الماء

خواصه وبعض علاقاته بالأرض

للدكتور عبد المنعم بلبع
قسم الأراضى بكلية الزراعة فى جامعة الاسكندرية

« وَجَعَلْنَا مِنَ الماءِ كُلَّ شَىءٍ حَىٍّ »
قرآن كريم

الماء جزء أصلى من جميع الكائنات الحية ، وأهميته لهذه الكائنات واضحة ، فحياتها مرتبطة به ارتباطا أساسيا . ويمكن اعتبار الارض وما عليها من نبات وحيوان نظاما ثابتاً تتوقف خواصه على وجود الماء .

والماء للنبات عامل لا يمكن الاستغناء عنه ، فهو ضرورى لجميع العمليات الفسيولوجية كالتنفس والتمثيل الضوئى والنشاط الانزيمى والنمو .

مصادر الماء :

المصدر الاصلى للماء العذب هو المطر (أو الثلوج) ويقول أكرمان إن ٨٠ ألف ميل مكعب من الماء تتبخر سنويا من المحيطات ، و١٥ ألف ميل مكعب من الماء تتبخر سنويا من البحيرات والسطوح اليابسة بالقارات ، وإن المطر المتساقط يعادل المقدار المتبخر ويسقط منه على سطح الارض نحو ٢٤ ألف ميل مكعب كل عام .

ويحصل الانسان على حاجته من الماء من الأمطار مباشرة أو غير مباشرة بطريق الانهار أو البحيرات « العذبة » أو الماء الارضى .

والقيمة الحقيقية للماء فى الزراعة تعتمد على قدرته الإنتاجية فى الارض التى يستعمل فيها .

ومن العوامل التى لها تأثير كبير فى هذه العملية :

١ — الكمية الممكن استعمالها .

٢ — توزيع هذه الكمية على فصول السنة .

٣ — الصفات الكيميائية لهذه الكمية

٤ — الجو .

تركيب الماء :

الماء مركب بسيط يتركب من اتحاد ذرتين من الأيدروجين ، وذرة من الأكسوجين مكوناً مركباً رمزه الكيمياوى يد ٢ (H_2O) ولكن بناء جزىء « الماء » ليس فى بساطة تركيبه الكيميائى ، وقد درس هذا البناء بكثير من الوسائل ، وألقت الدراسة باستعمال الأشعة السينية X - Rays وطيف رامان Raman spectra ضوءاً على هذه الناحية .

فمن هذه الدراسات اتضح أن جزىء الماء مثلث المحاور ، وأن الزاوية بين الخطوط التى توصل بين مراكز ذرات الهيدروجين والأكسجين نحو ١٠٥° وقد تصل إلى ١٠٩° ، وأن قطر ذرة الأكسيجين ٢٫٧٠ أنجستروم ، بينما قطر جزء الماء كله ٢٫٧٦ أنجستروم ، وبهذا يتضح أن قطر جزىء الماء كله لا يزيد كثيراً عن قطر ذرة الأكسيجين نفسها ، ولذا يصبح شكل الجزىء كروياً تقريباً . ونظراً للصغر المتناهى لذرة الهيدروجين إذا قيست بذرة الأكسيجين ، ونظراً لقوة المجال الكهربائى السالب المحيط بذرة الأكسيجين فإن ذرتى الهيدروجين توجدان فعلا — كلياً أو جزئياً على الأقل — فى داخل المجال الكهربائى لذرة الأكسيجين .

ولا ترتبط نواتا الهيدروجين ونواة الأكسجين بنوع واحد من الروابط فقد أوضح Pauling أن أحد نواتى الهيدروجين ترتبط بالاكسجين ارتباطاً تعاونياً covalent والنواة الاخرى ترتبط به ارتباطاً أيونياً Ionic وقدّر Pauling أن جزيئات الماء العادى تتوزع على أربعة أنواع كما يأتى :

١ — جزيئات الروابط فيها بين نواتى الهيدروجين ونواة الاكسيجين كلها تعاونية ، وهى تمثل ٤٨ ٪ من الجزيئات .

