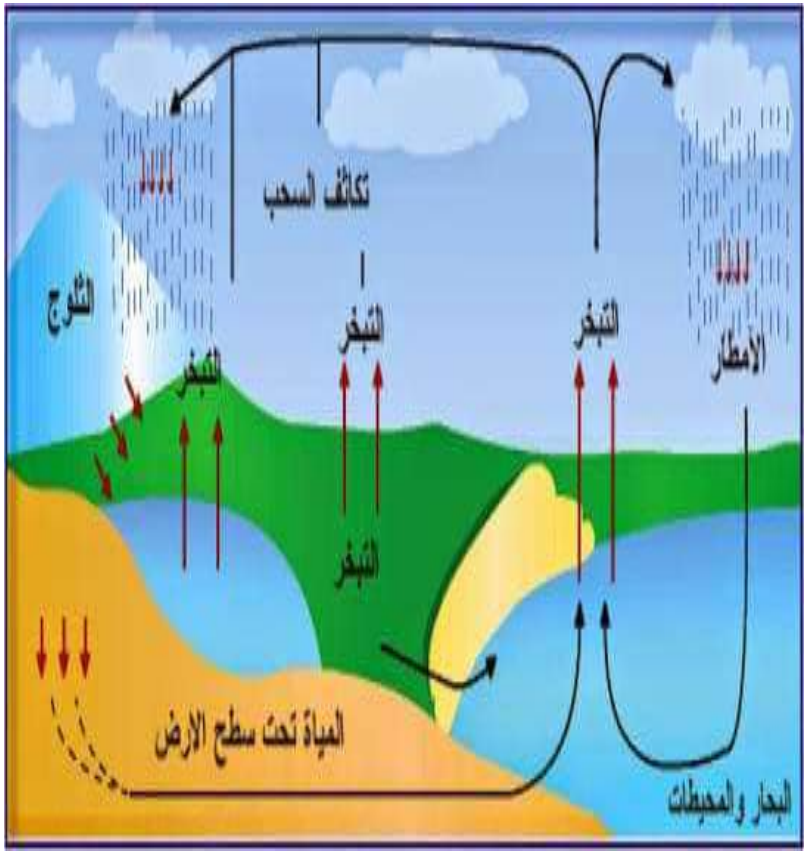
الخواص المائية للتربة

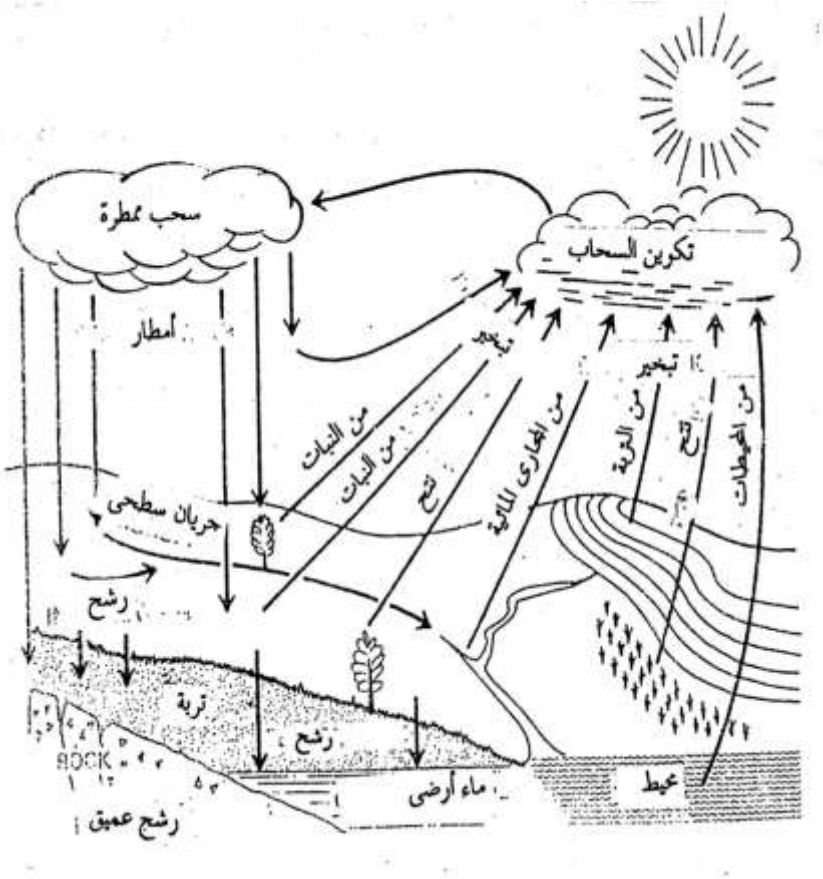
الدورة المائية

هي حركة المياه المستمرة بين القارات والمحيطات والغلاف الجوي. وتصف وجود وحركة المياه على الأرض وداخلها وفوقها.

