والسيولة وهذه الخصائص تظهر نتيجة لقوى التلاصق والتماسك المختلفة ضمن كتلة التربة.

التماسك / يعني قابلية دقائق التربة على أن تتجاذب فيما بينها بسبب وجود الشحنات السالبة على دقائق الطين بما يرتبط بها من ايونات موجبة وتكون قوى التماسك أعلى ما يمكن في الترب الجافة وتقل كلما زادت الرطوبة.

التلاصق/ وهو قابلية التربة على الالتصاق بمختلف السطوح مثل التصاقها بأجزاء الآلات الميكانيكية مثل المحاريث فتزيد من المقاومة التي تتعرض لها هذه الآلات وتؤدي إلى تردي العمليات الزراعية وهذه الخاصية ترتبط كثيرا بالمحتوى الطيني للتربة.

إن صفة القوامية مهمة جدا للأغراض الزراعية والهندسية ومهمة في مجال توصيف الترب لأغراض تصنيف الترب وإدارتها،وهي مهمة في معرفة مدى المقاومة التي يصادفها المحراث عند مروره في جسم التربة ،لذا فان موعد الحراثة ومقدار القوة اللازمة له ترتبط بالقوامية .كما تعبر القوامية عن مدى مقاومة التربة للكسر والسحب والضغط.

تعتمد على العوامل الاتية:

1- نسجة التربة.

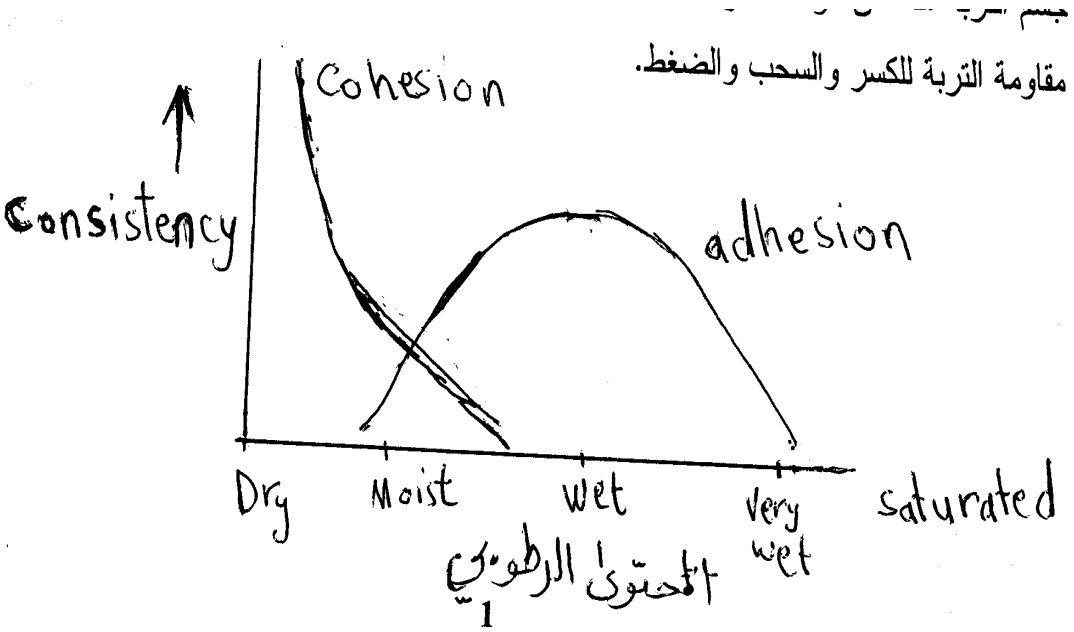
2- المادة العضوية.

3- كمية وطبيعة الطين .

4- بناء التربة .

5- المحتوى الرطوبي للتربة .

ان العوامل المذكورة اعلاه ثابتة تقريبا تحت ظروف بيئية متغيرة ما عدى رطوبة التربة حيث انها تتغير بسرعة كبيرة ،لذا فان دراسة قوامية التربة لها علاقة كبيرة جدا برطوبة التربة.



1

اشكال قوام التربة

اقترح عالم التربة السويدي Atterberg (1912) أربعة أشكال للقوامية هي :

1- القوام اللزج Sticky Consistency

يتميز بصفة اللزوجة والتلاصق مع مختلف الأجسام.

2- القوام اللدن Plastic Consistency

يحمل صفة الصلابة والقابلية على التشكل.

3- القوام الأملس Soft Consistency

يتصف بكونه هشا وناعما.

4- القوام الصلب Hard Consistency

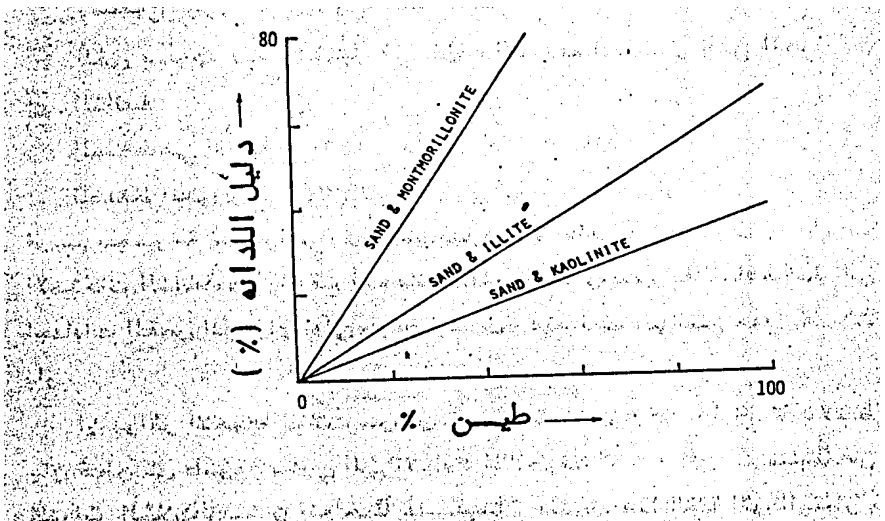
يتصف بكونه صلبا وقويا.

حدود قوامية التربة Soil Consistency Limits

هي النسب المئوية للرطوبة في حالات القوام المختلفة وقد وضعت هذه الحدود من قبل Atterberg (1912) وطورت من قبل Gassigrand وسميت بحدود اتربرغ Atterberg Limits.

ليست هنالك خطوات عمل ثابتة لهذه الفحوصات بدرجة كاملة فهي تستوجب مهارة عالية التي تاتي بفعل الخبرة .ولاتزال شيئا من الفن بدلا من العلم الصرف .تعتبر هذه الفحوصات غير ملائمة للترب الخشنة النسجة التي لاتبدي كثير من المطاطية ،وهي ملائمة للترب للترب الحاوية على محتوى ملائم من الطين .لذا فسوف ياتي زمن على حدود اتربرغ تستبدل بطرق عمل واضحة ومعقولة لوصف مواد التربة على اساس سلوك الاجهاد _ التوتر _ الزمن للتربة. ان استمرار هذا النظام وبقاءه لهذه الفترة في المجال الهندسي يعود الى الصعوبة الموروثة في تعريف صفات التربة بصورة مضبوطة والحاجة الى خصائص بسيطة .

اشتق معامل مهم من حدود المتانة (القوامية) وهو معامل اللدانة Plasticity index ويعرف بانه الفرق بين حدي السيولة واللدانة .يؤخذ عموما على انه دليل عن طينية Clayness للتربة .



شكل 13 - 33 . اعتماد معامل اللدانة على نوع وتركيز الطين في امزجة مختلفة من الرمل والطين .

العوامل المؤثرة في حدود اتربرغ

1- المحتوى الطيني : زيادته تزيد من لدانة التربة.

2- نوعية معادن الطين : معادن الطين ذات البناء ألصفائحي تسلك سلوك ترب لدنة عند طحنها بسبب مساميتها السطحية الكبيرة .

3- المادة العضوية : تزيد من لدانة التربة .

4- طبيعة الكتيونات المتبادلة : التشبع بالصوديوم يقلل من حد اللدانة .

دليل اللدانة : هو الفرق بين حدي اللدانة والسيولة .

حدود القوامية	Shrinkage Limit	Plastic Limit	Liquid Limit	
اشكال القوامية	Hard Consis-	Soft Consis-	Plastic Consis-	Sticky Consis-
حالة التربة	Hard	Moist	Wet	Saturated

التربة الجافة اتجاه الزيادة في المحتوى الرطوبي مزيج التربة مع الماء Suspension

يلاحظ عند المحتوى الرطوبي الواطئ تكون التربة صلبة ومتماسكة بسبب زيادة تأثير المواد اللاصقة بين الدقائق الجافة وتتكون الكتل الكبيرة عند الحراثة .أما عند زيادة المحتوى الرطوبي بسبب امدصاص جزيئات الماء على سطوح الدقائق يقل تماسك التربة وتكون هشة وذات قوام أملس يصلح لإجراء عمليات الحراثة دون تكون كتل كبيرة ولكن عند زياد المحتوى الرطوبي بدرجة كبيرة تصبح التربة ذات قوام لزج وذات قابلية كبيرة على التلاصق مما يؤدي إلى تكون الأوحال.

الدرس العملي / كيفية قياس حد السيولة وحد اللدانة (بواسطة آلة صممها Gassigrand إناء دائري توضع فيه عجينة التربة وتعرض لعدد من الطرقات)

حد السيولة / هي النسبة المئوية للرطوبة على اساس الوزن الجاف والذي تبدا عنده التربة بالجريان (السيولة) .وهذا يمثل الحد الأعلى للدانة والذي تتحول عنده التربة من حالة اللدانة إلى حالة السيولة.

حد اللدانة / هو النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف والتي يمكن عندها فتل التربة على شكل شريط بقطر 3.25 ملم حتى ينكسر الشريط بقطع تتراوح بين 6 – 10 ملم .

رص التربة Soil Compaction

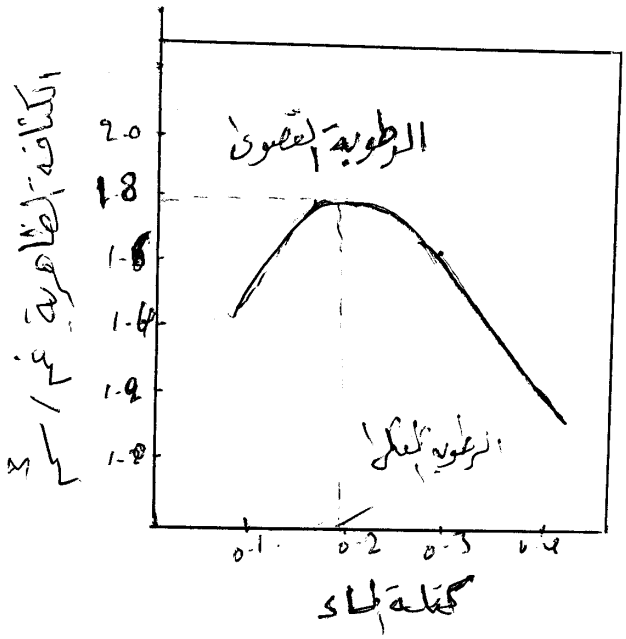
عندما تتعرض التربة لضغط فان ذلك يؤدي إلى انضغاطها وتزداد كثافتها الظاهرية .

الانضغاط / هو التغيير في حجم التربة تحت تأثير الجهد المضاف ،وبما إن حجم التربة يتكون من الحالة الصلبة والفراغات الموجودة بينهما فإن الانضغاط يقلل من نسبة الفراغات لكل ضغط أو ثقل مضاف.

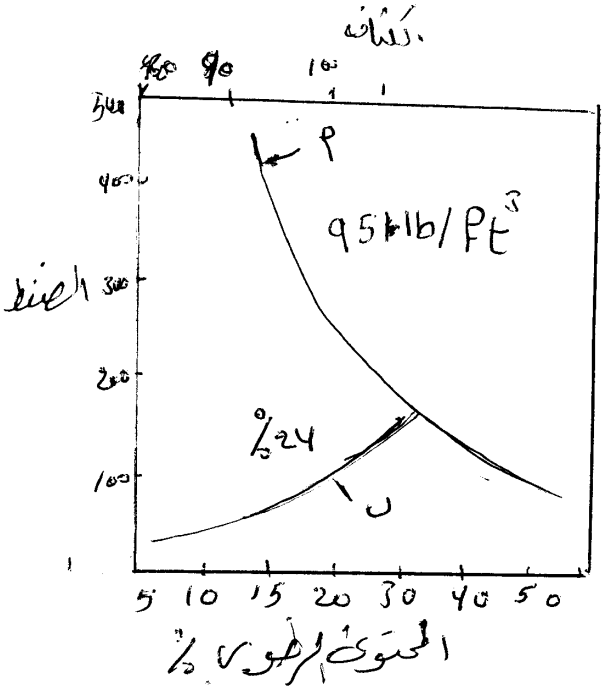
إن رص التربة يعود إلى زيادة الكثافة الظاهرية للتربة كنتيجة لفعل القوى الخارجية أو الثقل والضغط المسبب لذلك .حيث إن التربة قبل تسليط أي قوة عليها تمتلك كثافة معينة لذلك نجد إن رص التربة هو سلوك ديناميكي للتربة بفعل القوة الميكانيكية نتيجة لسير الآلات و المكائن الزراعية على التربة.

إن القوة اللازمة لرص التربة والتوصل إلى كثافة معينة تقل أسيا مع المحتوى الرطوبي للتربة (شكل 1 منحنى أ) وكثافة التربة عند محتوى رطوبي معين تزداد أسيا مع القوة المطبقة (شكل 1 منحنى ب) .إن هذين التأثيرين يعودان للانتظام الهندسي للدقائق .

تزداد كثافة التربة تحت تأثير جهد الرص الثابت مع زيادة المحتوى الرطوبي الى حد معين بعدها تقل مع زيادة المحتوى الرطوبي ،وتعرف القيمة العظمى بأقصى محتوى رطوبي لعملية الرص (شكل 2).



شكل (2)



شكل (1)

ويمكن تفسير هذا السلوك بان التربة الجافة تقاوم الرص بسبب قوة أو جمود هيكلها ودرجة الترابط العالية بين دقائق التربة أو مقاومة الاحتكاك لتغيير شكلها ،ومع زيادة رطوبة التربة يخف أو يضعف الغشاء المائي والروابط بين دقائق التربة ويسبب الانتفاخ ويقل الاحتكاك بتزييت دقائق التربة بحيث يجعل التربة أكثر قابلية على التشكل والرص.وعندما تصل رطوبة التربة إلى حد الإشباع يقل الحجم الجزئي للهواء المطرود بحيث لا ترص التربة بعد ذلك بنفس الدرجة السابقة بجهد رص معين ،وبعد ذلك فان أي زيادة في رطوبة التربة تقلل من قابلية التربة على الرص بدلا من زيادتها وأخيرا لا تزيد الكثافة الظاهرية عند الإشباع مع زيادة الحدل.

من الناحية الزراعية تعتبر التربة او طبقات التربة مرصوصة عندما تكون المسامية الكلية وخاصة المسامات المملؤة بالهواء قليلة جدا بحيث تعرقل التهوية وكذلك عندما تكون التربة مضغوطة Tight جدا ومساميتها صغيرة جدا بحيث تمنع أو تحد من اختراق الجذور والبزل .ومظهر أخر لرص التربة هو الصعوبة في إدارة الأرض وخاصة ما يتعلق بفلاحة التربة .قد تصبح التربة أو طبقات التربة مرصوصة طبيعيا نتيجة مكونات نسجتها أو رطوبتها أو الطريقة التي تكونت فيها التربة موضعيا ،قد تتكون القشرة السطحية في الترب غير المغطاة تحت تأثير ضربات وتشتيت قطرات المطر والتجفيف الذي تتعرض لها الطبقة المرصوصة ،وقد تتكون الطبقات التحت سطحية المرصوصة من ترسبات حبيبات التربة المنتظمة بكثافة عالية والذي قد يكون مترابط جزئيا .

الطبقات الصلبة القوية Hard pans قد تكون ذات نسجات مختلفة وقد يتصف في الحالات المتفرقة بصفات الصخر ويسمى Fragi pans وقد تصبح كليا غير قابلة للاختراق من قبل الجذور والماء والهواء .عامل طبيعي أخر يساهم في رص التربة هو ميل الترب الطينية إلى الانكماش عند الجفاف وخاصة إذا أوحلت Puddled في الحالة الرطبة.

يمكن أن يحصل رص التربة تحت تأثير المعدات المستعملة من قبل الإنسان ،أو نتيجة حركة الماشية والسبب الأكثر شيوعا لرص التربة في الزراعة الحديثة هو تأثير المكننة الذي يؤثر على التربة عن طريق العجلات أو اثر المعدات المستعملة في إعداد الأرض للزراعة.

تقشر التربة Soil Crusting

تعرف القشرة السطحية أو التصلب السطحي بأنها الطبقة المتكونة على سطح التربة نتيجة لفعل قوى خارجية ويتراوح سمكها بين عدة مليمترات إلى عدة سنتمترات وتمتاز بكثافة ظاهرية عالية مقارنة بالطبقات التي تليها.وتتكون تحت تأثير الفعل الميكانيكي لقطرات المطر أو عملية الري والتي بدورها تحطم تجمعات التربة السطحية نتيجة لتعاقب عمليتي الترطيب والتجفيف.

إن سقوط قطرات المطر واصطدامها بسطح التربة الجافة الخالية من الغطاء النباتي يؤدي إلى تحطيم تجمعات التربة ويعقب هذه العملية تفرق الدقائق الناعمة مما يؤدي إلى غلق المسامات عند انتقالها خلال التربة وتتكون طبقة مضغوطة عند السطح ذات كثافة عالية هذه الطبقة تعمل على سد المسامات السطحية الكبيرة وخفض غيض الماء في التربة وتبادل الغازات بين التربة والجو هذه الطبقة تسمى السداد السطحي Surface Seal عند التجفيف تصبح صلبة تقاوم بزوغ البادرات.

إن تأثير تقشر التربة على البادرات يعتمد على : سمك القشرة وقوتها بالإضافة إلى حجم ونشاط البادرات.

جرت محاولات عديدة لوصف تقشر التربة نذكر منها ثلاث طرق يمكن إتباعها لتقدير قوة القشرة المتصلبة هي:

1- استعمال مقياس الاختراق (المخراق) Pentrometer

يستعمل لوصف القوة اللازمة لاختراق مدس معدني لهذه القشرة.

2- طريقة فحص بزوغ البادرات.

3- فحص معامل الكسر Modulus Of Rupture

طريقة مختبرية تعطي دليلا عن مدى قوة القشرة المتصلبة.

$$\beta = 3\ F\ \Delta S\ /\ 2\ \Delta X\ (\Delta Z)^2$$

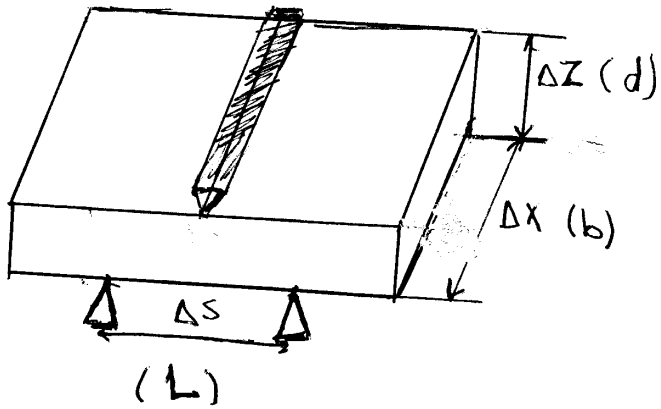
$$S = 3\ F\ L\ /\ 2b\ d^2$$

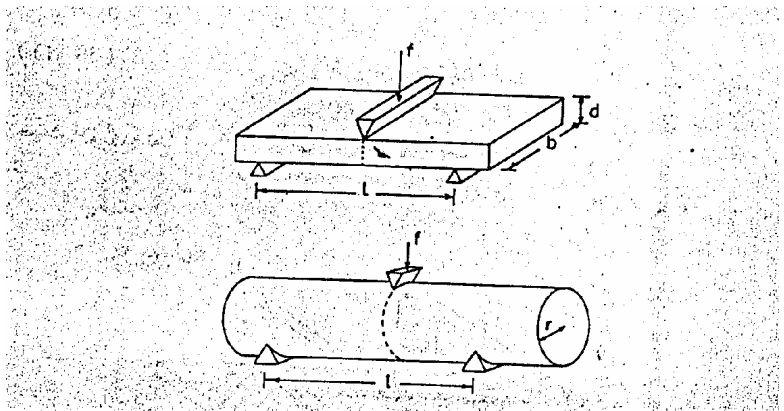
طريقة مختبرية تعطي دليلا عن مدى قوة القشرة المتصلبة.

(Richard 1953) جهاز بسيط طريقة هاسر قوة الملول

$$\beta = 3\,F\,\Delta S / 2\,\Delta X\,(\Delta Z)^2$$

$$S = 3\,F\,L / 2b\,d^2$$





شكل 13 – 25 . قياس معامل التكسر لنموذج تربة مستطيلي واسطواني .

ان كان النموذج اسطواني ، فالمعادلة هي :

$$\sigma_b = fl/r^3 \qquad (13 - 37)$$

العوامل المؤثرة على معامل الكسر (التمزق)

1- رطوبة التربة / يزداد بنقصان المحتوى الرطوبي (علاقة عكسية).

2- الكثافة الظاهرية / يقل بانخفاض الكثافة الظاهرية (علاقة طردية) .

3- المادة العضوية / انخفاضها يزيد من قوة القشرة (عكسية) .

4- المحتوى الطيني / يزداد بزيادة المحتوى الطيني (طردية) ويزداد تأثيره بعدم وجود المادة العضوية .

إن صلابة القشرة تزداد مع انخفاض معدل الجفاف (جفاف بطيء) وزيادة درجة تشتت الغرويات .عندما يبدأ الماء بالتبخر فان سطح التربة يصبح مشحونا بتركيز عالي من الأملاح الصودية وبالتالي بنسبة عالية

من الصوديوم المتبادل ،ومع غيض ماء الري أو المطر الذي يلي ذلك تغسل الأملاح ولكن يبقى الصوديوم المتبادل بنسبة عالية .وعليه فان القيمة المترابطة لارتفاع النسبة المئوية للصوديوم المتبادل وانخفاض تركيز الأملاح يسبب تشتت الغرويات التي تساهم في تكوين قشرة كثيفة .

مثال / وجد أن القوة اللازمة لكسر قالب تربة ذو عرض 6 سم وسمك 0.6 سم والمسافة بين نقاط الارتكاز هي 8 سم كانت 3×10^4 داين ،احسب معامل الكسر بوحدة الداين/ سم^2 وبوحدة البار .

$$S = 3 F L / 2bd^2$$

$$= 3 \times 3 \times 10^4 \times 8 / 2 \times 6 \times (0.6)^2$$
$$= 1 \times 10^5 \text{ dyne Puddle / cm}^2 = 0.1 \text{ bar}$$

واجب بيتي / اوجد القوة اللازمة لكسر قالب تربة ذو عرض 4 سم وسمك 0.8 سم ومسافة بين نقاط الارتكاز هي 6 سم ، اذا علمت ان معامل الكسر هو 2×10^4 داين / سم^2 .

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة 5 **ا.م.د بسام الدين الخطيب**

ماء التربة Soil water

((وجعلنا من الماء كل شيء حي)) صدق الله العظيم

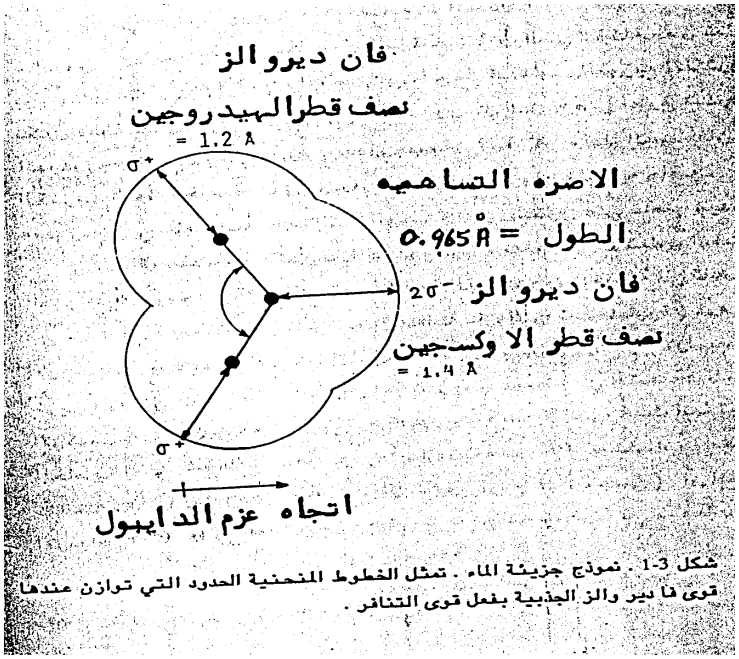
خواص الماء المتعلقة بالأوساط المسامية Properties of water in relation to porous media

وجود الماء

يعد الماء مكون أساسي للكائنات الحية وضروري جدا للحياة وكذلك للترب الخصبة فهو يؤثر بدرجة كبيرة في الكثير من التفاعلات الكيميائية والفيزيائية للتربة بالإضافة إلى أهميته في نمو الكائنات الحية ومنها النباتات لذلك فان معرفة سلوك الماء تعد حالة أساسية لفهم الظاهر الكيميائية والفيزيائية للتربة . الماء موجود في أي مكان وأي وقت وهو لازم لإكمال دورة حياة أي كائن حي .

البناء الجزيئي للماء

يحتوي سنتمتر مكعب واحد من سائل الماء على حوالي 3.4×10^{22} (34.000 بليون)جزئي وان قطر كل منها حوالي 3 انكستروم (انكستروم = A^0 = 3×10^{-8} سم) .ان الصيغة الكيميائية للماء هي H_2O وهذا يشير الى ان الجزيء الواحد يحتوي على ذرتين هيدروجين وذرة اوكسجين .الارتباط H – O – H ليس خطيا ولكنه منحنيا وبزاوية مقدارها 104.5 درجة والتي تمثل انحرافا قليلا من تنظيم رباعي الوجوه Tetrahedral هنالك تفسيرا واحدا لهذا الانحراف وهو ان الالكترونات غير المزدوجة للأوكسجين تحاول ان تتنافر مع الالكترونات المزدوجة ان معدل المسافة بيت جزيئات O – H هو $0.965\ A^0$.



شكل 3-1 . نموذج جزيئة الماء . تمثل الخطوط المنحنية الحدود التي توازن عندها قوى فا ديروالز الجذبية بفعل قوى التنافر .

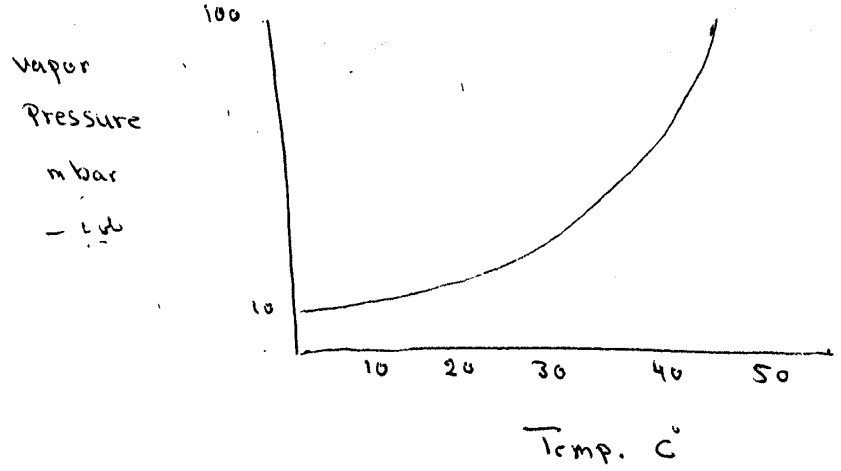
القدرة الحرارية Heat capacity

هي مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة مئوية واحدة .ويلاحظ ان الحرارة النوعية لاي مادة ما هي الا Heat capacity عند مقارنتها بالماء عند نفس درجة الحرارة ،وعلى ذلك فان القدرة الحرارية للمواد الأخرى اقل من القدرة الحرارية للماء .وقد وجد ان الحرارة النوعية للثلج هي 0.493 سعرة حرارية/غم والسبب في ذلك يرجع الى الأواصر الهيدروجينية للثلج تبقى كاملة بينما في حالة الماء فان كثيرا من هذه الروابط تتكسر بارتفاع درجة الحرارة .ان الحرارة النوعية للهواء هي 0.171 سعرة/غم وقد وجد ان الحرارة النوعية للمعادن الداخلة في تركيب دقائق التربة تساوي 0.2 سعرة/غم او حوالي 0.5 سعرة/سم^3 وعلى هذا الأساس ان الحرارة النوعية ل 1 سم^3 من التربة على أساس إن مساميتها 50 % يساوي 0.25 سعرة (عند الجفاف) ولقد وجد انها تصل الى .75 سعرة عندما تكون التربة مشبعة بالماء .

وبصورة عامة تكون الحرارة النوعية للمحاليل المائية منخفضة عن الحرارة النوعية للماء النقي ويرجع هذا الى ان الكثير من الروابط الهيدروجينية تتكسر بواسطة الاملاح الذائبة وبذلك تنخفض الطاقة اللازمة لتكسير هذه الروابط .

الضغط البخاري للماء Vapor pressure

يعرف بأنه الضغط المبذول بواسطة البخار الخاص بالسائل وذلك في حالة وجود توازن بين هذا البخار وبين السائل .ويمكن ان يطلق عليه القدرة أو الميل على التبخر .ويلاحظ ان الضغط البخاري يزيد بزيادة درجة الحرارة.



ويمكن قياس الضغط البخاري بطريقة مبسطة وذلك بإحضار كمية صغيرة من المادة ووضعها في أنبوبة بارومترية مغلقة وملاحظة الانخفاض في ارتفاع الباروميتر.

اللزوجة Viscosity

تعرف اللزوجة بانها احتكاك الغاز او السائل الداخلي (في أنابيب داخلية) وهذا الاحتكاك ناجم عن مقاومة هذا السائل او الغاز لعمليات الجريان Flow يمكن التعبير عنها بصورة مبسطة .لقد لوحظ ان لزوجة الماء عند درجة

20 م^0 تساوي 1 سنتي بواز (Centipoises) حيث ان اللزوجة تقاس وحدات Poise وهي عبارة عن داين.ثانية/سم^2 وان poise = 100 centipoises .

ان لزوجة الماء تكون عالية جدا اذا قورنت بالسوائل الأخرى ذات الوزن الجزيئي الصغير ويرجع السبب في ذلك ايضا الى الروابط الهيدروجينية .وعلى سبيل المثال فان لزوجة الثلج هي poise 12×10^{13} ومن ذلك تظهر أهمية اللزوجة للماء كعامل هام جدا في عمليات الرشح ..ففي المناطق الباردة حيث يزيد تزداد لزوجة الماء ويقل الرشح وقد يعزى السبب للدرجات العالية للشح في المناطق الاستوائية الى ان الماء الدافئ تقل لزوجته.وبالقرب من سطوح الطين تكون لزوجة الماء كبيرة لدرجة ان حركة هذا الماء تبطئ للأسفل وقد تتوقف الحركة كليا .هذه الظاهرة مهمة جدا في عمليات الترسيب وبالتالي إجراء التحليلات الميكانيكية التي تجري للتربة ،

الشد السطحي Surface tension

يطلق على ظاهرة سحب او شد السوائل بحيث تأخذ أشكالا معينة ذات اغشية مرنة لها القدرة على الحركة بظاهرة الشد السطحي .والشد السطحي هو قوة جذب إلى الاعلى عند سطح السائل ويميل الى عمل مساحة سطحية صغيرة.ولنتخيل فقاعة الصابون

يتأثر الشد السطحي بدرجة كبيرة بواسطة التغير في درجة الحرارة ولكن هذا التغير يكون محدودا في درجات الحرارة المحدودة في التربة .

في حالة تغير وارتفاع درجة الحرارة بصورة عامة فان يصاحب ذلك زيادة الضغط الداخلي وهذا يتبعه زيادة الانحناء الموجود بالسطح وهكذا حتى نصل الى درجة يمكن عندها ان يكون الضغط الداخلي كبير جدا مما يصاحبه خروج الفقاعة على شكل بخار .ويحدث ذلك كلما قل قطر الانابيب الشعرية ،أي يحدث فقط في الأنابيب الشعرية الضيقة ولا يمكن ان يحدث مطلقا في الأنابيب العريضة .

الخاصية الشعرية Capillary

هي احد الظواهر الهامة للشد السطحي ،وهي عبارة عن تجاذب جزيئات السائل وخصوصا الماء خلال المسامات الشعرية الضيقة مفتوحة وتتناسب هذه الخاصية مع قطر الأنابيب الشعرية .إن كلمة الشعرة hair معناها في اللاتيني Capilla .

ترتبط الخاصية الشعرية بظاهرتي التماسك Cohesion والتلاصق Adhesion مما يسبب صعود الماء في الأنابيب الشعرية .ويمكن تقدير الارتفاع الشعري الذي يصل اليه السائل في الأنابيب الشعرية من معرفة الشد السطحي وقطر الأنبوب الشعري .إن الماء لا ينجذب إلى الأعلى بالخاصية الشعرية ولكنه يندفع بواسطة الاختلاف في الضغط حيث إن هناك دائما اختلاف في الضغط على منحنى أوجه الاتصال بين الهواء والماء ؟ويلاحظ بصورة عامة إن هناك ضغط يوجد أسفل الشكل الهلالي المقعر Concave meniscus فان هذا الضغط يكون مقداره اقل من الضغط الموجود أسفل السطح المستوي لنفس السائل عند نفس الارتفاع ،في هذه الحالة يتولد فرق في الضغط وهذا الفرق هو الذي من اجله يرتفع الماء بالخاصية الشعرية .

تحصل هذه الظاهرة في الأوساط التي فيها الجدران الشعرية لها قوة جذب كبيرة إذا قيست بقوى الجذب الموجودة بين جزيئات السائل وهذا هو السبب في صعود الماء في معظم الترب ذات المسامات الضيقة أو صعود الماء داخل الأنابيب الزجاجية .إما في حالة الشكل الهلالي المحدب Convex meniscus فالوضع يكون معكوسا ويكون الماء كما هو الحال في الأنابيب الشعرية الشمعية حيث يوجد ما يسمى Wax capillary وفي هذه الحالة فان الماء لا ينجذب بواسطة الشمع وكنتيجة لذلك فان الاختلافات في الضغط عند اتصال الهواء و الماء سوف يؤدي إلى سحب الماء إلى الأسفل .

يمكن اشتقاق قانون احتساب الارتفاع الشعري كالأتي :

عند الاتزان فان :

القوة التي تميل إلى تحريك السائل إلى الأسفل = القوة التي تحركه إلى الأعلى

$$h\ \rho_w\ g\ \pi\ r^2 = \sigma\ 2\ \pi\ r\ \text{Cos}\ \alpha$$

$$L\ ML^{-3}\ LT^{-2}\ L^2 = MT^{-2}\ L$$

$$M\ LT^{-2} = M\ LT^{-2}$$

القوى التي تعمل إلى الأسفل هي :

h : يمثل الارتفاع الخاص بالسائل فوق سطح الماء الحر (وحدة طول سم ،L)

ρ_w : كثافة السائل (غم/سم^3 ، ML^{-3})

g : الجاذبية (سم/ثانية^2 ، LT^{-2})

$\pi\ r^2$: مساحة المقطع العرضي للانبوبة الشعرية (سم^2 ، L^2)

القوى التي تعمل إلى الأعلى هي :

σ : الشد السطحي للسائل (MT^{-2})

$2\ \pi\ r$: طول الاتصال بين السائل والأنبوبة الشعرية (L) .

على اعتبار ان قوة الشد تساوي في الاتجاه المعاكس قوة الجاذبية الأرضية .

$$h = \frac{2\sigma\cos\alpha}{\rho_w g r} \qquad \text{Cos}\ \alpha = \text{Cos}\ 0 = 1$$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho_w g \frac{1}{2} d} \qquad r = \frac{1}{2} d$$

فاذا طبقنا المعادلة على الماء باعتبار ان :

$\sigma = 72.75$ dyne / cm

$\rho_w = 0.998$ gm / cm^3

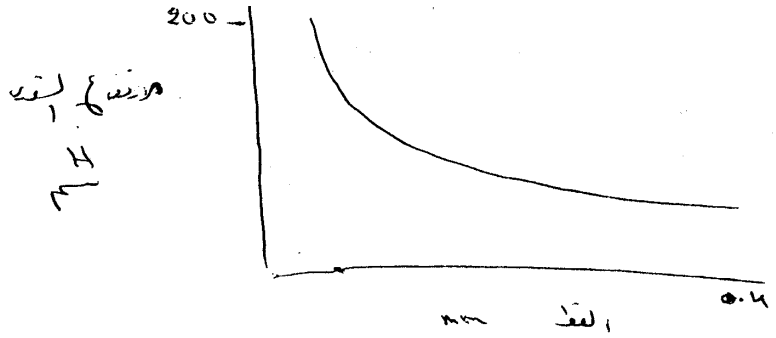
g = 981 erq /gm .cm

$$h = \frac{4x72.75}{0.998x981xd}$$

$$h = \frac{0.297}{d} \approx \frac{0.3}{d} \quad \text{or} \quad d = \frac{0.3}{h}$$

إذا يمكن استنتاج الارتفاع الشعري بدلالة قطر الأنبوب .