٢ — جزيئات فيها نواة هيدروجين واحدة ترتبط ارتباطاً تعاونياً بالأكسجين، والأخرى ترتبط ارتباطاً أيونياً Ionic وتمثل هذه الحالة ٤٤٪ من مجموع الجزيئات . ويلاحظ أنها تنقسم فيما بينها إلى قسمين كل منهما ٢٢٪ حسب موقع ذرة الهيدروجين بالنسبة لذرة الأوكسجين .

٣ — جزيئات الروابط فيها أيونية فقط وتمثل ٨٪ :

وفى الجزيئات ذات الروابط الأيونية الصرفة يمكن لذرات الهيدروجين أن تتباين وأن تترك ايد أو ا $^{--}$ O $^{--}$ or OH أما ذرات الهيدروجين المرتبطة بالأوكسجين برابطة تعاونية فإنها لا تتباين إلا تحت حرارة عالية .

ولشدة الاختلاف بين شحنة يد $^{+}$ ، ايد فإنهما تتجاذبان بقوة مع بعضهما البعض ، وهذا هو السبب فى أن الماء النقى يتحلل تحللا ضئيلا جداً .

ولما كانت جزيئات الماء كروية فإن تراكمها مع بعضها البعض يمكن أن يتم بإحدى وسيلتين : تنظيم مفتوح Openbacking أو تنظيم متقارب closed فإذا فرضنا أن كرات الماء يتراكم بعضها على بعض فى تنظيم متقارب closed فإن الكثافة « النظرية » للماء على درجة صفر م قد حسبت ، ووجد أنها تصبح ١٫٨٤ جم /سم^{٣} وقد أوضح Ewing من تقدير حجوم ذرات الاوكسجين والهيدروجين واستعمال الاشعة السينية وغيرها من الطرق ، أن كثافة الماء نحو ٢٫٠ جم/سم^{٣} إذا كانت جزيئاتها متراكمة فى نظام متقارب closed . ولما كان من المعروف أن كثافة الماء أقل من ذلك كثيراً فيستنتج من ذلك أن جزيئات الماء تترتب فى نظام مفتوح .

ومن الدراسة بالأشعة السينية اتضح أن جزيئات الماء تترتب فى نظام خاص فإن كل جزء فيها يتوسط ٤ جزيئات أخرى حوله ، وعلى مسافات متساوية منه بحيث أن مركز كل جزىء من الجزيئات الخارجية يقع على أحد أركان الهرم Tetrahedron ولقد أوضحت هذه الدراسات أن هذا الترتيب المحكم أوضح ما يكون فى حالة الثلج ، ولكن حركة الجزيئات فى الحالة السائلة تقلل ثبات هذا النظام ووضوحه ، وإن كان بعض الباحثين يؤكد أن الماء السائل أيضا له بناء خاص .

ونظراً لأن أحد قسمى الجزىء يحتوى على شحنة موجبة أكثر من القسم الآخر فإن جزىء الماء يعتبر غير متوازن ويوصف بأنه ذو قطبين Dipolar وهذا النوع من الجزيئات ذات القطبين يستطيع أن يتوجه orientatated إذا وضع فى محاليل اليكتروليت electrolytes بحيث تتجاذب الأطراف الموجبة منها مع النهايات السالبة، وهكذا .. وهذه الخاصة تؤثر كثيراً فى صفات الماء .

(ا) قدرة الماء على إذابة الأملاح :

يتفوق الماء على غيره من السوائل بقدرته على إذابة كثير من الأملاح . ويعود ذلك إلى خاصته القطبية . ولتوضيح ذلك نفرض أن بلورة من كلورور الصوديوم قد ألقيت فى الماء ، فإن فى هذه البلورة ترتبط أيونات الصوديوم الموجبة بأيونات الكلوريد السالبة بقوة .