صور فقد الماء:

- كمية الماء المفقودة بالجريان السطحى Run off.
- كمية ماء الصرف تحت منطقة نمو الجذر (رشح عميق)
- كمية الماء المفقودة بالبخر من سطح التربة.
- كمية الماء المفقودة بالنتح.
- يمكن الإستفادة من معلومات الدورة الهيدرولوجية للماء فى معرفة التغير فى المحتوى الرطوبة للتربة لفترة معينة


تكاثف السحب
الثلوج
التبخر
التبخر
التبخر
التبخر
الأمطار
المياة تحت سطح الارض
البحار والمحيطات


سحب ممطرة
تكوين السحاب
أمطار
تبخير
من النبات
من النبات
تسرب
من المجاري المائية
من البرك
تبخير
تسرب
من المحيطات
جريان سطحي
رشح
تربة
رشح
ROCK
ماء أرضي
عيط
رشح عميق

- أهمية الماء:
- المسئول عن مدى نشاط العمليات الكيماوية والطبيعية والحيوية (من إنبات وإمتصاص للغذاء وإنتقاله داخل الأنسجة وعمليات التمثيل الضوئى).
- يعمل كمذيب تنتقل خلاله المواد الغذائية التى يتطلبها كل من النبات والكائنات الحية للنمو.
- الماء ناقل للعناصر الغذائية من الجذور إلى الأوراق والسيقان.

ماذا يحدث عند اضافة الماء للتربة

- عندما يتخلل الماء سطح التربة فإنه يمسك على صورة:
- أغلفة مائية مدمصة حول أسطح حبيبات التربة الصلبة أو مالئاً للفراغات البينية الضيقة (المسام الشعرية) جزئياً أو كلياً وذلك ضد قوى الجاذبية الأرضية ، ويتحرك الجزء الزائد خلال الفراغات البينية الواسعة إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية .
- وقد يتجمع هذا الجزء الحر من الماء أعلى طبقات التربة الغير المنفذة على صورة ماء أرضى.

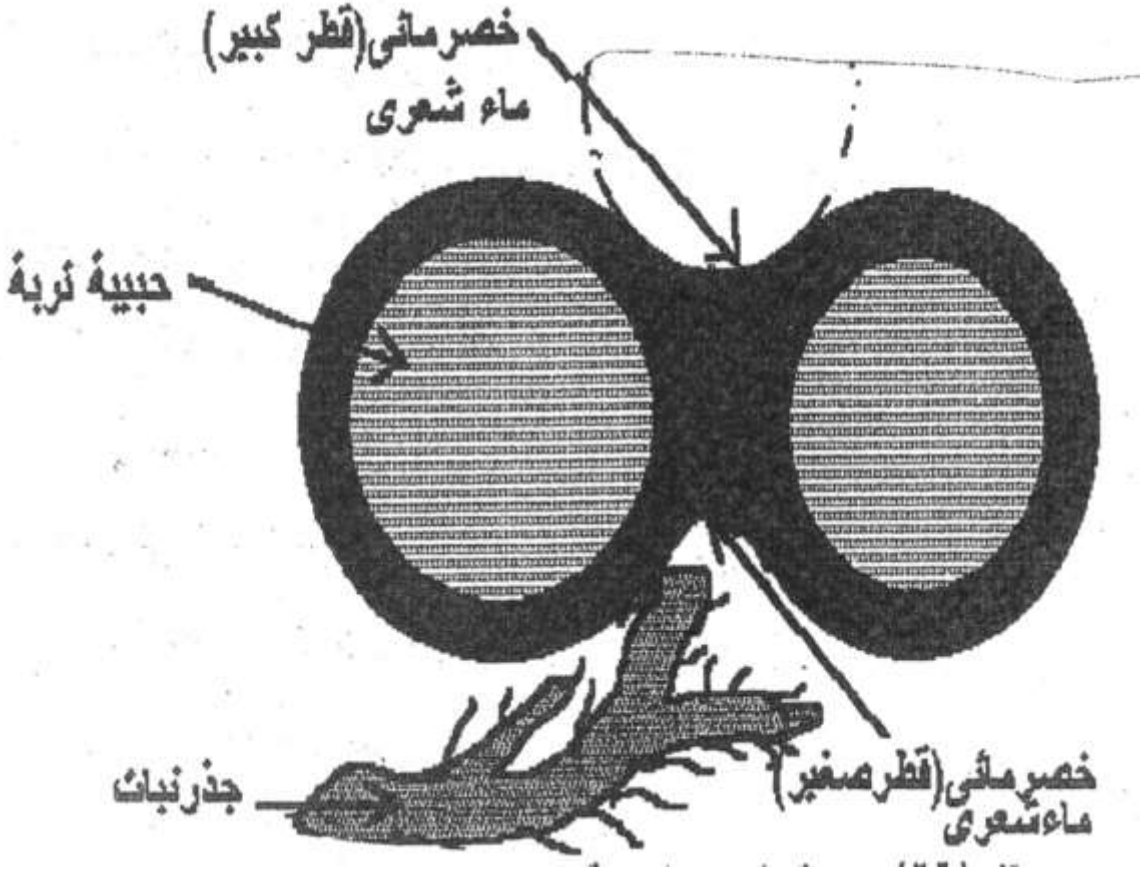
الخصائص القطبية لجزئ الماء

- تلعب دوراً مهماً فى سلوك ماء التربة نتيجة:
- تكثيف للشحنة السالبة عند أحد أطراف الجزئ بينما تتركز الشحنة الموجبة عند الطرف الآخر وبالتالى تظهر قطبية جزئ الماء (طرف أكثر إيجابية وطرف أكثر سلبية).
- قطبية الماء ينتج عنها تكون **روابط هيدروجينية** بين جزيئات الماء ذاتها وبينها وبين أسطح حبيبات التربة "الطين" المشحونة.