يتضح أن العلاقة بين قطر المسام والمسافة التي يصعد فيها الماء في الأنبوب الشعري هي علاقة عكسية وكالاتي :



ماء التربة المحتوى والجهد

كمية الماء الممسوك وحالة طاقته عاملان مهمان يؤثران على نمو النبات

-العديد من خواص التربة تعتمد بدرجة كبيرة على المحتوى المائي

-يؤثر المحتوى الرطوبي على تنفس الجذور ونشاط الاحياء الدقيقة والحالة الكيميائية للتربة

-جهد ماء التربة : طاقة الماء الحر لوحدة كتلة

-مكونات جهد ماء التربة جهد الضغط او الجهد الماتركي (القوه التي يمسك بها الماء بهيكل التربة)

-ترتبط رطوبة التربة مع الجهد الهيكلي مع بعضها بشكل دالة تمثل بيانيا بمنحنى خاصية رطوبة التربة

-هذه العلاقة غير ثابتة , حساسة لتغيرات الحجم وبناء التربة وتتغير مع الموقع والزمن

-يعبر عن رطوبة التربة بدلالة كتلة (كتلة الماء الى كتلة الجزء الصلب) او بدلالة حجم (حجم الماء الى

الحجم الكلي) ام بدلالة عمق (حجم الماء في عمق معين)

-حجم الماء يساوي كتلة الماء في الوزن النوعي الظاهري (مقلوب الكثافة الظهارية)

طرق قياس رطوبة التربة

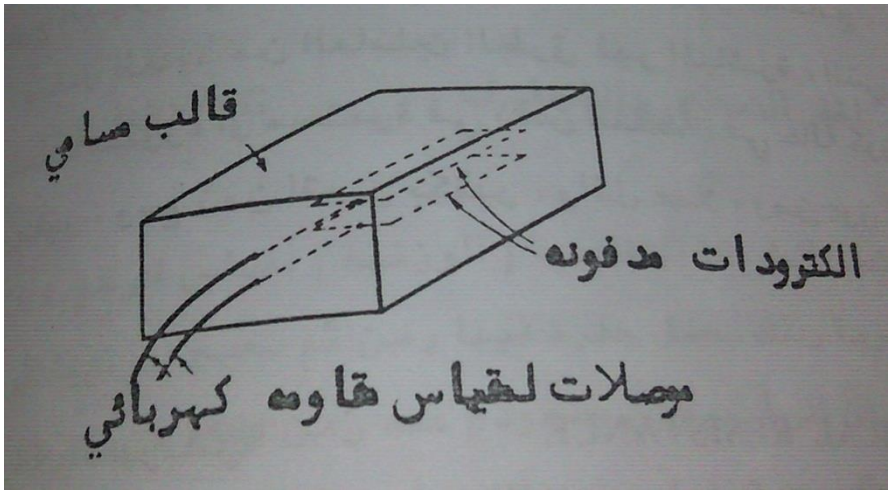
1- الطريقة الوزنية (طريقة مباشرة , غير موضعية , غير مستمرة)

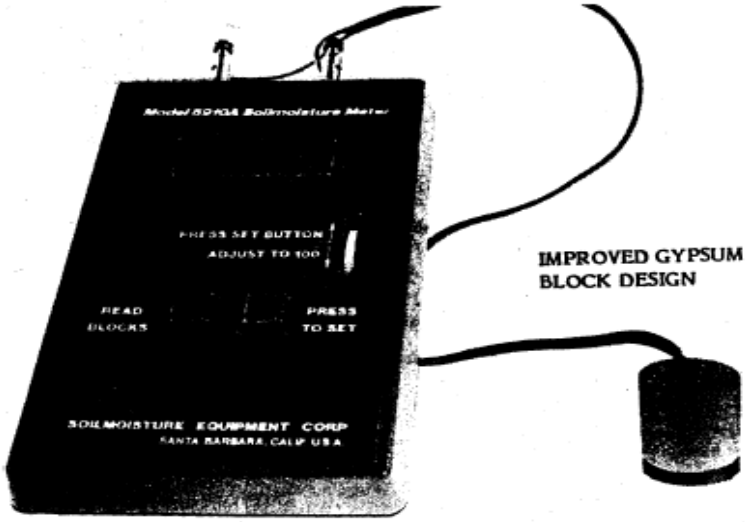
- المحتوى الرطوبي الكتلي = الوزن المفقود بالتجفيف \ وزن النموذج الجاف
- تعتمد هذه الطريقة على ظروف اخذ النماذج ونقلها واعادة وزنها لذا فإنها ترافق بأخطاء عملية لا يمكن تجنبها
- طريقة مختبرية مطولة
- في بعض الاحيان فان كمية من الماء يبقى ممدص على دقائق الطين حتى بعد درجة 105 مئوية
- تأكسد المادة العضوية وتتحلل في درجة حرارة 105 مئوية وتحسب مع الوزن المفقود على اساس ماء متبخر

-تعمل هذه الطريقة على استثارة المنطقة المأخوذ منها وربما تشوه الملاحظات وتغير النتائج

2- طريقة المقاومة الكهربائية (طريقة غير مباشرة , موضعية , مستمرة)

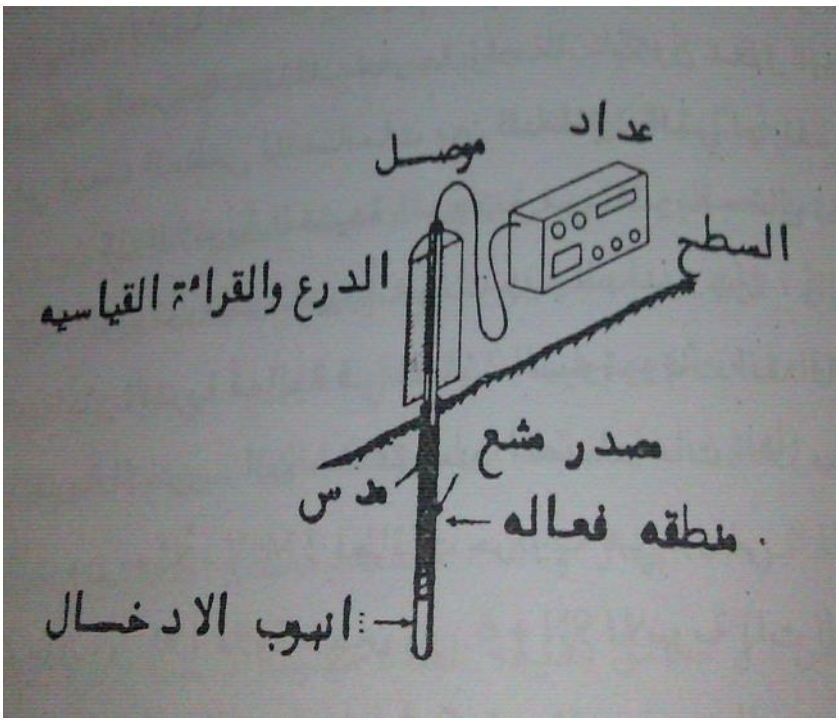
- يتكون قالب المقاومة الكهربائية من قالب جبسي مدفون بداخله زوج من الاقطاب موصول الى مقياس للتيار بواسطة اسلاك
- تعمل القوالب المسامية على التعادل مع شد رطوبة التربة (الشد الهيكل)
- من مشاكل هذه الطريقة (ضرورة تعيير الالواح المسامية مع ترب مختلفة , ضرورة ان يكون اللوح في تماس مباشر مع التربة , حساسية الالواح في المدى الجاف بسبب الطبيعة المسامية للوح , ذوبان اللوح الجبسي)
- يعتمد التوصيل الكهربائي على حجم المائع النافذ وعلى كمية الاملاح (التركيز الايوني)





3- طريقة المدس النيوتروني (طريقة غير مباشرة , موضعية , مستمرة)

- تحتاج الى عمل مختبري اقل, سريعة , لا تقوم بتكسير التربة
- يمكن القيام بإجراء قياسات معادة بصورة دورية (في نفس المواقع والاعماق)
- لا تعتمد على درجة الحرارة والضغط
- محدداتها (الكلفة الاولية العالية للجهاز , الدرجة الواطئة للثبات المكاني , صعوبة قياس الرطوبة في الطبقة السطحية من التربة , الخطورة الصحية المرافقة للتعرض للنيوترونات واشعة كاما)
- مكونات الجهاز (مدس او مصدر النيوترونات السريعة خليط من البيرليوم والراديوم , كشاف او مقياس النيوترونات البطيئة , مصدر للطاقة)
- يعمل الهيدروجين على امتصاص طاقة النيوترونات السريعة ويخفض من سرعتها
- كثافة النيوترونات البطيئة حول المدس تتناسب تقريبا مع تركيز الهيدروجين في التربة

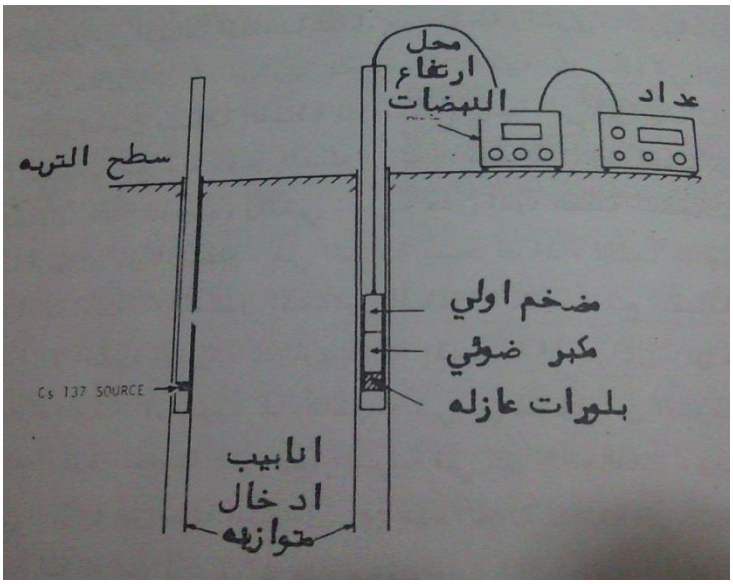


4- طريقة امتصاص اشعة كاما

- يتكون جهاز اشعة كاما من وحدتين منفصلتين مكانيا (المدس ومصدر اشعة كاما والكشاف)
- في الغالب طريقة مختبرية
- الاجهزة المستخدمة كبيرة وثقيلة

- لها مخاطر صحية

5- طرق متعددة اخرى منها استخدام جهاز قياس زمن انعكاس الموجات الكهرومغناطيسية في التربة (TDR)



حالة الطاقة لماء التربة

- يحتوي الماء على اشكال مختلفة من الطاقة (الحركية والكامنة)
- طاقة الماء الكامنة تشكل اهمية رئيسية في تعين حالة وحركة الماء بالتربة
- تتغير الطاقة الكامنة لماء التربة على مدى واسع جدا
- الاختلاف في الطاقة الكامنة بين نقطة واخرى بالتربة يمثل محاولة الماء للجريان خلال التربة
- يتحرك الماء من منطقة الطاقة الكامنة العالية الى الواطئة حتى الوصول الى حالة التعادل
- معدل انخفاض الطاقة الكامنة مع المسافة هو القوة المحركة المسببة للجريان

- معرفة النسبة للطاقة الكامنة لماء التربة يسمح لنا بتقسيم القوة العاملة على ماء التربة في كل الاتجاهات وتعيين كم يبعد الماء في التربة عن حالة التعادل
- لذا فليس من المهم تحديد الطاقة الكامنة للماء فقط بل ايضا تحديد النسبة لتلك الطاقة في مناطق مختلفة داخل الترب

- جهد ماء التربة مصطلح يعبر عن خاصية او مقياس لتلك الطاقة (الطاقة الكامنة النوعية لماء التربة نسبة الى تلك للماء في الحالة القياسية)
- الحالة القياسية (عبارة عن خزان مفترض من الماء النقي تحت الضغط الجوي الاعتيادي في نفس حرارة التربة وعند مستوى معين ثابت)
- تحت ضغط الماء الساكن الاكبر من الضغط الجوي فان جهد ماء التربة بكون اكبر من جهد الماء في الخزان (جهد موجب) لذا فان الماء يميل تلقائيا بالحركة الى الخزان
- في حالة التربة الغير مشبعة فان الماء يمسك بقوى الخاصية الشعرية والامدصاص وسوف لا يكون الماء حرا للجريان الى الخزان (جهد سالب)
- في الظروف الطبيعية للحقل فان التربة تكون غير مشبعة (قيمة جهد سالب
- الجهد الكلي لماء التربة: كمية الشغل الذي يجب ان ينجز على الماء النقي لغرض نقل كمية متناهية من الصغر منه بصورة معكوسة ومتساوية حراريا من خزان الماء الحر في موقع معين عند الضغط الجوي الاعتيادي الى ماء التربة في نقطة معلومة

- يتعرض ماء التربة الى العديد من القوى تجعل جهده يختلف عن جهد الماء النقي الحر , منها قوى جذب هيكل التربة وكذلك الاملاح الذائبة فيه وفعل ضغط الغاز الخارجي وقوى الجذب الارضي
- الجهد الكلي لماء التربة يساوي مجموع تلك القوى

$$\Phi t = \Phi g + \Phi p + \Phi o$$

- تأثير هذه القوى ليس بالضرورة ان يكون متساوي او انها تعمل بنفس الطريقة والوقت

جهد الجذب الارضي

- أي جسم على سطح الارض يجذب باتجاه مركز الارض بقوه جذب ارضي تساوي وزن الجسم , ذلك الوزن يساوي حاصل ضرب الكتلة في التعجيل الارضي
- لرفع الجسم ضد هذا الجذب يجب ان يصرف شغل

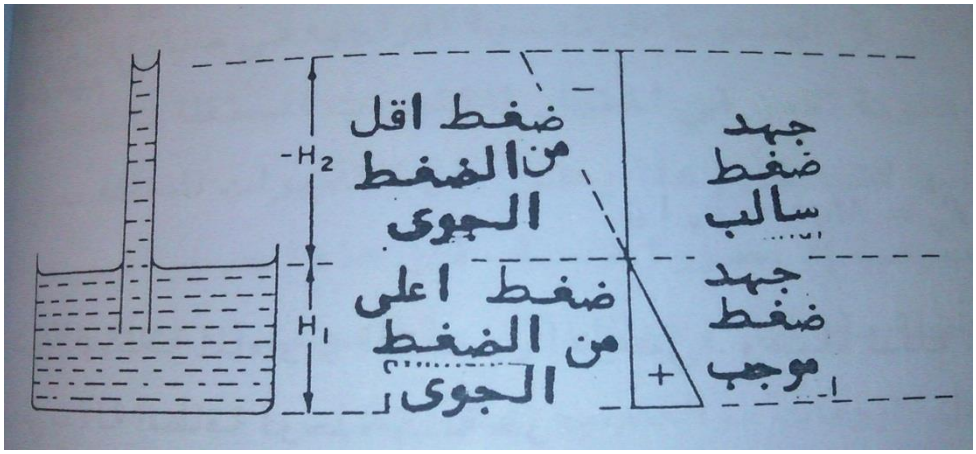
- الشغل اللازم لرفع الجسم يخزن في الجسم المرفوع على شكل طاقة جذب ارضي كامنة
- تعتمد كمية الطاقة المخزونة في الجسم على موقعه من مجال قوة الجذب الارضي
- يعين جهد الجذب الارضي لماء التربة في أي نقطة بارتفاع النقطة فيه الى مستوى مصدر اعتباطي
- اذا كانت النقطة اعلى من نقطة المصدر فان قيمة جهد الجذب تكون موجبة وبالعكس
- الطاقة الكامنة الارضية تساوي الكتلة في التعجيل (فوق مستوى المصدر)

$$Eg = Mgz = \rho w.V.gz$$

- لا يعتمد جهد الجذب الارضي على الظروف الكيميائية وظروف الضغط لماء التربة بل يعتمد فقط على الموقع النسبي

جهد الضغط

- عندما يكون ماء التربة عند ضغط ماء ساكن اكبر من الضغط الجوي يعتبر جهد ضغطه موجب وعندما يكون اقل من الضغط الجوي (شد) يعتبر جهد ضغطه سالب
- الماء تحت سطح الماء الحر يكون عند جهد ضغط موجب , وعند السطح يكون ذا قيمة تساوي صفر
- الماء الذي يرفع في انبوب شعري فوق ذلك السطح جهد ضغطه سالب
- يدعى جهد الضغط الموجب بجهد الغمر اما السالب فيدعى بالجهد الشعري (الماتركي)
- ينتج الجهد الماتركي او جهد الضغط من قوى الخاصية الشعرية والامدصاص من قبل جزء التربة الصلب
- تمسك دقائق الطين الماء وتحفظ طاقته الكامنة اقل من تلك للماء الحر



الجهد التنافذي

تأثر الاملاح في حركة ماء التربة وتخفض من طاقته الكامنة، يظهر تأثير الضغط التنافذي عند وجود غشاء او حاجز انتشار والذي يعمل على نقل الماء بدرجة اكبر من الاملاح . يكون تأثير الضغط التنافذي مهما في التفاعل بين جذور النبات والتربة

التعبير الكمي لجهد ماء التربة

يمكن ان يعبر عن جهد ماء التربة بوحدات :

1- الطاقة الى الكتلة (ارك\ غرام او جول \ كيلوغرام) :

$E = m g h / h = g h$

سم/ثا^2 .سم = سم^2/ثا^2

2- الطاقة الى الحجم / داين / سم^2

$E = m g h = p v g h / v$

$= p g h$

$(gm/cm^3)(cm/sec^2)cm=gm/cm.sec$

3- طاقة لوحدة وزن (العمود المائي) / سم

$E = m g h$

$= m g h / m g = h$ cm

بدلالة ضغط الماء المكافئ نسبة الى الضغط الجوي

- يكافئ ضغط جوي ارتفاع عمود ماء قائم يساوي 1033 سم او ضغط زئبق يساوي 76 سم
- التعبير بدلالة الضغط المكافئ ابسط ويكون في الغالب مناسب بدرجة اكثر من الطرق الاخرى
- لذا يتم وصف حالة اعمدة الماء بالتربة بدلالة عمود الجهد الكلي (عمود جهد الجذب الارضي وعمود جهد الضغط) ويعبر عنه بالسنتمتر

$$H = Hg + Hp$$

- عمود الجهد الكلي لماء التربة H يساوي مجموع اعمدة جهد الجذب الارضي وجهد الضغط يمكن لجهد الضغط السالب لماء التربة نسبة الى الضغط الجوي ان يصل الى 100000 سم ماء لتجنب استخدام مثل هذه الارقام الكبيرة اقترح استخدام PF وهو لوغاريتم الضغط السالب مقاس بالسنتمتر

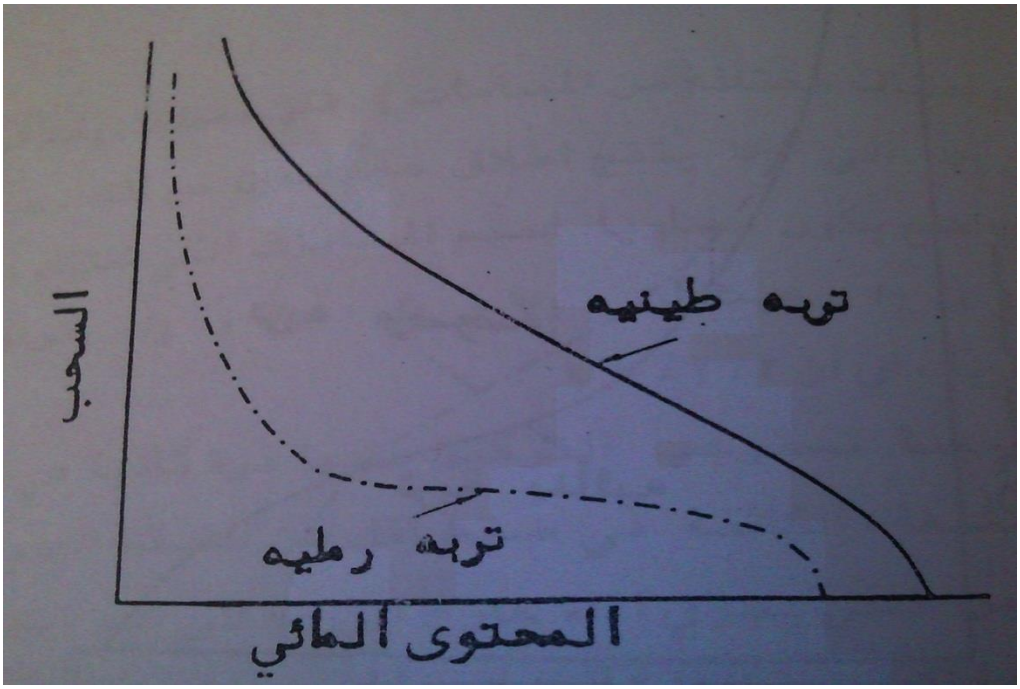
PF = يعني ارتفاع شد مقداره 10 سم ماء

منحنى خاصية رطوبة التربة

في تربة مشبعة متعادلة مع الماء الحر في نفس المستوى فان الضغط الفعلي هو الضغط الجوي لذا فان ضغط الماء الساكن والسحب يكون صفر. عند تسليط سحب الى حد يتجاوز سحب دخول الهواء فان المسامات الاكبر حجم تتفرغ من الماء. قيمة سحب دخول الهواء تختلف لاختلاف النسجة ففي حين تكون صغيرة في النسجة الخشنة فإنها في الترب الطينية تبدو اكثر وضوحا. مع زيادة السحب يبزل ماء اكثر من التربة وتتفرغ المسامات الكبيرة فالأصغر . زيادة السحب يصاحبه انخفاض سمك الاغشية المائية حول دقائق التربة. كمية الماء المتبقي عند التعادل مؤشر على قيم السحب الهيكلي لدقائق التربة.

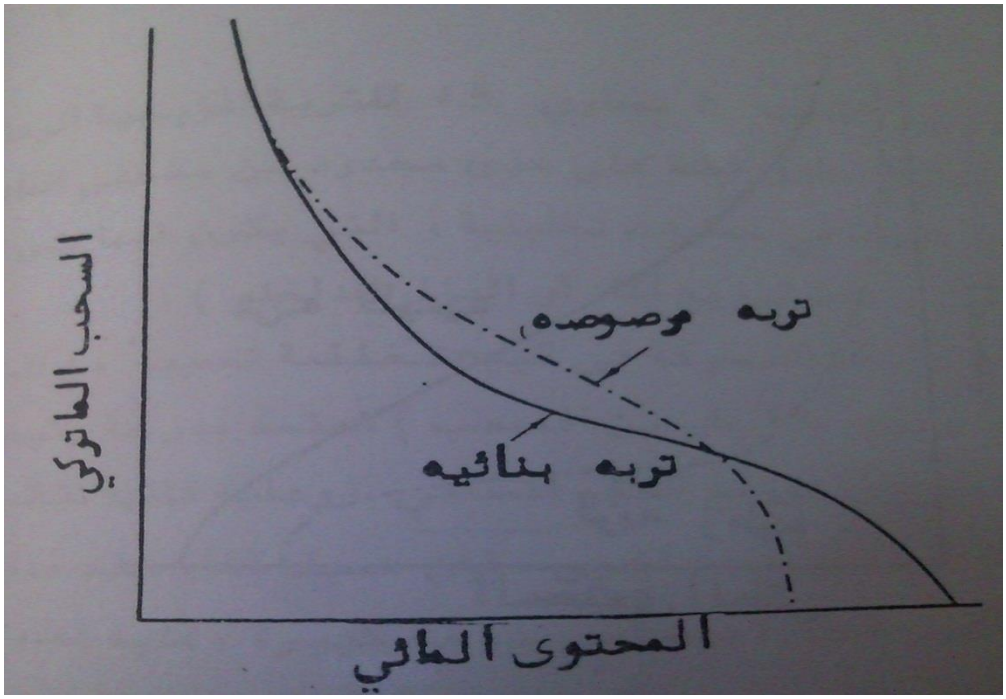
العلاقة بين السحب وقيم الرطوبة تمثل بيانيا بمنحنى يعرف بمنحنى مسك رطوبة التربة

يتأثر منحنى خاصية رطوبة التربة بدرجة كبيرة بنسجة التربة. كلما زاد المحتوى الطيني كان مسك الماء اكبر في أي قيمة سحب. في التربة الرملية تكون اغلب المسامات واسعة نسبيا وعندما تتفرغ هذه المسامات عند سحب معين تبقى كمية صغيرة فقط من الماء ممسوك بالتربة. في التربة الطينية توزيع حجم المسامات يكون اكثر تجانسا وتكون كمية اكبر من الماء ممدصة لذلك فان زيادة السحب الماتركي يسبب انخفاض تدريجي في المحتوى المائي



يؤثر بناء التربة على شكل منحنى خاصية ماء التربة وخصوصا في مدى السحب الواطئ. تؤدي عملية رص التربة الى اختزال المسامات الكبيرة مع بقاء المسامات الصغيرة والموجودة داخل التجمعات غير متأثرة

عند قيم السحب العالي فان منحنى التربة المرصوصة وغير المرصوصة يكون متماثل تقريبا وتكون الميكانيكية السائدة لمسك الماء هي الامدصاصية وتعزى الى النسجة وليس الى البناء



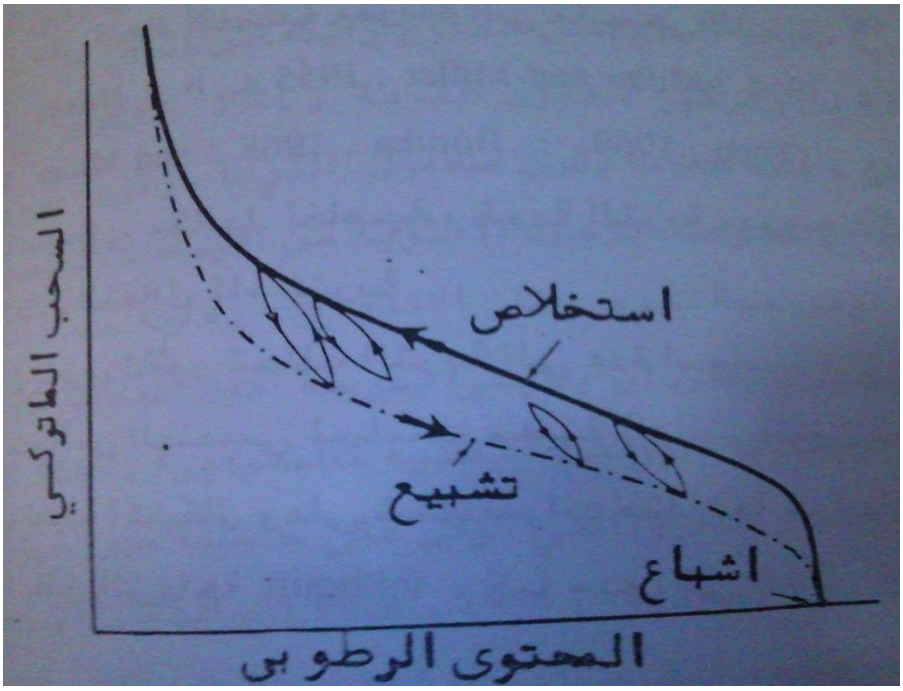
ظاهرة تخلف التربة

- العلاقة بين الجهد الهيكلي ورطوبة التربة يمكن الحصول عليها بطريقتين

1- الاستخلاص (تسليط ضغط على نموذج تربة مشبع واخذ قياسات متعاقبة لرطوبة التربة ضد السحب)

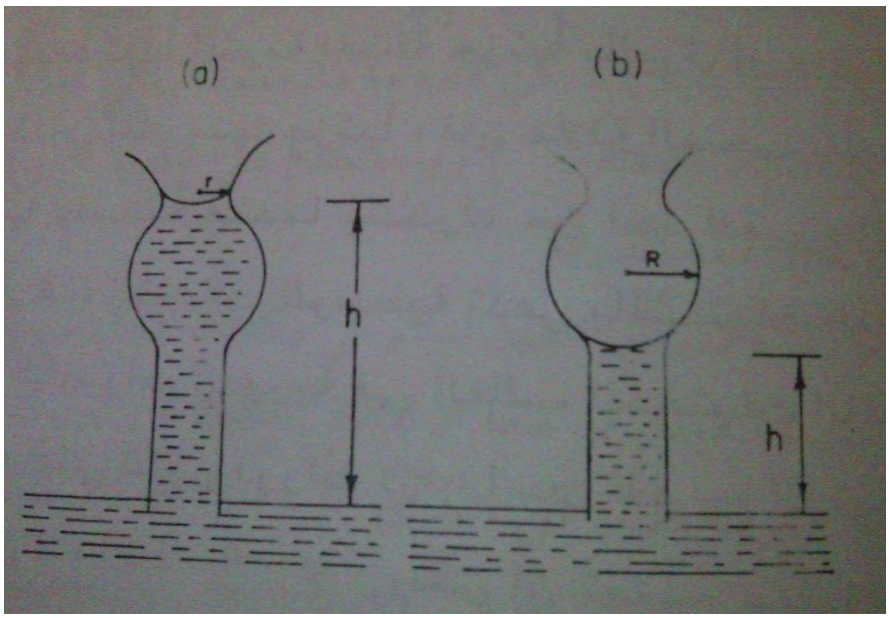
2- التشبع (ترطيب نموذج تربة جاف بصورة تدريجية واخذ قياسات متعاقبة)

- ينتج من كل هاتين الطريقتين منحنيان لا يكونان متطابقين بصورة عامة
- قيم رطوبة التربة في منحنى التجفيف اكبر مما في حالة التشبع عند نفس قيم الشد



اسباب تخلف التربة

- عدم التجانس الهندسي للمسامات منتجة تأثير ما يسمى عنق الزجاجة
- تأثير زاوية التماس والتي تكون في حالة الاستخلاص اكبر وعليه يكون نصف قطر الانحناء اكبر (يعتمد الاستخلاص على انصاف الاقطار الضيقة للقنوات المتصلة في حين يعتمد التشبع على القطر الاعظم للمسامات الواسعة)
- الهواء المحصور الذي يخفض المحتوى المائي بدرجة اكبر للتربة المرطبة مسبقا
- التمدد والانكماش والتي ينتج عنها تغيرات في بناء التربة



قياس جهد رطوبة التربة

- للحصول على وصف كامل عن حالة ماء التربة يكون من الضروري تقييم حالة الطاقة لماء التربة (الرطوبة والجهد) . المتغيران (الرطوبة والجهد) يجب قياسهما بشكل مباشر حيث ان معرفة احداهما بدلالة الاخر على اساس المنحنيات القياسية لنماذج التربة :

1- جهاز قياس الشد التنشوميتر

- يتألف الجهاز من جزء مسامي (مادة خزفية) مربوطة

خلال انبوب بمانوميتر مع كون كل الاجزاء مليئة بالماء

- عند وضع الجزء المسامي في التربة لغرض قياس

السحب فان الماء النقي داخل الجزء المسامي يكون في حالة تماس

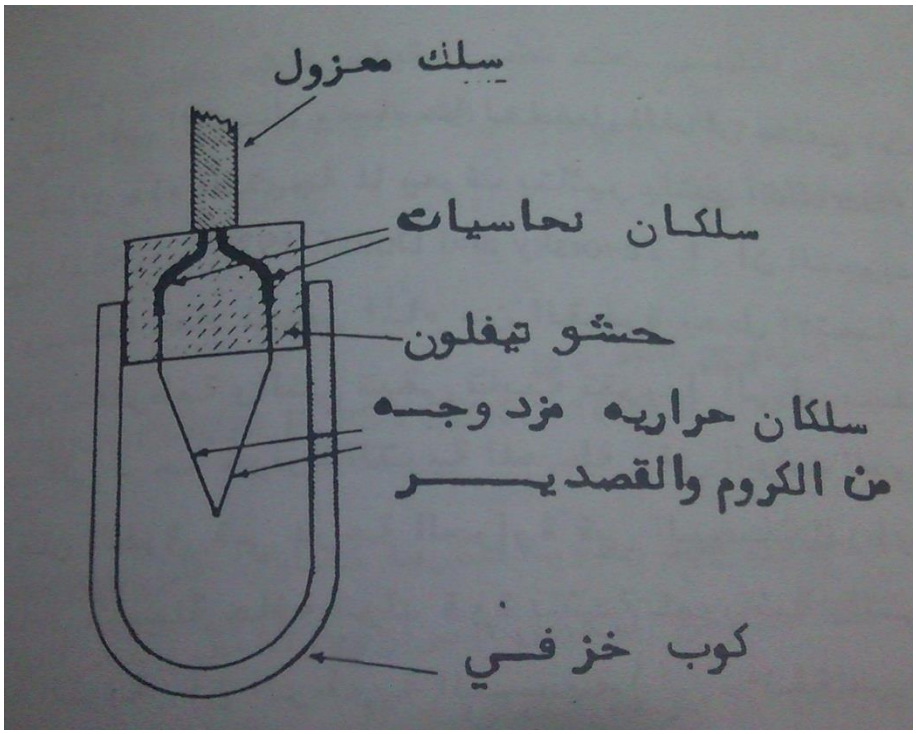
مائي حيث يعمل التعادل مع ماء التربة خلال المسامات في الجدران الخزفية

- يكون الماء في داخل الجهاز تحت الضغط الجوي الاعتيادي
- ماء التربة يكون تحت ضغط جوي اقل من الضغط الجوي مما يؤدي الى سحب واخراج كمية من ماء مقياس الشد المحكم السد
- يؤدي خروج الماء خلال الجزء المسامي من المقياس الى التربة الى انخفاض ضغط الماء الساكن بداخله
- يقاس انخفاض الضغط هذا عن طريق المانوميتر
- يقوم جهاز الشد المنصوب في التربة لفترات طويلة بمتابعة التغيرات الحاصلة في السحب الماتركي لماء التربة (استنزاف واستعادة)

2- المرطاب المزدوج الحراري

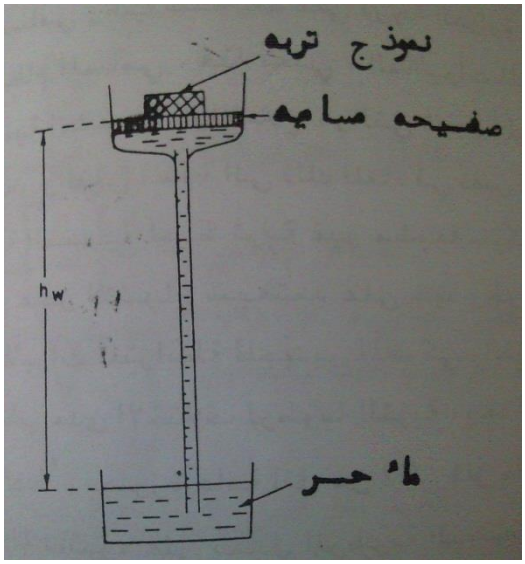
- عند التعادل يكون جهد رطوبة التربة مساوي الى جهد بخار الماء في الهواء المحيط

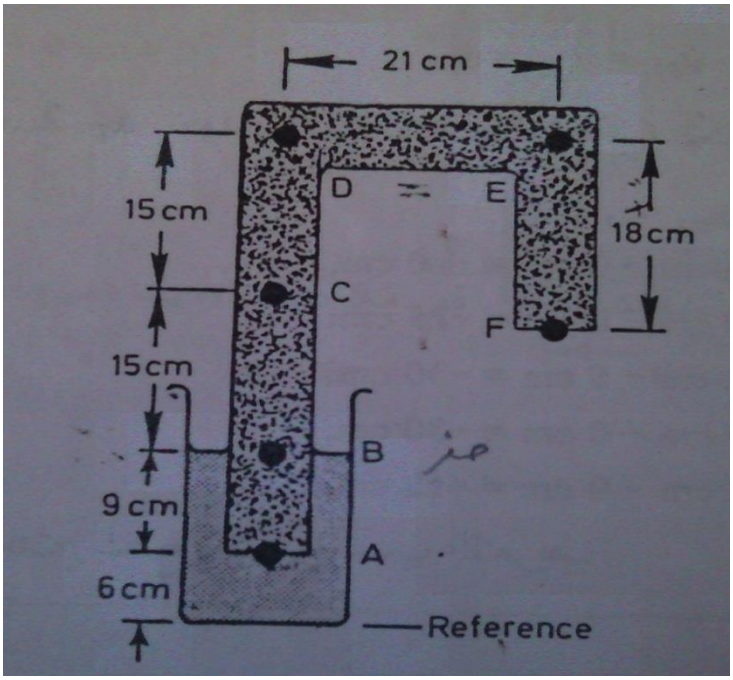
- فاذا افترض التعادل الحراري مع اهمال تأثير الجاذبية فان الجهد البخاري يساوي مجموع الجهد الماتركي والتنافذي
- الجهاز مصمم لقياس رطوبة التربة النسبية للمحيط الذي يوضع فيه
- يقيس الفرق بين درجات الحرارة المسجلة في البصلتين الرطبة والجافة



3- جهاز صفيحة الشد وصفيحة الضغط

- تستخدم صفيحة الشد في تعيين العلاقة بين الرطوبة والشد في مدى سحب واطئ (اقل من 1 بار)
- تستخدم صفيحة الضغط في تعيين العلاقة بين الرطبة والشد في مديات السحب العالية
- تسمح هذه الاجهزة باستخدام قيم سحب متعاقبة واعادة القياس لحالة تعادل رطوبة التربة عند أي سحب




21 cm
15 cm
15 cm
9 cm
6 cm
D
E
C
F
B
A
18 cm
Reference

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة 6 **ا.م.د بسام الدين الخطيب**

جريان الماء في الترب المشبعة Water Flow In Saturated Soil

- تعد حركة الماء تحت الظروف المشبعة ذات أهمية للاختصاصات الهندسية و الزراعية .
- أن بيانات حجم و نسبة جريان الماء في التربة تعتبر ضرورية في أدارة التربة و النباتات النامية . إذ تتأثر كل من ظروف التهوية و جاهزية العناصر الغذائية و حرارة التربة بمحتوى التربة المائي .
- أن حركة الماء في الترب المشبعة تعد الحد الفاصل في تصميم المبازل السطحية و التحت سطحية . تتغير الايصالية من مكان لأخر و من وقت لأخر . تعتبر قيم الايصالية المائية المشبعة ذات جدوى في تصميم السدود الترابية و قنوات الري و طرق الري . كم هي عدد السدود التي أصابها الدمار و الانهيار بسبب حصول عملية جريان من خلالها .
- تعتبر عملية النزيز صورة لحركة الماء تحت الظروف المشبعة و التي تقلل من كفاءة استعمال الماء و رفع مستوى الماء الأرضي من خلال تكرار عمليات الري و إعادة مخاطر التملح .
- بافتراض نظام التربة المسامي بأنه عبارة عن مصفوفة من المسامات , و تحدث حركة الماء نتيجة الفرق في الجهد الكلي للماء و الذي هو عبارة جهد ضغط الماء و جهد الجذب الأرضي و الجهد الازموزي . و تحدث حركة باتجاه الجهد المنخفض . أهمل الجهد الازموزي و أصبح الجهد الكلي هو :
- $\Phi t = H = \Phi P + \Phi z$
- أن معدل الجريان في الوسط المسامي هو مجموع الجريان الذي يحصل في كل مسام منفرد و بافتراض انه متماثل في الشكل , نصف القطر , الحجم و باستقامة مقطع التربة علماً أن هذا الافتراض لا يتواجد في نظام التربة .

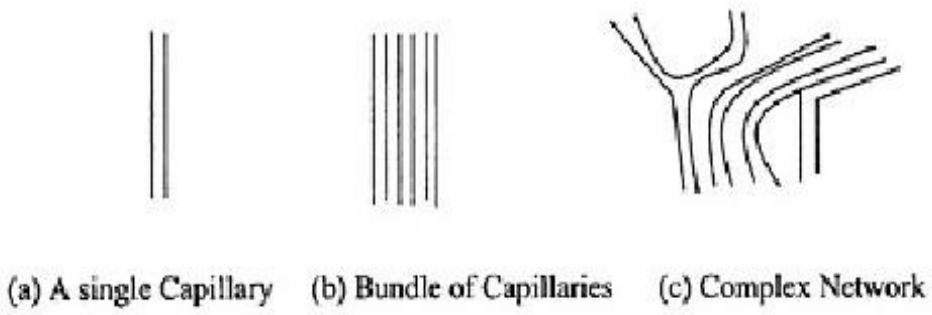


FIGURE 12.1 Flow through porous media by way of capillary tubes: (a) a single capillary; (b) a bundle of capillaries; (c) a complex network.

معادلة Poiseuille's

يمكن حساب الجريان بعد معرفة أبعاد المقطع الشعري أو المسامي و الجهد الهيدروليكي لهذا النظام و لكون الافتراضات حول استقامة المسام و تماثله في الشكل و نصف القطر غير متوافرة حيث أن مسامات التربة هي عبارة عن مجموعة معقدة جداً و قد تحصل انقطاعات لكثير من المسامات و حصول عمليات التواء لجميع المسامات لذلك أصبح من غير المعقول قياس الجريان لمسام منفرد ألا أن قياس التوصيل المائي لحزمة من المسامات تكون أكثر واقعية و فائدة في قياس التوصيل المائي لهذه الأوساط .

The relationship between pore radius (r) and laminar flow through the capillaries (Q) is described by the Poiseuille equation [see also Eq. (13.28)]

$$Q = \frac{\rho_w g \pi r^4}{8\eta_w} \frac{\Delta H}{L} \qquad (12.18)$$

where

$Q = Av = \pi r^2 v = (\pi r^2 v_i$

قانون دارسي Darcy's Law

وضع المهندس الفرنسي دارسي قانونا يصف فيه جريان الماء خلال مرشح من الرمل ، بافتراض ان التربة هي حزمة من الانابيب الملساء المستقيمة والمتجانسة في انصاف اقطارها وان معدل الجريان الاجمالي فيها يساوي مجموع معلات الجريان في كل انبوب . فاذا عرفنا انصاف اقطار الانابيب وفرق الضغط المسبب للجريان امكن حساب الجريان الكلي من معادلة بوزيل.

لوصف جريان الماء الانسيابي في مقطع تربة حسب قانون دارسي . افترض أن مقطع التربة خالي من التأثير الملحي في مجموع الجهود الهيدروليكية المؤثرة في حركة الماء خلال المقطع . و أن حركة الماء من نقطة وصول الماء و خروجه يكون بتأثير جهد الضغط و جهد الجاذبية فقط حيث أن حركة الماء تكون من الجانب الذي يكون فيه الجهد الكلي عالي باتجاه الجهد المنخفض أي من اليسار إلى يمين المقطع . و حسب المخطط

$$\Delta H = \frac{H_i - H_o}{L} \qquad (12.2)$$

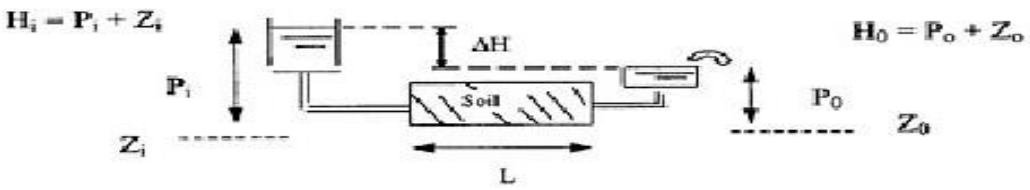


FIGURE 12.2 Flow across the cylindrical system.

Hi تعني الضغط الهيدروليكي في نقطة دخول الماء و Ho الضغط عند نقطة خروج الماء . (L) مسافة الجريان أو طول مقطع التربة v هو حجم الماء المار خلال المقطع بوحدات (L3) , (T) الزمن أي أن حجم الجريان خلال وحدة الزمن (Q / t) يكون بوحدات (L3 . T−1) . أذا كان هنالك مساحة مقطع عرضي في التربة متماثل في جميع الخواص و في كافة الاتجاهات فأن معدل حجم الماء المار خلال المقطع تسمى كثافة التدفق flux بوحدات سرعة (L . T−1) و حسب العلاقات :

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{or} \quad Q \propto \frac{A(H_i - H_o)}{L} \qquad (12.3)$$

$$Q = K_s \frac{A(H_i - H_o)}{L} \qquad (12.4)$$

$$\frac{Q}{A} = K_s \frac{\Delta H}{L} \qquad (12.5)$$

$$q = K_s \frac{\Delta H}{L} \quad \left[LT^{-1} = K_s \frac{L}{L} = K_s \right] \qquad (12.6)$$

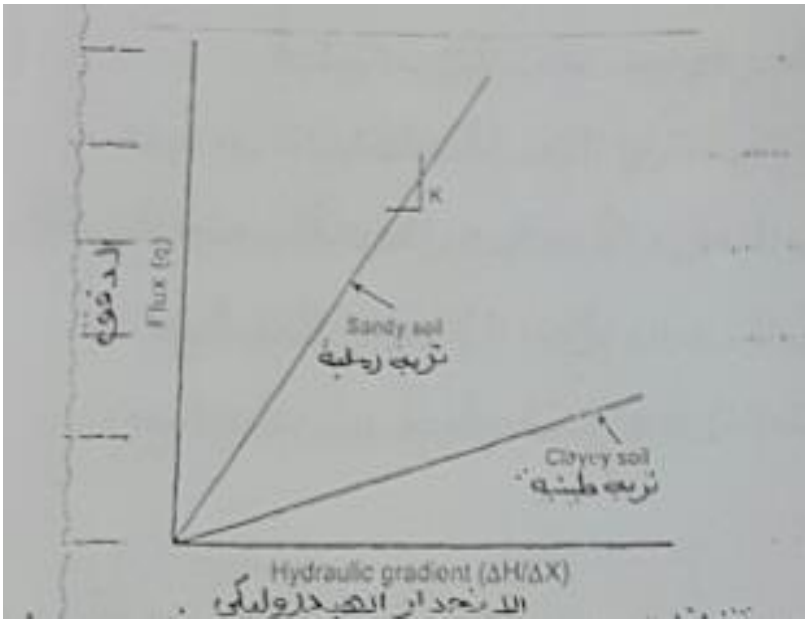
حيث

(q) التدفق لكل وحدة مساحة لكل وحدة زمن .