وإذابة هذه البلورة يستلزم تكسير هذه الروابط ، ويحتاج تكسيرها إلى قوة تعادل على الأقل القوة التى يرتبط بها الشقان القاعدى والحامضى فى البلورة .

فى حالة المزيد القطبى Dibolar كالماء يجذب الصوديوم بالطرف السالب والكلوريد بالطرف الموجب لجزىء الماء بقوة تستطيع أن تفصل الصوديوم من الكلوريد .

والواقع أن هذه القوة هى حرارة ، وإذا كانت إذابة كلوريد الصوديوم فى الماء لاترفع درجة الحرارة فذلك لأن الحرارة الناتجة عن الإذابة تعادل تقريباً الحرارة التى تمتص عند تكسير الروابط التى تربط الصوديوم بالكلوريد فى البلورة ، وفى بعض الحالات ينتج ارتباط المذيب بالأيونات حرارة تزيد عن الحرارة التى تمتص عند انحلال روابط الأيونات والكاتيونات بالبلورة .. وبهذا ترتفع درجة حرارة المحلول . وجدير بالذكر أن تكسير روابط البلورة كما يحدث فى عملية الإذابة يحدث أيضاً فى عملية الانصهار، ولذا كانت حرارة الانصهار تعادل تقريبا حرارة الذوبان .

(ب) ارتفاع رقم Dielectric constant :

تتجاذب الكاتيونات والأنيونات بقوة تتناسب طرديا مع مقدار شحنة كل منهما ، وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزى كل منهما ، وقد عبر Coulomb عن ذلك بالقانون :

$$F = \frac{La \cdot Lc}{d. r\ 2}$$

حيث F القوة ، e للشحنة a للأنيون و C للكاتيون ، p للمسافة بين المركزين ، d ثابت التناسب ويطلق عليه Dielectric constant ويتغير مقدار d حسب الوسط الذى تكون فيه هذه الأيونات ، وزيادة قيمتها تقلل القوة F .

وفى حالة الماء تقلل قوة الجذب بين الكاتيونات والانيونات ، لأن كلا منهما يكون مشدوداً بأحد طرفى جزىء الماء السالب أو الموجب ، وبهذا فإن d فى حالة الماء تكون عالية وتصل إلى ٨١٫٤ بينما للأثانول Ethanol ٢٥٫٨ ، والكلوروفورم ٥٫٣ والبترول Benzol ٢٫٣ . وهذا الارتفاع فى رقم Dielectric constant هو التفسير الرياضى لقدرة الماء على إذابة الأملاح .

(حـ) تأدرت الأيونات Hydration of ions :

تجذب الأيونات الموجبة الأطراف السالبة لجزيئات الماء مكونة غلافا مائياً حولها ، ويخضع ذلك لقانون كولومب Coulomd السابق ذكره ، فكلما زاد البعد عن مركز الأيون كلما قلت قوة جذب جزيئات الماء ، كما يتوقف ذلك أيضاً على طبيعة الأيون نفسه .

وفى الجدول الآتى بيان لنصف قطر بعض الكاتيونات فى حالتى الجفاف والتأدرت :

	الليثيوم	الصوديوم	البوتاسيوم	المغنسيوم	الكالسيوم
نصف قطر الأيون الجاف (اسيزوم)	٠٫٧٦	٠٫٩٨	١٫٣٣	٠٫٧٨	١٫٠٦
نصف قطر الأيون المتأدرت Hydrated (اسيزوم)	٣٫٦٥	٢٫٨٠	١٫٩٠	٥٫٤٠	٤٫٨٠

(د) الرابطة الهيدروجينية Hydrogen Bon :

نطلق هذا التعبير عندما يرتبط جزيئان عن طريق هيدروجين واحد ، ويعمل الهيدروجين فى هذه الحالة كقنطرة توصل بين كلا الجزيئين .