القوى الممسوك بها الماء في التربة

- يمسك الماء بواسطة كل من قوى الجذب بين جزيئات الماء القطبية وأسطح الحبيبات الصلبة (بسبب قوى التلاصق)
- وبين جزيئات الماء القطبية بعضها وبعض بسبب (قوى التماسك):
- **أ- قـــوى التلاصـــق Adhesive force**
- تجذب الشحنة الموجودة على أسطح حبيبات التربة (معادن الطين، الدبال، الأيونات في التربة) جزيئات الماء القطبية التى ترتب نفسها على هذه الأسطح. وتزداد قوة الالتصاق بالقرب من سطح الحبيبات.

- **ب- قوى التماسك Cohesive force**
- هى قوى التجاذب بين جزيئات الماء القطبية بعضها وبعض, حيث ترتبط برابطة هيدروجينية ينتج عنها جذب عدة طبقات متتالية من جزيئات الماء حول الحبيبة وتزايد سمك الغشاء المائى المحيط بها.
- **(ج) قوى الشد السطحى Surface tension**
- تعمل قوتا التلاصق والتماسك على توليد شد سطحى عند سطح الاتصال بين الماء والهواء ,أى عند السطح الخارجى للغشاء المائى يعرف بإسم قوى الشد السطحى Surface tension
- فإذا تلامست الحبيبات تلتحم الأغشية المائية وتتكون خصور عند نقط التلامس فى المسام الضيقة الشعرية يأخذ عندها الغشاء المائى شكلا مقعراً.



الجزئ الموجود عند السطح يقع تحت تأثير قوى جذب الجزيئات التى تحته فقط ، وتكون محصلة هذه القوى إلى أسفل وتعمل على تحريك الجزيئات عند السطح إلى داخل السائل.

- ويتولد عن هذه الخصور Meniscus قوة شد تعمل على سحب الماء من **الأماكن الرطبة** نسبياً إلى الأماكن الأقل رطوبة فى جسم التربة (كلما قل المحتوى الرطوبى كلما زادت القوة اللازمة لسحب مقدار آخر من الماء) وهكذا.
- ويرجع ذلك إلى أن زيادة المحتوى الرطوبى للتربة يصاحبه تزايد سمك الغشاء المائى وإبتعاد سطحه الخارجى عن مراكز الجذب لأسطح الحبيبات، ويتبع ذلك تناقص قوة الشد المبذولة على جزيئات ماء الطبقة الخارجية.
- والعكس صحيح عند إنخفاض المحتوى الرطوبى (نتيجة البخر أو إمتصاص الجذور)، فيتناقص تدريجيا سمك الغلاف المائى وتزيد قوة مسكه بالتربة.

- وتحسب قوة الشد (الأمتصاص) من المعادلة البسيطة التالية:

$$P = \frac{2T}{r}$$

حيث :

P = قيمة الإمتصاص.

T = الشد السطحى للماء.

r = نصف قطر الخصور .

- ومن هذه المعادلة تتضح أن:
- 1-هناك علاقة عكسية بين قوة الشد (P)ونصف قطر الإنحناء (r) للغشاء المائى عند الخصور،
- ويعنى هنا أنه كلما جفت التربة كلما نقص قطر الإنحناء للغشاء المائى وزادت قوة الشد الغشائى فى المناطق الملاصقة للجذر) مما ينتج عنه سحب الماء من الأماكن المجاورة الرطبة نسبياً والتى تتميز بقوة شد أقل حتى يحدث الإتزان.
- 2-أن زيادة التوتر السطحى T (نتيجة إنخفاض درجات الحرارة أو وجود الأملاح الذائبة بتركيز عالى) يؤدى إلى زيادة الشد على الماء ويظهر ذلك بوضوح فى الأراضى الملحية.