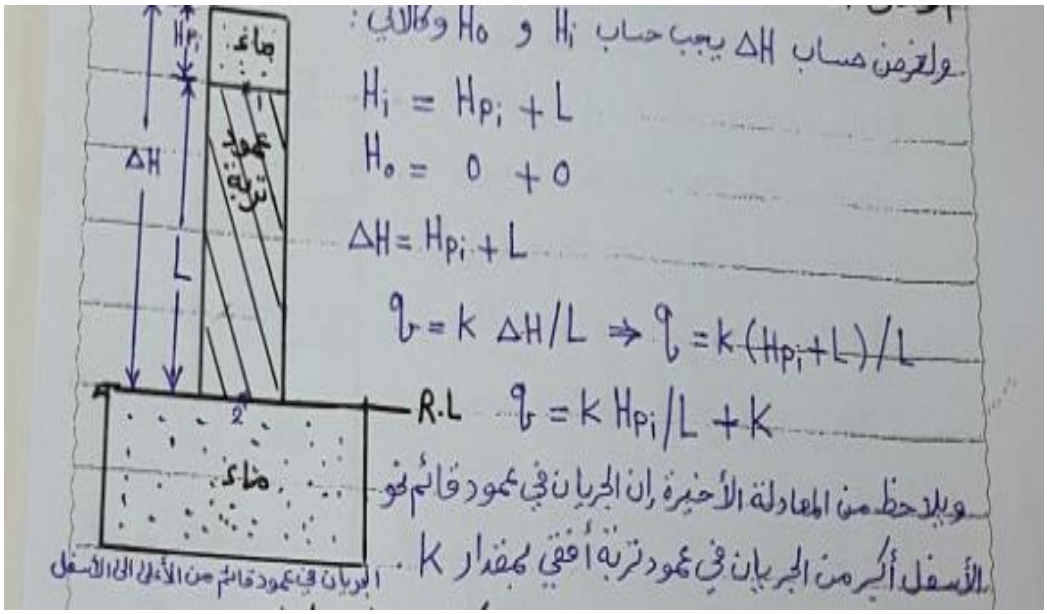
Ks يعني الايصالية المائية المشبعة وحداتها وحدات سرعة ($L . T^{-1}$)

يمكن أن تصبح Ks مساوية لـ q في حالة كون الانحدار الهيدروليكي موحداً .

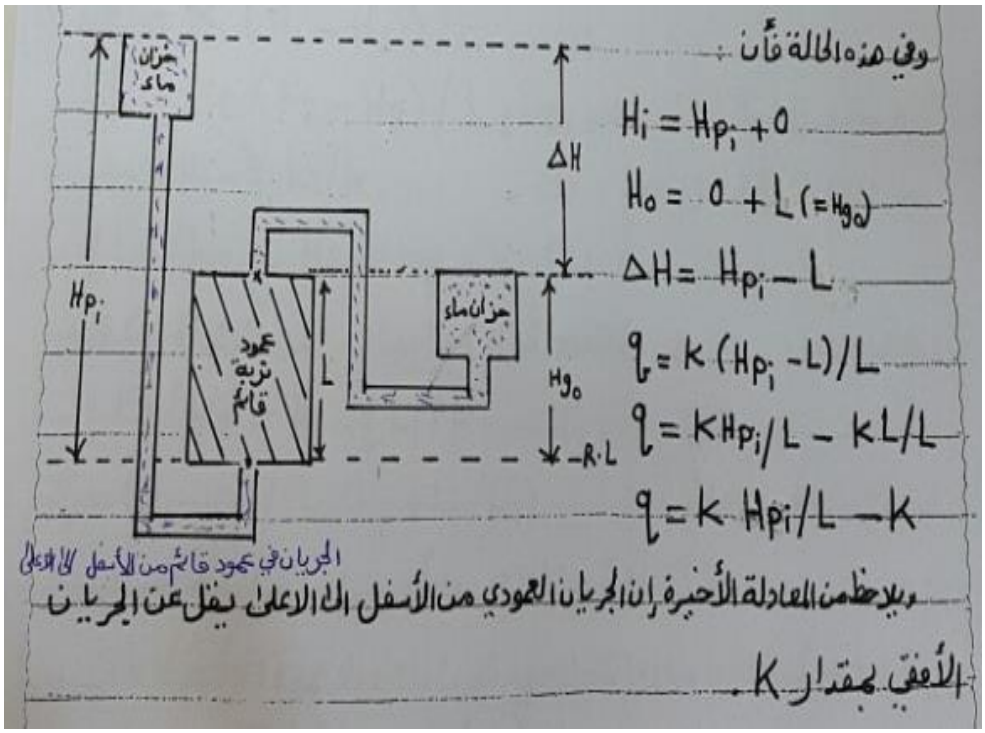
الايصالية المائية هي النسبة بين التدفق الى الانحدار المائي (الهيدروليكي) ويمثل ميل خط العلاقة بين التدفق والاتحدار الهيدروليكي كما في الشكل :



حركة الماء في عمود تربة مشبعة بوضع قائم فان هنالك احتمالين للحركة فقد تكون من الاعلى الى الاسفل وكالاتي :



وقد تكون الحركة من الاسفل الى الاعلى وكما في الشكل الاتي :



يمكن تمييز نوعين من الجريان الرقائقي و الاضطرابي .

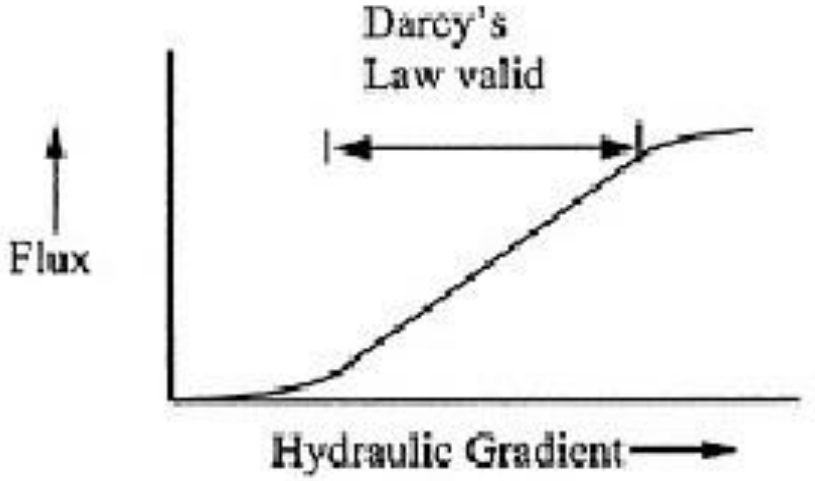
في الجريان الرقائقي تكون طبقات الماء بشكل صفائح متماثلة في سرعتها و تمثل حزمة الجريان بشكل متوازي . مع انعدام القوة التي تسبب التعجيل في الجريان الاضطرابي تكون حركة أجزاء السائل باتجاه شعاعي و محوري مع انعدام خصائص الجريان الرقائقي . و يكون تطبيق قانون Darcy في حالة الجريان الرقائقي . الذي يحدد نوع الجريان هو رقم رينولد Reynolds's Number **المجرد من الإبعاد و حسب العلاقة :**

$$N_{Re} = \frac{\text{Forces of inertia}}{\text{Forces of viscosity}} = \frac{\rho_w r v}{\eta_w} \quad \left[\frac{ML^{-3}LLT^{-1}}{ML^{-1}T^{-1}}\right]$$

- **و الذي يمثل العلاقة بين القصور الذاتي و قوة اللزوجة .**
- **يتبين منه أنه بزيادة لزوجة السائل تكون فيه NRe منخفضة أي الجريان رقائقي و العكس صحيح .**
- **أشار Childs و آخرون 1969 أن الجريان يكون صفائحياً في الأنابيب المستقيمة عندما تكون قيمة NRe 1000 – 2000 و في الأنابيب المنحنية أقل من 1000 . و في الترب ذات المسامات المتعرجة و الأقطار المتباينة يكون الجريان صفائحياً عند NRe أقل من 1 .**

محددات دارسي Limitations of Darcy's Law

تكون معادلة دارسي صحيحة عندما تكون قوة القصور الذاتي مهملة أي صغيرة جداً مقارنة مع قوة اللزوجة و هذه الحالة تكون سائدة في الترب الغرينيه و الطينية و الناعمة النسجة و الجيدة البناء, و في الترب الخشنة النسجة (الرملية , الحصوية) يكون الميل الهيدروليكي أكبر من واحد و في هذه الحالة يكون الجريان اضطراري (غير صفائحي) . كما أن السرعة العالية تؤدي إلى تغيير أو إزالة العلاقة الخطية بين الميل الهيدروليكي و التدفق و يصبح تطبيق قانون دارسي غير صحيح . و لضمان التدفق الرقائقي و صلاحية قانون دارسي يجب أن يحدد مقدار الميل الهيدروليكي 0.5 – 1 . أي بمعنى آخر أن الانحرافات التي تحصل في العلاقة الخطية بين التدفق و الميل الهيدروليكي تحصل في حالة انخفاض قيمة الميل في الترب الناعمة النسجة و زيادتها في الترب الخشنة النسجة .

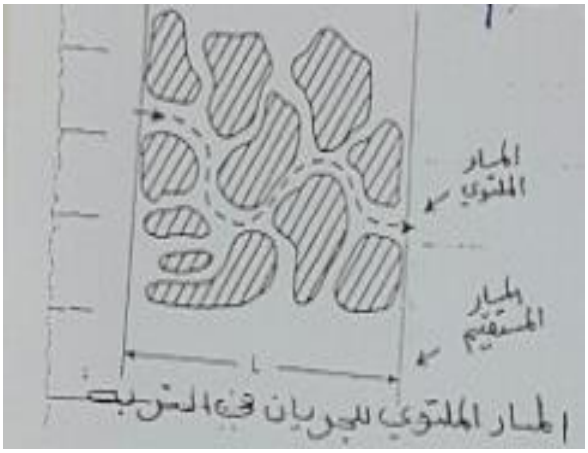


التدفق وسرعة الجريان والالتوائية Flux ,Velocity and Tortuosity

التدفق Flux /هو حجم الماء المار عبر مساحة المقطع العرضي خلال وحدة الزمن وابعاده ابعاد طول L لوحدة زمن T اي LT^{-1} ووحداته م ثا$^{-1}$ وهذه وحدات سرعة لذلك نقول عن التدفق بانه سرعة الجريان.

ان مسامات التربة تختلف في اشكالها وابعادها واتجاهاتها لذلك فان سرعة الجريان الحقيقية في التربة تكون متغيرة بشكل كبير ويفضل التعبير عن سرعة الجريان بمتوسط السرعة، وسواء كانت سرعة الجريان او متوسط السرعة فانهما يختلفان عن التدفق من حيث ان الجريان لا يحصل عبارة مساحة المقطع العرضي للتربة A والذي على اساسها يتم حساب التدفق وانما يخصل من خلال المسامات فقطاي ان المساحة التي يحصل فيها الجريان هي اصغر من A لذا فان متوسط السرعة ستكون اكبر من التدفق q ،كما ان الطول الحقيقي لمسار السائل هو اكبر من طول عمود التربة L بسبب الالتواءات .

تعرف الالتوائية بانها النسبة بين المسار الحقيقي والمسار الظاهر (المستقيم) للجريان ،وهي كمية لا بعدية وصعبة القياس وتزيد قيمتها عن 1 وربما عن 2 اما معامل الالتوائية فهو عكس الالتوائية .



المسار الملتوي للجريان في المسربة

الجريان في عمود مركب Flow in a Composite Column

الدفق عبر الطبقة الاولى هو :

$$q = K_1 (H_1 - H_2) / L_1 \quad \cdots (1)$$

والدفق عبر الطبقة الثانية هو

$$q = K_2 (H_2 - H_3) / L_2 \quad \cdots (2)$$

ومن المعادلتين نحصل على :

$$H_2 = H_1 - q L_1 / K_1 \quad \cdots\cdots (3)$$

$$q L_2 / K_2 = H_2 - H_3 \quad \cdots (4)$$

وبالتعويض عن H_2 في المعادلة (4) بما يساويها من المعادلة (3) نحصل

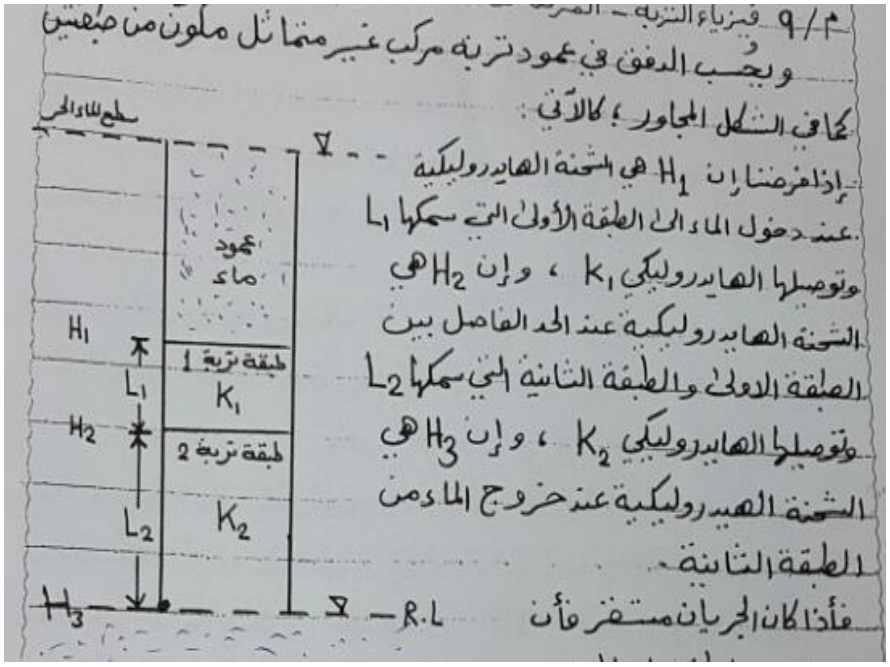
$$q L_2 / K_2 = H_1 - q L_1 / K_1 - H_3 \quad \cdots (5)$$

وبالترتيب نحصل على :

$$q = (H_1 - H_3) / (L_2/K_2 + L_1/K_1)$$

إن النسبة بين سمك الطبقة الى توصيلها الهايدروليكي يسمى بالمقاومة الهايدروليكية (R_h) لذا يمكن كتابة معادلة دارسي للجريان في الاعمدة المركبة كالآتي :

$$q = \Delta H (R_{h_1} + R_{h_2})$$



الايصالية المائية المشبعة **Saturated Hydraulic Conductivity**

- **تعني الايصالية المائية المشبعة (Ks) قدرة الأوساط المسامية على نقل الماء عندما تكون المسامات مليئة بالماء .**
- **تعتمد هذه الخاصية على خواص الوسط و خواص السائل (بناء التربة , نسجتها , كثافتها الظاهرية , الشكل الهندسي للمسام كذلك كثافته و لزوجة السائل) .**
- **يمكن حساب الايصالية المائية (Ks) من خلال تطبيق قانون دارسي مباشرة و يكون بإبعاد سرعته (L / T) . حسب العلاقة الاتية:**

$$K_s = \frac{VL}{tA\Delta H} \left[K_s = \frac{L^3 L}{TL^2 L} = \frac{L}{T} \right]$$

- K represents a measure of the ability for flow through porous media:
- Gravels – 0.1 to 1 cm/sec
- Sands – 10^{-2} to 10^{-3} cm/sec
- Silts – 10^{-4} to 10^{-5} cm/sec
- Clays – 10^{-7} to 10^{-9} cm/sec

النفاذية الحقيقية **Intrinsic Permeability**

تعني قابلية الوسط المسامي مثل التربة في نقل السوائل و يرمز لها بالرمز (K) . و ذات علاقة بالإيصالية المائية المشبعة كما في العلاقة الاتية:

$$q = \frac{k\Delta H}{\eta_w L}$$

$$k = \frac{K_s \eta_w}{\rho_w g} \quad \left[k = \frac{(LT^{-1})(ML^{-1}T^{-1})}{(ML^{-3})(LT^{-2})} = L^2 \right]$$

إبعادها (L2) . و هي صفة للوسط المسامي بينما الايصالية الهيدروليكية هي صفة الوسط المسامي و السائل و في حقيقة الأمر أن (K) لم تهمل صفات السائل بشكل تام و يكون تطبيق (Ks) أكثر من تطبيق (K).

تتأثر الايصالية المائية بكل من نسجة وبناء التربة ويمكن تلخيص اهم العوامل المؤثرة في الايصالية المائية بالاتي :

1- المسامية الكلية والتوزيع الحجمي للمسامات ، بالرغم من ان الترب الطينية ذات مسامية كلية اكبر من المسامية الكلية للترب الرملية الا ان الاخيرة ذات ايالية مائية اعلى من الترب الطينية بسبب كبر حجوم مسامات الترب الرملية.

2- وجود الشقوق وثقوب الديدان والفجوات التي تتركها الجذور المتحللة للنباتات ،فهذه هندما تكون ممتلئة بالماء فانها تزيد من الدفق والايصالية وتعمل العكس غندما تكون فارغة .

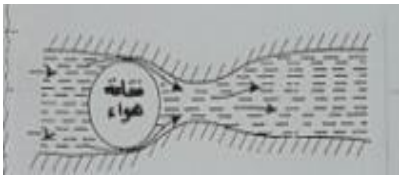
3- انفصال وهجرة وترسب دقائق الطبن في المسامات يؤدي الى خفض الايصالية.

4- وجود الايونات الاحادية يزيد من تشتت التربة وانتفاخها ويخفض الايصالية.

5- ارتفاع درجات الحرارة يذيب فقاعات الهواء ويزيد الايصالية .

6- ان الري بمياه المجاري يجعل البكتريا والاشنات ومنتجاتها المخاطية تسد المسامات وتخفض الايصالية.

7- حصر الهواء يقلل من الايصالية كما في الشكل :



من المهم التأكد بأن التربة مشبعة تماماً و عدم وجود فقاعات هوائية محصورة داخل التربة . و يمكن ذلك بواسطة تسليط ضغط بسيط على فتحة دخول الماء إلى التربة . يمكن الاستدلال على درجة تشبع التربة بالعلاقة بين الرطوبة

الحجمية و المسامية الهوائية (كما مذكورة في المحاضرة الأولى) و درجة الإشباع هذه المتحصل عليها بهذه الطريقة تشير إلى الإشباع الطبيعي للترب المغمورة بالماء .

Flow	Hydraulic head at inflow, H_i	Hydraulic head at inflow, H_o	Hydraulic head difference $\Delta H = H_i - H_o$	Darcy's Equation $q=$
Horizontal	$\Phi_{Pi}+\Phi_{Zi}=\Phi_{Pi}+0$	$\Phi_{Po}+\Phi_{Zo}=\Phi_{Po}+0$	$\Phi_{Pi}-\Phi_{Po}$	$K_s \frac{\Delta H}{L}$
Vertical	$\Phi_{Pi}+\Phi_{Zi}$	$\Phi_{Po}+\Phi_{Zo}=0+0$	$\Phi_{Pi}+\Phi_{Zi}$	$K_s\left(\frac{\Delta H}{L}+1\right)$
Vertical from bottom	$\Phi_{Pi}+\Phi_{Zi}=\Phi_{Pi}+0$	$\Phi_{Po}+\Phi_{Zo}=0+\Phi_{Zo}$	$\Phi_{Pi}+\Phi_{Zo}$	$K_s\left(\frac{\Delta H}{L}-1\right)$

معادلات الجريان في الترب المشبعة

ان قانون دارسي يكفي لوصف الجريان المستقر Steady flow اي يكون الدفق ثابت القيمة ومتساوي على امتداد الوسط الموصل .اما عندما يكون الجريان غير مستقر او انتقالي حيث تتغير قيمة واتجاه كل من الدفق وانحدار الجهد مع الزمن فان قانون دارسي يفشل في وصف هكذا جريان ،ولابد من الاستعانة بقانون حفظ الكتلة وتحديدا معادلة الاستمرارية التي تمثل شكلا من قانون حفظ الكتلة لوصف هذا الجريان .

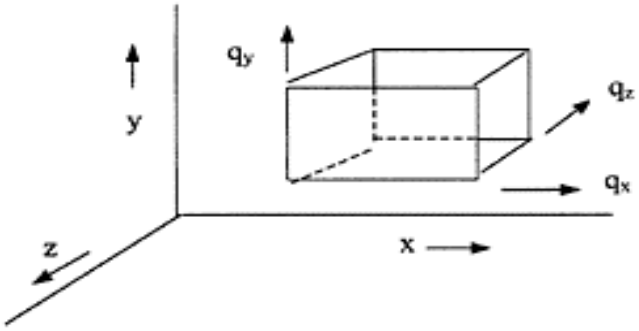
لتوضيح معادلة الاستمرارية نقول ان معدل الجريان الداخل الى مقطع من التربة اما ان يكون اكبر مت الجريان الخارج من المقطع وفي هذه الحالة نتوقع ان الفرق بين المعدلين قد تم خزنه في مقطع التربة وبالتالي يزداد المحتوى الرطوبي للتربة Θ مع الزمن t او يكون معدل الجريان الخارج اكبر من الداخل وفي هذه الحالة فان مقطع التربة فقد جزء من رطوبته المخزونة اصلا .وحسب قانون حفظ الكتلة ومعادلة الاستمرارية فان التعبير عن معدل الجريان مع المسافة يجب ان يساوي معدل التغير في رطوبة التربة مع الزمن اي ان :

$$\frac{\partial \Theta}{\partial t} = \frac{\partial q_x}{\partial x}$$

The one-dimensional flow according to Darcy's law can be given as

$$q_x = K_s \frac{\partial H}{\partial x}$$

where *H* is the hydraulic head and *Ks* is the hydraulic conductivity



$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_s \frac{\partial H}{\partial x}\right)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_s \frac{\partial \Phi_P}{\partial x}\right)$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[K_s \frac{\partial (\Phi_P + \Phi_Z)}{\partial x}\right]$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(K_s \frac{\partial \Phi_P}{\partial x} + 1\right)$$

If the soil is homogeneous

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_s \frac{\partial \Phi_P}{\partial x}\right) = 0$$

For a three dimensional system where conductivity is *Kx, Ky,* and *Kz* in *X-, Y-,* and *Z* directions,

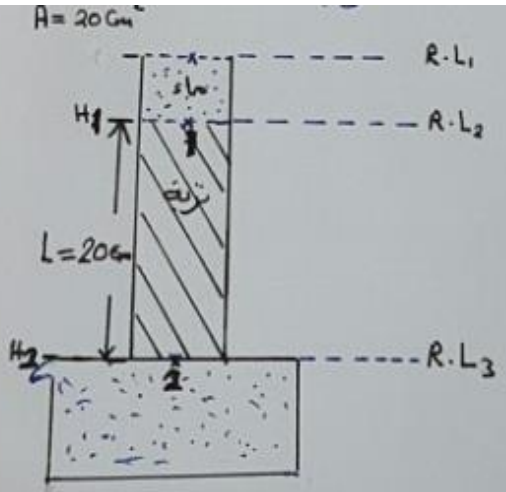
$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial \Phi_P}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial \Phi_P}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial \Phi_P}{\partial z}\right) = 0$$

If *Kx=Ky=Kz,* i.e., for isotropic soil, the above equation reduces to a second order partial differential equation known as the Laplace equation.

$$\frac{\partial^2 \Phi_P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Phi_P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \Phi_P}{\partial z^2} = 0$$

مثال/ جد الأيصالية المائية لعمود تربة مساحة مقطعه العرضي (20) سم² وأرتفاعه (20) سم يعلوه عمود ماء ثابت مقداره (10) سم، إذا علمت أن حجم الماء المار من نهايته السفلى (200) سم³ خلال زمن قدره (10) دقائق. أختر مستوى مرجع تارة عند أعلى سطح الماء وتارة عند نقطة دخول الماء إلى التربة، وتارة عند خروج الماء من عمود التربة.

$A = 20\ Cm^2$



الحل:

$q = K\,\Delta H / L$

مستوى المرجع الأول (R.L1):

$\Delta H = H_1 - H_2 = (H_{P_1} + H_{g_1}) - (H_{P_2} + H_{g_2})$

$= (0+0) - (0 + (-30))$

$= 30\ Cm$

عند مستوى المرجع الثاني (R.L2):

$\Delta H = H_1 - H_2 = (H_{P_1} + H_{g_1}) - (H_{P_2} + H_{g_2})$

$= (10+0) - (0 + (-20))$

$= 30\ Cm$

عند مستوى المرجع الثالث (R.L3):

$\Delta H = H_1 - H_2 = (H_{P_1} + H_{g_1}) - (H_{P_2} + H_{g_2})$

$= (10 + (20)) - (0 + 0)$

$= 30\ Cm$

$q = V / At \Rightarrow q = 200 / (20 * 10) = 1\ Cm/min.$

$q = K\,\Delta H / L$

$1 = K\,(30/20)$

$K = \frac{1}{1.5} = 0.667\ Cm/min.$

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة 7 **ا.م.د بسام الدين الخطيب**

جريان الماء في الترب غير المشبعة Water Flow In Unsaturated Soil

تعتبر التربة غير مشبعة عندما تكون مسامات الوسط المسامي مملوءة بالماء و القسم الأخر مملوءة بالهواء . و تمثل الجزء الأعلى من مستوى سطح الماء الأرضي . و يتباين سمك هذا الجزء من صفر في مناطق المستنقعات إلى عدة أمتار في المناطق الجافة . و يتم في هذا الجزء تخزين الماء و العناصر الغذائية إضافة إلى أهميتها للمحيط الحيوي . و يكون دور هذه الطبقة ثانوياً في الدورة الهيدروليكية لأن كمية المياه العذبة فيها قليل . أن معظم التفاعلات الكيميائية و فعاليات الجذور و نشاط الأحياء المجهرية و نشاط الإنسان الزراعية و المدنية تكون خلالها .

تتم حركة الماء سواء كان في الترب المشبعة أو غير المشبعة تحت تأثير الانحدار الهيدروليكي و الايصالية المائية . عند دخول الماء إلى الوسط المسامي غير المشبع يتم إحلال الماء بدلاً من الهواء مما يزيد من رطوبة التربة و محتواها المائي و هذه متوافقة مع معادلة الاستمرارية حيث الفرق بين الماء الداخل و الخارج يساوي التغير في الخزين . تتأثر الايصالية المائية في المنطقة غير المشبعة بعدة متغيرات و يوضح الجدول ادناه الفرق بين الجريان المشبع و غير المشبع :

ت	المعيار	الجريان المشبع	الجريان غير المشبع
1	المحتوى المائي	ثابت	متغير في المكان والزمان
2	محتوى الهواء	صفر (قريب للصفر)	متغير في المكان و الزمان
3	انحدار الجهد	موجب و ثابت	سالب و متغير
4	الايصالية المائية	ثابتة واعلى ما يمكن	متغيرة و منخفضة
5	حركة البخار	لا توجد	موجودة وحسب الانحدار الحراري
6	حركة الماء	مستقر	مستقر وكذلك غير مستقر
7	مسار الجريان	مستمر	متعرج وملتوي
8	معادلة الاستمرارية	in flow = out flow	in flow = out flow + source or sink, of water
9	وصف الجريان	Darcy s Law	Darcy-Buckingham equation Richard equation
10	flow parameter	K_S	$K(\Theta)$

TABLE 13.1 Summary of Differences Between Saturated and Unsaturated Flow

Parameter	Saturated flow	Unsaturated flow
Water content	Constant	Variable over space and time
Air content	Zero (close to zero)	Variable over space and time
Potential gradient	Positive and constant	Negative and variable
Hydraulic conductivity	Maximum, constant	Low and variable
Vapor flow	None	Possible provided temperature gradients also exist
Water flow	Steady	Steady as well as unsteady
Flow paths	Continuous	Tortuous
Continuity equation	Inflow = outflow	Inflow = outflow + source or sink, of water
Flow descriptions	Darcy's law	Darcy–Buckingham equation Richards equation
Flow parameter	K_s	$K(\theta)$

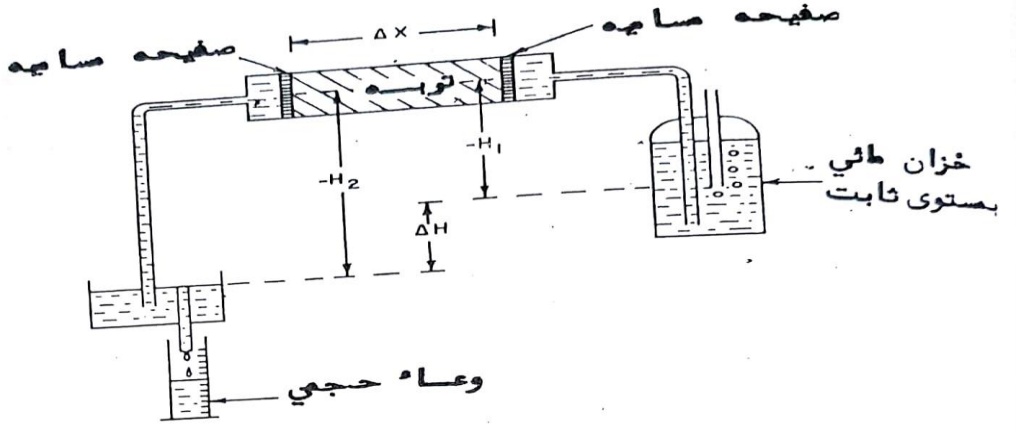
في حالة الترب المشبعة تكون جميع المسامات الكبيرة و صغيرة الحجم مملوءة بالماء و تزداد أيضاً إيصالية التربة كلما كبر قطر المسام . أما في حالة الترب غير المشبعة فأن المسامات الكبيرة تبزل الماء و تبقى المسامات الشعرية مملوءة بالماء و تعتمد الايصالية المائية عليها لذلك تحت نفس الشد تكون الايصالية المائية للترب الطينية أكبر من الترب الرملية .

أن القوة المحركة للماء هي قوة الشد الهيكلي و عندما تكون قيمته متماثلة على طول المقطع المسامي تحصل حالة استقرار . و في حالة عدم التماثل فأن حركة الماء تكون من النقطة ذات الشد الواطئ إلى منطقة الشد الهيكلي العالي . و ممكن أن تحصل حركة الماء بشكل بخار داخل مقطع التربة .

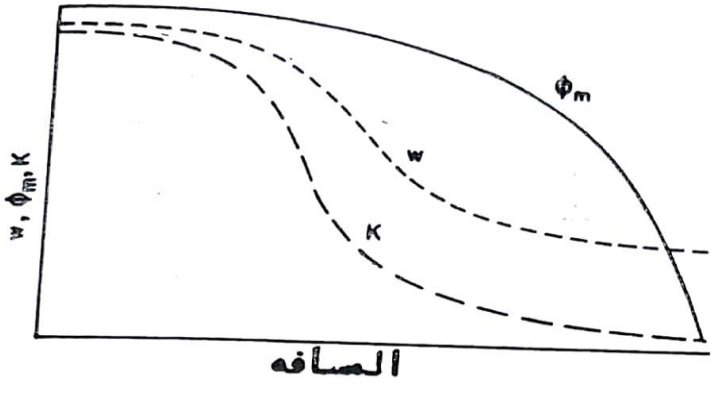
علاقة التوصيل المائي بالشد و الرطوبة

يوضح الشكل 9–2 تربة غير مشبعة يجري فيها الماء تحت سحب ،ان فرق الجهد بين نقطتي دخول وخروج الماء يحافظ عليها ليس بواسطة فرث ضغوط الماء الساكن الموجب ولكن بواسطة السحب .عندما يتغير السحب على طول نموذج التربة فان كلا من الرطوبة والتوصيل سيتغيران تبعا لذلك . اذا تم المحافظة على عمود السحب عند نقطتي الدخول والخروج للنموذج فان عملية الجريان

ستكون مستقرة، ولكن انحدار السحب يكون متغيرا على طول محور النموذج وبما ان حاصل ضرب الانحدار في التوصيل المائي يكون ثابتا للجريان المستقر ,فان الانحدار سيزداد عند انخفاض التوصل المائي عند زيادة السحب على طول النموذج كما مبين في شكل 9-3 .

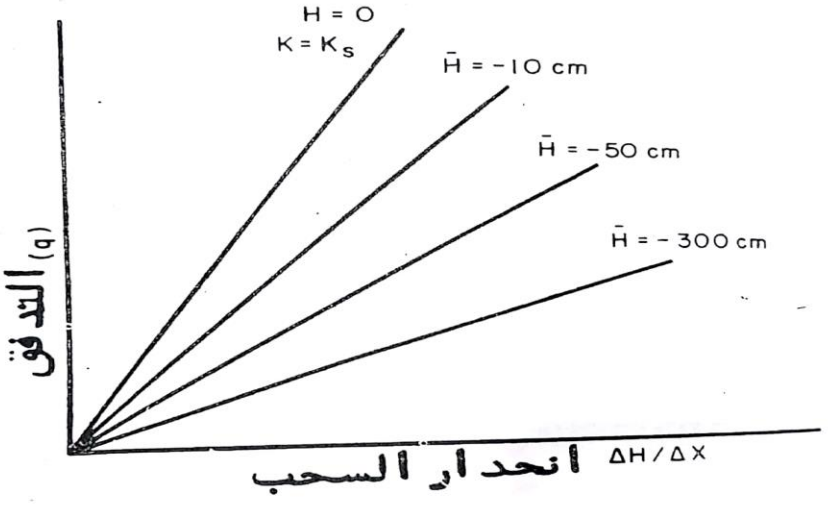


شكل 9 -2 : مثال توضيحي للجريان غير المشبع (تحت انحدار سحب) من عمود افقي .



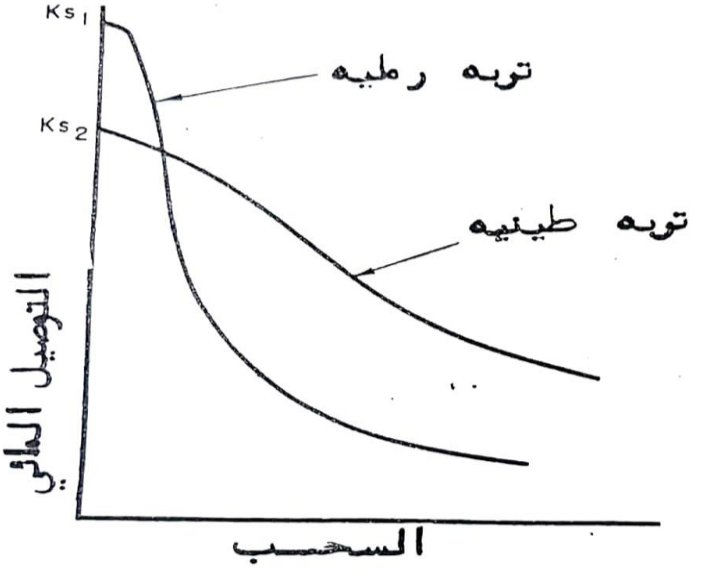
شكل 9 - 3 : اختلاف الرطوبة w ، الجهد الماتركي Φm ، والتوصيل المائي K على طول عمود مفترض لتربة غير مشبعة موصلة لجريان الماء بصورة مستقرة .

لو اجريت قياسات متعاقبة للتدفق ضد انحدار السحب لقيم مختلفة من معدل السحب ستكون نتائج القياس كما في الشكل 9-4 .



شكل 9-4 : التوصيل المائي ، وهو ميل العلاقة بين التدفق وانحدار السحب ، يعتمد على معدل السحب في تربة غير مشبعة .

كما يبين الشكل 9-5 العلاقة بين التوصيل المائي والسحب لترب مختلفة النسجة ,ويبدو انه على الرغم من ان التوصيل المائي المشبع للترب الرملية اكبر منه للترب الطينية الا ان التوصيل المائي غير المشبع للترب الرملية ينخفض بشدة مع زيادة السحب وتصبح اقل منها للطينية بدرجة واضحة .



شكل 9-5 : اعتماد التوصيل المائي على الشد في ترب مختلفة النسجة (مقياس لوغاريتم - لوغاريتم) .

جرت محاولات عديدة لتطوير معادلات ذات اساس نظري لعلاقة التوصيل المائي بالسحب او الرطوبة الا انها لاتزال غير دقيقة في الحصول على توقع مسبق معتمد كدالة للتوصيل المائي غير المشبع من صفات التربة الاساسية كالنسجة .

هنالك العديد من المعادلات التجريبية المقترحة من قبل (1960) Gardner وهي :

$$K(\psi) = a/\psi^n$$

$$K(\psi) = a/(b + \psi^n)$$

$$K(\psi) = K_s/[1 + (\psi/\psi_e)^m]$$

$$K(\theta) = a\theta^m$$

$$K(\theta) = K_s s^m = K_s(\theta/f)^m$$

Darcy – Buckingham Equation

$$q \propto \frac{\Delta H}{L}$$

$$q = K(\theta)\frac{\Delta H}{L}\left[\frac{L}{T} = \frac{L}{T}\cdot\frac{L}{L}\right]$$

D . المعادلة العامة للجريان غير المشبع
General Equation of Unsaturated Flow

1 . معادلة الاستمرارية The Continuiy Equation

يشعر الطلبة في اغلب الاحيان بان معادلة الاستمرارية مفهومة بصورة بديهية أو انها بحد ذاتها جلية الوضوح منطقياً حتى انها لا تتطلب اي برهان منهجي . فالى اولئك الذين يرغبون المنهجية نوضح الاتي : تصور حجم من التربة على شكل موشور سداسي الاوجه متواري وقائم الاضلاع موجود في مجال معرف بمجموعة من المحاور المتعامدة x ، y ، z كما مبين في الشكل 9 - 6 . افترض بان ابعاد وحدة الحجم هذه هي Δx ، Δy ، Δz وعليه يكون حجمها $\Delta x\ \Delta y\ \Delta z$. الان تصور وقتياً ، بان صافي الجريان باتجاه محور x . ان التدفق الناتج من خلال الوجه الايمن يتجاوز التدفق الداخل من الوجه الايسر بكمية تساوي $\Delta x\ (\partial q / \partial x)$ ، لذلك فان الفرق في التصريف (حجم الماء لوحدة زمن) الجاري خلال الوجهين يجب ان يكون متساوياً (حيث ان التصريف يساوي حاصل ضرب التدفق في المساحة $\Delta y\ \Delta z$) :

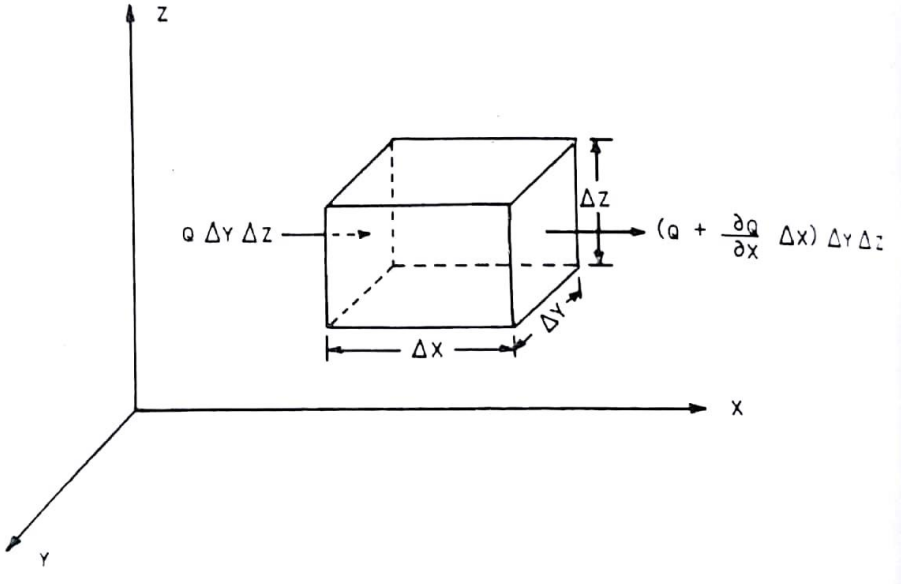
$$\text{change in volume discharge} = q\,\Delta y\,\Delta z - [q + (\partial q/\partial x)\,\Delta x]\,\Delta y\,\Delta z \qquad (2-9)$$

اذن صافي الجريان الداخل يجب ان يساوي معدل ربح الماء من وحدة الحجم للتربة لوحدة زمن ، وهذا يعني

$$\text{net inflow} = -(\partial q/\partial x)\,\Delta x\,\Delta y\,\Delta z \qquad (3\text{-}9)$$

ان معدل ربح الماء من وحدة حجم التربة التي يمكن ان يعبر عنه بدلالة المعدل الزمني للتغير في التركيز الحجمي للماء (θ) مضروباً في حجم الوحدة ، لذلك

$$\text{rate of gain} = (\partial\theta/\partial t)\,\Delta x\,\Delta y\,\Delta z$$



شكل 9 – 6 . اساس الاستمرارية : وحدة حجم من التربة التي تربح الماء او تخسره اعتماداً على اختلاف التدفق .