ولما كان الماء سائلا قطبياً Dlaplar فكلما وجدت ذرة أكسجين معرضة فإن إحدى ذرتى الهيدروجين سريعاً ما ترتبط بذرة الأكسجين وتعتبر هذه الرابطة أقل من الرابطة الكيماوية - حوالى ⅓ منها ، وتعزى لهذه الرابطة أيضا سرعة فقد ماء التأدرت فى بعض الأملاح ، كما أن هذه الرابطة هى أيضا المتبعة فى اتصال الماء بذرات الأكسجين المعرضة على سطوح حبيبات الأرض .

ولهذه الرابطة يعزى التوتر السطحى العالى للماء « ٧٢٫٥ داين / سم على درجة ٢٠ درجة مئوية » والتصاق جزيئات الماء بعضها ببعض ، وتحتاج عادة إلى ٥٠٠ ك كالورى لتفصم هذه الروابط فى جزىء واحد .

وتؤدى هذه الرابطة أيضاً إلى ارتفاع درجة غليان الماء « ١٠٠ درجة مئوية » عن المركبات الأخرى التى تشبهها كالميثان « ك يد٤ » مثلا حيث يغلى على درجة - ١٦١ مئوية .

وقد سبق أن أشرنا إلى ترتيب جزيئات الماء فى أهرام ، وإلى أن هذا النظام أوضح مايكون فى الحالة الصلبة ، وعندما يذوب الثلج عند صفر درجة مئوية فإن ١٥ ٪ من روابط الهيدروجين تتكسر ، ولذا كان الثلج ينكمش عندما يذوب بمقدار ٩ ٪ وبالتالى تزيد كثافته لانخفاض الحجم . وبارتفاع درجة حرارة الماء من صفر إلى ٤ درجة مئوية يتزايد تكسر الروابط ويقل الحجم وتتزايد الكثافة حتى تبلغ أقصاها (١ جم / سم ٣) عند درجة ٤ مئوية ومن ٤ درجة مئوية يتزايد أيضاً تكسر الروابط ، ويؤدى ذلك أيضاً إلى نقص الحجم ، ولكن ارتفاع الحرارة فضلا عن الحرارة الناتجة عن حركة الجزيئات يزيد الحجم بمقدار يفوق النقص الناتج من تكسر الروابط ، وتؤدى زيادة الحجم إلى انخفاض الكثافة تدريجياً حتى درجة الغليان ، حيث تتكسر جميع الروابط ويصبح الماء جزيئات منفردة .

ثوابت الماء :

للماء صفات ثابتة مميزة نعبر عنها بأرقام منها :

١ — درجة الانصهار صفر°م تحت ضغط ١ جو .

٢ — درجة الغليان ١٠٠ °م (تحت ضغط ١ جو)

٣ — حرارة الانصهار : وهى كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١ جم ثلج إلى سائل ٧٩٫٨ كالورى / جم .

٤ — حرارة التبخر : وهى كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١ جم سائل إلى بخار ٥٤٠ كالورى / جم .

٥ — كثافة الماء :

نهاية عظمى على درجة ٤°م ١ جم / سم٣ .

فى درجة الصفر م تتساوى مع الكثافة فى درجة ٨°م

٦ — Dielectri Constant ٨١٫٤ على درجة ١٧ م

٧ — التوتر السطحى ٧٢٫٥ داين / سم

٨ — ضغط البخار على ٢٠° م ١٧٫٥٣ جم زئبق .

٩ — Molal freezing point lowering ١٫٨٦

١٠ — الحرارة النوعية :

للماء السائل ١٫٠ كالورى / جم / درجة م

للثلج ٠٫٥٤ » » »

للبخار ٠٫٤٦ » » »

١١ — ثابت التأين ١٠ — ١٤

وبدراسة صور الماء على درجات الحرارة المختلفة أوضح Pruton and Moran أن هناك نقطة يمكن أن يوجد فيها الماء على صوره الثلاث : الصلبة ، والسائلة ، والغازية ، وهى درجة ٠٫٠٠٩٨م وضغط ٤٫٥٨ جم زئبق ، وذكرا

أن هناك سبعة أنواع من الثلج ، وبرفع الضغط إلى درجات عالية أوضحا أن ثلجى VII,VI قد يوجدان تحت درجة حرارة أعلى من الصفر ، وأن ثلج VII يمكن أن يوجد تحت ضغط ٤٠٠٠ جو ، ودرجة حرارة ١٩٠ م .