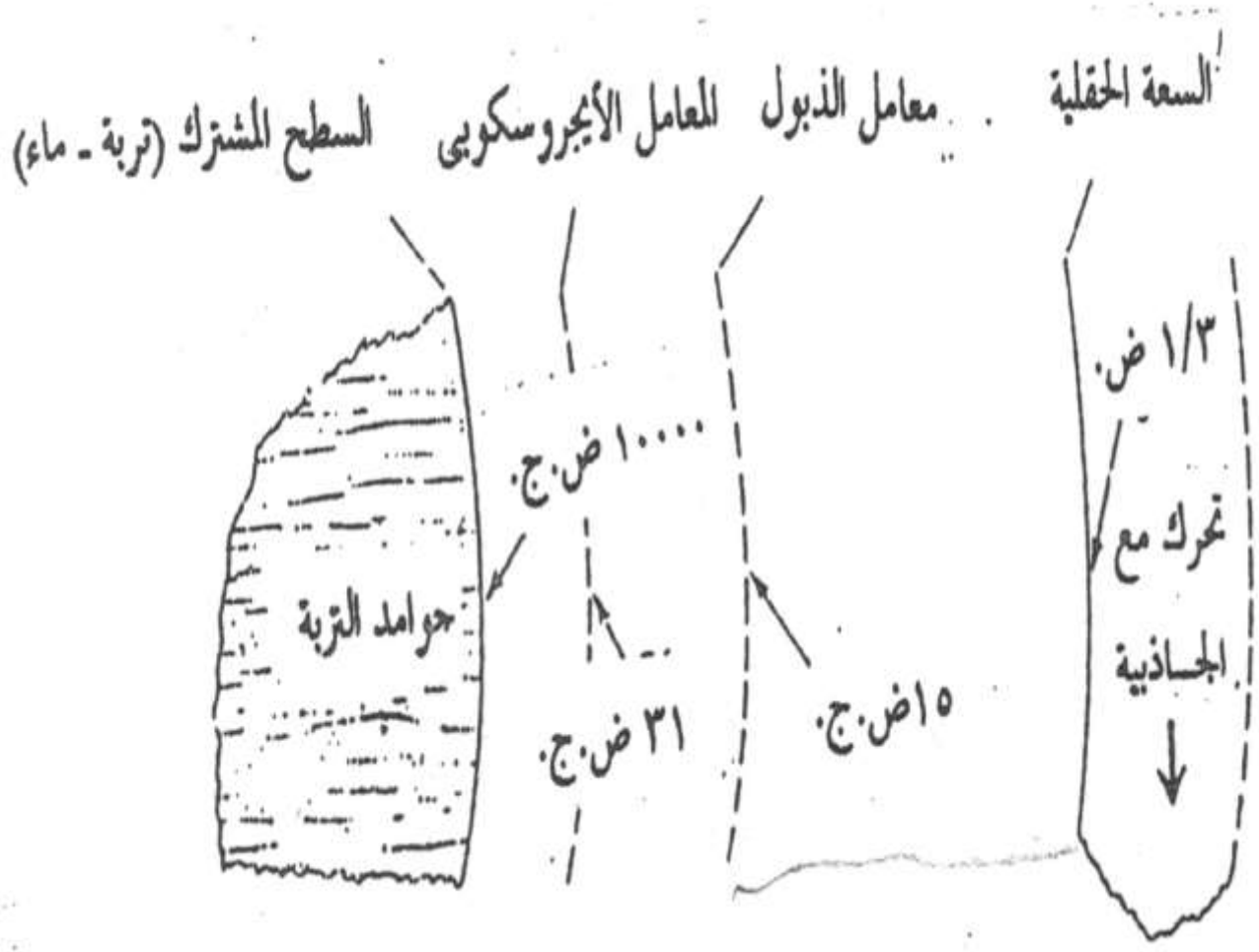
صور ماء التربة

- **التصنيف الفيزيائى لماء التربة:**
- يمكن تمييز ثلاث صور إعتبارية لماء التربة تبعاً لقوى مسكها بالتربة. حيث أنه يقوم أساسياً علي العلاقة بين الماء والتربة فقط.
- **1- الماء الأيجروسكوبى Hygroscopic Water**
- الخاصية الهيجروسكوبية هى إدمصاص طبقات من جزيئات الماء من الوسط المحيط حول أسطح الأجسام الصلبة حيث تمسك بقوة شد كبيرة وتمنع تحريكة الي أسفل.

والماء الأيجروسكوبي يلتصق بسطح الحبيبات فى صورة غشاء رقيق وتصل قوة مسكه ما بين 31- 10الاف ضغط جوي. عشرة الأف ضغط جوي على الحبيبات مباشرة وتقل قوة المسك كلما أتجهنا إلى خارج النطاق الأيجروسكوبى حتى تصل إلى آخر حدود هذا الغلاف (31 ضغط جوي).

ونظراً لشدة مسكه تظل التربة محتفظة به عند تجفيفها فى الهواء الجوى العادى، ولا يمكن التخلص منه إلا بإجراء التجفيف على درجة حرارة عالية (105 – 110º م).

تستطيع الجاذبية الأرضية تحريك الماء الهيجروسكوبي الي اسفل (x).


السعة الحقلية
معامل الذبول
المعامل الأيجروسكوبى
السطح المشترك (تربة - ماء)
١/٣ ض.
تحرك مع
الجاذبية
١٠٠٠٠ ض.ج.
حوامد التربة
٣١ ض.ج.
١٥ض.ج.