والان نجعل التعبيرين البديلين مساويان لبعضهما ، ونحصل على

$$(\partial\theta/\partial t)\,\Delta x\,\Delta y\,\Delta z = -(\partial q/\partial x)\,\Delta x\,\Delta y\,\Delta z \qquad (4-9)$$

$$\text{or} \qquad \partial\theta/\partial t = -\partial q/\partial x$$

واذا تصورنا ايضاً التدفق في اتجاهي y و z نحصل على معادلة الاستمرارية في ثلاث اتجاهات ، وهي :

$$\frac{\partial\theta}{\partial t}\,\Delta x\,\Delta y\,\Delta z = -\left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_x}{\partial z}\right)\Delta x\,\Delta y\,\Delta z \qquad (5-9)$$

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = -\left(\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z}\right) \qquad (6-9)$$

حيث ان q_x ، q_y ، q_z تمثل التدفق في الاتجاهات x ، y ، z ، على التوالي .
وبتعبير رياضي مختصر ، فان المعادلة الاخيرة يمكن ان تكتب بشكل :

$$\partial\theta/\partial t = -\nabla\cdot\mathbf{q} \qquad (7-9)$$

حيث ان المختصر ∇ (del) يعرف بالمعامل التفاضلي المتجه vector differential operator ، ممثلاً للانحدار ثلاثي الاتجاهات في مجال (وفي حالتنا هذه هو الانحدار الموقعي للتدفق q) . ان حاصل الضرب العددي (غير المتجه scalar) للعامل del ودالة متجهه تدعى بالانحراف divergence ويرمز له div .
وكتعبير بديل للمعادلة (9 - 7) اذن

$$\frac{\partial\theta}{\partial t} = -\operatorname{div}\mathbf{q} \qquad (8-9)$$

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة 8 **ا.م.د بسام الدين الخطيب**

غيض الماء في التربة Infiltration

يعرف الغيض بأنه عملية دخول (نفوذ) الماء عموديا الى الاسفل خلال سطح التربة.

عندما يضاف الماء عن طريق الري او الامطار وهذا يحدد اقتصادية المياه التي تحتاجها الجذور النباتية فالمعلومات عن غيض الماء عند ربطها مع خصائص التربة وجاهزية الماء تكون ضرورية في ادارة التربة .

عند اضافة الماء على سطح التربة وبمعدلات متزايدة فسوف تأتي اللحظة التي تكون الجاهزية اكثر من قدرة التربة على امتصاص الماء ،وهذه الزيادة سوف تتراكم (تتجمع) وتغمر السطح او قد يحصل لها جريان سطحي خاصة للمناطق المنحدرة .

عند بداية عملية الري يكون معدل الغيض عاليا وينخفض باستمرار الري لحين الوصول الى القيمة الثابتة (معدل الغيض الاساس) وهذه القيمة تكون الاهم وهي القيمة التي يعتمد عليها في اختيار وتصميم نظام الري الملائم للحقل وقيمتها تكون مساوية للايصالية المائية المشبعة للتربة وان سبب انخفاض معدل الغيض مع استمرار القياس يعود الى عدة اسباب منها انتفاخ دقائق الطين عند ترطيبها مما يؤدي الى صغر حجوم المسامات أضافة الى توقف التربة عن حجز الماء بعد وصولها الى حالة الاشباع ،اذ يستهلك جزء من الماء في بداية القياس لترطيب التربة .

الاهمية التطبيقية للغيض

1/ عامل مهم في تقييم كفاءه الري .

2/ يستعمل مع قياسات اخرى كالايصالية والاحتياجات المائية للنبات والمعلومات المناخية في تحديد افضل طريقه للارواء .

3/ تحديد معدل اضافه الماء.

4/ تحديد اطوال المروز والواح الري الشريطي .

5/ يدخل في حسابات السيح (Run off).

مفاهيم الغيض Infiltration Concepts

1- الغيض التراكمي (I) Cumulative Infiltration

هو حجم الماء الكلي النافذ الى جسم التربة لوحدة مساحة (V/A) التي ينفذ خلالها الماء ويطلق عليه أيضاً عمق الماء الغائض ويمثل بوحدات طول (سم).

2- معدل الغيض (i) Infiltration Rate

هو حجم الماء المار خلال سطح التربة لوحدة مساحة لوحدة زمن أو سرعة دخول الماء في التربة من خلال سطحها عمودياً الى الأسفل ويمثل بوحدات سرعة (وحدات طول الى وحدات زمن، سم/ ثا).

3- معدل الغيض الاساسي Basic Infiltration Rate

هو معدل الغيض شبه الثابت ويظهر بعد مدة من الزمن منذ بداية الغيض ويعتمد على نسجه التربة (Booker،1984) وهو قيمة ثابتة يصل اليها معدل الغيض عند الأزمان الطويلة وفيها يقترب i من قيمة الايصالية المائية المشبعة، وتستعمل هذه القيمة لتصنيف غيض الماء في التربة (الطيف والحديثي، 1988).

توزيع المحتوى الرطوبي خلال الغيض

عند فحص مقد تربة متماثل في اي لحظة خلال الغيض تحت ظروف الغمر سوف نلاحظ بان سطح التربة يكون مشبعا ولعمق ربما يصل لعدة مليمترات او سنتمترات والنطاق الواقع تحته يكون متماثلا ظاهريا وتقريبا مشبع (نطاق الانتقال) وتحت ذلك نطاق مرطب وتقل فيه درجة الترطيب مع العمق وبمعدل متناقص الى حدود جبهة الابتلالا ،التي عندها يكون الانحار الرطوبي حادا (والسبب في ذلك يعود الى ان التدرج في الانحدار الرطوبي عند نقصان المجتوى الرطوبي يكون حادا ،وان الايصالية المائية تقل اسيا مع نقصان المحتوى الرطوبي وبسبب ان التدفق يكون حاصل ضرب الانحدار مع الايصالية المائية .يتبع ذلك الحصول على تدفق معين يتحرك في التربة قالانحدار يزداد عند نقصان الايصالية المائية)

بعد الري لفترة معينة فان الرطوبة تتوزع خلال قطاع التربة مكونة ما يسمى قطاع توزيع الرطوبة أو water content profileعندما يضاف الماء عند سطح التربة (تحت ظروف الري بالغمر أو المطر) فان الماء يدخل التربة ويغير من توزيع المحتوى الرطوبى للتربة water content distribution

ويمكن تمييز المناطق التالية :

المنطقة المشبعة Saturation zone

وهى طبقة رفيعة عند سطح التربة تصل إلى عدة ملليمترات في السمك.

المنطقة الانتقالية Transition zone

وهى منطقة تفصل بين المنطقة المشبعة والمنطقة التي تليها (منطقة التوصيل القريبة من التشبع) . وهى تتعمق وربا يصل سمكها من عدة ملليمترات إلى عدة سنتيمترات في السمك.

وهاتين المنطقتين ليس باستمرار يمكن التمييز بينهما حيث يحدث التداخل وهى تحدث نتيجة التغيرات البنائية عند سطح التربة ونتيجة الهواء المحبوس.

منطقة التوصيل Transmission zone

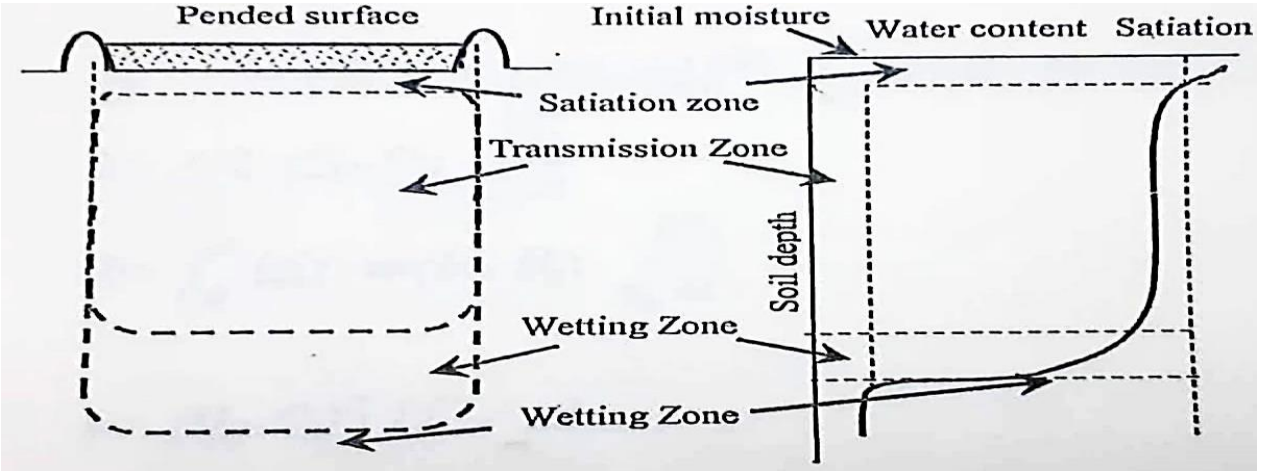
وهى منطقة نقل للماء المتسرب من السطح إلى جسم التربة – هذه المنطقة متغيرة في السمك عكس المناطق الأخرى . وهى تمتد بما يتناسب مع طول فترة إمداد الماء لسطح التربة – المحتوى الرطوبي متغير قليلا مع العمق وربما يكون ثابت وقريب من التشبع

منطقة الابتلال Wetting zone

عادة هي طبقة رقيقة حيث التغيرات في المحتوى الرطوبي من القيمة الابتدائية إلى قيمة الرطوبة فى منطقة التوصيل

جبهة الابتلال Wetting front

وهى الحد الفاصل والواضح لتخلل الماء حيث يكون التدرج في الشد الرطوبى كبير جدا بين جبهة الابتلال والمنطقة الجافة التي تليها



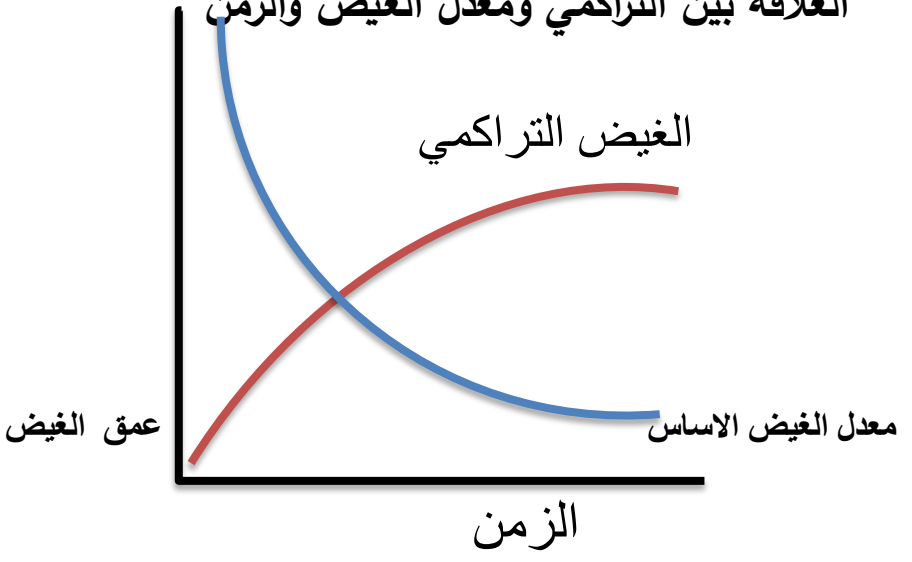
وبعد فتره اطول من بدء الغيض يكون تأثير رطوبة التربة الاولية قليل على سرعه الغيض, ولكن المحتوى العالي عند البدأ يقلل سرعه الغيض مما يزيد سرعه تقدم جبهه الترطيب (وهذه نتيجتين متناقضتين) ان تفهم اعاده توزيع الماء في التربة بعد ان تقل نسبه الرطوبة في السطح اكثر تعقيدا مما وضح اعلاه , لسبب رئيسي هو ان ظاهرة الهستريا في خصائص ماء التربة لها اهميه كبيره فبعد ان تشبع التربة الى عمق كافي وتترك تبزل بحريه فان محتوى التربة المشبعة من الماء غالبا ما ينخفض

بسرعه معقوله وتبقى نسبه الرطوبة بعد ذلك ثابته الى حد ما لفتره يوم او ماشابه بشرط ان يمنع التبخر من سطح التربة ويعبر عن محتوى المائي في مرحله البزل هذه بالسعة الحقلية field capacity .

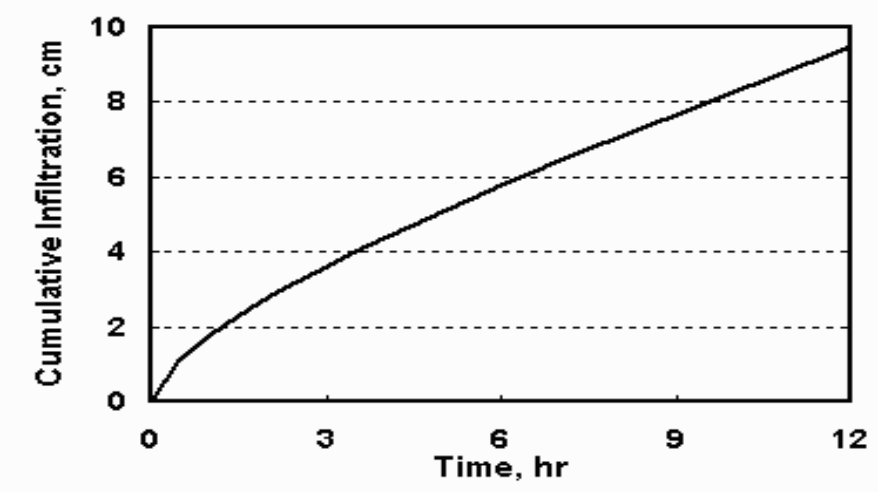
يصنف غيض الماء في التربة على اساس قيمة معدل الغيض الاساس كما في الجدول التالي :

التصنيف	الغيض الاساسي سم/ ساعة
بطيء جدا	اقل من 0.10
بطيء	0.10 _ 0.50
متوسط البطء	0.50 _ 2.00
متوسط	2.00_ 6.30
متوسط السرعة	6.30 _ 12.70
سريع	12.70 _ 24.50
سريع جدا	أكثر من 24.50

العلاقة بين التراكمي ومعدل الغيض والزمن



وهو معدل ثابت للغيض تصل إليه التربة بعد فترة زمنية تختلف حسب نوع التربة بعد 3 –4 ساعات من بداية الغيض ويقصد بمعدل الغيض الأساسي هو معدل ثابت نسبياً يتغير بنسبة حوالي 10% عن التسرب في الساعة السابقة. إذا كانت التربة ذات محتوى رطوبي ابتدائي يساوى وأضيف الماء للتربة فان التسرب المجموعي هو عبارة عن حجم الماء المتسرب في التربة مقسوما على مساحة سطح التربة . الغيض التراكمي أو التجميعي هو دالة متزايدة مع الزمن كما يظهر من الشكل التالي :



منحنى الغيض التراكمي

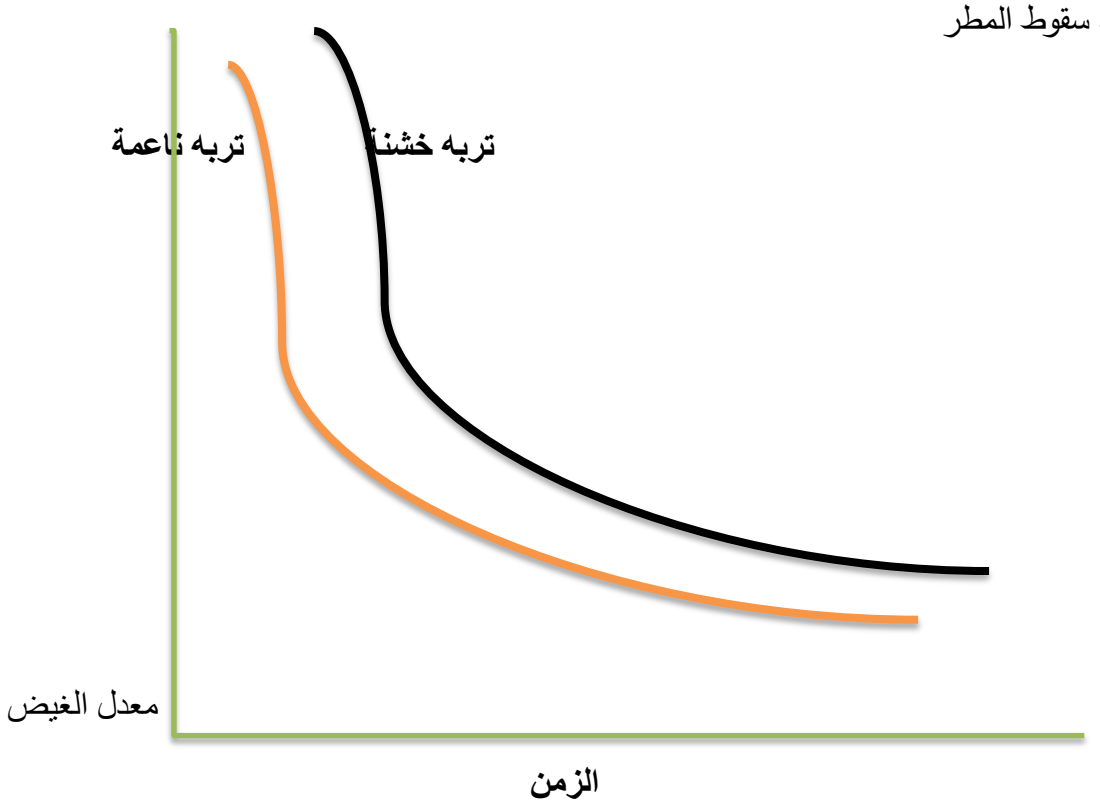
القوى الدافعة لدخول الماء في التربة هي التدرج في الشد الرطوبى بين جبهة الابتلال وسطح التربة وكذلك الجاذبية الأرضية ،التدرج في الشد الرطوبى يقل مع الزمن بسبب تقدم جبهة الابتلال ونتيجة لذلك فان كثافة التدفق خلال سطح التربة والتي تسمى معدل التسرب تقل مع الزمن بحيث تصل إلى قيمة ثابتة عندما تصبح الجاذبية هي القوى الدافعة للجريان .

معدل الغيض الاساس لترب مختلفة النسجة

نوع التربة	معدل الغيض الاساس
	ملم / ساعة
رمل خشن	21.6
رمل ناعم	15.2
مزيجة رملية ناعمة	12.2
مزيجة غرينية	10.2
مزيجة طينية غرينية	8.9
مزيجة طينية	7.6
طينية غرينية	5.1
طينية	3.8

العوامل المؤثرة في الغيض

1. الرطوبة الابتدائية للتربة : حيث تزداد سرعة او معدل الغيض في الترب الجافة عن الرطبة , أي أن معدل التسرب يقل مع زيادة الرطوبة الابتدائية للتربة .
2. نسجة التربة : حيث يتسرب الماء في الترب خشنة النسجة أسرع من الترب ناعمة النسجة وذلك بسبب كبر حجم المسام في الخشنة عن الناعمة
3. بناء التربة : حيث يتسرب الماء في الترب المفككة أسرع من الترب المضغوطة نظرا لزيادة نسبة المسام في المفككة عن المضغوطة , اي أن معدل الغيض يقل مع زيادة كثافة التربة الظاهرية .
4. عمق ماء الري فوق سطح التربة : فكلما زاد عمق ماء الري يزداد معدل سرعة دخول الماء في التربة .
5. محتوى التربة من المادة العضوية والدقائق الغروية
6. طبيعة الغطاء النباتي .
7. درجة حرارة الماء ولزوجته .
8. عمليات خدمة التربة من حراثة وعزق وأستزراع .
9. الايصالية المائية لمقد التربة
10. فترات الري
11. المسامية
12. سقوط المطر



معادلات الغيض

اهم الصيغ الرياضيه المقترحه للتعبير عن الغيض

1/ ان من ابسط واول الصيغ المقترحه عن غيض الماء في التربه هي المعادله الهيدرولوجيه العامه , والتي تعتمد اساسا على الموازنه المائيه في تقدير الغيض و كالاتي /

$$F = B1 + P - E - T - ET - S - R - IA - B0$$

حيث تمثل F الغيض ممثلا بوحدات حجم او وحدات طول BA المياه الداخله عبر مقطع الغيض , P تمثل السقيط B0 المياه الخارجه من المقطع . E تمثل التبخر . T تمثل النتح

ET تمثل التبخر نتح . S الماء المخزون في التربه . IA تمثل الماء المتعرض . R تمثل السيح

ان الصيغه السابقه هي صيغه محدوده الاستعمال زراعيا بالرغم من بساطتها الا انها صيغه تستخدم غالبا لتقدير الموازنه المائيه لاحواض التغذيه لاغراض التنبؤ بالفيضانات وحسب التغذيه السطحيه والجوفيه

2/ الصيغه المقترحه من قبل كوستياكوف (1932) Kostiakov وهي معادله تجريبيه بسيطه تتمثل بشكل داله قوى تربط العلاقه الغيض التراكمي والزمن وكالاتي /

$$I = Kt^a$$

حيث تمثل F الغيض التراكمي . t الزمن التراكمي . a و k ثوابت تجريبيه تعتمد على ظروف التربه والماء . ان الصيغه اعلاة هي اكثر الصيغ شيوعا وذلك لبساطتها الا ان لهذه الصيغه عيوب عند استخدامها لفترات قياس طويله حيث تقترب قيمه الغيض من الصفر بسبب طبيعه الداله وهذا مستحيل من الناحيه الفعليه . وبالرغم من ذلك لازالت تستخدم لاغراض تصميم نظم الري وتعبر عن حاله الغيض بشكل جيد لكون زمن الري لايعتمد على فترات طويله بحيث تفشل هذه الصيغه في تعبير عن حاله الغيض .وبناءا على ما تقدم اقترح تصحيح للمعادله السابقه باضافه ثابت لها قيمته تكون مساويه تقريبا للايصاليه المائيه المشبعه بحيث تثبت عندها قيمه الغيض عند بلوغ محصله الصيغه الاوليه صفر وكالاتي :

$$I = kt^a + B$$

وبالامكان اشتقاق الصيغه السابقه بالنسبه لزمن لتعطي معدل الغيض الاني عند اي زمن و كالاتي:

$$dI / dt = 60a\ kt^{a-1}$$

3/ الصيغه المقترحه من قبل (1940) Horton وهي صيغه مشابه للصيغه السابقه الا انها تعتمد اعلى واوطا معدل للغيض عند القياس وكالاتي :

$$I_t = I_C + (I_o - I_C)e^{-kt}$$

حيث تمثل F_C معدل الغيض عند الزمن t , F_O معدل الغيض عند بدايه القياس (اعلى معدل) .

F_C معدل الغيض عند الاتزان(اقل معدل) . K تابت يعتمد على ظروف التربه .

4- معادلة (1911) Green and Ampt : هي معدلات يتم اشتقاقها بالاعتماد على اساس فيزيائي معروف ويتم تطبيقها على بيانات الغيض لاستخراج قيم الثوابت التي لها مدلولات فيزيائية معروفة :

$$\mathbf{I = K\,t + ð}$$

ð تمثل قيمة ثابتة

5 - الصيغه المقترحه من قبل Philip (1957)

لاحتساب الغيض وهي ايضا صيغه تعتمد على معاير فيزيائيه لحساب الغيض اعتمادا على قابليه التربه على امتصاص الماء (S) Sorptivity وقابليتها على نقل الماء (A) Transmission وكالاتي:

$$I = St^{0.5} + At$$

طرق قياس الغيض في التربة

1. طريقة الاحواض المغمورة
2. طريقة المرشات
3. طريقة المروز
4. تعيين غيض الماء من بيانات تقدم الماء على سطح التربة
5. طريقة الاسطوانات او الحلقات المزدوجة : استعمال اسطوانتين احدهما داخلية لاغراض القياس والاخرى خارجية لمنع حصول حركة جانبية للماء قد تؤثر على طبيعة القياسات , تمتاز الاسطوانات بكونها مصنوعة من المعدن بسمك (2سم) وبارتفاع (25سم) وبقطر (30-60سم) للأسطوانتين باستعمال طوافات ترتبط بخزانات للمياه وهي الطريقة الاكثر شيوعاً في تعيين دالة الغيض.

مسائل تطبيقيه في حساب الغيض

س / اذا كان عرض جبهة الترطيب في مرز 0.3 م وطول المرز 30 م وتصريف الماء الداخل الى المرز متر مكعب واحد في دقيقه ومعدل تصريف الماء الخارج من المرز خلال 10 دقيقه الاولى 0.8 متر مكعب لكل دقيقه وبعد مضي 30 دقيقه من قياس اصبح معدل تصريف الماء الخارج من المرز 0.85 متر مكعب لكل دقيقه . احسب قيم ثوابت داله الغيض

كميه الماء الغائض خلال 10 دقائق الأولى كالأتي :

$1 - 0.8 = 0.2 \ m^3/min$

$0.2 \times 10 = 2 \ m^3$

عمق الماء الغائض خلال 10 دقائق = حجم الماء مقسوما على مساحه المنطقة المبتلة

$2 \times 1000000/(30 \times 100)\ (0.3 \times 100) = 22.2 = 22 \ cm$

وبنفس الطريقة للفترة بعد 30 دقيقه من القياس:

$1 - 0.85 = 0.15 \ m^3/min$

$0.15 \times 30 = 4.5 \ m^3$

$4.5 \times 1000000/(30 \times 100)\ (0.3 \times 100) = 50 \ cm$

وهكذا نحصل على البيانات بفقرات متتاليه ثم نمثلها لحساب قيم ثوابت داله الغيض

الغيض التراكمي سم	الزمن دقيقه (ملم)
22	10
50	30

$22 = K\ 10^a \quad (1)$

$50 = K\ 30^a \quad (2)$

بقسمة 1 على 2 ينتج :

$22/50 = k\ 10^a / k\ 30^a$

$0.44 = 10^a / 30^a$

$\text{Log } 0.44 = a \text{ Log } 10 - a \text{ Log } 30$

$-0.36 = a\ (1 - 1.48)$ $\qquad$ $-0.36 = a\ (-0.48)$

$a = -0.36 / -0.48$

$a = 0.17$

بالتعويض في معادلة 1 ينتج :

$22 = k\ 10^{0.17}$

$22 = k\ 1.48$

$K = 22 / 1.48$

$K = 14.86$

اذن المعادلة تكون :

$I = 14.86\ t^{0.17}$

س /غمرت تربة بماء عمقه 8 في الساعة 1 ظهرا وفي الساعة 3 بعد الظهر اصبح عمق الماء فوق سطح التربة 5 سم وصار في الساعة 5 عصرا 3 سم .المطلوب متى يختفي الماء كليا عن سطح التربة ؟

الزمن التراكمي (دقيقه)	الغيض التراكمي (ملم)
120	30
240	50

باستخدام داله الغيض

$30 = K\ 120^{a}$ 1

$50 = K\ 240^{a}$ 2

يمكن ايجاد المعادلتين كما في المثال السابق ينتج K يساوي 0.88 a يساوي 0.74 :

$I = 0.88\ t^{0.74}$

$80 = 0.88\ t^{0.74}$ $\qquad$ $t^{0.74} = 80 / 88$ $\qquad$ $t^{0.74} = 90.91$

=443min= 7:38 hr

يختفي الماء عن سطح التربة في الساعة 8:38

واجب/ اذا كانت دالة عمق الغيض $I = k\ t^{0.33}$ احسب :

1- عمق الغيض التراكمي بعد ساعتين ؟

2- الزمن اللازم لغيض 80 مم ؟

فيزياء التربة Soil Physics

محاضرة / 9 **ا.م.د بسام الدين الخطيب**

هواء التربة والتهوية soil air and aeration

تعد تهوية التربة soil aeration إحدى العوامل المهمة والمحددة لإنتاجية التربة ومن المعروف إن جذور النباتات تمتص غاز الأوكسجين وتحرر ثنائي ا وكسيد الكربون في عملية التنفس وفي معظم النباتات فان النقل الداخلي من الأوراق والسيقان إلى تلك الجذور لا يكفي لتجهيز متطلبات الأوكسجين للجذور . ويتم طلب تنفس الجذور المناسب تهوية التربة . إن التبادل الغازي بين هواء التربة والجو عملية مهمة تمنع نقص الأوكسجين وزيادة ثنائي اوكسيد الكربون في منطقة الجذور .

تتحرك الغازات إما في الطور الغازي (خلال المسامات المبزولة من الماء) أو على شكل ذائب في الماء لذا فان تهوية التربة تعتمد بدرجة كبيرة على الجزء من حجم التربة المملوء بالهواء .إن عرقلة التهوية الناتجة عن البزل الرديء و التغدق او نتيجة الرص compaction تؤثر بدرجة كبيرة على نمو النبات . ان سوء التهوية يحدد نمو النظم الجذرية ويقلل امتصاص الماء وقد يؤدي إلى ذبول مبكر .إن الظروف اللاهوائية في التربة تولد سلسلة من تفاعلات الاختزال ومن ضمنها عملية عكس النترجة (تحول النترات إلى نتريت ومن ثم إلى اوكسيد النتروجين وأخيرا إلى النتروجين المعدني :

- $O_3 \rightarrow NO_2 \rightarrow N_2O \rightarrow N_2$

كذلك اختزال المنغنيز والحديد من حديديك إلى اوكسيد الحديدوز واختزال الكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجين إن غالبية نواتج الاختزال هي نواتج سامة للنباتات .

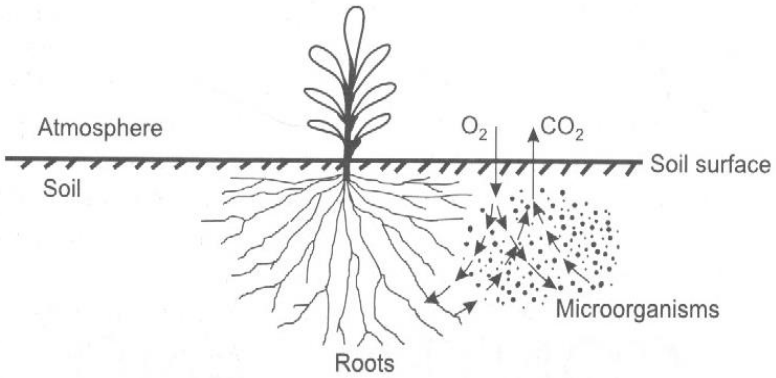


Fig. 10.1. Soil aeration as a process of O_2 and CO_2 exchange with the atmosphere. Among other gases involved in the soil atmosphere exchange are various volatile forms of nitrogen, sulfur, and hydrocarbons.

حجم الهواء في التربة Volumefraction of soil air

تتغير النسبة المئوية لمكونات التربة الثلاثة وهي الاطوار الصلبة والغازية والسائلة في معظم الترب الطبيعية بصورة مستمرة عندما تمر التربة بدورات الترطيب والتجفيف wetting and drying والانتفاخ والانكماش swelling and shrinkage والحراثة او الرص tillage or compaction والتجمع والتشتت aggregation and dispersion ونظرا لان الماء والهواء يتنافسان على نفس الحيز المسامي فانهما مرتبطان بعضهما بالاخر اذ ان زيادة احدهما يكون على حساب الاخر وحسب المعادلة التالية :

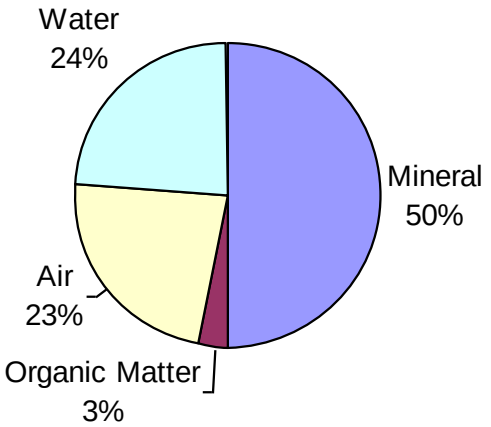
- $$f_a = f - \theta$$

fa : حجم الهواء في التربة

f : المسامية الكلية

θ :الرطوبة او حجم المشغول بالماء

لقد اعتمدت السعة الهوائية للتربة field air capacity كدليل للتعبير عن تهوية التربة وتعرف بانها الجزء من حجم الهواء في التربة عندما تكون رطوبة التربة عند السعة الحقلية وهي صفة تعتمد بدرجة رئيسية على نسجة التربة ففي الترب الرملية تصل قيمتها الى 25% او اكثر وفي الترب المزيجة تتراوح بين 15 و 20%وفي الترب الطينية فهي عادة تقل عن 10% من حجم التربو الكلي .اما في الترب المرصوصة ذات البناء الرديء نتيجة تكسر المجاميع عن طريق القوى الميكانيكية فانها قد تصل الى اقل من 5% . ولقد وجد الباحثون ان قيمة السعة الهوائية التي تصبح عاملا محددا لتنفس الجذور ونمو النبات فكانت بمعدل 10% .



مكونات هواء التربة composition of soil air

في الترب جيدة البزل يكون تركيب هواء التربة مشابها للهواء الجوي حيث يعوض الاوكسجين المستهلك من قبل النبات من الهواء الجوي ولاتنطبق هذه الحالة على الترب الرديئة التهوية ان تحليل هواء التربة يشير الى وجود اختلافات كبيرة عن الهواء الجوي اعتمادا على بعض العوامل منها :

1- موسم الزراعة او الوقت من السنة (مرحلة نمو النبات)
2- درجة حرارة التربة والجو
3- رطوبة التربة
4- عمق التربة تحت السطح
5- نمو الجذور
6- الفعاليات الحيوية
7- درجة تفاعل التربة
8-معدل تبادل الغازات عبر سطح التربة

ان الاختلاف الكبير في تركيب الهواء هو تركيز ثنائي اوكسيد الكاربون الناتج من فعاليات التنفس من قبل جذور النباتات والاحياء المجهرية وغير المجهرية في التربة . ان تركيز CO_2في الجو هو 0.03% بينما يصل تركيزه في التربة الى اكثر من ذلك حيث يصل 10 – 100 ضعف تركيزه في الجو . ان زيادة تركيز CO_2 في التربة نتيجة التنفس واكسدة المادة العضوية قد يرافقه نقص في تركيز الاوكسجين (تركيز الاوكسجين في الجو يصل الى 20 %).وفي الحالات المتطرفة من نقص التهوية قد يهبط O_2 الى الصفر وينتج عنه حالة لاهوائية لفترة طويلة مما يولد ظرفا للاختزال تظهر فيه بعض الصيغ السامة كما تظهر بعض الغازات مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S والميثان CH_4 والاثيلين.

و بالإضافة الى اختلاف تراكيز مكونات الهواء بين الجو وهواء التربة فان هنالك اختلاف اخر بين هواء التربة والجو وهو ان هواء التربة يتميز برطوبة نسبية عالية قد تصل الى 100% عدا عن سطح التربة في فترات الجفاف الطويلة (الرطوبة هنا ضرورية لبقاء الجذور بحالة طرية وغير جافة .

جريان هواء التربة flow of soil air

يمكن ان يحصل تبادل الهواء بين التربة والمحيط الخارجي بطريقتين مختلفتين هما :

1- الجريان الحملي Convective

2- الانتشار Diffusion

وكلتا العمليتين يمكن التعبير عنها بقانون المعدل الخطي Linear rate flow اي ان التدفق يتناسب مع القوة المحركة . في حالة الجريان الحملي والذي يسمى الجريان الكتلي او التدفق الكتلي mass flow والذي ينتج عنه

ان كتلة الهواء ككل تنساب من مناطق الضغط العالي الى مناطق الضغط الجزئي بينما في حالة الجريان بالانتشار فان القوة المحركة هي الانحدار في الضغط الجزئي او التركيز .

هنالك عدد من الظواهر التي تسبب الاختلاف في الضغط بين التربة والجو مما يؤدي الى جريان الهواء الكتلي من والى التربة ومن هذه العوامل :

1- تبدل الضغط الجوي
2- الانحدار في درجات الحرارة
3- العاصفة الهوائية الملامسة لسطح الارض
4- دخول الماء الى التربة عن طريق الامطار او الري او خروج الماء من التربة عن طريق البزل
5- التغير في مستوى الماء الارضي الضحل دافعا الهواء الى الاعلى او الاسفل .

وقد كان لدرجة مساهما التغيرات في ضغط الهواء والجريان الكتلي الناتج عن تبادل الغازات بين التربة والجو وثار جدل بين فيزيائي التربة وان حركة الهواء الكتلية تشابه حركة الماء في بعض الوجوه لكون كلتا العمليتين مسيطر عليها وتتناسبان مع التدرج في الضغط ويختلف جريان الهواء عن الماء يكون الماء غير قابل للانضغاط مقارنة بالهواء حيث ان كثافة ولزوجة الهواء تعتمد على الضغط ودرجة الحرارة .ففي نظام التربة الكامل فان الماء والهواء يحتلان اجزاء مختلفة من المسامات البينية لها اشكال مختلفة وعليه تظهر التربة استجابات مختلفة لتوصيل الماء والهواء التي لها علاقة بالقطر الفعال والتواء المسامات .

وعلى الرغم من اختلاف جريان الماء والهواء ، من الممكن اشتقاق معادلة الجريان للهواء مشابهة لقانون دارسي لجريان الماء وكالاتي :

- $$q_v = (k \backslash \eta)\, p \qquad (1)$$

اذ تمثل :

q_v = حجم الهواء الجاري لوحدة مساحة مقطع المسلم في وحدة الزمن .
k = نفاذية المسامات المملوءة بالهواء
- η = لزوجة ماء التربة
- p = الانحدار في ضغط هواء التربة على المحاور الثلاثة من جسم التربة .

وتصبح المعادلة عند حسابها على اساس محور واحد (محور x) كالاتي :

- $$qv = -(k \backslash \eta)(dp \backslash dx) \qquad (2)$$

اذا عبرنا عن التدفق لوحدة الكتلة (بدلا من وحدة الحجم) ولوحدة المساحة في وحده زمنية معينة ،تاخذ المعادلة الشكل التالي :

- $q_m = -(\rho k/\eta(dp\backslash dx)$ **(3)**

- q_m= التدفق الحجمي الكتلي
- ρ = كثافة هواء التربة

واذا تذكرنا بان كثافة الغاز تعتمد على ضغطه ودرجة حرارته وعلى فرض ان هواء التربة يمثل غازا مثاليا ففي هذه الحالة يعبر عن العلاقة بين كتلة الهواء وحجمه ودرجة الحرارة بالمعادلة التالية :

- $Pv = n\,r\,t$ **(4)**

حيث تمثل :

- P = ضغط الهواء
- V = حجم الهواء
- n = عدد مولات الغاز اي تركيزه
- R= ثابت الغاز العام لوحدة التركيز
- T= درجة الحرارة المطلقة

- $\rho * Nm/\rho = n\,R\,T \rightarrow \rho = (m$ **(5)**

والان بادخال معادلة الاستمرارية للسائل القابل للانضغاط الى المعادلة 4 نجد ان :

- $\partial\rho/\partial t = -\partial q_m/\partial x$ **(6)**

وبالتعويض عن قيمة ρ

من المعادلة (5) والتعبير عن q_m من المعادلة (3) في المعادلة (6) نحصل على :

- $m/RT\,.\,\partial\rho/\partial t = \partial/\partial x(\rho k/\eta.\partial\rho/\partial x)$ **(7)**

فاذا كان $\eta k\rho/$ ثابتا الى حد ما اي ان الاختلاف في الضغط قليل يمكننا كتابة المعادلة بالشكل التالي :

- $\partial\rho/\partial t = \alpha\ \partial^2\rho/\partial x^2$ **(8)**

•

حيث ان α تساوي RTk/m كثابت مركب . وهذه معادلة تقريبية لحالة التغير في جريان الهواء الكتلي في التربة وعلى فرض ان الجريان انسيابي وهذا صحيح عند وجود اختلاف صغير في الضغط Muskat 1946.

انتشار هواء التربة diffusion of soil air

ان نقل غازات مثل O_2 وCO_2 بالانتشار يحصل في التربة جزئيا في الطور الغازي وجزئيا في الطور السائل ان الانتشار عبر المسامات المملوءة بالهواء يحافظ على تبادل الغازات بين الجو والتربة . ويمكن التعبير عن عملية الانتشار بمعادلة فيكس :

• $$qd = - D \, .dc/dx \qquad (9)$$

حيث ان :

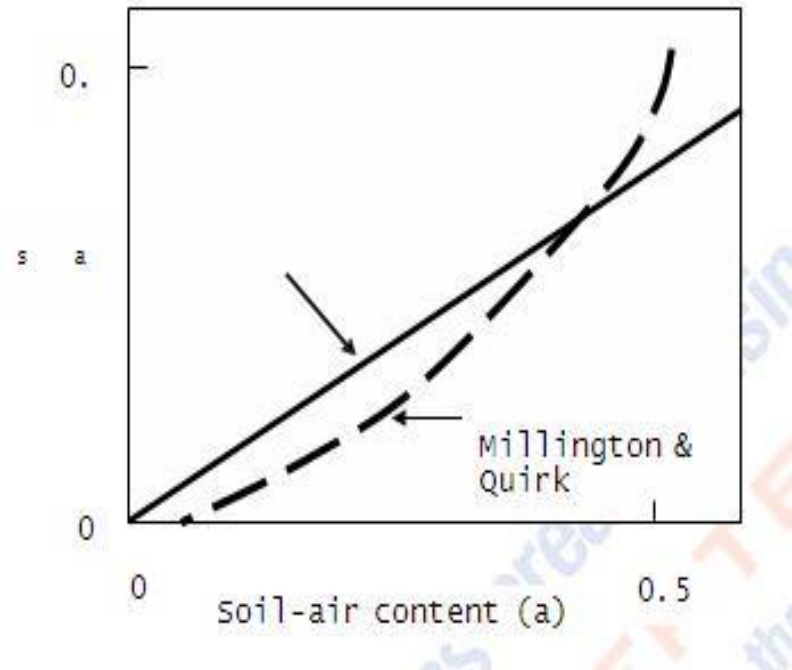
- qd = دفق الانتشار (انتشار كتلة الهواء عبر وحدة المساحة لوحدة الزمن)
- D = معامل الانتشار (عادة له وحدة المساحة لوحدة الزمن)
- C = التركيز (كتلة الغاز المنتشر لوحدة الزمن)
- X = هي المسافة
- dc /dx = الانحدار او التدرج في التركيز

وعند استعمال الضغط الجزيئي بدلا من التركيز المادة المنتشرة نحصل على :

• $$qd = - (D/B) \, (dc/dx) \qquad (10)$$

حيث ان:

- B = عبارة عن النسبة بين الضغط الجئي والتركيز



اذا اخذنا بنظر الاعتبار اولا الانتشار عبر الهواء نلاحظ ان معامل الانتشار في التربة (D_S) يجب ان يكون صغيرا مقارنة عنه في كتلة الهواء الكلي(D_O) ،اي ان معامل الانتشار في التربة اقل مقارنة بالهواء وذلك لصغر الحجم الكلي المشغول بالمسامات المملوءة بالهواء بصورة مستمرة وكذلك بسبب طبيعة المسامات المتعرجة لذلك تتوقع ان يكون D_S دالة المسامات المملوءة بالهواء fa وقد وجد العديد من الباحثين العلاقة بين D_S ،fa ولترب مختلفة ، حيث وجد Bucking ham 1904 على سبيل المثال العلاقة غير الخطية التالية :

- $$D_S/D_O = kfa^2 \qquad (11)$$
-

بينما وجد Penman 1940 العلاقة الخطية التالية :

- $$D_S/D_O = 0.66fa^2 \qquad (12)$$

- حيث ان المقدار 0.66 هو معامل التواء او التعرج والذي يفترض بموجبه ان يكون المسار الظاهري هو بحدود 2/3 من طول المسار الحقيقي لانتشار الهواء في التربة ومن المحتمل ان معامل الالتواء هذا لايعتمد على جزء من حجم المسام المملوء بالهواء وبمعنى اخر ان طول ماء الالتواء يزداد مع انخفاض في حجم المسام المملوءة بالهواء وعليه نتوقع ان يكون معامل بنمان الثابت صحيحا ضمن حدود ضعيفة من الاختلافات في حجم المسام المملوء بالهواء او الحجم المبتل .وبعد معرفة اختلاف قيم D_S نرجع الى اتكمال المعادلة الرياضية لعملية انتشار الهواء ولاجل الاخذ نيظر الاعتمار الحالة الانتقالية يجب الرجوع ثانية الى مباديء قانون الاستمرارية .

