تركيب وخصائص محلول التربة Structure and properties of Solution

يحتوي الطور السائل Liquid phase او محلول التربة Soil Solution على ماء التربة والعناصر الذائبة والاملاح المختلفة في قابلية اذابتها .وتعتبر العناصر الغذائية في نظر كثير من الباحثين اهم الصور التي توجد عليها العناصر الغذائية بالتربة واكثر صلاحية للامتصاص من قبل النبات. اذن يمكن اعتبار محلول التربة المصدر الرئيسي المباشر للماء والمواد الغذائية التي يحصل عليها النبات من التربة. وان هذه الصفة تحدد الدور الهام للطور السائل في تغذية النبات .

ان لدراسة تركيب وخصائص محلول التربة اهمية كبيرة في وصف سلوك العناصر الغذائية في التربة. الا ان مثل هذه الدراسات تجابهها صعوبة وهي ان الطور السائل للتربة يتصف بتركيب معقد جدا. كما ان تركيب وتركيز محلول التربة يعتبر محصلة عدد من العمليات البايولوجية والفيزوكيمياوية، تلك العمليات التي تجري في التربة، والتي ترتبط مباشرة بدرجة حرارة ورطوبة وتهوية التربة. هذا بالاضافة وجود حالة التوازن الديناميكي بين الطور السائل ومكونات الاطوار الاخرى (شكل 1) في التربة. ان كل هذه الظروف تجعل محلول التربة في حال تغير وتبدل تتطلب دراسته في حالته الطبيعية. لذلك فان دراسة محلول التربة في لحظة ما لا يمكن ان يعطي فكرة حول تلك التغيرات التي تجري بفعل الظروف المناخية ونمو النبات والعمليات الزراعية (الحراثة والتسميد وغيرها..).

يحتوي محلول التربة في الترب الملحية على تركيزات عالية من العناصر المعدنية بينما يحتوي على تراكيزات منخفضة في ترب المناطق الرطبة وفيما بين ذلك يوجد تدرجات في التركيز والاملاح الموجودة في المحلول تكون عادة صالحة للامتصاص المباشر بواسطة النبات. ويجدر الاشارة الى ان العنصر المغذي الموجود في المحلول التربة هو حصيلة لعملية اتزان مع مصادر مختلفة. وبما ان حالة الاتزان في تغير مستمر تبعا لتغير عوامل عديده اهمها محتوى التربه من الرطوبه. وان محلول التربه هو محلول شبه متزن من الاليكتروليتات الموجوده في التربه تحت الظروف غير المشبعه بالماء. لذا فان هناك ملاحظات مهمه عن تركيب محلول التربه اهمها:

- أول من درس تركيب محلول التربه هو الباحث Schloesing 1866 وقد اشار الى ان الكالسيوم الموجب هو هو السائد كمقارنه مع تركيز الايونات الاخرى في حين

يعتبر ايون النترات هو الايون السالب السائد ثم يليه ايون البيكاربونات HCO_3^- وايون الكبريتات SO_4^{--}.

- بصوره عامه تركيز محلول التربه في محلول الترب غير الملحيه قليل ولا يتعدى بعض الغرامات في اللتر بينما في الترب الملحيه يقدر بعشرات الغرامات في اللتر الواحد.
- اهم الايونات السالبه في محلول التربه هي HCO_3^- ، NO_3^- ، NO_2^- ، Cl^- ، SO_4^{--}، $H_2PO_4^-$ ، HPO_4^{--} ، اما اهم الايونات الموجبه فهي Ca^{++} ، Mg^{++} ، Na^+ ، K^+ ، NH_4^+ ، H^+ ، Fe^{++}.
- كما وتوجد بعض الايونات الموجبه مثل المنغنيز والزنك والحديد والنحاس والكوبلت وغيرها بكميات قليله جدا في محلول التربه.

وفي الترب الحامضيه توجد كميات لا باس بها من ايونات الالمنيوم والحديد والمنغيز اما في الترب القاعديه والقلويه فان ايونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم هي السائده بالاضافه الى ايونات الكلورايد والكبريتات.