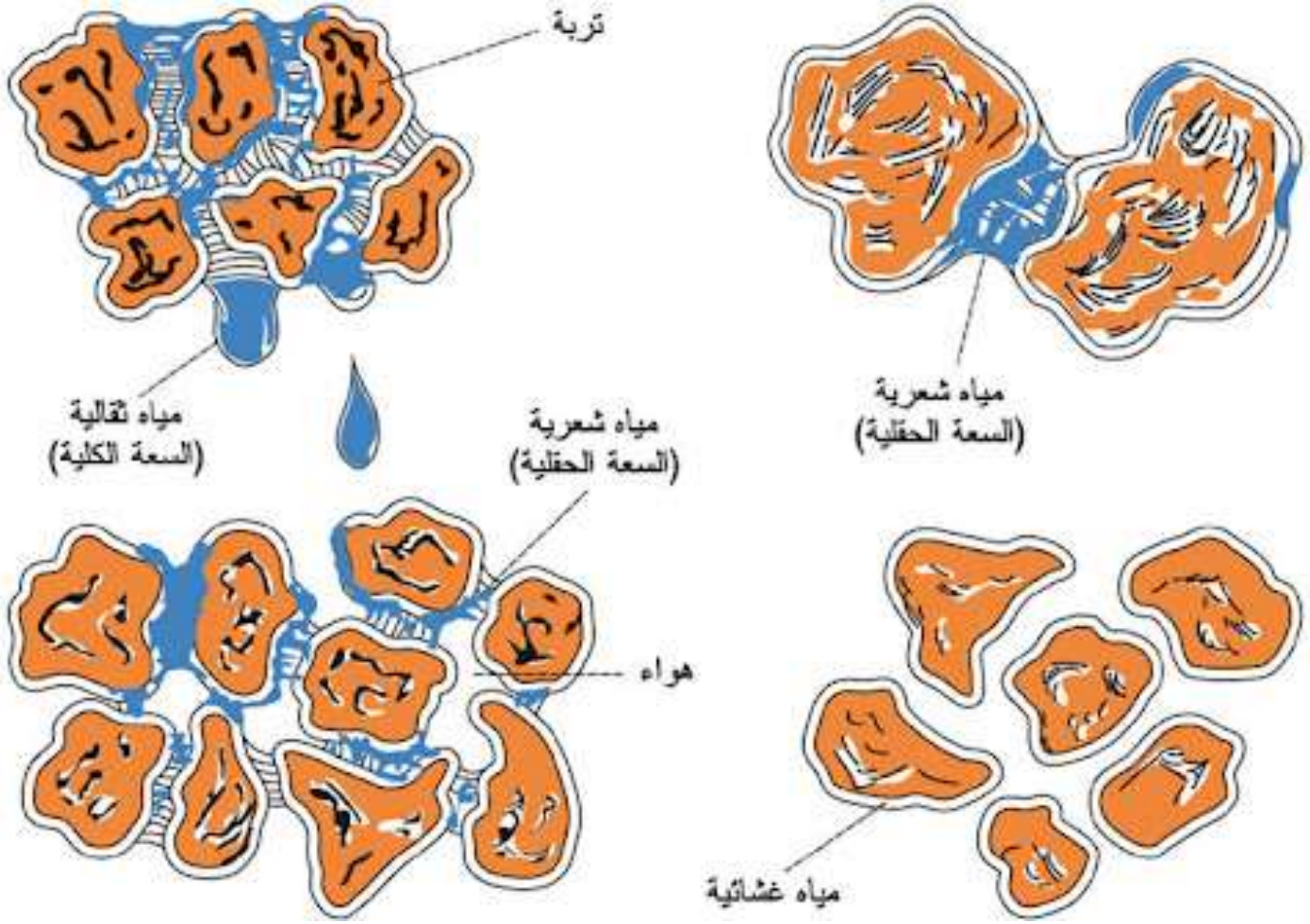
تتوقف نسبة الماء الأيجروسكوبى بالتربة على:

- 1- السطح النوعى لحبيبات التربه حيث يزيد الماءالايجروسكوبى بزياده السطح النوعى .
- 2- محتوي التربة من حبيبات الطين والمادة العضوية: كلما زادت نسبة اي منهما في التربة تؤدي الي زيادة الماء الأيجروسكوبي.
- 3- الظروف المناخية المحيطة من درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية به حيث يزيد الماء الأيجروسكوبي بانخفاض الحراره وارتفاع الرطوبه النسبيه

- **2- الماء الشعرى Capillary Water**
- هو طبقات الماء التالية للغشاء الإيجروسكوبى وفى الفراغات البينية الضيقة الشعرية. يحفظ بالتربة ضد قوى الجاذبية الأرضية، وتتراوح قوة مسكه بين (0.1 -31 ضغط جوي) ولذلك فهو يظل محتفضاً بسيولته.
- ويتحرك حركة مستمرة في المسامات الشعرية بالخاصية الشعرية و هي خاصية فيزيائية يتم بواسطتها انتقال السائل من الأسفل إلى الأعلى لذلك يتحرك الماء لأعلى ضد الجاذبية الأرضية .
- تنتج الخاصية الشعرية من قوتين هما :
- التجاذب ويحدث بين جزئيات الماء وبعضها البعض,
- والالتصاق ويحدث بين جزئيات الماء وجزيئات التربة المختلفة حيث تؤدي هذة القوي الي سحب الماء لأعلي.

يفقد الماء الشعرى من التربة بالتبخير فى درجات الحرارة العادية إلا أنه لا يعاد ترسيبه مرة أخرى من الجو إلى التربة بعكس الحال فى الماء الإيجروسكوبى.

- **أهمية الماء الشعرى** : يعتبر الماء الشعرى المصدر الرئيسى للماء المطلوب للنبات، وإن كان ليس كله ميسراً للإمتصاص.
- جزء من هذا الماء يعتبر ميسرا لأستهلاك النبات وهو ما يقع بين قوة شد 0.1 و 15 ضغط جوى.
- الماء الشعري يتحرك بالخاصية الشعرية ( ).
- يفقد الماء الشعرى من التربة بالتبخير فى درجات الحرارة العادية( ).


تربة
مياه ثقالية
(السعة الكلية)
مياه شعرية
(السعة الحقلية)
مياه شعرية
(السعة الحقلية)
هواء
مياه غشائية

العوامل التي تؤثر علي الماء الشعري

- تختلف السعة الشعرية (قدرة التربة على إختزان الماء) بإختلاف:
- 1- القوام: كلما كانت التربة ناعمة القوام كلما ازدادت كمية الماء الشعري.
- 2- البناء: كثرة المسامات البينية الموجودة الصغيرة تحتفظ بالماء الشعري.
- 3- المواد العضوية كلما ازدادت ازداد الماء الشعري.

- ويتحرك الماء الشعرى من مكان لآخر فى جميع الاتجاهات تحت تأثير **الفرق فى قوة الشد الغشائى للماء** بين المناطق التي يقل فيها الماء والمناطق البعيدة التى تحتوى على أغشية مائية سميكة.
- أي يتحرك تبعا لسمك الغشاء المائي ، من الغشاء السميك إلى الغشاء الرقيق (من حيث طاقة حرة عالية إلى طاقة حرة منخفضة).