- $$\partial C/\partial t = -\ \partial qd\ /\ \partial x \qquad (13)$$

والتي تشير الى معدل التغير في تركيز الهواء مع الوقت يجب ان يكون مساويا الى معدل التغير في كمية انتشار الهواء لوحدة المساحة في وحدة الزمن مع المسافة ، وتفترض المعادلة المحافظة على المادة المنتشرة بحساب كمية المادة المنتشرة المضافة الى او المتحصلة من النظام لوحدة الزمن تضاف قيمة S للجانب الايمن من المعادلة

- $$\partial C/\partial t = -\ \partial qd\ /\ \partial x \pm S(x,t) \qquad (14)$$

الاشارة الموجبة تشير الى معدل الزيادة والسالبة تشير الى معدل الانخفاض للمادة المعنية .

ان تعبير $S(x,t)$ يبين بان معدل الزيادة ومعدل الانخفاض هو دالة (اي يتغير مع)لكل من الكان والزمان .

وبتعويض المعادلة (9) في المعادلة (14) واعتبار الانتشار فقط في الاتجاه العمودي (z) للحصول على:

- $$\partial c/\partial t = \partial/\partial z\ (D_S\ \partial c/\partial z) \pm s(z\ ,\ t) \qquad (15)$$

وفي حالة كون D_S ثابت يمكن تبسيط المعادلة الى :

- $$\partial c/\partial t = D_S\ \partial^2 c/\ \partial z^2\ \pm s(z\ ,t) \qquad (16)$$

هنالك اختلاف جوهري بين اعتماد النفاذية او ايصالية التربة المعتمدة على الهندسة المسامية والدالة المستعملة لمعامل الانتشار بما ان النفاذية تتعلق بالجريان الحملي المزود بالضغط فانه يخضع لقانون بوزيل والذي ين صان الجريان يتناسب مع القوة الرابعة لنصف قطر الانبوب الشعري . لذلك فان النفاذية تعتمد بدرجة رئيسية على توزيع الحجم المسامي يعتمد الانتشار من جهة اخرى بدرجة رئيسية على الحجم الكلي والالتوائية للمسامات المستمرة ان السبب في الانتشار لا يعتمد على توزيع الحجم المسامي يرجع الى ان معدل المسار الحر للجزيئات في الحركة الحرارية .

متطلبات التهوية والتنفس في التربة soil respiration and aeration requirements

ان المعدل العام للتنفس نتيجة الفعاليات الحيوية في التربة يحدد متطلبات التهوية للتربة ومن المهم ان نحصل على معلومات كلية لمتطلبات التهوية لمحاصيل وترب مختلفة في حالات متغيرة اذاكنا نصمم وسائل تؤمن توفير هذه المتطلبات ومع هذا من الصعوبة الحصول على المعلومات المطلوبة بسبب اعتماد معدل التوزيع الموضعي لتنفس التربة على عوامل كثيرة منها الحرارة ودرجة الرطوبة والمادة العضوية وفعاليات الكائنات الحية .

يحصل العجز في الاوكسجين في التربة كلما كان معدل تجهيز الاوكسجين اقل من الطلب وتحصل هذه الحالة بسبب كون مخزون الاوكسجين في التربة منخفض مقارنة بالكمية المطلوبة لتنفس التربة . لتوضيح ذلك ناخذ بالاعتبار تربة مع عمق منطقة جذرية فعال 65 سم والمسامية للمحلول بالهواء 15% تحتوي على 90 لتر من الهواء

تحت كل متر مربع منسطح التربة . مع التركيز الاول للأوكسجين 20% في الطور الغازي يمكن حساب مخزون الاوكسجين ليكون 18 لتر والذي يكافئ 25 غم (ان الغاز المثالي تحت الحرارة والضغط القياسي يحتل 22.4 لتر /مول . كتلة مول من الاوكسجين (الوزن الذري = 16) يساوي 32 غم . ان الكتلة الموجودة في 18 لتر على هذا الاساس تساوي 22.4 /(18. 32)= 25.7غم).

استحصل على بيانات تفصيلية عن تنفس التربة في انكلترا وذلك باستخدام اجهزة مقياس التنفس الحقلي تفاصيل هذه الاجهزة واستخدامها و ضعت من قبل Currie 1975 وتتالف هذه الاجهزة من اوعية واسعة (91. 91 .91)سم تملا بالتربة وتختم من الطرف العلوي مع تامين المحافظة على تركيز طبيعي للاوكسجين داخل الجهاز حيث يكون كما في الهواء وذلك بالاضافة المستمرة والاستهلاك لكميات مقاسة من الاوكسجين او CO_2 عند الحاجة لها عندما تزرع التربة فان النباتات ستنمو خلال فتحات محصورة في الغطاء باستخدام غطاء مطاطي يلحم بالسيليكون و ذلك لاحكام الغلق حول النظام ولذلك فانه من الممكن قياس CO_2 الناتج يوميا والاوكسجين المستهلك خلال كل ساعة للتربة في حالة وجود وعدم وجود النباتات .

قياس تهوية التربة Measurement of soil aeration

1 – قياس المسامية المملوئه بالهواء عند رطوبة معينة أو السعة الهوائية .

ويتم ذلك بأخذ نموذج من الحقل ذات حجم معين ورطوبة تقابل السعة الحقلية او في المختبر حيث يشبع النموذج ويسلط عليه ضغط يعادل 1/3 بار ومن ثم يؤخذ الفرق بين المسامية الكلية (يستحصل عليها من قياس الكثافة الظاهرية) والرطوبة الحجية .

2– قياس مكونات هواء التربة : وهي طريقة تشخيصية ،حيث تكشف هذه الطريقة وقت حصول عجز في الأوكسجين والمشكلة هنا تكمن في طريقة سحب عينة من هواء التربة .

3– استعمال الكتروليدات للتحسس O_2 او CO_2:

إن مثل هذه الأقطاب يجب إن تحفظ لقياس تركيز الأوكسجين . لذلك فإنها تحتم في الغالب في أنبوب مجوف يغرز في التربة وان حجم الهواء المحيط بالقطب يجب إن يتعادل مع هواء التربة قبل القياس وإذا كانت التربة رطبة جدا فان هذا التعادل يمكن إن يستلزم ساعات عديدة او ربما حتى أيام عدة.

4– قياس النفاذية الهوائية air permeability :

اي قياس العامل الذي يحدد الانتقال الكلي للهواء عبر التربة ، وتتم هذه الطريقة بملئ فجوة في التربة بغاز النتروجين ،وبعد ذلك تؤخذ نماذج من الفجوة بصورة دورية لتعيين معدل انتشار الغازات وبصورة خاصة الأوكسجين من المحيط الخارجي للتربة .

5–قياس جهد التأكسد والاختزال :

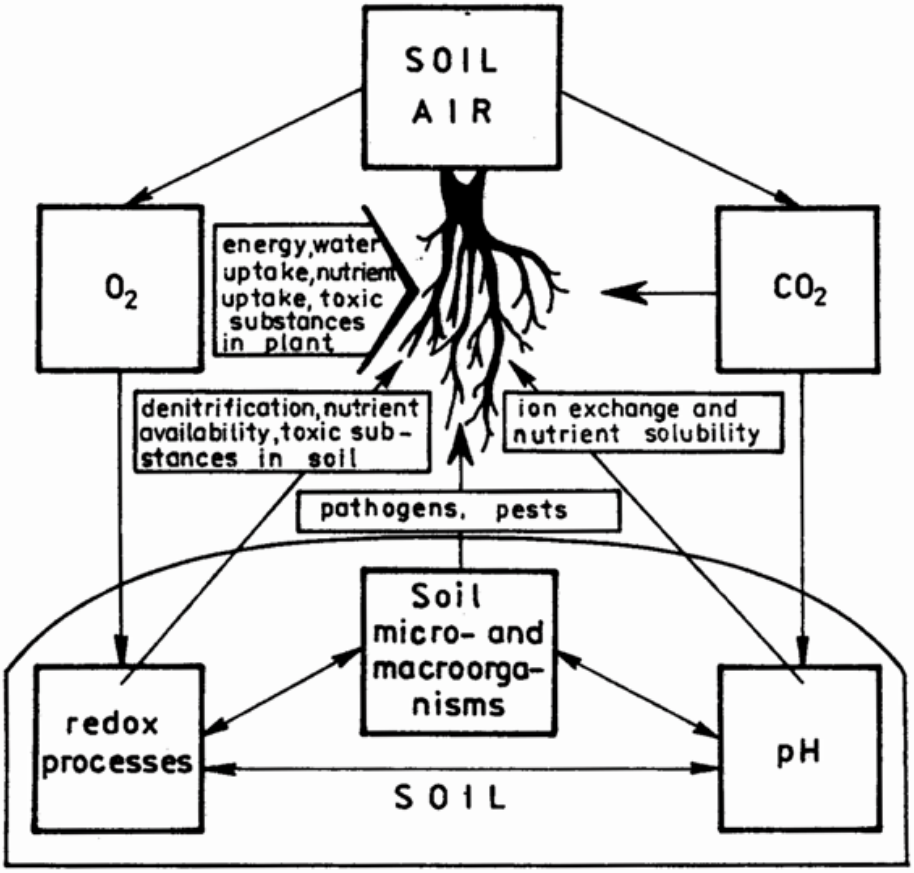
تأثير التهوية الرديئة أو نقص الأوكسجين في هواء التربة على النبات

1- تنفس الجذور : يقل معدل تنفس الجذور مما يؤثر ويحدد نموها وبالتالي نمو النبات .

2-امتصاص الجذور للماء : يقل معدل امتصاص الماء قبل الجذور كلما ساءت التهوية مما يسبب عطش النبات بظاهرة تسمى العطش الفسيولوجي.

3- امتصاص العناصر الغذائية : يقل امتصاص العناصر الغذائية مع نقص الأوكسجين حيث إن أكثر العناصر تأثرا هو البوتاسيوم ثم النتروجين ثم الفسفور ثم الكالسيوم والمغنيسيوم .

4-تكون صيغ وتراكيز سامة لبعض العناصر



A scheme of direct and indirect effects of soil air on plants.

بسم الله الرحمن الرحيم

فيزياء التربة النظري

د. بسام الدين الخطيب هشام

حرارة التربة Soil Temperature

تعد حرارة التربة صفة مهمة في تحديد معدلات واتجاهات العمليات الفيزيائية للتربة وتبادل الطاقة والكتلة مع الجو بضمنها التبخر والتهوية، كما أن الحرارة تتحكم في أنواع ومعدلات التفاعلات الكيميائية في التربة وتؤثر بقوة في إنبات البذور وبزوغ البادرات ونمو تطور المجاميع الجذرية والفعاليات البيولوجية. تستلم التربة حرارتها عادة من الشمس وتفقد بعض من طاقتها من خلال الأشعة المنعكسة إلى الجو خلال الليل، حيث تمتص الترب الغامقة اللون ما يقارب 80% والكوارتز الفاتح اللون ما يقارب 30% من أشعة الشمس الواصلة. ومن مجموع الأشعة الشمسية المنبعثة إلى الأرض ينعكس ما يقارب 34% إلى الجو حيث يمتص الجو 19% والأرض تمتص 47%.

السعة الحرارية للتربة: هي عدد السعرات الحرارية الموجودة في جسم التربة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد درجة مئوية واحدة. لذا فأن الحرارة النوعية للماء تكون وحدة واحدة وجميع مكونات التربة لها حرارة نوعية أقل بكثير من الحرارة النوعية للماء.

تحسب الحرارة النوعية للتربة C_s من حاصل جمع الحرارة النوعية للمكونات المفردة مضروبة في كتلتها

$$C_s = C_1 M_1 + C_2 M_2 + C_3 M_3 + \ldots\ldots + C_n M_n \ (cal/gm\ ^\circ C)$$

كما إن السعة الحرارية لمكونات التربة تكون مساوية للحرارة النوعية مضروبة في كثافة المواد ويمكن حساب السعة الحرارية للتربة كالاتي

$$C_s = C_s X_s + C_w X_w + C_a X_a + \ldots\ldots + C_n X_n \ (cal/cm^3\ ^\circ C)$$

حيث إن X_s و X_w و X_a حجم الجزء الصلب والماء والهواء على التوالي و C_s و C_w و C_a تمثل السعة الحرارية للمواد أعلاه على التتابع. وبسبب إن المواد الصلبة تتكون من المعادن والمادة العضوية X_o والتي تكون سعتها الحرارية لكل وحدة حجم تقريباً(0.6,0.46) على التتابع وبسبب إن مكونات الهواء في المعادلة الأخيرة صغيرة جداً فيمكن تبسيط المعادلة إلى

$$C_s = 0.46\, X_s + 0.6\, X_o + X_w$$

ولان إن السعة الحرارية للترب الرطبة تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة، وبناء التربة والمادة العضوية الموجودة في التربة ويمكن ملاحظة ذلك من العلاقة أدناه

$$C_v = \rho_{wes\ soil}\, C_p + \rho_b (1+\theta_m) C_p$$

حيث إن C_v السعة الحرارية على أساس الحجم و C_p على أساس الكتلة و θ_m المحتوى الرطوبي على أساس الكتلة و ρ_w كثافة الماء و ρ_b التربة الظاهرية على التوالي ويمكن إعادة كتابة المعادلة بالصيغة أدناه

$$C_v = \rho_b\, (C_p + \theta_m\, C_{\rho w})$$

حيث إن C_p معدل السعة الحرارية للتربة و C_{pw} **الحرارة النوعية للماء** والتي تعرف على إنها الحرارة اللازمة لرفع غرام واحد من الماء درجة مئوية واحدة، وتكون مساوية لسعرة واحدة لكل غرام لكل درجة حراة مئوية، بينما الحرارة النوعية لدقائق التربة تكون مساوية لـ 0.2 سعرة لكل غرام لكل درجة مئوية واحدة وعند التعويض نحصل على.

$$C_v = \rho_b\ (0.2 + \theta_m)$$

وعند ربط المعادلات أعلاه

$$C_v = (0.2 + \theta_m)/1 + \theta_m \Rightarrow C_v = 0.2\ \rho_b + \theta_v$$

كما تحسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة حجم معين من التربة V من درجة حرارة معينة إلى درجة حرارية أخرى Q_d من المعادلة أدناه

$$Q_d = C_v V\ (T_2 + T_1) = C_v V \Delta T$$

الإيصالية الحرارية والانتشار

معامل التوصيل الحراري: نسبة كمية انسياب الحرارة بوحدة مساحة في زمن معين إلى الفرق في درجة الحرارة وهي قياس لكمية الحرارة التي يمكن إيصالها خلال التربة في ظروف قياسية. مصدر حرارة التربة هو الإشعاع الشمسي وكذلك من عمليات الانبعاث الحراري لتحلل المادة العضوية وعمليات تكثف بخار الماء، تعتمد حرارة التربة على حرارة الهواء، وكذلك على الخصائص الحرارية للتربة.

لمقطع تربة ترتفع درجة الحرارة بواسطة كمية صغيرة في وحدة الزمن الصغيرة تكون مساوية إلى

$$AC(d\theta/dt)\ \Delta T$$

حيث إن C السعة الحرارية للتربة إن كمية الحرارة التي تحتاجها تكون مساوية إلى حجم المقطع مضروبة في C في التغيير الحراري $(d\theta/dx)$ فاذا كانت التربة معزولة عن المحيط الخارجي فإنها سوف لا تفقد الحرارة أثناء العزل وعليه

$$Ak(\partial^2\theta/\partial x^2)\ \Delta x = AC(\partial\theta/\partial t)\ \Delta x \Rightarrow k/C(\partial^2\theta/\partial x^2) = (\partial\theta/\partial t)$$

حيث تمثل $(\partial^2\theta/\partial x^2)$ الانحدار الحراري و $(\partial\theta/\partial t)$ التغير في درجة الحرارة مع التغير في الزمن و k/C انتشار الحرارة و k الإيصالية الحرارية و C السعة الحرارية. إذا اعتبر مقطع التربة بشكل مستطيل وان درجة الحرارة عند جانبي المستطيل هي T_1 و T_2 وسمك المقطع d هي وكمية الحرارة الجارية عبر زمن معين Q ، فمعدل الحرارة لكل وحدة مساحة (Q/At) والانحدار الحراري $(T_1 - T_2)$ فالإيصالية الحرارية ستكون مساوية إلى

$$k = (Q/At)/((T_1 - T_2)/d) = Qd/At(T_1 - T_2)$$

العوامل المؤثرة في حرارة التربة

أ-عوامل بيئية.

1-الإشعاع الشمسي.
2-التكييف.
3-المطر.
4-الغطاء النباتي.
5-أشعة السماء.
6-التبخر.
7-العزل الحراري.
8-التبادل الحراري مع الجو.

ب-عوامل التربة الداخلية.

1- السعة الحرارية.
2- التوصيل الحراري.
3- النسجة وبناء التربة.
4- النشاط البايلوجي.
5- الأملاح الذائبة.
6- الأشعة المنبعثة من التربة

التغيرات في حرارة التربة

أ- النموذج الشامل Global pattern

هنالك عدة حقائق معنوية لهذه القيم

1-حرارة التربة عند العمق 120,30,10 تقريباً نفسها عند خط عرض صفر على مدار السنة.

2-حرارة التربة خلال الصيف عند خط 20° شمالاً وجنوباً تقريباً نفسها عند جميع الأعماق.

3-حارة التربة عند العمق 30,10 تكون تقريباً 5م° أعلى في الصيف عند خط 40° شمال من ذلك عند 40° جنوب.

4-حرارة التربة عند جميع الأعماق تزداد شتاءً من خط العرض العالية إلى أعلى ما يمكن عند خط الاستواء.

5-حرارة التربة الشتوية عند جميع الأعماق وعند خط 40° شمالاً حوالي 5م° أبرد مما عند خط 40° جنوب.

ب-التغيرات الحرارية اليومية

عند الصباح وقبل شروق الشمس أدنى درجة حراة التربة عند السطح وتزداد مع العمق، بعد شروق الشمس تكون درجة حرارة السطح قياساً بالعمق 20 سم في حين تكون أعلى درجة حرارة للسطح عند الساعة 12:30 وهذه الزيادة في درجات الحرارة تسبب اقصى موجات حرارية تتحرك نحو الأعماق 20,10,5 سم عند الساعات 14:50 ,16:25 ,20:50 في الترب المزيجة وتستمر حتى الواحدة صباحاً من اليوم التالي لتصل للعمق 30 سم ، بعد الغروب يحدث انقلاب في حرارة التربة إذا تصبح ابرد عند العمق 5 سم عند الساعة 16:50 وبعد ساعتين كانت ابرد من التربة عند العمق 20 سم أما سعة التربة للحرارة لعمق 5 سم تكون تحت التسلسل رملية> المزيجة > الترب العضوية> الطينية وعند العمق 20 سم يصبح التسلسل رملية> المزيجة > الطينية ا> لترب العضوية.

ج-تغيرات الحرارة الموسمية

إن التغيرات الموسمية لحراة التربة مع العمق تكون مشابه لخصائصها للتغيرات اليومية ففي أشهر الصيف تصل درجة الحرارة ذروتها وتشبه درجات الحرارة عند الظهر في التغيرات اليومية، في الشتاء ستكون مشابه لحرارة الليل، فهي عند العمق 15 سم أدفأ من السطح من منتصف أذار حتى بداية آب وكان الانحدار الحراري للأعلى بينما يحدث الانقلاب في الأول من أذار إلى منتصف أيلول

تفقد التربة حرارتها عن طريق:

1- تبخر الماء.
2- إعادة الإشعاع الشمسي إلى الجو كأشعة منكسرة طويلة الموجة.
3- تسخين الهواء فوق التربة.
4- تسخين التربة.

في بعض المناطق أو الأجواء الباردة يتعذر نمو النبات أو النظام الجذري فيلجأ العاملون في الزراعة إلى رفع حرارة التربة عن طريق

1- إنشاء البيوت البلاستيكية والزجاجية.
2- تغطية التربة بالبولي اثلين غامق اللون أو تغطيتها بالمادة العضوية أو الحصى.
3- إضافة محسنات التربة وخصوصاً المشتقات النفطية.
4- زيادة العمليات البايولوجية في التربة والتفاعلات الباعثة للحرارة.
5- تحوير مقد التربة والاستفادة من بعض العمليات الصناعية كإمرار الماء الساخن لمعمل ما في أنابيب داخل التربة.

وفي بعض الأحيان وخصوصاً في الصيف يلجأ العاملون في المجال الزراعي إلى خفض درجات الحرارة لزيادة فعالية النبات وتقليل الإجهاد الحراري على النبات عن طريق،

1- إجراء عمليات الري واستخدام أساليب الري الحديثة الري بالرش.
2- إضافة محسنات التربة لتسريع عملية التبريد من جهة ومن جهة أخرى عن طريق رفع سعة حفظها للماء.
3- تغطية التربة بالمخلفات النباتية فاتحة اللون كقش التبن مثلاً والأحجار الفاتحة والمواد ذات الانعكاسية العالية.
4- زيادة التفاعلات الحرارية الممتصة للحرارة.
5- إتباع أنواع من الفلاحة تؤدي إلى زيادة التبادل الغازي وتحسين البزل.

مثال\ إذا علمت ان المحتوى الرطوبي لتربة معينة 0.2 على أساس الحجم، درجة حراتها 16م° وان كثافتها الظاهرية 1.3 غم/سم^3، جد مقدار الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة التبة إلى 22م° لعمق 90 سم بوحدة المساحة.

$$Q_d = C_v V \Delta T$$
$$C_v = 0.2\,\rho_b + \theta_v$$
$$Q_d = (0.2\,\rho_b + \theta_v) V \Delta T$$
$$= (0.2*1.3\ gm/cm^3 + 0.2(cal/cm^3.C°)(90cm*1cm*1cm(22\ C°-16\ C°)$$
$$= 0.46cal/cm^3.\ C°*540cm^3\ C° = 248.4\ calorie$$

مثال\ إذا كانت مقدار الحرارة اللازمة لرفع حراة التربة 100 سعرة ومحتوى رطوبة التربة الحجمي بحدود 0.22 وكثافتها الظاهرية 1.3 غم/سم^3، جد مقدار التغيير في درجة الحرارة لعمق 80 سم

$$Q_d = (0.2\,\rho_b + \theta_v) V \Delta T$$
$$\Delta T = Q_d / (0.2\,\rho_b + \theta_v) V \Rightarrow 100/(0.2*1.32+0.22)(80cm*1cm*1cm)$$
$$= 2.582\ C°$$

مثال\ إذا كانت درجة حرارة سطح التربة 15 م° وعند العمق 5 سم 20 م°، فاذا علمت ان معامل التوصيل الحراري 0.003 سعرة/سم.ثا.م°، جد كمية الحرارة تبقى ثابتة خلال اليوم.

$$k = (Q/At)/((T_1 - T_2)/d) \Rightarrow Qd = kAt(T_s - T_5)/(d_s - d_5)$$
$$= -0.003(cal/cm.sec.C°)*1cm*1cm*1day*8.64*10^4 sec/day$$
$$= 259.2\ calorie$$

المعايير التي تحدد التوازن الحراري في التربة

ويشمل التوازن الحراري

1- توازن الإشعاع على سطح التربة.
2- التبادل الحراري بين سطح التربة والطبقات العميقة.
3- التبادل الحراري بين التربة والهواء.
4- الحرارة المفقودة من رطوبة التربة عن طريق التبخر.

التوازن الحراري = مقدار الطاقة المكتسبة – مقدار المفقودة.

مقارنة بين تربتين أحدهما جافة والأخرى مشبعة بالماء وتربتين خشنة وناعمة من حيث سرعة التسخين والتبريد

1- الترب الجافة تسخن وتبرد بشكل أسرع والمشبعة تكون أبطأ.
2- الترب الجافة ذات سعة حرارية أقل من المشبعة بسبب السعة الحرارية النوعية العالية للماء.
3- الترب الرملية تسخن وتبرد بسرعة وتكون بطيئة بالتبريد.
4- الترب الطينية بطيئة التسخين بسبب احتفاظ التربة بالماء والذي يزيد من السعة الحرارية النوعية.

تبادل الأشعة في الحقل

يحدث الإشعاع عندما يطلق موجات اليكترومغناطيسية من جميع الأجسام عندما تزيد درجة حراتها عن الصفر الكلفني، يعد الإشعاع الشمسي الواصل إلى سطح الأرض من المكونات الأساسية لتوازن الطاقة، يلاحظ أن النباتات الخضراء لها القدرة على تحويل جزء من الإشعاع الشمسي إلى طاقة كيميائية خلال عملية التركيب الضوئي، إن الإشعاع الشمسي يصل إلى الغلاف الجوي الخارجي بمعدل تدفق مقداره 2 سعرة /دقيقة.سم^2 وتكون عمودية على الأشعة الساقطة. إن سطح الأرض يبعث أشعة وبنفس الوقت يمتص الأشعة ويبث أشعة ذات موجات طويلة، إن الفرق بين الأشعة القادمة والأشعة الخارجة يطلق عليها بصافي الإشعاع Jn، خلال النهار يكون صافي الإشعاع تشكل جزءً صغيراً من توازن الطاقة، في الليل فان التبادل الحراري من الأرض إلى الجو يكون سائداً في التوازن الحراري،

$$J_n = J_{s\uparrow} + J_{s\downarrow} + J_{l\downarrow} + J_{l\uparrow}$$

حيث إن $J_{s\uparrow}$ الأشعة ذات الموجات القصيرة المنعكسة من السطح، $U_{s\downarrow}$ الأشعة ذات الموجات القصية القادمة من الجو و $J_{l\downarrow}$ الأشعة ذات الموجات الطويلة القادمة من الجو، $U_{l\uparrow}$ الأشعة المنعكسة والمنبعثة،

التوازن الكلي للطاقة

عندما تتوازن الأشعة المكتسبة والمفقودة من السطح ستحصل تحولات لهذه الطاقة، فمنها ما يتحول إلى حرارة تعمل على تدفئة التربة والنبات والجو والجزء الأساسي يمتص على شكل طاقة كامنة للتبخر-نتح LE.

$$J_n = LE + A + S + M$$

حيث إن A تدفق الطاقة التي تسخن الهواء S الحرارة المخزونة في التربة، الماء والغطاء الخضري، M تمثل أنواع الطاقة الأخرى. إن انتقال الحرارة المحسوسة وبخار الماء واللذين لهما حرارة كامنة من الحقل إلى

الجو يكون متأثراً بحركة الهواء المضطربة في الجو والطبقات المحيطة. يلاحظ أن تدفق الحرارة المحسوسة A يكون متناسباً مع حاصل ضرب الانحدار الحراري dT/dZ ومكافئ الانتقال k_a المضطرب للحرارة T كما في أدناه

$$A = C_p \rho_a k_a dT/dZ$$

حيث إن C_p السعة النوعية للهواء عندما يكون الضغط ثابتاً (سعرةاسم.م°)، و ρ_a كثافة الهواء و Z الارتفاع عن سطح الأرض سم، إن معدل انتقال الحرارة الكامنة بواسطة بخار الماء من الحقل إلى الجو الخارجي تكون أيضاً متناسبة مع حاصل ضرب انحدار الضغط ومكافئ الانتقال المضطرب للبخار، وعند افتراض تساوي مكافئ الانتقال من الحرارة وبخار الماء، فان نسبة انتقال الحرارة المحسوسة إلى الحرارة الكامنة تصبح

$$\beta = A/LE = \gamma \Delta T/\Delta e$$

حيث ان γ ثابت الترطيب ويساوي 0.66 ملبار لكل م° هي $\Delta T/\Delta e$ نسبة الانحدار الحراري إلى انحدار ضغط البخار في الجو فوق نطاق الحقل و β ثابت بوين المعتمد على درجة الحرارة ورطوبة الحقل، بعد إعادة كتابة المعادلات السابقة فنحصل على

$$J_n = S + A + LE \quad and \quad \beta = A/LE \quad and \quad LE = (J_n - S)/1 + \beta$$
$$A = \beta(J_n - S)/(1 + \beta)$$

مثال\ في احد الأيام استلم احد الحقول أشعة شمسية قدرها 500 سعرةاسم^2، قيمة الالبيدو كانت 15% وقيمة صافي الأشعة الخارجة بشكل موجات طويلة 10 سعرة اسم^2، إذا علمت ان الحرارة المحسوسة المنتقلة إلى الهواء تساوي 12 سعرة اسم^2 وصافي التدفق إلى التربة 6 سعرةاسم^2 والطاقة المستخدمة حيوياً 8 سعرة اسم^2، احسب صافي الإشعاع، طاقة التبخر نتح، وكذلك التبخر نتح اليومي، في اليوم التالي انعكست الحرارة المعكوسة والمنتقلة واصبح التبخر نتح الكلي 7.5 مم، فعند بقاء القيم الأخرى دون تغير احسب كمية الطاقة الخاصة بالتيار الحراري الأفقي المأخوذة من قبل الحقل.

$$J_n = J_s\,(albido) - J_l$$
$$= 500(1-0.15)-10 = 415\ cal/cm^2$$
$$J_n = LE + A + S + M \Rightarrow LE = J_n - A - S - M = 415 - 12 - 6 - 8 = 389\ cal/cm^2$$

لغرض تبخير 1 غم أو 1 سم^3 من الماء إلى 580 سعرة اسم^2 وان

$$Amount\ of\ evaporation = LE/L = 389/580 = 0.67\ cm\ or\ 6{,}7\ mm$$

اليوم التالي

$$LE = E_o L = 0.75cm * 580\ cal/cm^2$$
$$When\ equilibrium\ \ J_n + A = LE + S + M$$

الطاقة المكتسبة = مقدار المفقودة

$$A = LE + S + M - J_n = 435 + 6 + 8 - 415 = 34\ \ cal/cm^2$$

المادة العضوية Organic Matter

المواد العضوية تعبير عام يشمل المخلفات النباتية وفضلات الحيوانات والمواد الخام التي تلفظها المعامل والمدن والتي لم يتناولها اي تحلل احيائي او كيميائي وهذه المخلفات والفضلات تتكون من المكونات الاتية:

1. المواد التي تذوب في الماء وتشمل السكريات والكلوكوسيدات والاحماض الامينية واملاح النترات والكبريتات والفلوريدات واملاح البوتاسيوم
2. المواد التي يذوب في الايثر والكحول وتشمل الدهون والزيوت والشموع والمواد الراتنجية والتانينات والقلوديدات والصبغات
3. المواد السليلوزية.
4. انصاف السليلوز.
5. المواد الكنينية.
6. المواد البروتينية.
7. الاملاح المعدنية التي لا تذوب بالماء مثل سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والالمنيوم وهي تكون مع الاملاح المعدنية الذائبة ما يعرف بالرماد.

فعند توفر الظروف البيئية الملائمة من رطوبة وتهوية وحرارة تعمل الاحياء الدقيقة على تحلل المواد العضوية فينتج عن التحلل غازات تتطاير الى المحيط وطاقة جزء منها تستهلك الاحياء الدقيقة في بناء اجسامها والجزء الاخر يتحرر الى حرارة تنفذ الى المحيط ومواد كيميائية حيوية تسمى المواد غير الدبالية (تشمل الكاربوهيدرات والبروتينات والاحماض الامينية والدهون والصبغات والاحماض العضوية) اما المواد الدبالية فهي النواتج التي تتكون بفعل عمليات التخليق الحيوي الثانوية لتكوين سلسلة من المعقدات البوليميرية وتقسم حسب وزنها الجزيئي وخواصها الى حامض الفولفيك وحامض الهيوميك والهيومين.

فالمادة العضوية في التربة تشتق من المخلفات النباتية وافرازات الحيوانات المختلفة لتعطي بعد تحللها وتفككها بفعل الاحياء الدقيقة والنشاط الحيوي عناصر معدنية بسيطة ومركبات غازية(NH_3,CO_2) خلال مرحلة التمعدن السريع كما تعطي معقدات دبالية غروية كنتاج لعملية التدبل والتي ينتج عنها مركبات جديدة غير المواد البسيطة التي بدأت بها بفعل عملية التفكك الحيوي. اما الاسمدة العضوية فهي كالمخلفات النباتية والفضلات الحيوانية المخمرة طبيعيا او المحضرة صناعيا التي تتفسخ احيائيا عند اضافتها للتربة وتعطي مركبات معدنية بسيطة او غازات مثل الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون وغيرها ومركبات غروية والتي تسمى الدبال Humus الذي يلعب دورا هاما في تحسين الخواص الفيزيائية و الكيميائية والاحيائية للتربة،

والدبال مركب معقد ينتج من التحلل التدريجي للمواد العضوية بفعل الاحياء الدقيقة المختلفة واهم صفاته العامة ما يلي:

1. مادة داكنة اللون او سوداء.
2. لا يذوب في الماء لكنه يكون محلولا غرويا ويذوب بدرجة كبيرة في المحاليل القلوية المخففة وخاصة بالغليان مكونا مستخلصا داكن اللون ويمكن ترسيب جزء كبير من هذا المستخلص عند المعادلة بالأحماض المعدنية.
3. يحتوي على نسبة من الكاربون اعلى مما موجود في اجسام النباتات والاحياء الدقيقة تتراوح بين 55-65% وقد تصل الى 58% ويعود ذلك لارتفاع محتواه من اللكنين.
4. محتواه من البروتين مرتفع قد يبلغ اكثر من 17%.
5. تكون النسبة بين الكربون : النتروجين بحدود 1:10 .

وعموما يعتبر وجود المادة العضوية في التربة صفة طبيعية لها تميزها عن مادة الاصل حيث ان هذه المواد لا تصبح تربة الا عند ظهور المادة العضوية فيها، وتكون ترب المناطق الحارة الجافة ونصف الجافة كما هو في غالبية الدول العربية فقيرة بالمادة العضوية . وتعتبر التربة فقيرة بالمادة العضوية اذا قلت نسبة الدبال عن 3% بينما تعتبر غنية اذا احتوت من 5-10% وتعد التربة دبالية اذا زادت النسبة عن 30%.

تكوين الدبال Formation of Humus

تختلف مجاميع مركبات المادة العضوية فيما بينها بدرجة كبيرة من حيث مقاومته للتحلل فيلاحظ اختفاء المواد سريعة التحلل اولا ثم يبطئ التحلل بعد ذلك وتختفي الانسجة النباتية الفتية بعدها الانسجة الاكبر عمرا وهكذا تتباطأ سرعة التحلل كلما ازداد تعقيد تركيب جزيئات المواد وتترتب المركبات حسب سرعة تحللها بالشكل الاتي: سكر الكلوكوز الى النشأ الى السيليلوز ثم اللكنين الذي يتميز بمقاومة كبيرة للتحلل من جهة ثانية تتحلل بروتينات الاجزاء النباتية بسرعة الا ان نواتج تحللها تستخدم من قبل الاحياء الدقيقة لبناء بروتينات بلازما خلاياها، وفي نهاية التحلل تبقى مادة ذات تركيب معقد تكون اكثر ثباتا في التحلل ذات لون غامق وطبيعة غروية وهي الدبال.

ان الارتفاع النسبي للكنين والبروتين للمواد المتحللة اضافة لوجود بعض التشابه في تركيبها الهيكلي مع المواد الدبالية اسست لظهور مفهوم الدبال كمعقد بروتين ملكنن الذي تكون نتيجة تفاعل اللكنين والذي احتفظ بكياله اثناء التحلل مع البروتين الجديد لبلازما الاحياء الدقيقة. فالدبال مادة بوليميرية معقدة التركيب تحتوي على نسبة ضئيلة من المواد القابلة للذوبان في الماء من السكريات والاحماض الامينية غير ان اغلب مواده لا تذوب في الماء ويعتبر المكون

الاساسي لها مركبات عضوية عطرية (حلقية) مركبات نتروجينية والتي تنتج من خلال احد المسارين الآتيين:

1. تحلل الانسجة الميتة كالمواد ذات الطبيعة العطرية مثل الحلقية والكينونات المتكونة من تحلل اللكنين والمواد التانينية.
2. التبادل والتمثيل الحيوي واعادة التكوين من قبل الاحياء الدقيقة التي تستعمل المواد الكاربوهيدراتية والبروتينات كمصدر لتزويدها بالطاقة ولبناء خلاياها مثل الاحماض الامينية والبروتينات والسكريات الامينية والمركبات العطرية.

تركيب الدبال

تعد الاحماض الدبالية المكون الاساسي للدبال مع بعض المواد العضوية الاخرى وتؤدي الاحماض الدبالية دورا هاما في تحديد خواص المادة العضوية وتأثيراتها الفيزيائية والكيميائية وتتكون هذه الاحماض من هيكل اساسي من مجاميع فينولية مبلمرة ومؤكسدة وان الاحماض الامينية والببتيدات وبعض المواد العضوية الاخرى مرتبطة بهذه الوحدات الفينولية، ولان الكنينات تتكون من وحدات فينولية وتشكل جزء كبير من تركيب النبات وهي مقاومة للتحلل لذلك اعتبرت بانها المصدر الرئيس للوحدات الفينولية والتي منها تتخلق الاحماض الدبالية.

تتكون المواد الدبالية من عدد من المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة وقسم كبير من تلك المواد يرتبط بمختلف الروابط مع الجزء المعدني للتربة لذا فان فصلها وتجزئتها يتطلب المذيبات الازمة لتحطيم هذه الروابط وقبل كل شيء لابد من انتزاع الكالسيوم وتتضمن المواد الدبالية ما يأتي

1. احماض الهيومك Humic Acids

تمثل احماض الهيومك مجموعة المواد الدبالية التي يتم استخلاصها بالمحاليل القلوية او المذيبات الاخرى بشكل محاليل داكنة اللون او حبيبات والتي تتكون من هيومات الصوديوم والامونيوم والبوتاسيوم والتي تترسب بالمحاليل الحامضية بشكل راسب هلامي غير متبلور وتتضمن احماض الهيومك المستخلصة بالتركيب الكيميائي التالي من العناصر (كربون 50-62% اوكسجين 31-40% هيدروجين 2.8-6% نيتروجين 2-6%) ويعود سبب التفاوت في التركيب الكيميائي لاحماض الهيومك من العناصر كون تلك الاحماض لا تمثل صيغة محددة من الناحية الكيميائية كما انها ليست ذات تركيب بنائي ثابت ومحدد بل انها مجموعة من المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة المتماثلة في تركيبها وصفاتها حيث وجد انها تحوي على الفسفور والحديد والسليكون والالمنيوم والكبريت بحدود 1-10% من تركيبها اضافة الى العناصر الرئيسة المذكورة واعتمادا على درجة التفاوت والاختلاف بينها.

ان تصنيف المواد الهيوميكية كأحماض يعود الى وجود مجاميع الكاربوكسيل فيها COOH وان درجة التفاعل للمعلق المائي للأحماض هو pH 3 وان قابلية هيدروجين المجاميع الكاربوكسيلية وبدرجة اقل المجاميع الهيدروكسيلية على التبادل مع الايونات الموجبة تحدد الى درجة كبيرة السعة التبادلية الكاتيونية . تتميز الاحماض الهيوميكية بتنوع حجم دقائقها وعدم تجانسها من حيث تفاصيل بنائها التركيبي ولذلك يكون تحديد وزنها الجزيئي معقد جدا . ان املاح حامض الهيومك للعناصر القاعدية احادية التكافؤ مثل البوتاسيوم والصوديوم والامونيوم والليثيوم تكون ذائبة او عالية الانتشار وتكون محاليل غروية ذات لون داكن من البني الفاتح الى البني الغامق الى الاسود تقريبا. اما احماض الهيومك الحرة واملاحها مع الايونات الموجبة الثنائية والثلاثية التكافؤ فتكون غير ذائبة وتوجد على هيئة هلام Gel. وتتجمع معظم كميات احماض الهيومك في الطبقة العليا من التربة لارتباطها مع الكالسيوم والمغنسيوم والمنغنيز مما يؤدي الى فقدانها قابلية الانتقال وتمثل احماض الهيومك اهم جزء من الدبال وذلك لسعتها التبادلية العالية بالنسبة للأيونات الموجبة كما انها تلعب دورا مهما في بناء التربة المهم زراعيا وهي مصدرا احتياطيا للمواد الغذائية للنبات خاصة النتروجين.