الماء الأرضى :

يؤدى الماء أثناء وجوده بالأرض دورا حيوياً فى الإنتاج الزراعى دفع كثيرين من المشتغلين بعلوم الأراضى إلى دراسته دراسة مستفيضة ، ويستطيع القارىء أن يجد عدداً غير قليل من المؤلفات فى هذا الفرع من علوم الأراضى .

وقد قسم الماء الموجود بالأرض إلى عدة أنواع تختلف حسب الاساس الذى بنى عليه التقسيم ، فباتخاذ الفقد على درجات الحرارة المختلفة أساساً للتقسيم ، قسم الماء الأرضى إلى قسمين كبيرين :

(ا) الماء الذى يفقد على درجات حرارة عالية يشمل :

١ — الماء الممتص الذى يفقد على درجة ١٠٥ م دون أى تحلل فى مركبات الأرض نفسها .

٢ — الماء الذى تحتفظ به الأرض بين رقائق الطين ، أو ماء الانتفاخ ، ويفقد على درجات حرارة تتراوح بين ١٣٠ م و ٢٠٠ م .

٣ — ماء الفيلور الذى يدخل فى تركيب بلورات الطين ، ويتطلب درجات حرارة أعلى من النوع السابق تتوقف على نوع الطين نفسه ، ففى طين الكاولنيت ٦٠٠ م بينما لطين المونتموريلونيت ٧٠٠ — ٨٠٠ م .

(ب) الماء الذى يفقد على درجات حرارة منخفضة ، ويشمل :

١ — الماء الموجود بالمسام البينية فى الأرض ، وهو غير ماء الانتفاخ السابق الذكر .

٢ — يفقد ماء الانتفاخ فى بعض الحالات على درجات حرارة منخفضة .

٣ — تفقد أنواع Sipulite و Atapulgite ماءها على درجة حرارة منخفضة .

ويتميز النوع الأول من الأنواع الثلاثة السابقة بأنه لا يحتاج إلا لارتفاع قليل فى درجات الحرارة حتى تبدأ الأرض فى فقده ، أما النوعان الآخران فيحتاجان إلى حرارة أعلى نوعا .

(ح) قسم Briggs الماء الأرضى على أساس القوى التى تربطه بالأرض إلى الأقسام الآتية :

١ — الماء الهيجروسكوبى : وهو الذى تمتصه الأرض من جو مشبع ببخار الماء كنتيجة لقوة الجذب على سطوح الجزيئات الأرضية .

٢ — الماء الشعرى : وهو الذى تحتفظ به الأرض بواسطة قوى التوتر السطحى كغشاء محيط بالجزيئات .

٣ — ماء الجاذبية : وهو الماء الذى يرشح منها تحت قوة الجاذبية الأرضية .

(د) قسم Boyoucus الماء الأرضى على أساس صلاحيته للنبات إلى :

١ — ماء الجاذبية:الذى تفقده الأرض تحت قوة جذبها ، وهو زائد عن حاجة النبات Super available

٢ — الماء الحر Free : وهو الذى يتجمد على درجة ١٫٥م وصالح للنبات .

٣ — الماء غير الحر : وهو الذى لا يعمل كمذيب ، ويقسمه إلى قسمين :

(ا) شعرى : ويتجمد على درجة - ٤م ، وهو قليل الفائدة للنبات .

(ب) متحد : وهو لايتجمد حتى درجة — ٧٨م ، وغير صالح للنبات .

الماء غير الحر Bound water :

لفتت صفات هذا الجزء من الماء الأرضى أنظار الباحثين بشذوذها واختلافها البين عن صفات الماء الحر ، ولذا تناولها كثيرون بالبحث والدراسة .