- **الماء الحر أو ماء الجذب الأرضي Free Water or Gravitational**
- هو الماء الزائد عن قدرة التربة على المسك ولذلك فإنه يتحرك لأسفل فى الفراغات البينية الكبيرة ويستجيب لتأثير الجاذبية الأرضية . ولا تستطع حبيبات التربة الأحتفاظ به ضد قوى الجاذبة الأرضية.
- ويؤدى وجوده بالتربة إلى ملأ الفراغات البينية وطرد الهواء منها وبالتالى إلى سوء التهوية ولذلك فهو ماء لا يفيد النبات.

- **(ب) التصنيف الحيوى لماء التربة:**
- تصنيف ماء التربة تبعاً لمدى صلاحيته ويسره للنبات.
- ويفيد ذلك في وضع سياسة الإدارة المائية للتربة والنبات،
- فالنبات لا يمكنه الاستفادة من كل الماء الشعرى المختزن بالتربة بل يمكنه فقط الاستفادة بجزء منه يعرف "بالماء الميسر" والذى يكون ممسوكاً بالتربة بقوة شد تقع ما بين (0.1 - 15 ضغط جوى).
- **الماء الميسر:** هو عبارة عن كمية الرطوبة في التربة والمحصورة بين السعة الحقلية كحد أعلى ونقطة الذبول الدائم كحد أدنى.

- **الحد الأعلى** يسمى حد السعة الحقلية وهو عبارة عن المحتوى الرطوبى الذي تحتفظ به التربة بعد صرف الماء الحر الزائد ويكون هذا عادة بعد 1-3 أيام من الري.
- ويكون الماء عنده ممسوكاً بقوة 0.1 في الأراضي الرملية و0.33 ضغط جوي في الأراضي الطينية.
- **الحد الأدنى** ويسمي حد نقطة الذبول الدائم يمثل نسبة الرطوبة التى عندها لا يستطيع النبات إمتصاص الماء بالقدر الكافى مما يؤدى إلى ذبوله ويكون الماء عنده ممسوكاً بقوة – 15ضغط جوي.
- وعليه يعرف الماء الميسر "بأنه النسبة المئوية لماء التربة الممسوك بجهد مائى ينحصر بين -33 ، -1500 KPa" . (بين 0.1- 15 ضغط جوي)
- ويلاحظ هنا أنه يوجد بعض النباتات التى تصل إلى الذبول عند قيمة شد رطوية يقل كثيراً عن – 1500 KPa

ماذا يحدث عند ري التربة

- أثناء وبعد الري مباشرة تتشبع التربة بالماء وتكون رديئة التهوية، وبعد مدة من الوقت ينصرف الماء الحر ويبقى الماء الشعري، وتكون النسبة الحجمية لرطوبة التربة حينئذ عند السعة الحقلية Field Capacity (FC)، وتكون جيدة التهوية. يستهلك النبات من هذه الرطوبة، نتحا بالجو يوما بعد يوم، حتى يقل الماء إلى الحد الذي لا يكفي نموه ويبدأ في الذبول الدائم Welting Point (WP).

متي نروي التربة

- **على وجه العموم يستحسن أن يتم الرى لمعظم المحاصيل عند إستهلاك 50% من الماء الميسر.**
- وتعتبر النسبة 50-70% من الماء الميسر في التربة حد ادني تتحملة النباتات.

- **أهمية الماء الميسر:**
- هو الماء القابل للأستفادة بواسطة النبات ولذا يجب العمل على توفره باستمرار في منطقة انتشار الجذور.
- يبدأ النبات فى المعاناة من نقص الرطوبة بطريقة تدريجية قبل أن تصل نسبة الرطوبة إلى حد الذبول.
- ونطاق الماء الميسر ينقسم إلى قسمين رئيسيين هم :
- 1- الماء الميسر تماماً Readily available ،
- 2- الماء المتناقص باليسر Decreasingly available
- وتفصل بينهما نقطة تسمى بالنقطة الحرجة Critical Point والتى يبدأ عندها النبات فى المعاناة.

- أي أن تيسر الماء للنباتات يتناقص تدريجيا مع تناقص الرطوبة بالتربة من حد السعة الحقلية إلى حد الذبول الدائم. ويتطلب الأمر أن يتم الرى قبل وصول الرطوبة بالتربة إلى نقطة الذبول الدائم.
- ترجع **أهمية تقدير حدى السعة الحقلية والذبول** إلى أنهما تحددان:
- 1- كميات مياه الرى المطلوبة لسد الإحتياجات المائية للنبات المزروع،
- 2- مواعيد الرى المناسبة لضمان عدم معاناة النبات فى الحصول على إحتياجاته وضمان نمو جيد المحصول.

العوامل التى تؤثر على كمية الماء الميسر

1- **قوام التربة :** كلما زادت نسبة الحبيبات الناعمة كلما زادت كمية الماء الميسر بالتربة

2- **بناء التربة**: يزيد كمية الماء الميسر في الأراضي جيدة البناء.

3- **المادة العضوية**: يزيد الماء الميسر بزيادة كمية المادة العضوية في التربة.