2.احماض الفولفيك Fluvic Acids

هي المواد الدبالية ذات اللون الاصفر او الاحمر الخيف التي تبقى في المحلول بعد تحميض المستخلص القاعدي وترسيب احماض الهيومك منه. واحماض الفولفيك مجموعة من المركبات ذات الاوزان الجزيئية الكبيرة المتشابهة في بنائها التركيبي ويختلف التركيب لأحماض الفولفيك عن التركيب لأحماض الهيومك من حيث نسبة ما تشترك فيه العناصر الداخلة في تركيب هذه الاحماض وكما موضح بالاتي(كربون و اوكسجين 44 –49% هيدروجين 3.5–5% ونيتروجين 2–6%) ان نسبة الكاربون الى الهيدروجين لأحماض الفولفيك تكون دائما اضيق مقارنة مع احماض الهيومك وان مقدار الرماد في احماض الفولفيك يصل الى 7–10% تتميز احماض الفولفيك بانها اكثر حبا للماء بسبب زيادة نسبة المجاميع الالفاتية المحبة للماء الى المجاميع العطرية التي تحمل صفات الكارهة للماء فيها كما نجد مجاميع الكاربوكسيل COOH والهيدروكسيل الفينولية OH ضمن المجاميع الفعالة في احماض الفولفيك اضافة الى ذلك فان المستخلصات من هذه الاحماض تحتوي على مجاميع الميثوكسيل OCH_3 بكميات كبيرة قد تصل بين 5–7%.واحماض الفولفيك ذائبة بالماء وpH 2.6–2.8 وعلى هذا الاساس تعتبر احماض الفولفيك من الاحماض القوية ويمكن التحول التدريجي لأحماض الفولفيك الى احماض الهيومك والعكس بالعكس يمكن اعتبار احماض الفولفيك اشكالا اولية لاحماض الهيومك او نواتج تحطمها.

3.الهيومين Humin

هو ذلك الجزء من المواد الدبالية الذي لا يستخلص بالمحاليل القاعدية حتى بعد انتزاع الكالسيوم من الوسط، ويمكن استخلاصه بطريقة المعاملة المتناوبة بالحامض والقاعدة وهو معقد من المواد الدبالية مشابه للمعقد المستخلص بالقاعدة بصورة مباشرة من الوسط المنزوع الكالسيوم بمعنى انه يتكون من احماض الهيومك والفولفيك وتختلف احماض الهيومك الموجودة في الهيومين عن تلك الاعتيادية بكونها تحتوي على نسبة اقل من الكاربون ونسبة اعلى من الاوكسجين والهيدروجين، كما ان احماض الهيومك و الفولفيك الموجودة في الهيومين تكون على درجة عالية من البلمرة والانضغاط مما يعطيها المقاومة الكافية لفعل القواعد.

مما سبق يمكن القول ان الدبال مادة غير قابلة للذوبان في الماء على الرغم من ان بعض منه يكون معلقا غرويا في الماء لكن الجزء الاكبر منه يذوب في المحاليل القلوية المخففة وقد تذوب بعض مكوناته في المحاليل الحامضية.

المحاضرة السادسة البوتاسيوم

يعد البوتاسيوم من العناصر الرئيسة التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة تفوق المغذيات الاخرى باستثناء النتروجين في بعض النباتات مثل التبغ يفوق البوتاسيوم النتروجين، تتجلى اهمية البوتاسيوم من خلال وظائفه الفسيولوجية العديدة ومشاركته الفعالة في عملية البناء الضوئي وتكوين البروتينات والكربوهيدرات وامتصاص الماء والمغذيات ، ويعد منشطا لأكثر من 85 نوعا في النبات وقد يفوق عدد الانزيمات التي ينشطها البوتاسيوم هذا العدد.

يشكل البوتاسيوم 0.3_2.5% من المكونات المعدنية للقشرة الارضية، فهو يتواجد في المعادن الاولية مثل الفلدسبار والمسكوفايت وغيرها وهذه المعادن عند تعرضها للتجوية ينشأ منها المعادن الثانوية الغنية بالبوتاسيوم .

صور البوتاسيوم في التربة :

يوجد البوتاسيوم بثلاثة اشكال في التربة والتي تصنف على اساس جاهزيتها للنبات وترتبط هذه الاجزاء مع بعضها بعلاقة توازن مباشر وكما يأتي :

1. بوتاسيوم صعب الجاهزية ويشكل 90–98 % من بوتاسيوم التربة الكلي ويشمل البوتاسيوم الموجود في التركيب البلوري للمعادن الاولية و الثانوية ويكون تحرر البوتاسيوم بطيئا بكميات قليلة جدا مقارنة بحاجة النبات منه .
2. بوتاسيوم بطيء الجاهزية ويشكل 2–10% من البوتاسيوم الكلي الموجود في التربة وهو البوتاسيوم المثبت في معادن البايوتايت وغيرها وهو في حالة توازن مع الشكل الجاهز لذلك يعد مخزنا ومجهزا لمحلول التربة بالبوتاسيوم الجاهز
3. البوتاسيوم الجاهز نسبته 0.1–2 % من البوتاسيوم الكلي وهو الجاهز للامتصاص من قبل النبات ويشمل البوتاسيوم الذائب في محلول التربة والمتبادل على اسطح غرويات التربة المعدنية والعضوية.

تثبيت البوتاسيوم والعوامل المؤثرة عليه :

تثبيت البوتاسيوم هي عملية تحول البوتاسيوم الجاهز (الذائب والمتبادل)الى صورة البوتاسيوم بطيء الجاهزية من خلال تثبيت البوتاسيوم في الفجوات السداسية في طبقة السليكا للمعادن 1:2 وذلك لتقارب نصف قطر ايون البوتاسيوم مع نصف قطر الفجوة وبذلك يرتبط العنصر بقوى تمنعه من الانطلاق بسهولة الى محلول التربة . ونظرا لأهمية عملية التثبيت في الزراعة التطبيقية من حيث تحول السماد البوتاسي المضاف الى صورة غير جاهزة للامتصاص من قبل النبات

واهمية ذلك في وضع الخطط التسميدية مما يستوجب معرفة العوامل المؤثرة في تثبيت البوتاسيوم واهمها

1. **نوعية معادن الطين** معادن الطين من 2:1 تمتاز بقدرتها العالية في تثبيت البوتاسيوم مقارنة مع المعادن 1:1 ، ان قدرة التثبيت لمعادن 2:1 تختلف في اختلاف خصائص هذه المعادن لذلك قدرة معدن الايلايت على التثبيت اكبر من معدن الفيرموكولايت وهذه اكبر من معادن المونتمورولايت .
2. **درجة الحرارة** تزداد قدرة المعدن على التثبيت بارتفاع درجات الحرارة ، كما ان الانجماد والذوبان يؤدي الى زيادة تحرر البوتاسيوم وانطلاقه الى محلول التربة.
3. **رطوبة التربة** يؤدي جفاف التربة الى زيادة التثبيت بسبب زيادة تجمع البوتاسيوم على سطح معادن الطين وتقلص البعد البؤري اذ تحصل حالة اندفاع للبوتاسيوم ليثبت داخل الطبقات ، ان عملية تعاقب الري والتجفيف من الحالات السائدة في الحقول الزراعية وتؤدي الى تحرر وانطلاق البوتاسيوم المثبت.
4. **درجة تفاعل التربة وكاربونات الكالسيوم** كمية البوتاسيوم المثبت تزداد بزيادة درجة تفاعل التربة كما وجد ان اضافة الكلس وكاربونات الكالسيوم الى الترب الحامضية يؤدي الى زيادة قدرة التربة على تثبيت البوتاسيوم، وفي دراسة لعلاقة الكلس بتثبيت البوتاسيوم في الترب العراقية وذلك لكون الكلس من المكونات الرئيسة في الترب العراقية وان الكلس يتواجد في التربة بشكل اغلفة ومواد رابطة للمفصولات (الطين الغرين والرمل) وبشكل بلورات مفردة ، واضاف بانه لا توجد علاقة منتظمة بين النسبة المئوية للكلس في المفصولات والتغير بكمية البوتاسيوم المثبت بسبب ازالة الكلس وهذا يدل على ان تأثير الكلس على تثبيت البوتاسيوم هو تأثير ميكانيكي وذلك من خلال تكوينه اغلفة حول المفصولات وربطه للمفصولات المختلفة. ان ازالة الكلس من مفصولات التربة سببت زيادة في قابلية التربة على تثبيت البوتاسيوم وان تثبيت البوتاسيوم في التربة لا يتأثر بكمية الكلس وانما بحالة او طبيعة وجود الكلس وان تكوينه اغلفة حول المفصولات او كونه مادة رابطة تربط المفصولات يؤثر على طبيعة تثبيت البوتاسيوم من خلال تقليل السطوح المعرضة للبوتاسيوم.
5. **تأثير ايون الامونيوم** نظرا لتقارب نصف قطر ايون البوتاسيوم مع نصف قطر ايون الامونيوم وان انصاف اقطارهما متقاربان من نصف قطر الفجوة السداسية لطبقة السليكا لذا فان مواقع التثبيت للبوتاسيوم والامونيوم متشابهة ، اضافة الامونيوم اولا واحتلاله مواقع تثبيت محددة تدفع البوتاسيوم المضاف الى احتلال المواقع المتبقية وعند اضافة البوتاسيوم اولا فانه يعمل على تقليل

الامونيوم المثبت ، وان اضافة تركيز ثابت من كلا الايونين معا يساعد على تثبيت كمية اكبر من البوتاسيوم مقارنة مع الامونيوم.

البوتاسيوم ونمو النبات

لا يدخل البوتاسيوم في تكوين اعضاء وانسجة النبات او مركباته ، ان دوره في النبات هو عمل تنظيمي او تحفيزي واهم وظائف البوتاسيوم تنظيم الجهد الازموزي للنبات لوجوده بصورة ايونية في العصارة الخلوية والنباتات المجهزة بالبوتاسيوم تزداد قدرتها على الاحتفاظ بالماء بسبب انخفاض معدل النتح يعود الى سيطرة البوتاسيوم على فتح وغلق الثغور ، كما يقلل من الجهد الازموزي لعصير الخشب مما يشجع امتصاص الماء . يلعب البوتاسيوم دورا هاما في تحفيز معدل عملية البناء الضوئي وانتقال نواتجها . يقوم البوتاسيوم بتنشيط اكثر من 85 انزيما داخل النبات. هناك علاقة بين تواجد البوتاسيوم في النبات وعملية تكوين البروتين وله دور مهم في تثبيت النتروجين الجوي في العقد الجذرية للنباتات البقولية.

اعراض نقص البوتاسيوم

يؤدي نقص البوتاسيوم الى قصر الساق وضعف المجموع الجذري وقلة عدد الازهار وانخفاض الانتاجية ورداءة نوعية الثمار اضافة الى انخفاض محتوى النبات من الكربوهيدرات ويساهم في ظهور التجعدات والذبول داخل بعض الثمار خاصة الطماطم والبطاطا. عنصر البوتاسيوم من العناصر المتحركة داخل النبات لذلك فان اعراض نقصه بالأوراق القديمة وذلك بحدوث اصفرار بقمة الاوراق وحافاتها كما تظهر بقع منخورة في قمة ونصل الورقة يطلق عليه بالتنخر.

اهم اسمدة البوتاسيوم :

١. كلوريد البوتاسيوم : وهو سماد بلو ري ذائب في الماء ويحتوي على حوالي ٥٠-٥٢% بوتاسيوم .

٢. كبريتات البوتاسيوم : ملح ذائب في الماء متبلور ابيض اللون يحتوي على ٤٢ بوتاسيوم و ١٨ %كبريت واقل من ٢,٥ كلور .

٣. كبريتات البوتاسيوم- المغنيسيوم : هذا السماد يصنع ويسوق تحت اسماء تجارية مختلفة انه يحتوي ١٨S% و ٢٢ Mg % و ١١ K % .

المحاضرة الأولى :

١-مقدمة عن علم تغذية النبات :

علم تغذية النبات (Edaphology or plant nutrition) :

وهو العلم الذي يهتم بدراسة كيفية حصول النبات على احتياجاته من العناصر الغذائية وكيفية امتصاصها وتتبع دخولها من محلول التربة والجو إلى داخل السايتوبلازم والفجوة العصارية وكذلك دراسة الفرضيات والنظريات المتعلقة بالامتصاص والعوامل التي تؤثر على هذا الامتصاص وكذلك تشخيص أعراض النقص والسمية إضافة إلى دراسة الوظائف الفسلجية المختلفة لهذه العناصر ودورها في نمو النبات .

إن علم تغذية النبات يهتم بدراسة تحسن طرق تصنيع الأسمدة واقتصاديات استعمالها ومواعيد وكميات إضافتها ومن جانب آخر فان هذا العلم يهتم بدراسة مقاومة الأمراض والحشرات عن طريق التغذية المعدنية .إن لهذا العلم علاقة فريدة مع الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية فهو يحتاج إلى علوم أخرى مثل علوم التربة والكيمياء الحياتية وفسلجة النبات واقتصاديات التربة والموارد المائية وغيرها من العلوم الأخرى لفهم هذه العلاقة .

النباتات تتغذى على ايونات العناصر المعدنية وان العناصر المعدنية مصدرها التربة وان التربة هي ناتج لعمليات التعرية والتجوية في الصخور المختلفة لذلك تعد الصخور والمحيطات والهواء الجوي المصدر الخام للعناصر الغذائية المعدنية وعند توفر كميات جاهزة من هذه العناصر تنمو النباتات الصغيرة والكبيرة ويتغذى عليها الحيوان والإنسان لذلك هنالك علاقة وثيقة بين تغذية النبات ومصير الكائنات الحية على سطح الكرة الأرضية .

العنصر الغذائي (صفاته ــــ شروطه) :

لكي يقال إن هذا العنصر الغذائي ضروري يجب إن تتوفر فيه واحد من هذه الشروط أو جميعها وهذه الشروط هي :

١- يدخل بصورة مباشرة في تركيب مادة النبات أو احد أعضائه .

٢- بدون هذا العنصر لايمكن للنبات من إكمال دورة حياته .

٣- نقص العنصر الغذائي يؤدي إلى ظهور أعراض نقص خاصة بهذا العنصر .

٤- إن مظاهر نقص هذا العنصر لاتزول إلا بإضافة العنصر المفقود .

٥- لايمكن إن نعوض العنصر الغذائي عن أي عنصر آخر في جميع وظائفه .

٦-له دور مفيد في التفاعلات الحيوية التي تحدث في النبات أو انه يزيل الأثر الضار الناجم عن التفاعلات الحيوية التي يقوم بها **النبات** .

العنصر الغذائي (صفاته ــــ شروطه)

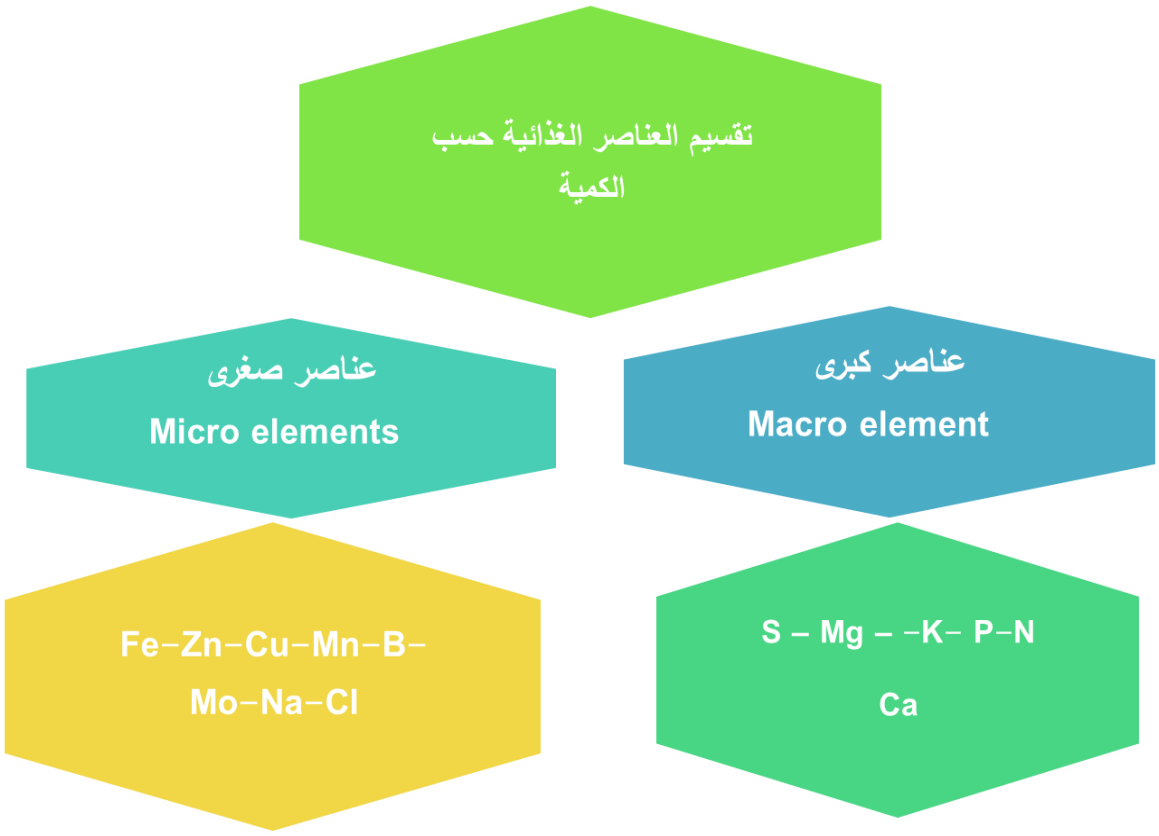
بدون هذا العنصر لا يمكن للنبات من إكمال دورة حياته	نقص العنصر الغذائي يؤدي إلى ظهور أعراض نقص خاصة بهذا العنصر
له دور مفيد في التفاعلات الحيوية التي تحدث في النبات أو انه يزيل الأثر الضار الناجم عن التفاعلات الحيوية التي يقوم بها النبات	يدخل بصورة مباشرة في تركيب مادة النبات أو احد أعضائه .
إن مظاهر نقص هذا العنصر لاتزول إلا بإضافة العنصر المفقود	لا يمكن إن نعوض العنصر الغذائي عن أي عنصر آخر في جميع وظائفه .

يمكن تقسيم العناصر الغذائية من الناحية الكمية إلى مايلي :

١ – العناصر الكبرى (Macro element) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات كبيرة نسبيا وتتراوح حدودها بالنسبة لنبات المادة الجافة (٠,١ % – ٦ %) من محتوى المادة الجافة ويعني (١ – ٦٠) ملغم / غم مادة جافة . وتشمل هذه العناصر (C–H–O–N–P–K–Ca –Mg–S) .

٢ – العناصر الصغرى (Micro elements) : وهي العناصر التي يحتاجها النبات بكميات اقل نسبيا ويقدر محتواها في المادة الجافة (٢٠٠ppm) (جزء بالمليون) وتشمل عناصر (Fe–Zn–Cu–Mn–B–Mo– Na–Cl) .

يلاحظ إن (Na, CL) بصورة عامة تعتبر من العناصر الصغرى إلا إنها بالنسبة للنباتات الملحية تعتبر من العناصر الكبرى حيث تحتاجها النبات بكميات كبيرة مقارنة بالنباتات الأخرى .



كما يمكن تقسيم العناصر الغذائية من ناحية وظائفها الفسيولوجي والحيوية إلى المجاميع التالية :

المجموعة الأولى : وتشمل عناصر(C-H-O-N-S) حيث تدخل هذه العناصر في تركيب مادة النبات العضوية وتنشيط الإنزيمات .

المجموعة الثانية : وتشمل عناصر(P-B-Si) فتشارك هذه العناصر في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات .

المجموعة الثالثة : وتشمل عناصر(CL-Mn-Mg-Ca-Na-k) فإنها ذات أهمية في الجهد الازموزي وتساهم في عملية تكوين الإنزيمات والبروتينات .

المجموعة الرابعة : وتشمل عناصر (Fe-Cu-Zn-Mo) هذه العناصر لها القابلية على تغير أعداد تكافؤها لذلك تعمل هذه العناصر على انتقال الالكترونات أي بمعنى آخر لها دور بعمليات الأكسدة والاختزال.

تقسيم العناصر الغذائية من ناحية وظائفها الفسيولوجية والحيوية

عناصر تدخل في تركيب مادة النبات العضوية وتنشيط الإنزيمات وتشمل (C-H-O-N-S)

عناصر تشارك في انتقال الطاقة وتكوين مجاميع الاسترات وتشمل عناصر(P-B-Si)

عناصر لها القابلية على تغير أعداد تكافؤها وتعمل على انتقال الالكترونات أي بمعنى آخر لها دور في عمليات الأكسدة والاختزال وتشمل (Fe-Cu-Zn-Mo)

عناصر ذات أهمية في الجهد الازموزي وتساهم في عملية تكوين الإنزيمات والبروتينات وتشمل(CL-Mn-Mg-Ca-Na-k)

Name	Symbol	Ionic Form	Ion Name
Carbon	C	----	----
Hydrogen	H	H^+(not used by Plants in this form)	----
Oxygen	O	----	----
Primary Macronutrients			
Nitrogen	N	NH^+_4 ،NO^-_3	Nitrate ammonium
Phosphorus	P	H_2PO_4،HPO_4^{-2}	Orthophosphates
Potassium	K	K^+	----
Secondary Macronutrients			
Calcium	Ca	Ca^{+2}	----
Magnesium	Mg	Mg^{+2} H^+	----
Sulfur	S	SO_4^{-2}	Sulfate
Micronutrients			
Boron	B	BO_4^{-2}	Borate
Copper	Cu	Cu^{+2}	----
Chlorine	Cl	Cl^-	Chloride
Iron	Fe	Fe^{+3} ،Fe^{+2}	Ferric ،Ferrous
Manganese	Mn	Mn^{+2}	Manganous
Molybdenum	Mo	MoO_4^{-2}	Molybdate
	Zn	Zn^{+2}	----

العناصر المفيـــــدة :

هناك مجموعة من العناصر الغذائية تكون مفيدة لنبات معين ولا يكون لها تأثير نافع اومفيد لنبات آخر تسمى بالعناصر المفيدة ومن أمثلتها عنصر الكوبلت (Co) وهو مفيد ومهم للعائلة أو النباتات البقولية ولكن ليس للكوبلت فائدة بالنسبة للنجيليات .

كذلك إن لعنصر السليكون تأثير نافع للرز ولم تثبت له فائدة بالنسبة للنجيليات . مثال آخر لوحظ إن الصوديوم أهمية مفيدة بالنسبة لنباتات البنجر السكري حيث يزيد من نسبة السكر لهذا النبات

العناصر النـــــادرة :

هناك مجموعة من العناصر هي ليست غذائية تتبع جميعها إلى زمرة العناصر النادرة ووجد إن وجودها بكميات منخفضة جدا في التربة أو الهواء يكون لها تأثير مفيد لفعالية بعض النباتات إلا إن ارتفاع مستوى هذه العناصر ولو بصورة منخفضة أو بصورة قليلة يجعل منها عناصر سامة للنبات وكذلك للحيوان الذي يعيش على تلك النباتات من أمثلتها (الكلور – الفلور – البروم – اليود – الزئبق – الرصاص – الزرنيخ – ---- الخ) .

تركيب مادة النبات :

سنتناول تركيب مادة النبات من الناحية التغذوية من خلال دراسة مايلي :

أولا – الماء : يعتبر الماء هو الوسط العام الذي تحدث فيه جميع الأنشطة في الخلايا ومن الناحية الفسيولوجية إن كل الكائنات الحية تعتبر الكائنات الحية تعتبر كائنات مائية وان خلاياها تقوم بفعالية الماء فقط عند وجود الماء وعند عدم توفر الماء تعجز هذه الكائنات عن القيام بدورها أو بفعاليتها . وللتعرف على أهمية الماء يمكن إن نعرف مايلي :

١- إن هناك علاقة طردية بين الإمداد المائي أو تساقط الأمطار وكثافة الكائنات الحية ومثال ذلك مقارنة إعداد الكائنات الحية في الصحراء ومناطق الغابات .

٢- تعيش النباتات المائية بصورة دائمية في الماء بينما النباتات على اليابسة فان جذورها تعيش مغمورة بمحلول التربة لتتمكن من امتصاص ايونات العناصر الغذائية .

٣- يلاحظ إن الأشجار الشاهقة تستطيع الحصول على الماء مهما بلغ ارتفاعها وذلك يعني وجود قوة ميكانيكية يتمكن بها هذا النبات من الحصول على الماء.

٤- إن عملية إنبات البذور لايمكن إن تتم إلا بوجود الماء وتشرب البذرة به لتتمكن الرويشة أو الجذير من الخروج من الخروج بتكوين النبات الجديد إن البذرة نفسها تحتوي على غذاء يحتاجه هذا النبات الصغير لكي ينمو ولابد من ذوبانه في الماء حتى يتمكن النبات من امتصاصه .

٥- بسبب ارتفاع نسبة الماء في النباتات الحية فان نسبة عنصري الأوكسجين والهيدروجين تكون مرتفعة اوتفوق نسبة بقية العناصر الأخرى الداخلة في تركيب مادة النبات الحية .

ثانيا – المادة الجافة :

إن تجفيف مادة النبات الطرية على درجة حرارة ٧٠ درجة مئوية لمدة (٢٤-٤٨) فان المادة المتبقية يطلق عليها بمادة النبات الجافة وتشكل (١٠-٢٠) % وكمعدل تعتبر (١٥ %) .

عند الحصول على المادة الجافة فإنها تطحن وتهضم بإضافة حوامض قوية ومن ثم تحول إلى محلول جاهزا للتحليل وتقدر في هذا المحلول العناصر المراد دراستها كان يكون (الفسفور – النتروجين – البوتاسيوم – الكلور) إلى غير ذلك ولكل من هذه العناصر طرق خاصة لتعيينه . وتعزى نتائج الدراسات الكيمياوية في هذه إلى الوزن الجاف وليس الوزن الرطب وذلك بسبب :

إن الوزن الرطب يكون عرضة للتغيير اليومي وكمية الرطوبة المتيسرة في التربة وشدة النتح كذلك إن الوزن الرطب يتغير بتغير نع النبات وعمرة وجزء النبات المأخوذ للتحليل (جذور- سيقان – أوراق – ثمار- بذور) . إن المادة الجافة هذه تكون ١٥ % من الوزن الرطب وان ٩٠ % من هذه النسبة تمثلها عناصر (C-O-H) والمادة الجافة أو الجزء المعدني الجاف يشكل بحدود ١٠ %.

المادة الجافة

جزء عضوي ٩٠% (C-H-O)

جزء معدني ١٠%

** الجزء المعدني الضئيل الذي يحتوي على العناصر الغذائية وعادة يمتصه النبات من محلول التربة بالرغم من كونه جزءا ضئيلا إلا انه له أهمية كبيرة في :

١- تمكين النباتات الخضراء من القيام بعملية التركيب الضوئي وبناء مادته العضوية.

٢- تفعيل الإنزيمات : إن النباتات تحتوي على آلاف الإنزيمات التي تعمل سوية في إن واحد أو على التعاقب طبقا لما تتلقاه من معلومات من الأحماض النووية التي تسيطر على الفعاليات الحيوية وتسيرها وان هذه الإنزيمات تكون غير فعالة في حالة غياب العناصر المعدنية خصوصا الصغرى منه .

المحاضرة الثانية :

العوامل التي تؤثر على محتوى الجزء المعدني :

١- العامل الوراثي :

للعامل الوراثي دور مهم في تحديد محتوى النبات من العناصر المعدنية وبصورة عامة فاعن مادة النباتات الخضراء تحتوي من عنصري النتروجين والبوتاسيوم مايعادل عشرة أضعاف مايحتويه من عنصري الفسفور والمغنيسيوم أما من ناحية نوع النباتات نلاحظ إن محتوى البقوليات من عناصر النتروجين والكالسيوم والفسفور أعلى مما موجود في النجيليات وان الحمضيات تحتوي عادة على كميات عالية من الكالسيوم أما محاصيل البطاطا والبنجر السكري وقصب السكر فتكون عالية المحتوى من البوتاسيوم ويلاحظ إن السبانغ والكرفس ذو محتوى عالي من الحديد أما بالنسبة لنباتات اللهانة والقرنابيط والبصل والثوم فتكون ذو محتوى عالي من الكبريت .

٢- جاهزية العنصر الغذائي :

كلما زاد تركيز العناصر الغذائية في النبات يكون انعكاسا لزيادة هذه التراكيز في وسط النمو .

٣- اختلاف العضو النباتي :

يختلف محتوى مادة النبات من المغذيات باختلاف الجزء النباتي المدروس (أوراق – جذور – ثمار – بذور ---الخ) بصورة عامة يلاحظ إن محتوى أنسجة النبات من المغنيسيوم يكون عادة متركز في قشر الحبوب أكثر من البذور وهذه العلاقة تكون صحيحة بالنسبة للنتروجين – البوتاسيوم – الفسفور – الكالسيوم) .

٤- اختلاف عمر النبات :

يلاحظ أن محتوى النباتات الحديثة السن من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم يكون عالي بينما النباتات المسنة (القديمة) نلاحظ أن محتواها من الكالسيوم والمنغنيز والحديد والبورون يكون عالي .

الجـــزء العضـــــوي :

ويمثل الجزء الاكبرمن المادة الجافة ويتكون أساسا من عناصر الكاربون والأوكسجين والهيدروجين ويشكل ٩٠ % منها وقد يدخل في تركيب الجزء العضوي عناصر مثل النتروجين والفسفور والكبريت كذلك بعض العناصر التي تميل إلى تكوين مركبات مخلبية مع المادة العضوية مثل المغنيسيوم في تكوين الكلوروفيل والكوبلت في تكوين فيتامين B12 (مهم في تكوين العقد البكتيرية على جذور النباتات البقولية) .

يمكن تقسيم الجزء العضوي إلى مايلي :

أ- مركبات عضوية يدخل النتروجين في تركيبها :

١- الأحماض الامينية التي تدخل في تكوين البروتينات .

٢- الكلوروفيل

٣- الأمينات والاميدات والقواعد النتروجينية .

٤- القلويدات العضوية مثل (النيكوتين والمورفين والكافئين)

٥- االانزيمات ، مساعدات ا لانزيمات ، الهرمونات النباتية ، الفيتامينات ، الأحماض النووية) .

ب – مركبات عضوية لايدخل النتروجين في تركيبها :

١- المواد الكاربوهيدراتية ومشتقاتها مثل السليلوز – الهميسليلوز- السكريات الثنائية – النشا .

٢- الأحماض العضوية مثل الماليك – اللاكتيك – الستريك .

٣- الزيوت والدهون .

أوساط النمو النباتية المختلفة :

وسط النمو : هو عبارة عن المكان أو البيئة التي يتواجد فيها النبات ويحصل منها على المواد الغذائية البسيطة والهواء والماء والعناصر الضرورية لنموه .

أولا : التربة كوسط لنمو النبات :

التربة عبارة عن نظام غير متجانس معقد التركيب مقارنة بالأوساط المائية يتكون من ثلاثة أطوار :

أ- الطور الصلب : الذي يمثل الصخور والمعادن والمادة العضوية .

ب- الطور السائل : الذي يمثل محلول التربة ويشمل الماء والأملاح الذائبة فيه .

ج- الطور الغازي : يمثل هواء التربة الذي يحتل المسافات البينية بين شقوق دقائق التربة والخالية من الماء .

ثانيا : محلول التربة :

من أهم مصادر المغذيات بالنسبة لجذور النباتات وهو عبارة عن محلول مخفف سرعان ما تسحب جذور النباتات ايونات العناصر الغذائية فإنها تعوض من الجزء الصلب الذي تتحرر منه ايونات العنصر المسحوب أي هناك حالة اتزان بين الطور الصلب ومحلول التربة .

إن ميكانيكية المحافظة على التوازن بين محلول التربة والجزء الصلب تتم من خلال الطرائق التالية

١- ذوبان المعادن .

٢- ذوبان الأملاح .

٣- معدنة المادة العضوية بواسطة أحياء التربة وعودة عناصرها الأولية إلى محلول التربة .

٤- التبادل الأيوني .

العوامل التي توثر على جاهزية العناصر الغذائية في التربة وامتصاصها من قبل النبات :

١- درجة تفاعل التربة (PH) :

يعتبر PH التربة من أهم العوامل المؤثرة على جاهزية العناصر الغذائية في التربة ، فعنصر الفسفور يترسب تحت الظروف الحامضية على هيئة فوسفات الحديد والألمنيوم بهيئة ($FePO_4$ – $AlPO_4$) وهذه الصور قليلة الذوبان وغير جاهزة ولا يستفيد منها النبات .

أما تحت الظروف القاعدية وخاصة الجيرية (الحاوية على CaCo3 بكميات عالية) والتي يرتفع فيها PH إلى أكثر من ٧ (أكثر من ٨,٢) مما يؤدي إلى ترسيب الفسفور بهيئة فوسفات الكالسيوم الثلاثية $Ca(PO_4)_2$ وهي أيضا صور معقدة التركيب وغير جاهزة للنبات .

في حين نجد إن الفسفور أكثر جاهزية عند PH المعتدل أو المتعادل (بحدود PH=7) .

كما نلاحظ إن النترات تمتص بسهولة في الظروف الحامضية لقلة تواجد ايونات OH^- في حين NH_4 يمتص بكفاءة أعلى تحت الظروف القاعدية لقلة المنافسة مع ايونات H^+ وعند PH بحدود ٧ تتساوى الصورتين وهكذا . وبناءا على ذلك نجد انه في الظروف العراقية التي تميل إلى القاعدية يفضل استخدام سماد (DCP) Di calcium phosphate $CaHPO_4.2H_2O$ ، كما يفضل إضافة الأسمدة النتروجينية بصورة الامونيوم وليست النترات فاستخدام كبريتات الامونيوم اوسماد اليوريا الذي ينتج عنه عند التحلل ايون الامونيوم .

أما بالنسبة للترب الحامضية فيستحسن إضافة Mono calcium phosphate (MCP) $Ca(H_2PO_4)_2.H_2O$.

كما يفضل الترب العراقية إضافة الأسمدة النتروجينية الحاوية على النتروجين بصورة الامونيوم في حين في الترب الحامضية يفضل إضافة الأسمدة النتروجينية على صورة النترات .

من الناحية التطبيقية المعروف إن الترب العراقية هي ترب تميل إلى القاعدية بسبب احتواءها على نسبة من الكالسيوم لذا عند إضافة الأسمدة يجب إن تضاف الأسمدة النتروجينية الحاوية على الامونيوم هذا من ناحية أو من ناحية أخرى لتقليل صورة النتروجين الموجود بشكل نترات لان النترات

من العناصر المتحركة فتغسل بعيدا عن مقد التربة بالإضافة إلى عملية عكس النترجة أي فقدان النتروجين على شكل غازات متطايرة لذا يلاحظ في زراعة الرز نظيف النتروجين على شكل آمونيا .

١٠-٤٠ % من السماد المضاف يفقد على شكل غاز بعملية عكس النترجة لذا يفضل إضافة الأسمدة النتروجينية بصورة امونيوم وليس بصورة نترات لان النترات تفقد بالغسل ثم تتعرض إلى عملية عكس النترجة .

أما بالنسبة للعناصر الصغرى (Fe-Cu-Mn-Bo-----) فتزداد جاهزيتها بانخفاض درجة الحموضة (PH) وهي بصورة عامة أكثر جاهزية حول نقطة التعادل .

كما إن امتصاص Al من قبل معادن الطين يقل في الظروف الحامضية مما يزيد من تركيزه الى حد السمية للنباتات كما قد تحدث سمية بالمنغيز Mn في حين يحصل نقص في الحديد والذي قد يحدث كذلك في الترب ذات المحتوى العالي من الكلس مسببا اصفرارا وشحوبا للنبات .

كما ان محتوى الخلايا من الـ K قد يعمل على انخفاض PH اقل من ٤ بسبب ضعف خلايا الأغشية النباتية وخروج الـ K حيث إن :

Rate of K-obsorption = K-influx_ K-eflux

محصلة امتصاص البوتاسيوم = البوتاسيوم الداخل _ البوتاسيوم الخارج

٢-المادة العضويـــــــــة : Organic matter

إن للمادة العضوية تأثيرا مباشرا على درجة تفاعل التربة فالأحماض العضوية عند تحللها تؤدي إلى خفض PH ، إضافة إلى إنها مصدر جيد للعديد من العناصر الغذائية مثل (S,P,N) .

كما إن للمادة العضوية تميل إلى تكوين مركبات مخلبية (Chelate compound) مع كاتيونات العناصر بما له الأثر الكبير على خفض هذه العناصر خاصة العناصر الغذائية الصغرى .

إن المركبات المخلبية : عبارة عن مركبات عضوية تمسك العنصر وتمسكه بأكثر من جهة وتمنع انفراده إلى محلول التربة ومن أمثلة ذلك المركبات المخلبية للعديد المخلبي (Fe-EDTA) .

كما إن للمادة العضوية مشاركة مع (Ca++ في تكوين البناء الحبيبي للتربة الذي يحسن خواص التربة الفيزياوية والبيولوجية والذي ينعكس إيجابا على خواص الترب الرملية والطينية) .

ان ميل المادة العضوية لتكوين مركبات مخلبية مع كل من الـ Al-Ca من فرصة تكوين مركبات معقدة مع الفوسفات مما يزيد من جاهزيتها في التربة .

٣- كربونات الكالسيوم $CaCO_3$:

تؤثر كاربونات الكالسيوم مباشرة على PH التربة كما إنها مصدر مهم للـ Ca الذي يشارك المادة العضوية في عمليات بناء التربة .

وله تأثيرات سلبية عديدة في التربة الكلسية منها إن وفرة كاربونات الكالسيوم تؤدي الى ترسيب الفسفور بصيغة $Ca_3(PO_4)_2$ غير الجاهزة .

أضف لذلك فان الكالسيوم يميل إلى الاتحاد مع المواد المخلبية مما يؤدي خروج الحديد حرا إلى المحلول والذي سرعان ما يتحول إلى هيدروكسيد ألحديديك $Fe(OH)_3$ غير صالح لتغذية النبات والذي يسمى بالشحوب اليخضوري الكلسي والناتج من نقص عنصري الحديد والفسفور وخاصة الحديد .

٤- نوع التربـــــــة :

يتحكم نوع التربة الى حد كبير بمحتواها من العناصر الغذائية وبجاهزية هذه العناصر . وذلك بسبب تركيب هذه التربة ونسجتها فالتربة الناعمة ذات المحتوى العالي من الطين تعاني في الغالب من الظروف اللاهوائية (الغدقة) وتسود فيها ظاهرة الاختزال مما يؤدي الى تواجد الحديد بصورة Fe^{+2} والـ Mn^{+2} المختزل (الصورة الثنائية) وهي الصورة الجاهزة والقابلة للامتصاص بواسطة جذور النبات لذلك فقد تصل الى حد السمية .

كما ان فقد النتروجين يزداد بعملية (Denitrification) كما يحدث في حقول الرز .

أما في الظروف الهوائية فيكون العكس حيث الحديد في الصورة الثلاثية والمنغنيز بالصورة الرباعية أو سداسية التكافؤ وهما صور غير جاهزة في حين تتحول صور النتروجين الى الامونيا الى النترات بعملية Nitrification بواسطة بكتريا نتروسوموناز Nitrosomonas والـ النتروباكتر Nitrobacter .

ومن الصفات الأخرى المتأثرة بنوع التربة هو محتواها من الماء حيث إن الترب الطينية ذات محتوى عالي من الماء وان سعتها الأيونية التبادلية (CEC) أعلى من الترب الرملية أي ان الترب الرملية ذات محتوى اقل من الـ Na+ , K+, Mg++, Ca++ .

٥-أحياء التربـــــــة :

إن لأحياء التربة دورا هاما في توفير وجاهزية العناصر الغذائية من خلال الـ Nitrification والـ Denitrification كما ان المايكورايزا لها دور في زيادة العقد البكتيرية في النباتات البقولية وفي زيادة امتصاص العناصر الغذائية بسبب تكوين الهايفات وكذلك دورها في تهدم وانحلال المادة العضوية بعملية المعدنة وتحرير العناصر الغذائية الجاهزة للامتصاص الى محلول التربة .

كما ان هناك بكتريا الكبريت المسؤولة عن أكسدة الكبريت المعدني الى صورة الكبريتات التي تمتص من قبل جذور النبات على هذه الصورة .

٦-الاكاسيد نصف السداسية :

وهي عبارة عن اكاسيد الالمنيوم والحديد (AL_2O_3, FeO_3) إن زيادتها في التربة تؤدي الى تقليل جاهزية عنصر الفسفور بسبب تكوين فوسفات الالمنيوم والحديد غير الجاهزة للنبات .

٧-النبـــات :

حيث ان النباتات التي لها قدرة اكبر على التغلغل التعمق تكون لها قدرة اكبر على امتصاص العناصر الغذائية وكذلك فان هناك محاصيل مجهدة للتربة مثل القطن والذرة والبنجر بينما المحاصيل البقولية تكون مفيدة للتربة لما تخلفه من مادة عضوية غنية بعنصر النتروجين ، كما نلاحظ ان مخلفات النجيليات عند إضافتها الى التربة تؤدي الى استنزاف النتروجين من التربة .

كما نلاحظ ان النباتات البقولية ذات قدرة اعلى على إفراز ايونات الهيدروجين والتي تستطيع ان تهاجم صور العناصر الغذائية المعقدة التركيب وإذابتها وجعلها بصورة جاهزة للامتصاص كما في حال صور الفوسفات المرسبة .

٨- عوامـــل أخرى :

نخص بالذكر منها مايلي :

أ- تجوية مادة الأصل :

حيث ان التجوية بكل انواعها الكيمياوية والفيزياوية والبايولوجية تؤدي الى تفتيت الحبيبات وانفراد العناصر الغذائية الى محلول التربة ثم الى النبات .