ويعرف الماء غير الحر بأنه الجزء الذى يرتبط بالأرض بقوى كهروستاتيكية أو شعرية electrostatic or capillary أو يكون متحداً اتحاداً كيمائياً ، ويتميز بخواص تختلف عن خواص الماء الحر Free water ، فمثلا : أوضح Ewinge Spray and أن الماء الممتص adsorbed على سطوح السليكا الغروية Silicagell ذو كثافة بين ١٫٠٢٨ و ١٫٠٥٤٠٨ جم سم٣ على درجة ٢٠م بينما كثافة الماء الحر على هذه الدرجة ٠٫٩٩٧٠ جم سم ٣ وأن هذا الماء مرتبط بسطوح السليكيا الغروية بقوة تعادل ٧٥٠ جو ، وقدر Dielectricc onstant أن لهذا الماء ٢٫٢ جو بينما للماء الحر ٨١٫٢ كما سبق .

ولخص Buehrer and Rose القوى التى تدخل فى عملية « تقييد » الماء وتحويله إلى الحالة غير الحرة Bound فيما يأتى :

١ — إن جزيئات الماء يمكن أن ترتبط بجزيئات الغرويات بقوى الجذب الكتروستاتيكى Electrostatic لهذه الجزيئات أو لأيونات الاليكتروليتات أو الكاتيونات المتبادلة الموجودة على سطوح الطين ، ويفسر ذلك Terzakl وآخرون بأنه لما كانت للجزيئات المائية خاصة القطبية Dipole التى سبق وصفها فإنها تتخلل جزيئات الطين التى تحمل عادة شحنات سالبة على سطوحها ، وبذا كان الطرف الموجب من جزىء الماء يرتبط مع السطح السالب لحبيبة الطين ، ويتجه طرفه السالب إلى الخارج ، وسرعان ما يرتبط بهذا الطرف السالب طرف موجب لجزىء آخر من الماء ، وهكذا . وهذا طبعاً مجرد توضيح لما قد يحدث ، إذ تتدخل عدة عوامل لتغير الصورة عما وصفنا ، منها الجهد الحرارى Thermal ، ومنها أن جزيئات الماء لا تعمل فى واقع الأمر كعصى قصيرة ذات أطراف موجبة وأخرى سالبة . واقترح Barshad رأياً آخر لتفسير طبيعة هذا الماء ، فاعتبر أن جزيئات الماء تحت درجة منخفضة من التأدرت لمعدن المونتموريلونيت montmarallnite تتجه إلى تكوين أهرام Tetrahedron تساهم فيها ذرة الأوكسجين الخارجية فى بلورة الطين . وهذا النوع من التنظيم يعطى حلقات سداسية Hexagonal rings من الأكسوجين لكل صحيفة Plate من المونتموريلونيت ، أما تحت درجة أعلى من التأدرت فإن الماء الممتص يعمل

على تكوين حلقات سداسية من جزيئات الماء مشابهة للحلقات السداسية لأوكسجين المونتموريلونيت) .

٢ - عملية puddling : تجبر جزيئات الماء على دخول المسام الصغرى microspares التى تتكون نتيجة لهذه العملية ، وهذه العملية تقرب الحبيبات بعضها إلى بعض وتطرد الهواء من المسافات البينية .

٣ - إن جزيئات الماء قد توجد على هيئة غشاء رقيق بين جزيئات الأرض التى تترتب فى اتجاه واحد نتيجة لعملية التعجن buddling كما اقترح : Mc George & Breazeal أن الماء يدخل بين رقائق معادن مجموعة المونتموريلونيت وفى كل حالة تقلل قوى الجذب لجزيئات الماء نشاط الماء كمذيب ، وكذا بقية خواصه كسائل قطبى Dipolar .