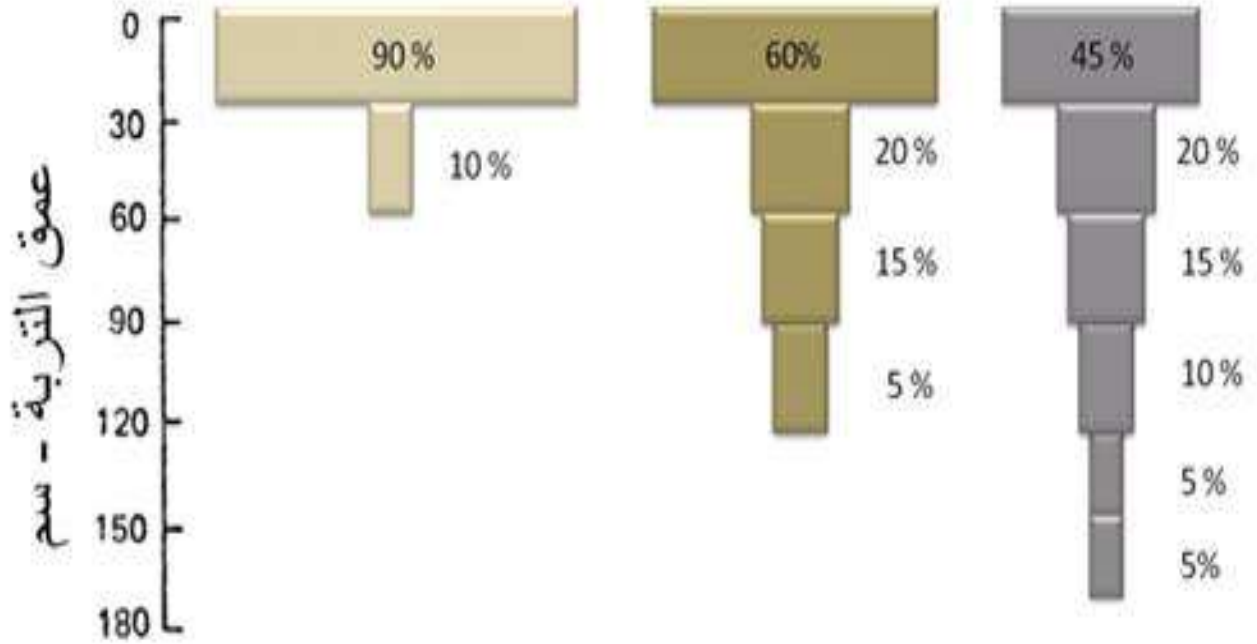
4- **العمق الفعال للقطاع الأرضى:** فكلما زاد عمق القطاع الأرضى كلما إتسع حجم المخزن الرئيسى للماء، كلما زادت كمية الماء الميسر فى الأرض.

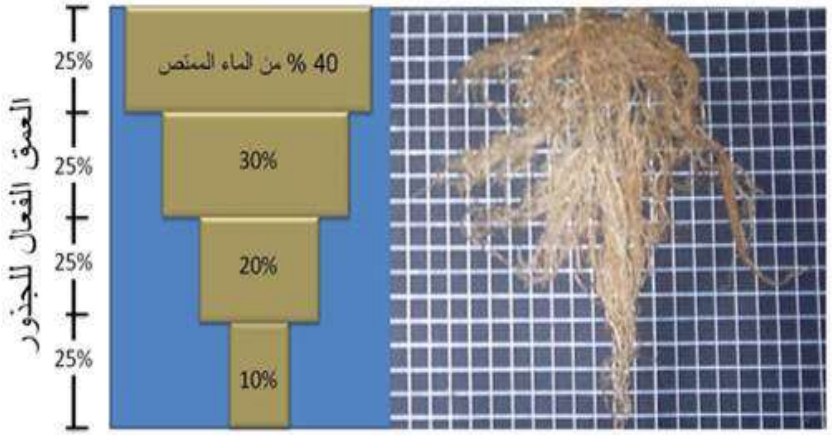
5- **خصائص النبات :**

وهذا يتوقف على نوع النبات وعمره ودرجة إنتشار وتعمق جذوره وكلها عوامل تؤثر علي امتصاص النبات للماء وكمية الماء الممتصة من التربة .

العمق الفعال للجذور

- يسمى عمق التربة الذى تحصل عليه النباتات على معظم حاجتها من الماء *بالعمق الفعال للجذور*. معظم النباتات تمتص معظم إحتياجاتها من الماء من الأعماق الضحلة من الأرض فنجد أن حوالى 40% من إحتياجات النبات تمتص من الطبقة السطحية وحتى عمق 30 سم، والباقي يمتص من باقي الطبقات.
- وعموماً فإن ذلك يرتبط بطبيعة إنتشار جذر النبات نفسه.





الانواع المختلفه من العمق الفعال للجذور وانتشارها في القطاع الارضي.

الماء غير الميسر Unavailable water

- وهو كمية الرطوبة الموجودة في التربة عند **نقطة الذبول الدائم**. ويشمل الماء غير الميسر ايضا على الماء **الهجروسكوبي وجزء من الماء الشعري** ومثل هذا الماء لا يستفيد منه النبات.

حركة الماء في التربة

- **تؤثر حركة الماء في التربة علي سرعة إمداد الجذور بالماء من مناطق بعيدة بعد امتصاصها من محيط الجذر.**
- عندما تكون التربة مشبعة (المسام ممتلئة تماماً بالماء) تسمى الحركة في الحالة المشبعة saturated water flow
- وعندما يكون المحتوى الرطوبى للتربة دون التشبع تسمى الحركة في الحالة غير المشبعة unsaturated water flow.
- هذا الاختلاف في المحتوى الرطوبى يؤثر على معامل التوصيل الهيدروليكي (حركة الماء خلال التربة) .
- حيث يكون هذا المعامل ثابت مع الزمن في الحالة المشبعة.
- ويتغير مع تغير المحتوى الرطوبى للتربة في الحالة غير المشبعة وتكون قيمته اقل من حالة التشبع.