ب-التعرية : حيث انها بجميع أنواعها تؤدي الى تنخر وانجراف وتقلل من خصوبة التربة ومن جاهزية العناصر .

ت-درجة الحرارة

٩- عوامـل أخرى : وهذه لاتؤثر في الجاهزية قدر تاثيرها بعملية الامتصاص :

التنافس والتضاد والتداخل ، درجة الحرارة ، الرطوبة النسبية ، الضوء ، التكافؤ .

المحاضرة الثالثة :

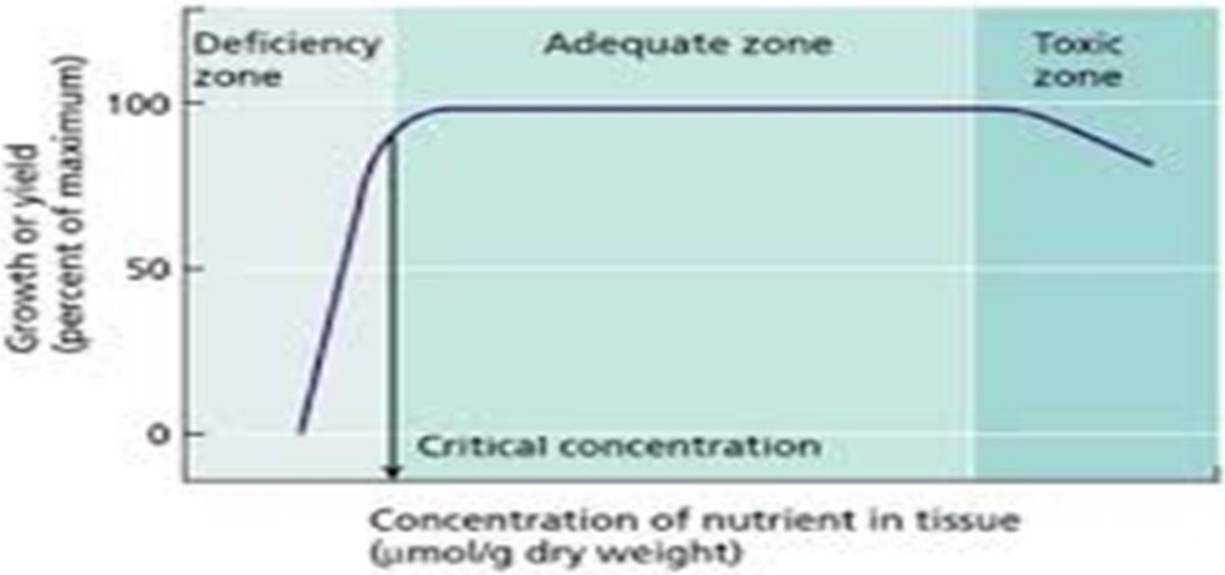
طرق تشخيص نقص العناصر
How to determine fertilizer needs

أعراض نقص المغذي في النبات بما يلي :

- فشل تام للمحصول في بداية الإنبات .
- تقزم النبات .
- تأخر النضج أو أن يكون النضج غير طبيعي .
- انخفاض في المحصول مع ظهور أو عدم ظهور النقص .
- رداءة نوعية المحصول مع تغيير في مكوناته مثل البروتين ، الدهون ، والنشأ .
- حروقات في النباتات مقارنة بالنباتات التي لم تعاني من نقص في المغذي .
- **تحليل التربة:**
- يفيد عادة تحليل التربة ومعرفة محتواها من العناصر الغذائية لمعرفة نقص العناصر الكبرى التي ظهرت على النبات أو التي قد تظهر بعد فترة من حياة النبات. ذلك أن الحد الحرج والشكل الذي يوجد به كل عنصر منها أصبح معروفاً كذلك التداخلات بين هذه العناصر وتأثر بقية العوامل عليها
- أما بالنسبة للعناصر الصغرى فإن هذه الطريقة لايمكن الاعتماد عليها كلياً لمعرفة نقص العناصر نظراً لعدم معرفة الحد الحرج والشكل الذي يوجد به العنصر بشكل صالح للامتصاص في التربة كذلك كل التأثيرات الأخرى عليه بشكل كامل وقد ظهرت أعراض نقص بعض العناصر على نباتات نامية على تربة تحتوي كميات من هذه العناصر أكبر بكثير من تربة أخرى لم تظهر على مزروعاتها أي أعراض.
- **ويمكن إختصار فوائد اختبارات التربة بما يلي :**
- المحافظة على الحالة الخصوبية للتربة .
- تحديد الإستجابة بالنسبة لتجهيز المغذيات للترب المختلفة .
- فكلما كان تجهيز المغذيات من قبل التربة أكبر كلما كانت متطلبات الإضافة من الأسمدة أقل ، لذلك حتى نحصل على تقدير جيد للمغذي يجب أن تكون عينة التربة ممثلة للحقل بشكل جيد ، من المعروف أنه ليس هناك حقل متجانس في تربته مما ينعكس على مستوى التجهيز ، لذلك يجب التأكد من أن كمية عينات التربة تكون متساوية وتؤخذ بنفس الطريقة ، وكلما كان عدد العينات أكثر كلما كانت النتائج أقرب للواقع ، ويفضل أخذ العينة بالمثقاب (Auger)

تحليل النبات

- **ان الهدف من اختبار النسيج وتحليل النبات هو كما يلي:**
- تقييم حالة التربة بالنسبة لتجهيز العناصر
- تشخيص اعراض النقص قبل ان تظهر على النبات
- تقدير تأثير الأسمدة المضافة على تجهيز العناصر الغذائية للنبات وهذا قد يكون مؤشر جيد
- لتاثير الاسمدة المضافة خلال فترات نمو المحصول
- لتوضيح العلاقة بين حالة المغذي ونمو المحصول
- تحديد البرنامج التسميدي الملائم لنوع التربة

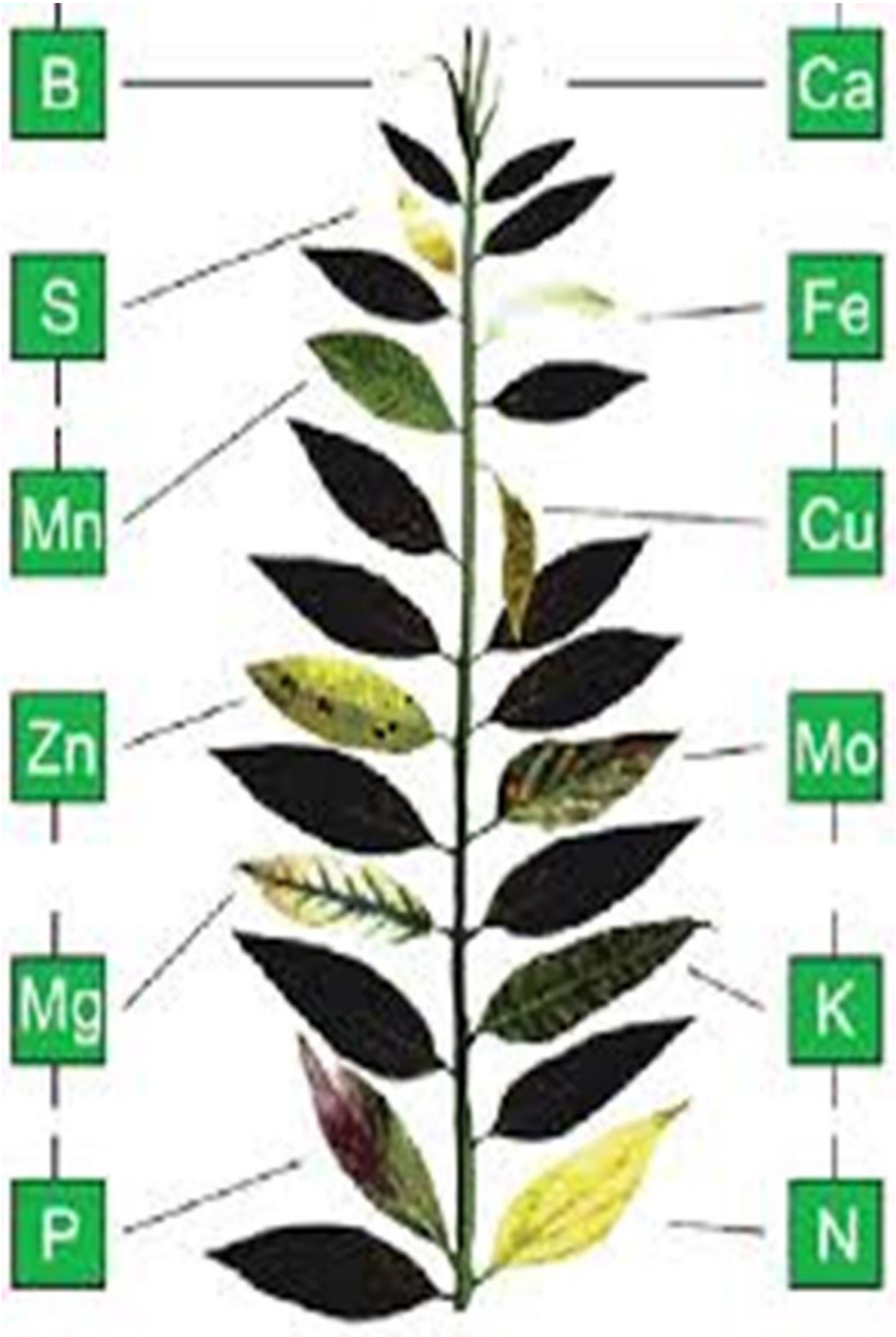


مظهر النبات

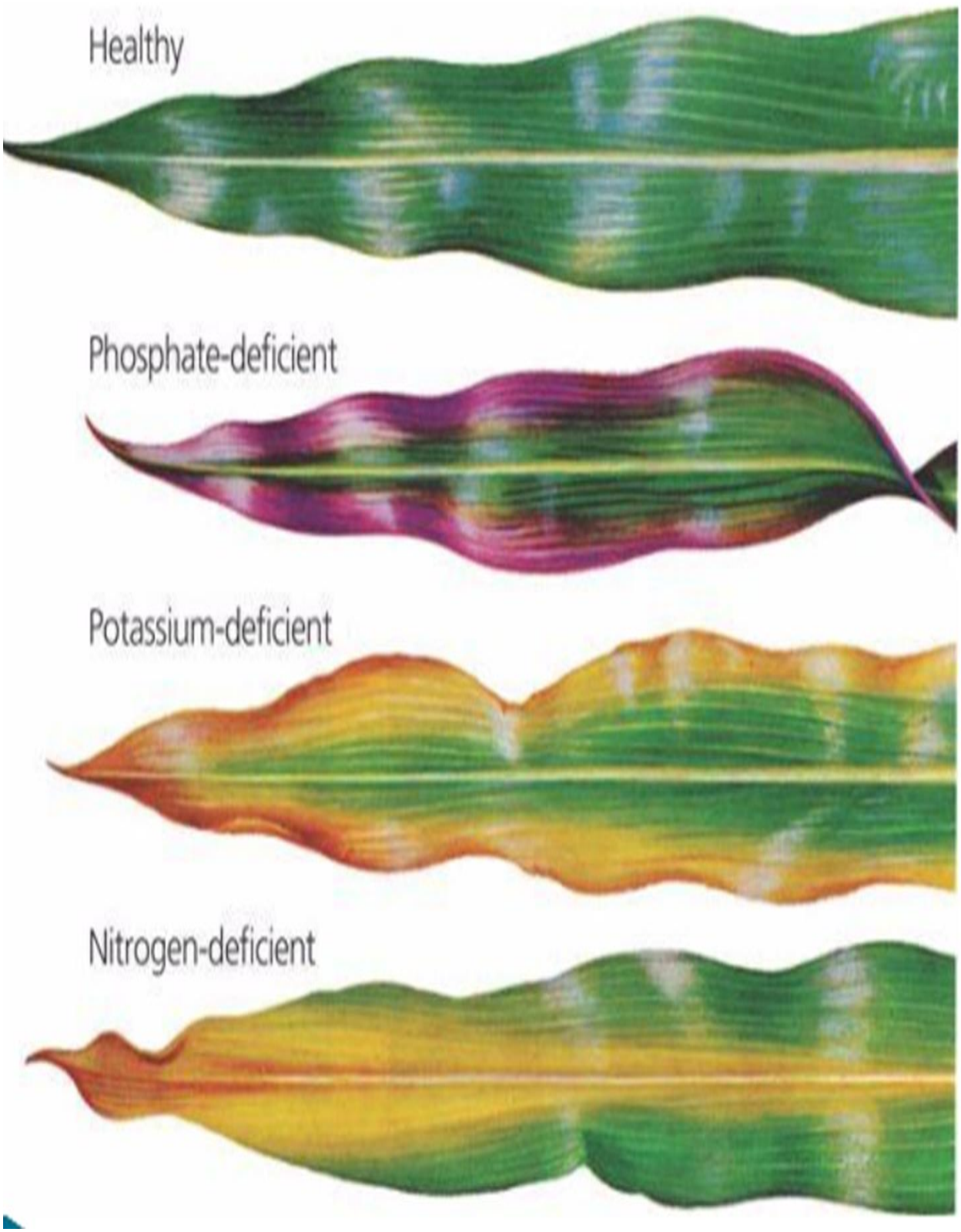
المظاهر الخارجية:

- رغم التطور الكبير بأجهزة التحليل المخبري إلا أن هذه الطريقة تعتبر من أهم الطرق لتشخيص نقص العناصر الغذائية على النباتات وذلك أن لكل عنصر تأثير معين أو مجموعة من التأثيرات على كل نبات وعند غياب هذا العنصر أو انخفاض مستواه عن الحد الحرج لعدم توفره في التربة أو بسبب التداخلات مع عناصر أخرى فإنه تظهر على النبات علائم نقص خاصة به متميزة في كثير من الأحيان مت الأعراض التي يسببها عنصر آخر.
- وقد تختلط الأمور في بعض الأحيان وخاصة في المراحل الأولى لظهور الأعراض كالاصفرار مثلاً الذي يلاحظ أحياناً في بداية النمو قد يكون سببه أكثر من عنصر إلا أنه لايلبث أن يتمايز بعد فترة وجيزة وهذه الطريقة تحتاج إلى تدريب جيد وممارسة طويلة.

أعراض نقص الكالسيوم


B
Ca
S
Fe
Mn
Cu
Zn
Mo
Mg
K
P
N

اعراض نقص N, P and K



التجارب الزراعية

التجارب الزراعية: Field experiments

اهميتها:

- بينما يفيد تحليل النبات وتحليل الارض وتجارب الاصص في الحصول علي معلومات عن موقف العناصر السمادية بالارض الا ان التقدير النهائي لما تحتوية الارض من العناصر الغذائية يجب ان يحدد من سلوك الاسمدة في الحقل
- ومما لاشك فية ان التجارب الحقلية ضرورية للمزارع اذا اراد الحصول علي اكبر محصول من ارضة وذلك باختيار المحاصيل التي تلائم تربة حقلة ومناخ منطقتة واستعمال الاسمدة كمية ونوعا بالطريقة الصحيحة.
- **ولايكفي ان تقوم احدي الجهات المختصة باجراء هذه التجارب بل يجب علي المزارع ان يعتبر ارضة وحدة مستقلة لان ظروفها تتلف عن ظروف ارض جارة ولذا يجب معاملتها معاملة خاصة ولا يمكنة ذلك الا اذا قام باجراء التجارب فيها وفي هذا المجال يجب ملاحظة انة لا فائدة من التجارب الا اذا اجريت علي الوجة الصحيح وبالدقة الكافية.**

المحاضرة الرابعة :

المزارع الغذائية:

تزرع النباتات بدون استخدام التربة الطبيعية كبيئة للنبات فقد تزرع أما في المحاليل الغذائية مباشرة أو فى رمل نقى ونظيف وتروى بالمحاليل الغذائية. فإذا اتبعت الطريقة الأولى سميت مزارع مائية أما إذا اتبعت الطريقة الثانية سميت مزارع رملية .

أ- المزارع المائية

تستعمل أوانى زجاجية نظيفة وتغسل بحمض الكروميك ثم بالماء العادى ثم بالماء المقطر عدة مرات لإزالة جميع الأيونات الملوثة للزجاج.

- الأملاح المستخدمة فى المحلول الغذائي يجب أن تكون نقية جداً.
- تغطى الأواني الزجاجية بورق أسود من الخارج لتحجب الضوء عن جذور النباتات.
- تغطى الأواني بغطاء مثقب من الفلين بعد تغطيته بطبقة من الشمع لتعمل على حمل وتدعيم النبات.
- لكى تتمكن الجذور من النمو وامتصاص المواد الغذائية من الماء فلابد لها من التنفس وهذا لا يتوفر إلا بالتهوية الجيدة والمستمرة وذلك بدفع الهواء على صورة فقاعات في المزرعة.
- لابد من تغيير الحلول كل فترة وذلك أن المحلول يتغير وذلك لامتصاص العناصر بدرجة أكبر من الأخرى فيختل التوازن الأيونى بالمحلول والذى قد يصبح ساماً بعد فترة .

• مميزات الزراعة المائية

١. تسهل بشكل غير مسبوق إمكانية التحكم في الظروف البيئية مما يؤدى إلى زيادة إنتاجية المساحات الصغيرة.

٢. تساهم في زيادة الجودة الإنتاجية

٣. تتميز بالاستخدام الفعال والمقنن للمياه .

٤. التحكم في الآفات الزراعية بطريقة بيولوجية.

٥. يتميز هذا النظام بإمكانية إعادة تدوير واستخدام الأسمدة والمغذيات.

• عيوب الزراعة المائية

١.إن استمرار استخدام المحاليل المغذية في النظم المغلقة يؤدي إلى انتشار مسببات الأمراض التي يمكن أن تصيب النباتات عن طريق الجذور.

٢.الخلل والتسديد في قنوات الصرف البلاستيكية.

شروط نجاح الزراعة المائية:

توفير الأكسجين الكافي لنمو الجذور

نظرا لأن الجذور تستنفذ ما يوجد بالمحلول المغذي من أكسجين خلال فترة قصيرة وتختلف طرق توفير احتياجات الأكسجين اللازمة لتنفس الجذور حسب نوع المزرعة.

حجب الضوء عن الجذور

يمكن للنباتات أن تنمو بصورة طبيعية بغض النظر عما إذا كانت جذورها معرضة للضوء أم أن يكون الجو المحيط بها مشبعا تماما بالرطوبة. وترجع أهمية حجب الضوء إلى أن الظلام يمنع نمو الطحالب، بينما يساعدها الضوء على النمو، ويؤدي نمو الطحالب إلى منافسة النباتات على العناصر الغذائية وإلى رفع درجة حموضة المحلول المغذي، كما أنها تنافس النباتات على الأكسجين ليلا، ويؤدي تحلل الطحالب إلى إنتاج مواد سامة قد تتعارض مع النمو الطبيعي للنباتات.

ب. الزراعة الهوائية

حيث تثبت النباتات في فتحات (ثقوب) في لوح من مادة الستيروفوم، وتكون جذورها معلقة في الهواء تحت لوح الستيروفوم الذي يشكل غطاء محكماً للصندوق أو الحاوية، بحيث يمنع الضوء، ويثبت الجذور، ويمنع نمو الطحالب، ويرش المحلول المغذي على شكل رذاذ، أو ضباب دقيق حول الجذور لثواني قليلة، هذا كافٍ لجعل الجذور رطبة أو مبتلة ويجعل المحلول المغذي مشبعاً بالأكسجين، وتحصل النباتات على الماء والغذاء من غشاء المحلول الملتصق على الجذور، ويناسب الخضروات الورقية ذات المجموع الخضري القصير مثل الخس والسبانخ.

مميزات الزراعة الهوائية

١ - الاستخدام الأقصى للفراغ

٢ - تسمح بتربية نباتات تزيد مرتين عن المزروعة في نفس المساحة الأرضية في النظم الأخرى.

ج - زراعة الخضار وتربية الأسماك (الأكوابونيك)

آليات عمل الأكوابونيك

١- السمك ينتج الأمونيا كمخلفات.

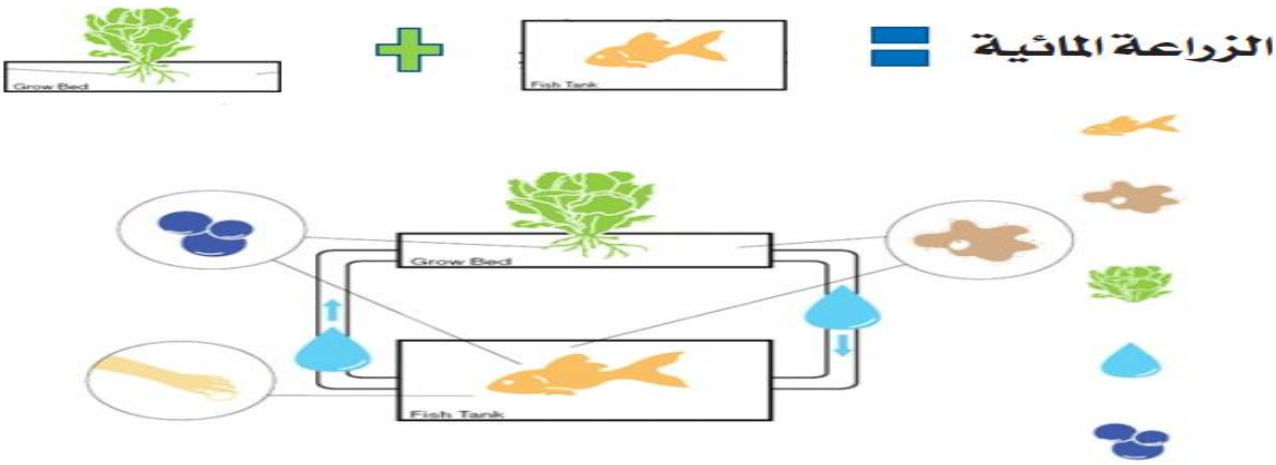
٢- البكتيريا تحول الأمونيا إلى نترات.

٣- النباتات تتغذى على النترات.

٤- إعادة تدوير المياه لتوفير الأوكسجين لجذور النباتات والسمك.

الاستزراع السمكي : تربية الكائنات المائية مثل الأسماك داخل أحواض خاصة بشكل يتيح لها النمو والتكاثر ثم حصادها بعد فترة زمينة معينة .

تعتبر الأسماك من أهم المصادر الغذائية للإنسان منذ القدم وقد ادى التعداد السكاني والصيد الجائر والتلوث البحري بالاضافة الي زيادة الطلب على الكائنات البحرية وسد احتياجات السوق المحلي من الاسماك الطازجة إلى ندرة الأسماك المتوفرة ومن هنا برزت اهمية التطور في عملية الاستزراع السمكي.



المحاضرة الخامسة

امتحان شهر اول

المحاضرة السادسة

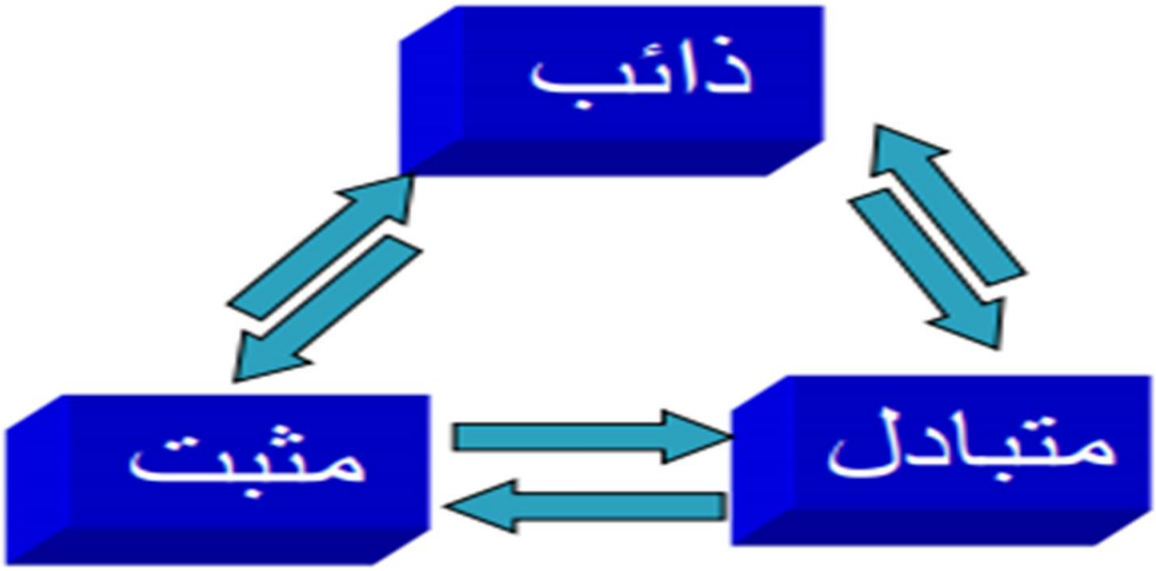
العناصر الغذائية في التربة

توجد العناصر الغذائية في ثلاثة صور وتكون في حالة من الاتزان بين بعضها البعض:

1 – الموجودة فى محلول التربة Soil solution

2– الصورة المتبادلة او المدمصة على أسطح الحبيبات Exchangeable

3.الصورة الموجودة في معادن التربة او المادة العضوية



من حيث الاستفادة من العنصر – فانه يوجد في صورتين :

1. – ميسرة او قابلة للاستفادة Available وهي الصورة التي يمكن للنبات ان يمتص فيها العنصر بسهولة وتشمل صورة العنصر في المحلول وفي صورته المتبادلة بالإضافة الي صورة العنصر المثبتة ولكنها قابلة للانحلال.

2 – غير الميسرة او غير قابلة للاستفادة Unavailable وهي الصورة التي لا يستطيع النبات الاستفادة منها.

العوامل المؤثرة في جاهزية العناصر الغذائية

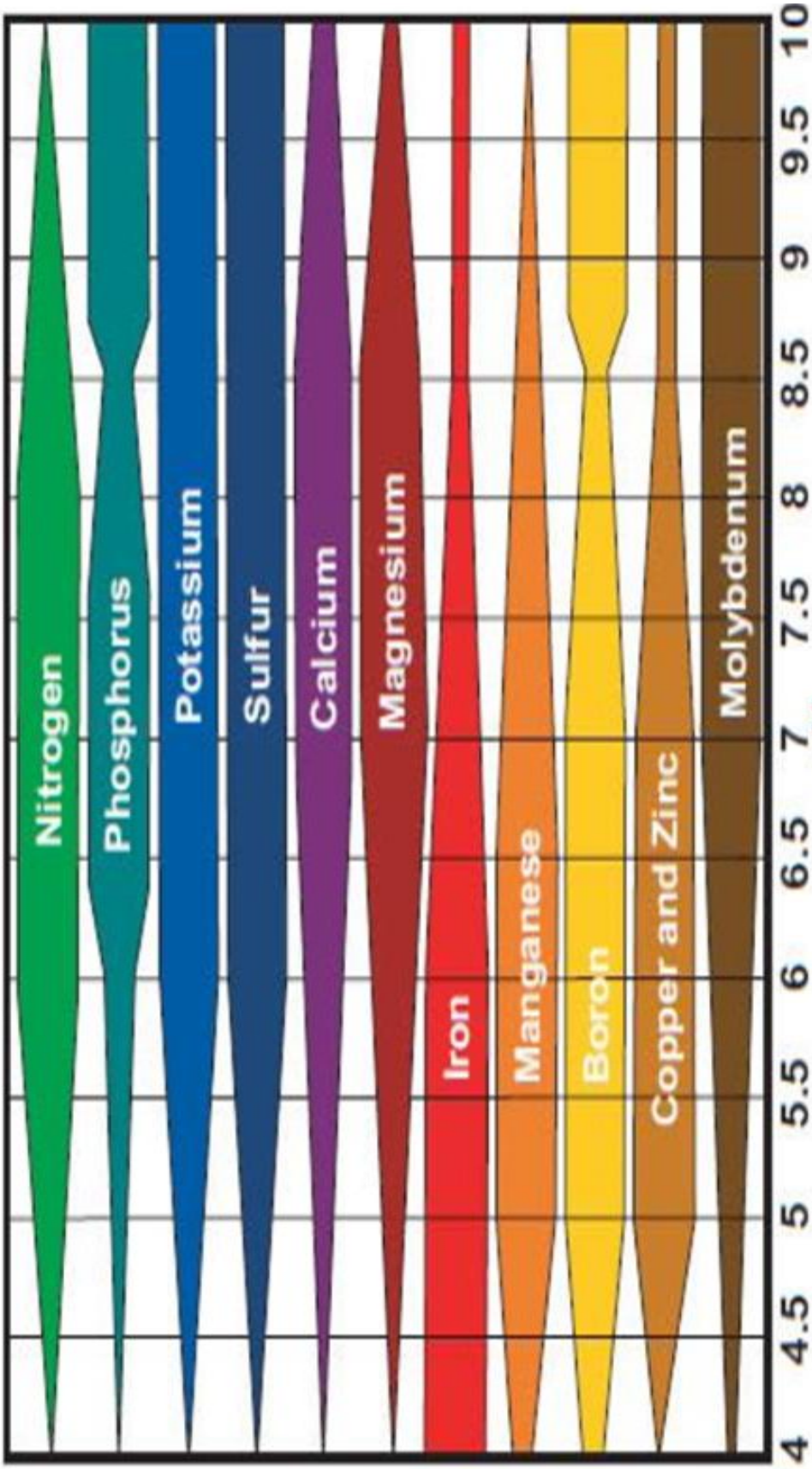
1– درجة الـ pH

2 – رطوبة التربة

3 – التهوية

4 – المادة العضوية

5 – نوع النبات



شكل 1. العلاقة بين جاهزية العناصر الغذائية الموجودة أو المضافة للترب الزراعية و الأس الهيدروجيني (pH) لتلك الترب

أمتصاص العناصر الغذائية :

توجد العناصر الغذائية في التربة اما في صورة مركبات معدنية او عضوية ذائبة فى محلول التربة على صورة أيونات موجبة الشحنة تعرف بالكاتيونات او في صورة أيونات سالبة تعرف بالانيونات وقد يمتص العنصر في صورة مخلبية

تتحول العناصر الغذائية من صورتها الصلبة سواء كانت على معدن الطين او مضافة عند التسميد في

صورة سماد ملحى الى الصورة السائلة بثلاث اليات هي :

1 - الإذابة 2-التبادل 3-الخلب

- حيث تذوب الاملاح بالتربة في الماء ويساعد الاذابة ارتفاع درجة حرارة التربة وكلما توفر ثانى أوكسيد الكربون تحول لحمض الكربونيك المانح للهيدروجين الذى يساعد الاملاح التي لا تذوب الا في الوسط الحامضى.

- التبادل حيث تتبادل الأيونات المدمصة على اسطح الغرويات سواء كانت معادن الطين الغروية او المادة الدبالية بالتربة مع الأيونات المذابة فى محلول التربة مثل أيونات الهيدروجين الناتجة من حمض الكربونيك لتتبادل بدورها مع أيونات الهيدروجين الموجودة على اغشية خلايا الجذر والناتجة من مضخة السيتوكروم لتتمكن الأيونات من الدخول للجذر.

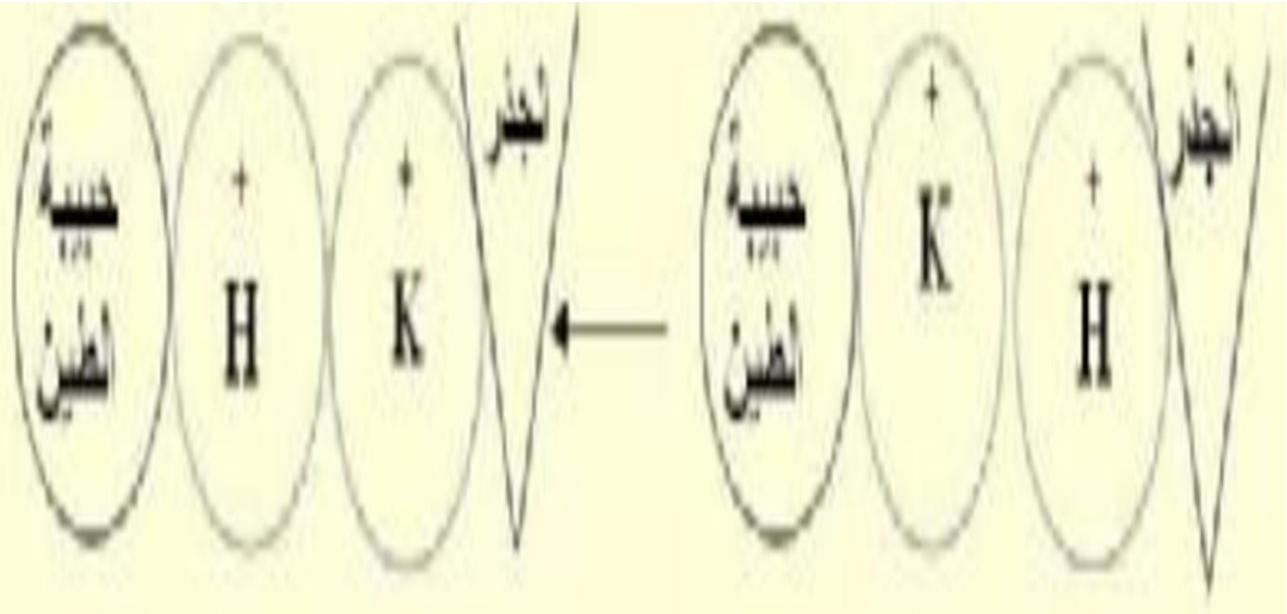
- الخلب وهو اتحاد انيون عضوى مع كاتيون معدنى فييسر امتصاصه دون التعرض للتثبيط او الادمصاص على اسطح الغرويات فلا يتأثر بظروف الاكسدة والاختزال بالتربة.

1 – الانتقال Translocation :

يتم الانتقال من التربة إلى الجذر بطريقتين.

أ– التبادل بالتلامس

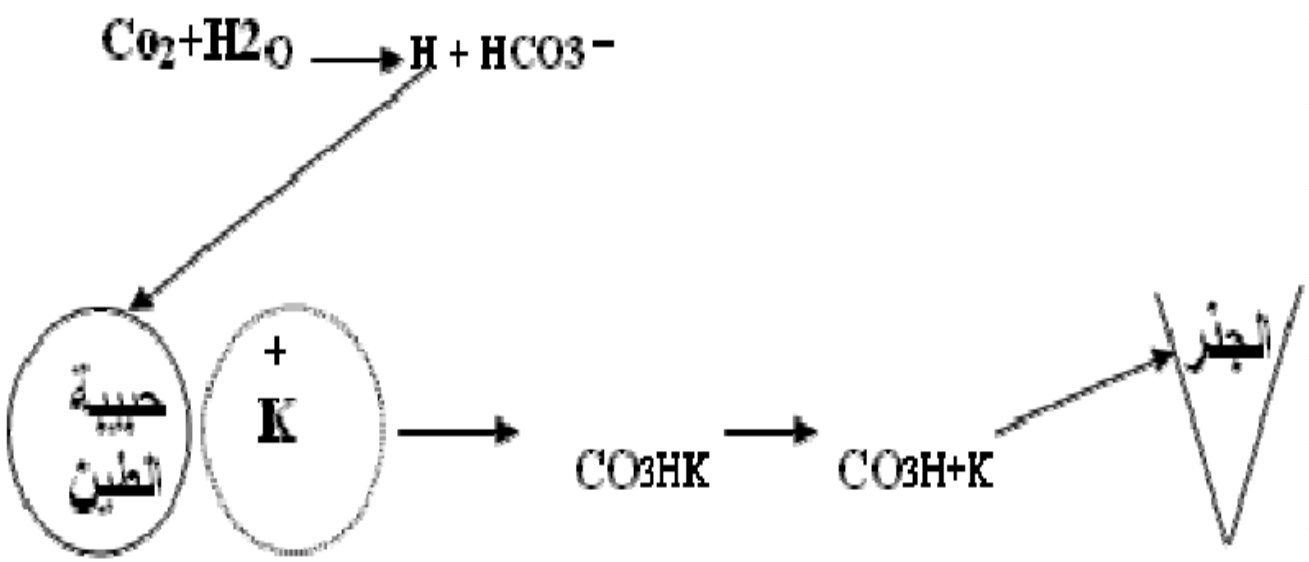
يتم انتقال الأيون من حبيبة الطين إلى الجذر بدون تدخل الكتروليتات حرة أي أن الأيون قد يدمص على جذور النبات بدون أن يحتاج للذوبان أولاً في محلول التربة وبالتالي قد يحدث تبادل للأيونات على الحبيبات.يمتص النبات الايونات بواسطة مجموع النبات الجذرى بواسطة عدة اليات للامتصاص.



ب – نظرية حمض الكربونيك

يقوم محلول التربة بدور هام حيث يكون هو وسط التبادل الايوني بين الجذر وحبيبة التربة وحسب هذه النظرية فان CO_2 الناتج من تنفس الجذور يتحول في التربة إلى حمض كربونيك بعد اتصاله بمحلول التربة ، وبينما ينتقل أيون الهيدروجين إلى حبيبة التربة يتحرر أحد الكاتيونات المدمصة على ها ويدخل إلى الجذر كاتيونات في محلول التربة أو محمولاً في صورة بيكربونات.

تدخل الأيونات إلى خلايا البشرة عن طريق الامتصاص السلبي والانتقال النشط معاً. حيث يدخل إلى الحيز الظاهري الحر بالامتصاص السلبي ثم ينتقل بالانتقال النشيط إلى الحيز الداخلي space inner .



الامتصاص السلبي Passive absorption

يحدث الامتصاص عن طريق الاتصال المباشر بين حبيبات التربة او محلولها والمجموع الجذري وكثيراً ما لوحظ أنه عند نقل أنسجة النبات من وسط يحتوي على تركيز منخفض من الأملاح إلى وسط يحتوي على تركيز ملحي مرتفع فإنه يحدث الامتصاص uptake سريع للأيونات اى تنتقل الايونات من الوسط الاكثر تركيزا الى الوسط الاقل تركيزا داخل النبات حتى يحدث الاتزان عندما يتساوى نشاط الايون فى جميع اجزاء المحلول الداخل والخارج ويسمى ذلك بالانتشار البسيط Simple diffusion ويعقب ذلك فترة من الامتصاص البطيء المستقر والذي يخضع للنشاط الأيضي والامتصاص الأول السريع لا يتأثر بدرجة الحرارة ولا بمثبطات التمثيل الغذائي أي أن الطاقة الأيضية لا تتدخل في هذه الخطوة ولو أعيد النسيج بعد ذلك إلى وسط ذو تركيز منخفض من الأملاح فإن بعض الأيونات الممتصة سوف تخرج إلى الوسط الخارجي وبعبارة أخرى فإن جزء من الخلية أو النسيج المغمور في المحلول الملحي سوف يكون معرضاً لخروج الأيونات منه بطريقة حرة حتى يتم حدوث توازن بين الأيونات بصورة ما داخل وخارج الخلية أو النسيج والمحلول الخارجي وهذا الجزء من النسيج المسموح له بالخروج الحر للأيونات يرمز له باصطلاح الحيز الخارجي outer space وهو بصفة عامة يعتبر جدار الخلية وجزء من السيتوبلازم.

العوامل المؤثرة على الامتصاص السلبي:

1 – التبادل الأيوني Adsorption exchange

2 – توازن دونان Dannan equilibrium–

3 – الانسياب الكتلي Mass Flow

4– تبادل الأيونات بالتلامسThe contact Exchange

1 – التبادل الأيوني Adsorption exchange

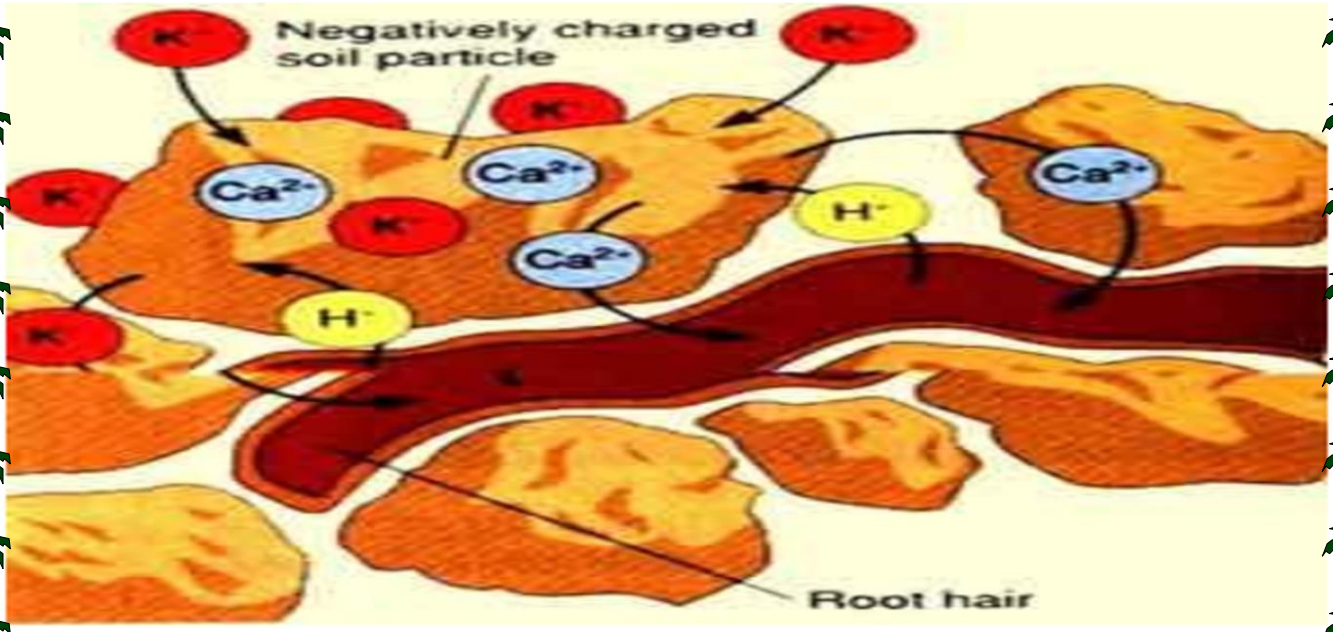
الكاتيونات الممسوكة على غرويات التربة يلزم لكى تترك السطوح الغروية ان تتبادل مع كاتيونات اخرى وتلك الكاتيونات الاخرى لها مصدرين :

1 – الكاتيونات الحرة فى محلول التربة

2 – الهيدروجين الخارج من سطوح جذور النبات.