سمك الماء غير الحر فى الأرض :

نظراً لطبيعة حركة الماء فإن الصورة التى سبق وصفها لترتيب Configuration الماء حول صفائح معادن الطين لا ينتظر أن تستمر طويلا ، ولذا فسمك هذا الماء الممتص Absorbed المرتبط بسطوح الطين يتراوح بين ٢٥ و ٤٠ انجستروم Angstrom وهو ما يتراوح بين ١٠ و ١٥ جزيئاً من الماء . وقدر Grim and Cuthbert أن السمك حوالى ٣ جزيئات فى حالة معدن المونتموريلونيت الصودى ، بينما فى المونتموريلونيت الكلسى كان هذا السمك ٧ انجستروم ، فإن الماء الممتص على سطوح المونتموريلونيت الصودى يبدأ فى التحول التدريجى إلى الحالة السائلة الحرة .

ولقد وضح من دراسات مستفيضة أن امتصاص Absoration الماء دلالة على قوى الجذب على سطوح الحبيبات ، وترتبط هذه القوى بالصفات الكيماوية والمعدنية لصفيح بلورة الطين Crystal lattice وبدرجة تأثرت القواعد الممتصة على سطحها .

حرارة الابتلال Heat of wetting :

تنبعث الحراة من الأرض الجافة إذا وضعت فى جو مشبع بالماء ، وهـذه الحرارة تدل على الجهد الذى يبذل فى امتصاص الماء ، وهى تمثل الفقد فى الجهد الحركى Kinetic energy لجزيئات الماء أثناء عملية الامتصاص. ولقد استخدمت حرارة الابتلال هذه فى حساب نسبة الغرويات بالأرض ، ويرى Janert إمكان استخدام هذه الحرارة فى حساب جملة صفات الأرض خصوصاً ما يتعلق منها بالمسامية وأبعاد الصرف وغيرها .

نظرية الجهد فى علاقات الماء بالأرض :

اقترح Buckingham سنة ١٩٠٧ الرأى القائل بأن انتقال الرطوبة فى الأرض يمكن تشبيهه بظواهر الانتقال الأخرى، كانتقال الحرارة مثلا ، أى أن الانتقال يكون بنسبة الفرق بين الجهدين بين نقطتين Potential gradiant وأوضح Gardener أن الجهد الشعرى Capillary Potential يرتبط ارتباطا وثيقاً بالضغط ، وفى حالة عمود من الأرض تقل تدريجياً بزيادة البعد الرأسى عن مستوى الماء . ولما كان الضغط الهيدروليكى على سطح الماء صفراً وموجباً أسفل منه وسالباً أعلاه ، فإن الضغط السالب أعلى المستوى يعبر عنه بالجذب Tension وهو يرتبط بعلاقة مستقيمة مع البعد عن سطح الماء ، ويبسط Schofield نظرية الجهد فى علاقات الماء بالأرض باستعمال لوغارتم الجهد الشعرى pF ليعبر عن الجهد الذى تبذله الأرض لتحتفظ بهذا الماء ، والرمز p يدل على اللوغارتم F الذى يرمز الى الجهد .

الماء الشعرى Capillary water :

سبق أن ذكرنا أن Briggs يعبر عن هـذا الماء بأنه الماء الذى تحتفظ به الأرض بواسطة قوى الجذب السطحى على هيئة غشاء محيط بحبيباتها فى المسافات البينية . ولقد كان هذا الماء أيضا موضع دراسة مستفيضة يلخص بعضها فى النقط الآتية :

يتبع ارتفاع الماء فى الأنابيب الشعرية المعادلة الآتية :

$$h = \frac{4\,T}{g\,o\,d} \qquad (1)$$

حيث h = الارتفاع فوق سطح الماء.