- **الرشـــــح Infiltration**
- يعرف الرشح بأنه حركة الماء لأسفل مخترقاً سطح التربة الجافة عندما يغطى ماء الرى سطح الأرض.
- ويكون الرشح سريعاً خلال الفراغات الواسعة المتصلة ويقل فى الفراغات الضيقة
- يتأثر رشح التربة بمجموعة العوامل الآتية:

- 1- قوام التربة : حيث يزيد المعدل فى الأراضى الخشنة القوام.
- 2- حالة البناء الأرضى : حيث يزيد المعدل كلما زادت المجمعات الأرضية الثابتة مائياً فى الأراضى الطينية كما أنه يزيد فى حالة البناء المحبب عنه فى حالة البناء الكتلى.
- 3- كمية المادة العضوية بالتربة تؤثر على معدل الرشح لما لها من تأثير فعال على تكوين وثبات المجمعات الأرضية.
- 4- التضاغط : حيث تقل المسام كلما زاد إنضغاط التربة وبالتالى يقل معدل الرشح. وجود طبقات غير منفذة تقلل من رشح التربة للماء.
- 5- المحتوى الرطوبى للتربة : التربة المبتلة أقل قابلية لرشح الماء من التربة الجافة.

- وتقسم الأراضى تبعاً لقيم معدل الرشح إلى :
- بطيئة جداً: عندما يكون معدل الرشح أقل من 0.25 سم/ساعة، وعادة ما تكون هذه الأراضى ذات محتوى طينى عالى جداً.
- بطيئة : عندما يكون معدل الرشح يتراوح بين 0.25 – 1.25 سم /ساعة، ويميز الأراضى الفقيرة فى المواد العضوية والغنية فى محتواها الطينى.
- متوسطة : عندما يتراوح معدل الرشح بين 1.25 – 2.5 سم / ساعة، ويميز الأراضى الطميية والسلتية القوام.
- عالية : عندما يزيد معدل الرشح عن 2.5 سم / ساعة، ويكون ذلك فى حالة الأراضى الرملية، كذلك الطميية السلتية جيدة البناء عالية النفاذية.

- من العوامل التى تؤدى إلى إنخفاض سعة الرشح بزيادة سقوط المطر:
- إنسداد المسام – إحتباس الهواء داخل التربة – تكون طبقة من الماء على سطح التربة تمنع خروج الهواء المحبوس بالمسام – إنتفاخ وتمدد الغرويات.

اسئلة

- الرشح Infiltration هو عبارة عن .....
- يمكن الإستفادة من معلومات الدورة الهيدرولوجية للماء فى .....
- يعتبر جريان الماء على سطح التربة غير مرغوب فيه ( )
- يعتمد توصيل التربة للماء السائل على حجم المسام ( )
- الإرتفاع الفعال للماء الأرضى يعتمد على قطر المسام التى يتحرك خلالها الماء.( )
- المسام الكبيرة فى التربة تعتبر ذات إرتفاع شعرى كبير( )

الحركة الشعرية غير المشبعة
Unsaturated Flow

- أهم صور الحركة الغير المشبعة للماء هى:
- 1- حركة ماء الرى أو المطر لأسفل خلال التربة شبه الجافة
- 2- حركة الماء من مكان لآخر فى كل الاتجاهات فى نسيج التربة غير المشبعة (وهى المسئولة عن إمداد الجذور بالماء).
- 3- حركة الماء لأعلى صاعداَ من مستوى الماء الأرضى (تكون التربة فى حالة التشبع) إلى سطح التربة الأكثر جفافاً حيث يتبخر تاركاً ما به من أملاح على السطح أو بالقرب منه، مما قد يؤدى إلى تمليح التربة.

- إن تدفق الماء في منطقة جذور النباتات لمعظم المحاصيل تحدث تحت ظروف عدم التشبع .
- كما ان الفترة التي تبقي بها الأرض في الحالة المشبعة تعد قصيرة بالمقارنة بالحالة غير المشبعة.

أهمية تقدير المحتوي الرطوبي للتربة

ترجع أهمية المحتوي الرطوبي للتربة الي وصف حالة التربة عند:

1- الري

2- اجراء عمليات الخدمة الزراعية واستخدام الالات.

وتعتبر الطريقة الوزنية هى الطريقة التقليدية لتقدير نسبة الرطوبة بالتربة، وفيها توزن عينة التربة المبتلة ثم تجفف فى الفرن على درجة حرارة 105 – 110º م ويعاد وزنها وتكرر العملية حتى ثبات الوزن الجاف. وعادة ما يستغرق ذلك مدة زمنية تتراوح بين 3 ساعات للعينات الصغيرة والرملية إلى 24 ساعة لعينات الأراضى الطينية. وتحسب الرطوبة كنسبة مئوية:

- المحتوى الرطوبى كتلة θ_m = $\frac{\text{كتلة الماء المفقود}}{\text{كتلة التربة الجافة تماما}}$

- المحتوى الرطوبى حجماً θ_v= المحتوى الرطوبى كتلة × كثافة التربة الظاهرية