ومن ناحية اخرى فقد يكون هيدروجين الجذور ممسوكا هو الآخر على السطوح الفعالة لهذة الجذور على نقط خاصة على هذه السطوح تعرف بمراكز التبادل ولكى يصل هذا الهيدروجين الى كاتيونات التربة المتبادلة على أسطح الطين لابد ان يتبادل اولا مع الكاتيونات الحرة فى محلول التربة لذلك ظهر ما يعرف بنظرية ثانى أكسيد الكربون وملخصا ان CO_2 حول الجذور والناتج من تنفسها او من تنفس الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى التربة عند ذوبانه فى الماء يتحول الى حمض الكربونيك الذى يتأين الى كاتيونات الهيدروجين وانيونات البيكربونات ثم يتبادل الهيدروجين مع الكاتيونات الغذائية المدمصة على أسطح غرويات التربة فتنساب فى محلول التربة ليمتصها الجذر بالانتشار البسيط تبعا لتدرج التركيز او تتبادل الكاتيونات على أسطح أغشية الجذر مع الهيدروجين الخارج من الجذور من خلال مضخة السيتوكروم وعند امتصاص الكاتيونات يخرج بدلا منها انيونات والتى تتبادلا بدورها مع انيونات اخرى مثل الكبريتات او النترات ...الخ وعادة يحدث التبادل الايونى بين الأيونات المتماثلة فى الشحنة او يتبادل ايونين أحادى التكافؤ مع أيون ثنائى التكافؤ.

شكل يوضح التبادل الكاتيونى بين الكاتيونات المدمصة على حبيبات الطين والهيدروجين المدمص على الشعيرات



2 – توازن دونان Dannan equilibrium

يتم الاتزان ويقف الامتصاص تبعا لتلك النظرية إذا كان حاصل ضرب التركيز الجزئي للكاتيونات والأنيونات في جانب من غشاء ما يساوي حاصل ضرب تركيزها في الجانب الآخر.

فلو أن الغشاء كان منفذاً للكاتيونات والأنيونات سوف تنتشر من المحلول الخارجي مخترقة الغشاء حتى تصل إلى حالة استقرار ويكون الوضع متوازن كهربائياً إلا أن هناك حاجة إلى كاتيونات إضافيه لمعادلة الشحنة السالبة للأنيونات المثبتة على السطح الداخلي للغشاء وعلى ذلك فإن تركيز الكاتيونات سوف يكون أعلى في المحلول الداخلي وسوف يكون أقل من تركيزها في المحلول الخارجي . وهذا يمكن أن يفسر تراكم الأنيونات عند وجود تدرج في التركيز وظهور حالات الاستقرار أو التعادل.

3 –الانسياب الكتلي Mass Flow :-

يتسبب الماء الخارج من الثغور في سحب تيار من الماء يبدأ من الثغر وينتهي إلى الجذر ثم

محلول التربة وهذا التيار يتسبب في زيادة امتصاص الأيونات إما بصوره غير مباشرة عن طريق تحريك الأيونات بعد خروجها من أوعية الخشب مما يتسبب في زيادة نشاط الامتصاص الأيوني

أو بصوره مباشرة بانسياب تيار الماء حاملاالأيونات من المحلول الأرضي خلال الجذور إلى الأفرع.

تبادل الأيونات بالتلامس The contact Exchange :-

فسر تلك النظرية القصور فى امتصاص الكاتيونات عن طريق نظرية CO_2 فالامتصاص يتم أحيانا بدون وجود الكاتيون فى محلول التربة او عند pH مناسب ليحدث الامتصاص نتيجة لفرق الجهد ولكن تستطيع الجذور اخذ الكاتيونات مباشرة دون المرور بالمحلول الارضى فلكل أيون مدمص له حقل يتذبذب فيه Field Oscillation فأذا تداخل مع مجال ذبذبة لأيون آخر مدمص على سطح غروى آخر او على أسطح الأغشية السيتوبلازمية للجذور فانه يحدث التبادل وبهذا يمكن ان تنتقل الأيونات مباشرا من حبيبة الطين الى الجذر حيث ان جدار السليولوز ليس خاملا لارتباطه بمجموعة حامضية والجدار السليولوزى غير نقى لتخلل المسافات البينية له باللجنين والمواد البكتينية والتى لها خواص تبادلية.

المحاضرة السابعة :

الانتقال النشط-:

لوحظ أن امتصاص الأيونات يحدث بدون تدخل الطاقة الأيونيه إلى حد معين ثم يستمر بعد ذلك بصوره لا يمكن لنظريات الامتصاص السلبي تفسيرها وهذا الامتصاص التالي يحدث فيه تراكم للأيونات ضد تدرج التركيز ويتم تثبيطه عندما يكون النشاط الأيضي للنبات مثبطا بالحرارة المنخفضة أو تركيز الأكسجين المنخفض أو المثبطات الأيضية ....إلخ . وهنا يمكن افتراض أن التراكم الأيوني في النبات يحتاج إلى طاقة أيضية وانتقال الأيونات بالأستعانة بالطاقة التمثيلية ويرمز لها باصطلاح الامتصاص النشط Active Transportion عن طريق حوامل Carrier موجودة في الأغشية الخلوية.

ما هو الحامل Carrier Concept؟

أعتقد البعض أن هناك ممرات خلال المنطقة بين الحيز الخارجي والداخلي للخلية لا تكون منفذه للأيونات الحرة تحتوي على حوامل منخفضة هذه الحوامل ترتبط مع الأيونات في الحيز الخارجي ثم تتخلص منها في الحيز الداخلي وأكثر ملامح نظرية الحوامل أهمية هو افتراض وجود معقد الحامل والأيون وهو مركب يمكنه التحرك خلال الغشاء غير المنفذ السابق ذكره وعندها تتحرك الأيونات ولا تستطيع الحوامل الحركة مره أخرى للخارج وعلى اساس ذلك يتم تراكمها بينما يعود الحامل فارغا .

وهناك ثلاث خصائص تؤيد بشده صدق مفهوم الحوامل.

- تبادل النظائر Isotopic Exchange

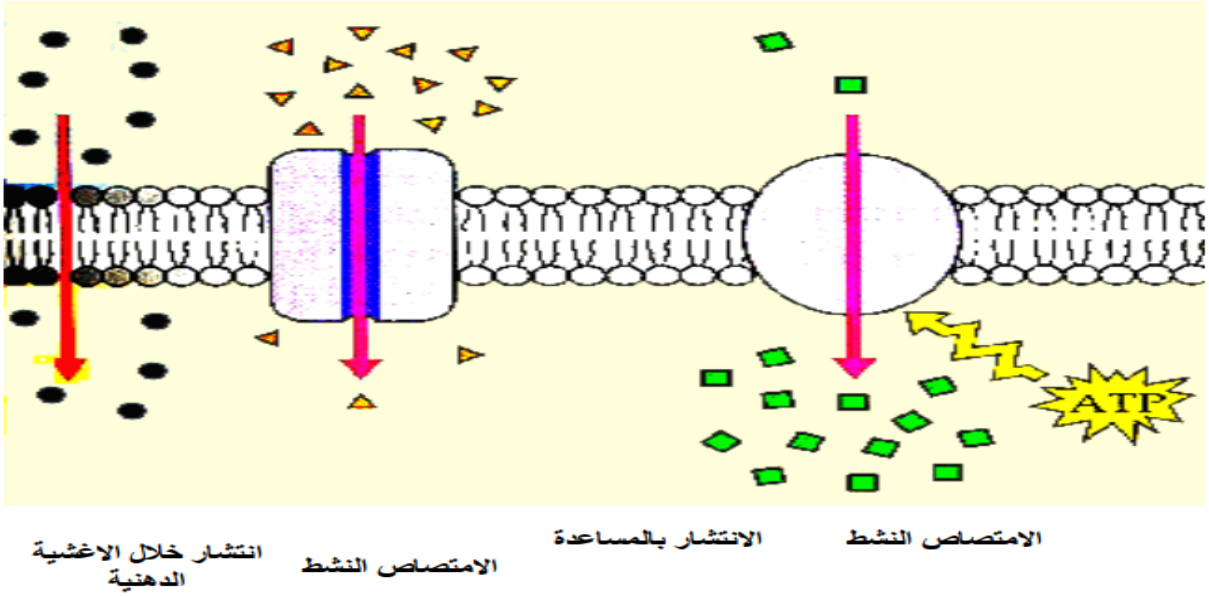
وجد أن الأيونات الممتصة امتصاصا نشطا تكون غير قابلة للتبادل مع الأيونات من نفس النوع في الحيز الخارجي أو الوسط الخارجي وقد لوحظ ذلك بأستخدام النظائر المشعة مما يدل على أن الغشاء ذو مناعة مرتفعة للأتنشار الحر للأيونات وحيث أن الأيونات تمتص فإن حركتها خلال الغشاء يجب أن تمر بواسطة وسيط هو الحوامل.

وقد تم دراسة امتصاص الكبريت بواسطة جذور الشعير ووجد أن الكميه الممتصة يمكن أن تفصل إلى جزئين:-

1-كمية تمتص بالأنتشـــــار

2-كمية تمتص بالامتصاص النشط

كما وجد أن الكمية الممتصة بالأنتشار يمكن أن تخرج عند غمر النسيج في الماء خروجا حرا، بينما الكمية الممتصة امتصاصا نشطا لا تخرج إلى الماء كما لا يمكنها التبادل مع أيونات كبريت عاديه في محلول كبريت غير مشبع.



شكل يوضح انواع الامتصاص حيث يمتص النبات مغذياته بطريقتين اما امتصاصا سلبيا او امتصاصا نشطا

الامتصاصية:

تقف عند حد معين أو عند نقطة التشبع عندها تكون جميع المواضع النشطة على الحوامل محتله وهي حالة متشابه لتأثير التشبع المعروف في تفاعلات الأنزيم ، وهناك حقيقة تقول ان مستوى المعدل الأقصى للامتصاص يمكن أن يستمر لفترة طويلة نسبيا يؤيد وجود عدد محدود من الحوامل العاملة بأقصى كفاءه ، بمعنى أن المواضع النشطة على الحوامل تكون مشغولة طول الوقت، وبمجرد أن يتخلص أحد الحوامل من

الأيون في الحيز الداخلي فإنه في الحال يتم اشغاله بأيون آخر من منطقة الحيز الخارجي

للنسيج وعلى ذلك فإنه عند نقطة التشبع تظل الدورة مستمرة ولا يمكن أن تعمل بسرعة أكبر لو أن تركيز الأملاح تزايد.

- التخصص Specificity :

الجذور تمتص الأيونات اختياريا بمعنى أن معدل امتصاص الأيونات يختلف كما يختلف معدل تراكمها في أنسجة الجذور مما يؤيد وجود الحوامل المتخصصة Specificity Carriers هذه الخاصية ترتبط بالأيونات ذات السلوك الكيماوي غير المتشابهة، إلا أنها لا تظهر مع الأيونات المتشابهة أو تكون ضعيفة الأثر فمثلا الكاتيونات الأحادية مثل البوتاسيوم والسيزيوم والروبيديوم تتنافس مع بعضها على نفس موضع الالتحام على الحامل أي أن معدل امتصاص الروبيديوم يمكن أن يخفض بإضافة مزيد من البوتاسيوم أو السيزيوم إلى المحلول المغذي وزيادة تركيز الروبيديوم يمكن أن يتلاشى الأثر المثبط للكاتيونات الأخرى ومما يؤيد وجود مواضع التحام مختلفة أن وجود زيادة من الصوديوم لا يثبط امتصاص الروبيديوم ، كذلك فإن السلينات تثبط امتصاص الكبريتات بينما لا تؤثر على امتصاص الفوسفات أو النترات .

المحاضرة الثامنة:

ميكانيكية الامتصاص النشط

هناك ميكانيكيتان محتملتان لعمل الحوامل-:

1-مضخة السيتوكروم Cytochrome Pump :

لاحظ Hoagland واخرين أن غمر النسيج في محلول محلي يتسبب في زيادة معدل التنفس وهو ما يسمى بالتنفس الملحي وان امتصاص الاملاح يعتمد على التنفس وهي ما قاد Lundagardh 1950 إلى نظرية تصيغ العلاقة السابقة ومحتواها هو ان الامتصاص يحدث من خلال السيتوكروم اوكسيديز هذا بالاضافة الى ان السيتوكروم قد يكون حاملا للأيونات وقد تأكد من ذلك عندما وجد ان الامتصاص يثبط بتثبيط التنفس بمثبطات السيتوكروم اوكسيديز فالحديد بالسيتوكروم يغير تكافؤه من ثنائى الى ثلاثى والعكس فأذا كان ثلاثى يأخذ الكترون او انيون سالب ليصبح ثنائي التكافؤ والعكس، وان مصدر الهيدروجين هو الأحماض العضوية الموجودة بجدار الاندوبلاست تحت تأثير أنزيم Dehydrogenase .

وعلية فان:

1- امتصاص الأنيونات يعتبر مستقلا عن امتصاص الكاتيونات وكلاهما يحدث عن طريق ميكانيكيات مختلفة.

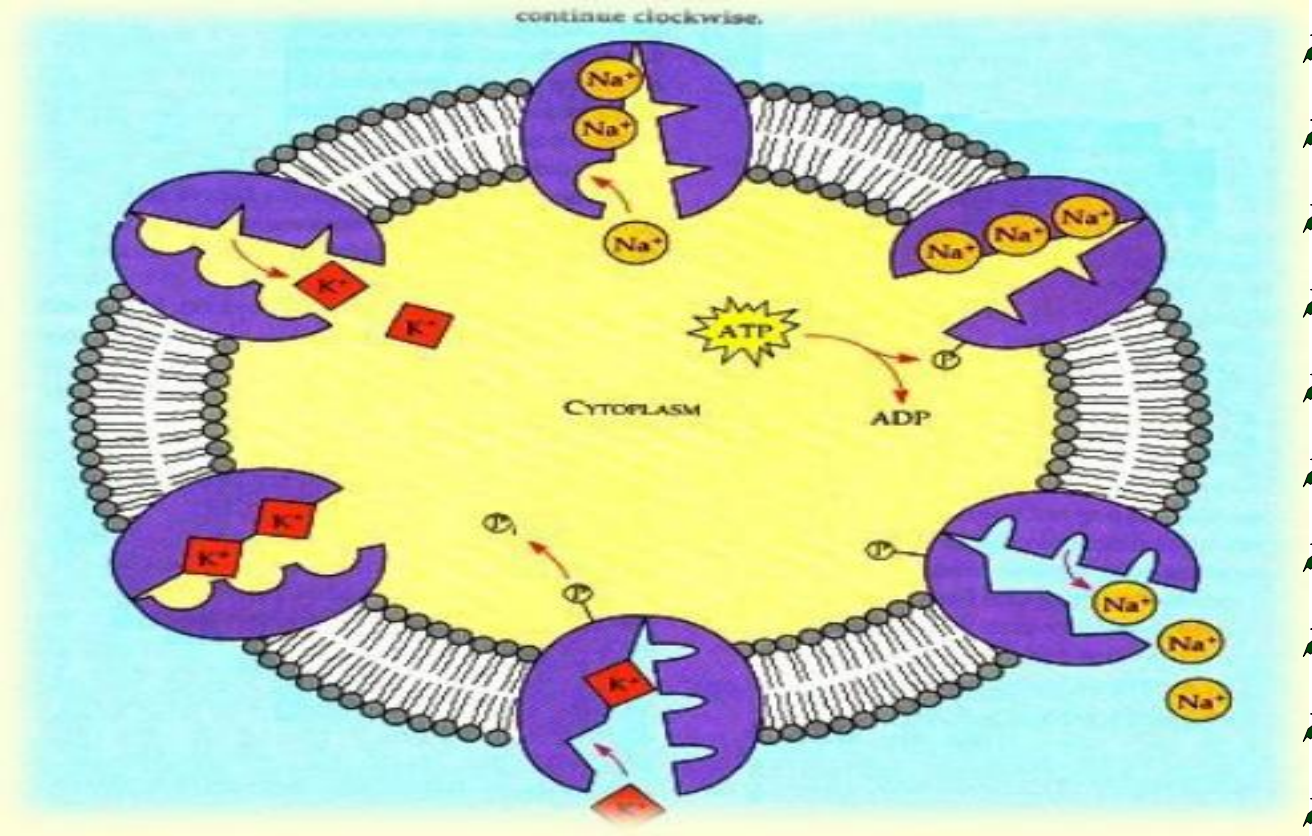
2- يوجد تدرج في تركيز الأكسجين من السطح الخارجي الى السطح الداخلي للغشاء منها عند السطح الداخلي.

3- الانتقال الفعلي للانيونات يحدث من خلال نظام السيتوكروم.

وحيث أن هناك علاقة كمية بين امتصاص الأيونات والتنفس الملحي وهذه العلاقة لا تظهر عند امتصاص الكاتيونات، فقد أفترض أن الأنيونات فقط تنتقل انتقالا نشطا .

وبتثبيط التنفس الملحي وما يترتب عليه من تثبيط امتصاص الأملاح بواسطة أول أكسيد الكربون قادت لاند جارد ان يفترض أن انتقال الأنيونات يتم بواسطة السيتوكروم اوكسيديز وبالتالي فإن السيتوكروم قد يكون من الحوامل الأنيونية.

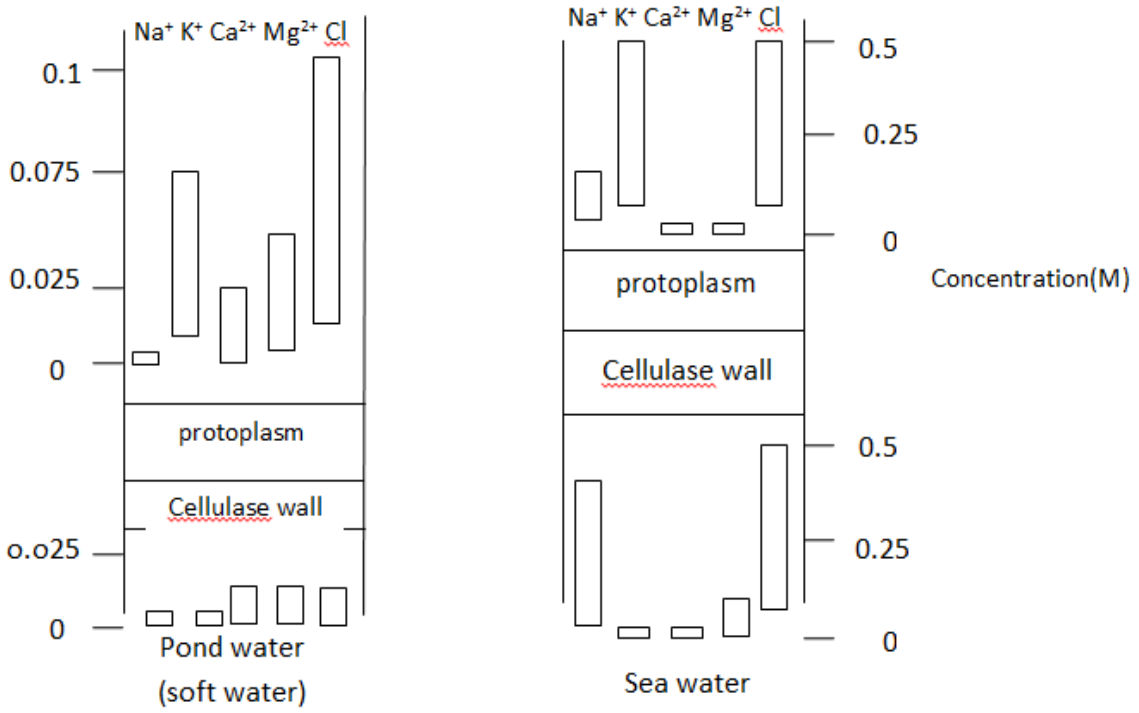
شكل يوضح الية الامتصاص تبعا لنظرية الحوامل او نظرية مضخة السيتوكروم التى تفترض وجود حامل ينشطة ATP يغير من شكله فينفتح على الخلية من الداخل ليمتص منها الصوديوم ثم يغير من شكله ليفرز الصوديوم خارجها ويمتص بدلا منه البوتاسيوم او اى كاتيون آخر ثم يغير شكله مرة آخرى ليتمكن من افراز الكاتيونات داخلها



– الامتصاص الأيوني والفعاليات الحيوية Ion uptake and Metabolism

أجرى الباحث Hoagland D.R. 1948 ,1944 ومساعدوه عدة تجارب على نوعين من الطحالب هي:

طحلب ① Nitella الموجود في الماء العذب. طحلب ② Valonia الموجود في ماء البحر. وتوصلوا إلى نتائج ذات أثر جيد في عملية الامتصاص الأيوني بواسطة النبات فقد وجدوا بأنّ تراكيز الأيونات في فجوة خلية هذه الطحالب لا يتطابق أولا ينسجم مع التراكيز الخاصة للظروف الغذائية لهذه الطحالب. حيث وجدوا تراكيز عالية من K , Cl في فجوات كلا الطحلبين إلا أنّ الصوديوم كان تركيزه في فجوة طحلب الـ Valonia أقل من تركيزه في ماء البحر.



(تركيز الأيونات في فجوة كل من Nitella و Valonia وعلاقتها بتراكيز الأيونات في الوسط الخارجي Hoagland).

وقد استُنتِجَ من هذه النقاط المهمة ما يلي:

١. النبات قادر على امتصاص الأيونات بصورة انتقائية: وهذه العملية تسمى بالامتصاص الأيوني الانتقائي (Selective ion uptake).

٢. إنّ تراكيز أنواع متعددة من الأيونات في الفجوة أعلى من تراكيزها في الوسط الخارجي. وهذا يدل على أن تجمع الأيونات قد حصل ضد نسبة الزيادة أو النقصان في التركيز against concentration gradient.

٣. كون عملية الامتصاص تحتاج إلى طاقة. تحصل عليها من الفعاليات الحيوية للخلية.

٤. إنّ العلاقة بين الفعاليات الحيوية والامتصاص الأيوني غير مفهومة بصورة كاملة لحد الآن.

نظرية لانـد جـارد:

بالرغم من الامتصاص الأيوني وارتباطه مع التنفس معروف منذ سنة ١٩٣٢ حيث وضحت هذه العلاقة من قبل لاند جارد((Lundegardh 1932):-

- هناك علاقة بين التنفس وامتصاص الأنيونات
- أن الأنيونات تمتص امتصاصا نشـطا.
- أي تثبيط للتنفس الملحمي يسبقه تثبيط لامتصاص الأيونـات.
- امتصاص الأيونات يتم بواسطة السيتوكروم أو الاكسيديز لذلك أفترض أن السيتوكروم من الحـوامل الانيونيـه

تفسير نظرية لاند جـارد-:

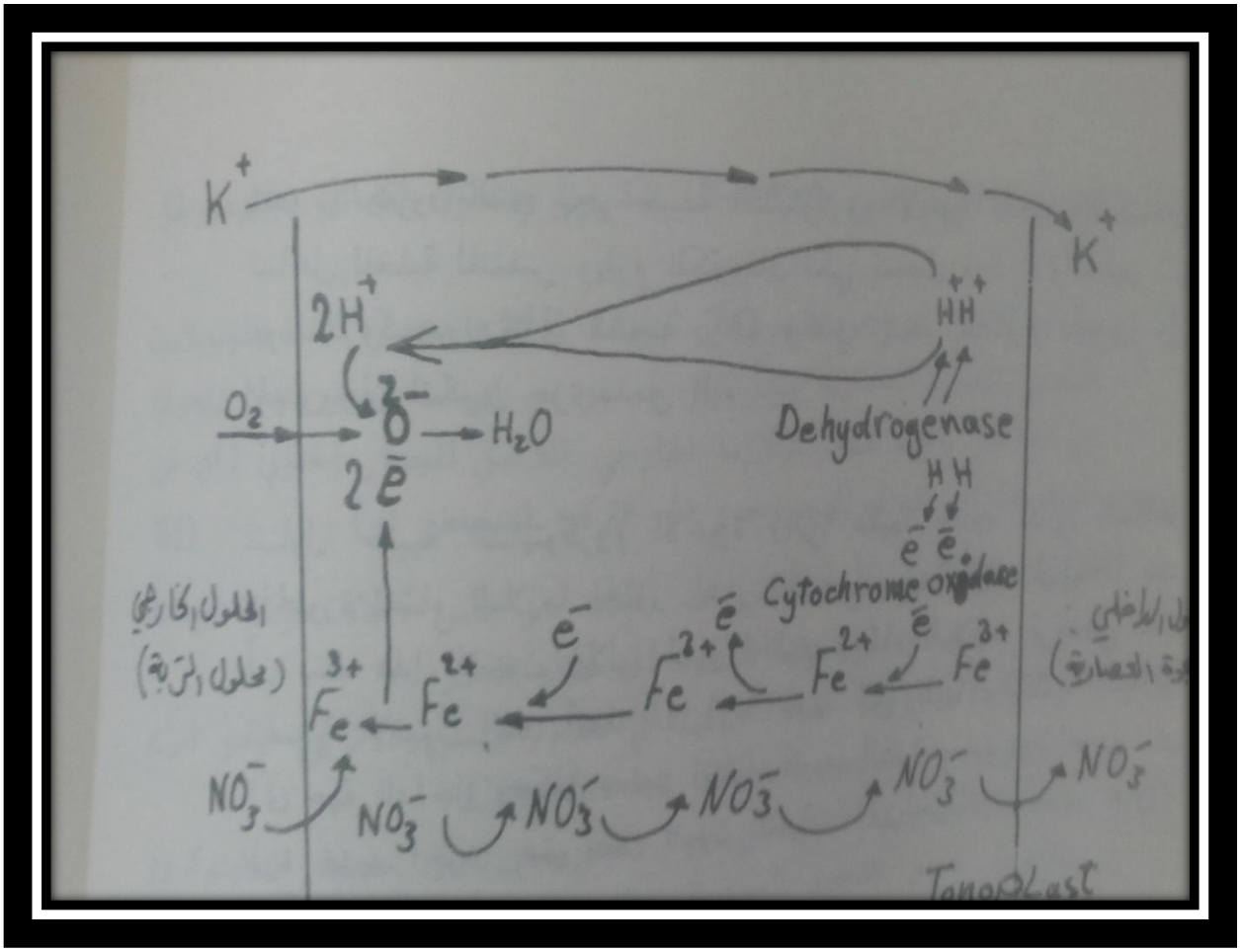
وطبقا لنظرية لاند جار يتفاعل أنزيم الدى هيدروجينيز على السطح الداخلى بإنتاج بروتون + Fوالكترون e يتحرك الإلكترون إلى الخارج عن طريقي سلسلة السيتوكرومات بينما يتحرك البروتون إلى الداخل .

وعلى السطح الخارجي للغشاء يتم أكسدة الحديد الذي كان قد أختزل بالسيتوكروم فيفقد الكترون ويتكون أنيون يتحد الإلكترون المتحرر مع بروتون والأكسجين مكونا جزئ ماء وعلى السطح الداخلي يصبح الحديد المؤكسد بالسيتوكروم مختزلا بإضافة الإلكترون الناتج من تفاعل الدى هيدروجينيز ويتحرر البروتون إلى الداخل أثر هذا التفاعل . أما للكاتيونات فإنها تمتص امتصاصا سلبيا لموازنة فرق الجهد الناتج عن تراكم الأنيونات على السطح الداخـلي

الاعتراضات-:

رغم أن نظرية الانتقال بالسيتوكروم تعطي صوره واضحة عن كيفة مساهمة الطاقة التمثيلية في امتصاص الأيونات، إلا أنها لم تلقي قبولا عاما وواجهت اعتراضات محرجه مثل-:

- لوحظ أن أحد مثبطات الفسفره الأكسجين وهو مركب يزيد من التنفس وفي نفس الوقت يقلل من امتصاص الأملاح، وذلك يعني أن الفسفره يجب أن تكون ضمن أي نظريه تفسر تراكم الأملاح.
- كما لوحظ أن الأنيونات ليست هي فقط التي تشجع التنفس لأن أيونات كلا من الصوديوم والبوتاسيوم تشجع التنفس.
- وأخيرا ، لو أن هناك حامل واحد فقط لكل أنيون لكان من المؤكد أن يظهر تنافس بين الأنيونات على شغل موضع الالتحام ولكن على العكس وكما ذكر من قبل (فإن الأنيونات مثل الكبريتات والنتروفوسفات) لا تتنافس مع بعضها.



2 –ميكانيكية الحوامل

أقترح Bennet – Clark 1956 ميكانيكية الامتصاص النشط للأملاح يستخدم فيها ATP وفيها اقتراح بأن الفوسفوليبيدات قد تكون هامة لانتقال الأيونات خلال الأغشية التي تعتبر غير منفذه ، وفي هذا الانتقال يتم تخليق فوسفوليبيد و هو اللسيثين Lecithin يتحلل مائيا فيما يشبه الدورة فيلقط الأيونات من السطح الخارجي ثم

يدخلها عن طريق التحلل المائى إلى الحيز الداخلي وتخليق أحد مكونات هذه الدورة الفوسفاتيدية Phosphatide cycleعلى الأقل يحتاج إلىATP .

االمحاضرة التاسعة

الانتقال الحيوي والانتقال الحر للمغذيات

يخضع امتصاص وانتقال ايونات العناصر الغذائية في محلول التربة الخارجي وحتى نقل هذه الايونات الى المحلول الداخلي للنبات اي (لكي تعبر غشاء البلازما والسايتوبلازم.. ومنها الى الفجوة العصارية لكي تدخل هذه الايونات في الفعالية الحيوية للنبات) تحتاج الى قوتين هما:

١.التغير في القوة الكهربائية

٢.التغير في الجهد الكهربائي

ولهذا الايونات تتحرك لمحصلة هاتين القوتين اي التغير في الجهد الكهروكيمياوي Electro Chemical Potential Gradient

و محصلة هذا التغير تنتهي بالتوازن بينهما وهذا التوازن قد شرح من قبل Nernest كما يأتي:-

$$\Psi i - \Psi o = E = \frac{RT}{ZF} ln \frac{CO^{+}}{CL^{+}} = \frac{RT}{ZF} ln \frac{AO^{-}}{AI^{-}}$$

$$\Delta G = RT ln \frac{C2}{C1}$$

iΨ = شحنة الوسط الداخل للسايتوبلازم

oΨ = شحنة الوسط الخارجي (وسط نمو النبات)

E = فرق الجهد الكهربائي (وتمثل الفرق بين الشحنة في الداخل والخارج)

R = ثابت الغازات = ١,٩٨٧

T = درجة الحرارة المطلقة = (٢٧٣ + درجة حرارة نمو النبات)

F = ثابت فرداي = ٢٣٠٠٠ كالوري

Ln = اللوغاريتم الطبيعي = 2.3 log 1o

O,I = تمثل رمز المحلول الداخلي والخارجي على التوالي وعند تعويضها في المعادلة ينتج او نحصل على الاتي:

$$E = \frac{58}{1} log \frac{CO^{+}}{CI^{-}}$$

ولو فرضنا ان تركيز البوتاسيوم في الداخل هو عشرة اضعاف تركيزه في الخارج اي حدث تجمع للبوتاسيوم من الداخل.

$$E = \frac{58}{1} log \frac{1}{10} = 58\, log 10^{-1} = -58 m.v$$ (مليفولت)

هذه القيمة صغيرة وهذا يدل على ان البوتاسيوم يتجمع وينتقل للداخل بعملية الامتصاص الحر. عادة يبلغ الجهد الكهربائي للخلايا الحية (٦٠-٨٠) ملي فولت ولغرض معرفة فيما اذا كانت الايونات قد انتقلت سلبا او حيويا نطبق المعادلة الاتية :

Ed = Em− Ecal (m.v)

Ed = القوة الناقلة للأيونات

Em = تمثل الجهد الكهربائي المقاس

Ecal = تمثل الجهد الكهربائي المحسوب

جدول يوضح قيم(E) للأيونات بالملي فولت

نوع الايون	Em المقاسة	Ecal المحسوبة	Ed (بالملي فولت)	
Na^+	138-	67-	71-	سلبي
K^+	138-	179-	41-	حيوي
Cl^-	138-	99-	237-	حيوي

الفرق بين الامتصاص السلبي الحر والفيزيائي الحيوي

الامتصاص السلبي Passive absorption	الامتصاص الحيوي(الفعال والنشط) Active absorption
١. لا يحتاج الى طاقة	١. يحتاج طاقة
٢. امتصاص متعاكس Reversible	٢. غير متعاكس Irreversible
٣. غير اختياري Non selective	٣. اختياري Selective

الاستنتاج:-

- بالنسبة للكاتيونات اذا كانت قيمة (Ed) سالبة فهذا يدل على حدوث امتصاص سلبي اما اذا كانت قيمة (Ed) لها موجبة فهذا يدل على حدوث امتصاص حيوي لأنه يدل على حدوث تجمع وانتقال ضد تدرج التركيز.
- بالنسبة للأيونات اذا كانت قيمة (Ed) سالبة فهذا يدل على حدوث امتصاص حيوي اما اذا كانت قيمة (Ed) لها موجبة فهذا يدل على حدوث امتصاص سلبي.

يمكن القول باختصار اذا كانت اشارة Ed تماثل اشارة الايون الممتص سواء كان كاتيون ام انيون يدل على حدوث تجمع لهذا الايون وانه انتقل ضد تدرج التركيز ولكي يحدث انتقال للايون من التراكيز الواطئة الى التركيز العالي فهذا يحتاج الى بذل طاقة من قبل النبات ويدل على حدوث امتصاص حيوي له. وبالعكس اذا اختلف اشارة Ed عن اشارة الايون الممتص فيدل على حدوث جذب لهذا الايون وان الايون قد انتقل بطريقة فيزيائية اي بالانتشار ولا يحتاج الى بذل طاقة.

المحاضرة العاشرة:

العوامل المؤثرة على امتصاص الأملاح-:

يتم الامتصاص تحت ظروف متوافقة ومناسبة للنشاط الحيوي والتحولات الفيزيائية الحادثة ولو تغيرت الظروف البيئية فإن الامتصاص يتأثر .

وأهم العوامل هي:-

1- درجة الحرارةTemperature :-

ارتفاع الحرارة بصفة عامة يسرع الامتصاص السلبي بزيادة الطاقة الكامنة للجزئيات وفي الامتصاص النشط يزيد النشاط إلى درجة مثلى ثم يتناقص مكافئ نشاط حيوي آخر أي أن لها درجة صغرى ومثلى وعظمى.

2 - تركيز أيون الهيدروجين Hydrogen ion Concentration :-

زيادة أو نقص التركيز الأيدروجين لمحلول التربة عن المدى الفسيولوجي يمر بالنشاط الحيوي العام بما فيه الامتصاص. وفي داخل هذا المدى فإن ارتفاع أو انخفاض رقم PH لا يؤثر إلا في حالة نقص العناصر في التربة، بينما يكون تأثيره قليل في وجود وفره منها .

وتحت هذه التحفظات فإن الظروف الحامضية تساعد على توفير الفوسفات الأحادي الصالح للامتصاص، كذلك يتحسن صلاحية البورون للامتصاص في الظروف الحامضية، بينما تكون زيادة القلوية مناسبة لامتصاص الكاتيونات.

3- الضوءLight :-

الضوء يساعد على فتح الثغور وعلى التمثيل الضوئي . الثغور المفتوحة تزيد تدفق كتلة الماء في تيار النتح فيشجع الامتصاص. والطاقة المستمرة من التمثيل الضوئى تشجع الانتقال النشط كما أن الأوكسجين الناتج يحسن الظروف المناسبة للامتصاص.

4 - التركيز الأكسوجيني Oxygen tension :-

الانتقال النشط يثبط في كميات الأكسجين كما أن الأكسجين يساعد على امتصاص الفوسفات.

5- الأثر المتبادلInteraction :-

وجد أن امتصاص الشعير للبوتاسيوم يتأثر بوجود الكالسيوم أو المغنسيوم كما لوحظ أن الكالسيوم يقلل امتصاص البوتاسيوم والبروتين إلى حد معين، لو زاد الكالسيوم بمره يزيد الامتصاص مره أخرى.

والمغنسيوم يقل امتصاصه بوجود الكالسيوم، كما لوحظ أن البوتاسيوم والروبيديوم والسيزيوم تتنافس على شغل موضع التحام واحد، والباريوم والكالسيوم تتنافس على موضع واحد.

وعموما ففي وجود مواضع التحام كافية لا يظهر هذا التضاد، ولكن يظهر في وجود حوامل شديدة التخصص.

6 – Growthالنمو :

عموماً فإن الأنسجة الحديثة أو المرستيمية يزيد فيها الامتصاص، وبتطور النسيج وتغليظه يقلل الامتصاص.

زيادة النشاط الأيضي يزيد استهلاك العناصر وبالتالي الامتصاص كما أن النمو الخضري المتزايد يكون مصحوباً بزيادة تحركات الماء فيزيد الامتصاص.

انتقال العناصر الغذائية داخل النبات:

تدخل الأيونات إلى خلايا البشرة عن طريق الامتصاص السلبي والانتقال النشيط معاً. حيث يدخل إلى الحيز الظاهري الحر بالامتصاص السلبي ثم ينتقل بالانتقال النشط إلى الحيز الداخلي inner space وتتحرك داخل خلايا البشرة بحرية حتى تصل إلى نسيج القشرة الداخلي endodermis حيث تلاقي ما يعيق تقدمها وهو الأشرطة الكسبرية والتحرك خلال خلايا البشرة يكون عن طريق plasmodia estate أو الطرق البلازميدية بين خلايا البشرة.

ونظراً لأن الانتشار العكسي خلال الحزام الكسبري الغير منفذ يعتبر مستحيلاً فإن ذلك يعني أن هناك اتجاه واحد ووحيد للتخلص من هذه الأملاح وهو الاتجاه إلى داخل أوعية الخشب.

تتحرك الأملاح المتراكمة في أوعية الخشب من الجذر إلى الأفرع ومنها يعاد توزيعها إلى أنحاء النبات وعموماً فإن هذه التحركات تحدث في الأنسجة الوعائية وباستخدام العناصر المشعة أمكن تحديد طرق واتجاهات هذه العناصر وهي:-

1 – الانتقال لأعلى في أنسجة الخشب:

ويتم بواسطة تيار النتح من أسفل الجذر إلى أعلى الساق ، وقد لوحظت هذه الحركة باستخدام

عناصر مشعة وتحليق اللحاء حيث لوحظ أن الانتقال لأعلى استمر رغم التحليق إلا أنه بدرجة أقل إلى حد ما مما يدل على أن هناك احتمال انتقال لأعلى داخل اللحاء أيضاً.

2 – الانتقالات الفرعية للأملاح:

يعتقد أن نسيج الكمبيوم الفاصل بين الخشب واللحاء يقوم بتنظيم كمية الأملاح المنقولة لأعلى مع تيار النتح ويساعد على ذلك ما يحدث من تراكم تنشيط للأملاح في أنسجة الكمبيوم ، فلو أن عنصر ما كان موجوداً بتركيز عالي في اللحاء وحدث توازن بين اللحاء والكمبيوم فإن التدخل في مرور هذا العنصر مع تيار النتح يكون ضئيلاً ، ومن ناحية أخرى لو أن هذا العنصر موجود بتركيز منخفض في اللحاء فإن انتقاله من الخشب إلى اللحاء خلال الكمبيوم يكون سريعاً .

3 – انتقال الأملاح في اللحاء:-

لوحظت في اللحاء حركة ذات اتجاهين : اتجاه لأعلى للأملاح المتساوية من الخشب عن طريق الكمبيوم . واتجاه لأسفل للأملاح الخارجة من الورقة التي تعاود الحركة لأعلى عن طريق اللحاء أو خلال الكمبيوم عن طريق الخشب . وهذه الحركة ذات الاتجاهين bi- directional للأملاح تكون مميزة لأنسجة اللحاء.

4 – انتقال الأملاح إلى خارج الورقة:-

لوحظ أن أوراق النبات المتساقطة تحدث حركة للأملاح قبيل التساقط إلى خارج الورقة حيث تخرج بعض العناصر مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفات والكبريت .وتحت ظروف خاصة قد يخرج الحديد والمغنسيوم بينما لا تخرج عناصر أخرى مثل الكالسيوم والبورون والمنغنيز والسليكون. والمواد الخارجة من الورقة تظهر أولاً في اللحاء حيث تتحرك لأسفل ثم تتحرك حركة فرعية خلال الكمبيوم إلى الخشب وهنا تتحرك لأعلى في الخشب ولأعلى وأسفل في اللحاء . وقد يتحرك الفوسفور من الأوراق السفلية لأسفل إلى الجذر بينما يتحرك الفوسفور من الأوراق العلوية لأعلى في الساق . وتستقبل الأوراق الصغيرة هذه العناصر وتلاحظ هذه الظاهرة مثلاً عند نقص النيتروجين والفوسفور في التربة فإن الأعراض تظهر أولاً على الأوراق السفلى حيث تهاجر منها العناصر إلى الأوراق الأصغر التي يتأخر ظهور أعراض النقص عليها .

المحاضرة الحادي عشر

امتحان شهر ثاني