T = الجذب السطحى للماء (٧٢,٥ داين /سم)

g = الجاذبية الأرضية ٩٨٠ داين .

o = كثافة الماء .

d = قطر الانبوبة الشعرية

وبالتعويض يمكن اختصار هذه العلاقة إلى :

$$h = \frac{0.3}{d} \qquad (2)$$

وفى حالة الأراضى تعتبر d المسافات بين جزيئات الأرض

وأوجد Slichter علاقة بين d ـ المسافة بين جزيئات الأرض و D قطر الجزيئات نفسها ، فوجد أن :

$$d = 0.288\ D \qquad (3)$$

وبالتعويض فى المعادلة السابقة 2 ينتج أن :

$$h = \frac{0.3}{0.288D}$$

أو تقريباً $h = \frac{1}{D}$

ومن هذه العلاقة يرى Puri أن الجذب الشعرى لعمود من الأرض لرفع الماء أو الضغط السالب اللازم لرفع الماء بالتقريب هو مقلوب قطر جزيئات هذه الأرض معبراً عنه بالسنتيمتر .

وباستعمال اصطلاح الـ pF فإن :

$$pF = -\text{Log } D$$

واستعمل Puri هذه العلاقة لحساب التحليل الميكانيكى للأرض .

المراجـــع

REFRÈN CES

استشيرت المراجع الآتية فى إعداد هذا الموضوع :

1. Baver, L.D., 1948. Soil Physics. 2nd ed., Wiley, Inc. N. Y.
2. Bodmen, G. B. & Day, P. R., 1943. The interrelationships between certain single-valued soil properties. Scoil Sci., 31 : 365-378.
3. Buehrer, T. F. & Rose, M.S., 1943. Studies in soil structure. v. Bound water in normal and puddled soils. Ariz. Expt. Sta. Tech. Bul. No. 100.
4. Dorsey, N. H., 1940. Properties of ordinary water substance in all its phases, water vapor, water, and all the ices. Ac. S. Monograph No. 81, Beinhard Pupng. Co. N. Y.

5 Ellison, W.D., 1947. Ag. Engineering. May. 181-182.

6. Ewing, D. T. & Surway, C. H. 1930. The density of water adsorbed on Silica gel. J. Amer. Chem. Soc.l 52 : 4635-41.
7. Gortner, H., 1930. The states of water in colloida, & linving Systems. Trns. Far. Soc., 26 : 678-86 & 686-704.
8. Giesiking, J. E. 1949. The clay minerals in soils. Adv. in Agronomy 1: 159-202,
9. Grim, R, E, Cuthbert, F, L, 1945, Some clay-water properties of certain caly minerals, J, Am, Ceramic Soc,, 28:90-95,
10. Grim, R,E, 1953, Clay mineralogy, McGraw-Hill, N,Y
11. Keen, B,A, 1920, The relationship existing between the soil and its water content, J, Agr, Sci,, 10:44-71

12, Llewly,F, J. 1940, The structure of water and the water molecule, Jour, Soc, Chem, Ind,, 18: 619.622
13, Pauling, L, 1935, The structure and entropy of ice and of other crystals with some randomness of atomic arrangement. J, A, Chem, Soc., 57: 2680.84,
14, pauling,L. 1940 The nature of the chemical bond and the structure of molecules and crystals, 2nd ed, Cornell U'press, Ithaca, N,Y,
15, Prutton,C,F, Maron,S,H, 1944, Fundamental principals of phys. chemistry, Macmillan Co,, N,Y,
16, puri, A,N,, 1949, Soils, their physcis and chemistry, Reinhard publg, Co,, N,Y,?
17, Richard, L, A, Wadliegh, 1928, The usefulness of capillary poxtential to soil moisture and plant investigatigations, J;Agric, Res,, 3· 719.742,
18, Richards;L,A, Wadliegh,C,H, 1954, Soil Water and plant Growth, Agron, Series 23 : Chap. 3 Acad press, N,Y,
19, Russel, E,M, 1933, The significance of certain single value soil constants, J, Agr, Sci, 23 : 261.310,
20, Echofield, R, K, 1935, The pF of the water in soil, Trans, 3rd. Int, Cong, S. S, 2 : 27.48
21. Turzaghi, K. .1928, The physical propertis of clays, Tech, Eng, News MIT 9
22. Yearbook of agriculture "Water", U.S.D,A, 1955,