طبيعة الاتزان الكيميائي

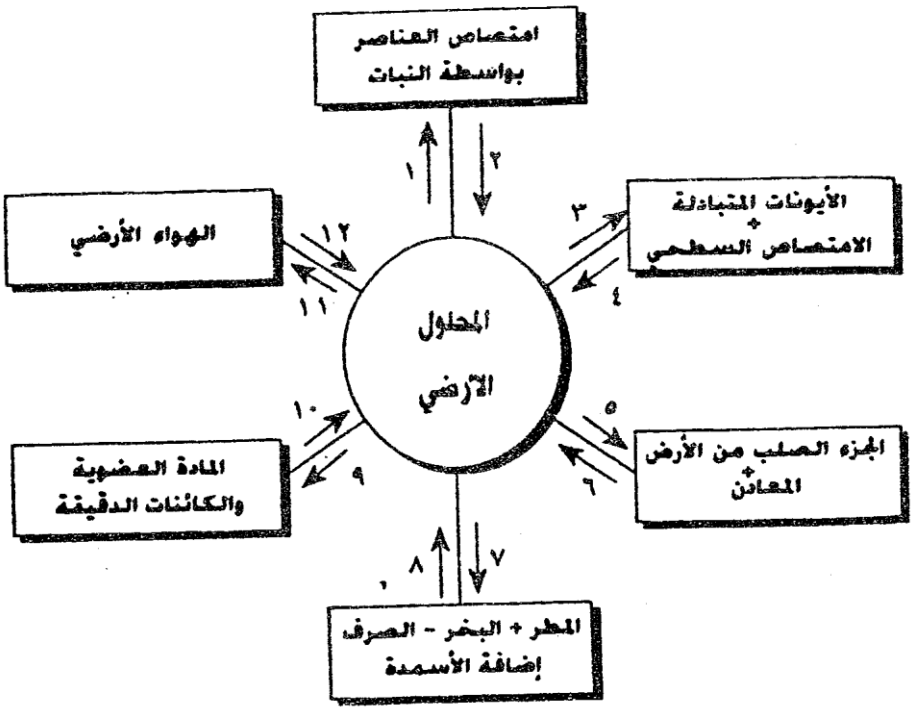
هنالك بعض القواعد التي تتحكم في طبيعه الاتزان الكيميائي بين مكونات مختلفه وغالبا مايحدد وضع التوازن طبيعه المواد المتفاعله والناتجه من التفاعل. وعند وصول حاله الاتزان فان سرعه التفاعل المتجه باي اتجاه ومايعاكسه يكون في حاله ثابته. وبدون شك فان حاله التوازن الكيماوي مكونا مؤشر للتنبؤ في طبيعه تغيرات الكيماويه التي حصلت او ستحصل بين الاطوار المختلفه ويمكن وصف تازن الكيماوي لاي تفاعل كالتالي.

تصل حاله التوازن عندما يكون معدل التفاعل المتجه نحو اليمين S_1

$$\mathbf{Si} \leftrightarrows \mathbf{Kr_1}\ [A]^a[B]^b$$

يساوي معدل التفاعل المعاكس للاتجاه الاول S_2

$$\mathbf{S2} \leftrightarrows \mathbf{Kr_2}[C]^c[D]^d$$



شكل (4 - 1) : تفاعلات الإتزان الديناميكى فى التربة (Lindsay, 1979)

حيث ان[ ] تمثل تركيز الانواع الداخله والخارجه من التفاعل و Kr_1 و Kr_2 وتعبر عن معامل التفاعل reaction coefficients . ان عمليه التوازن توضحها العلاقه التاليه:

حيث K ثابت التوازن للتفاعل وهو يرتبط بدرجه الحراره والضغط. وقد يطلق على هذه الصيغه قانون فعل الكتله mass-action low.

وهنالك انواع مختلفه من ثوابت التوازن وتعتمد على وحده القياس المواد المتفاعله والناتجه من التفاعل. ان ادخال النشاط (الفعاليه الايونيه) في حساب الثابت ويعني المقياس سيمثل ثابت الفعاليه activity constant. اما ادخال التركيز في حساب الثابت يعني المقياس سيمثل ثابت التركيز. وان حساب ثابت الاتزان بصيغه الفعاليه يتطلب قياس التركيز وحساب القوه الايونيه للمحلول. فلهذا فان الثابت غالبا مايعبر عن الوضع الحقيقي لطبيعه المحلول. الا ان طبيعه الواقع تجعل امر حسابه صعبا ومعقدا الى حد ما نظرا لتعدد الصور التي يوجد بها ايون في محلول التربه. ولتوضيح الامر فاننا اذا اخذنا ايون الالمنيوم Al^{+3} الموجود في محلول التربه. فسنجد انه في حاله اتزان مع ايونات الالمنيوم الاخرى.

اي ان الالمنيوم يوجد بحاله صلبه $Al(OH)_{3(S)}$ وكذلك في المحلول على صوره $Al(OH)^{+2}$ وكذلك $[\mathbf{Al_6(OH)_{15}}]^{+3}$ ، ومع فوسفات الالمنيوم الصلبه $AlPO_4.2H_2O$ والالمنيوم المتبادل Exch-Al وغيرها من الصور الاخرى مع ملاحظه ان هذا التوازن متأثر ايضا بوجود املاح اخرى كالكالسيوم والفوسفاتوغيرها. لذلك فان عمليه التخفيف dilution التي تتم اثناء اجراء المستخلصات ستؤثر حتما في الكميات الذائبه من الاملاح من المصادر السابقه تبعاً لنوع التبادل الايوني والترسيب واذابه هذه الاملاح المختلفه.

ان الصوره السابقه تعكس لنا مبداً واضحاً هو ان الايونات المتواجده في محلول التربه تأخذ صوراً متعدده ion species تبعا لتحلل dissociation وتأين املاحها وجميع هذه التفاعلات تعتمد على pH المحلول إلى حد كبير وتتوزع هذه الانوع من الايون الواحد في المحلول طبقا لقواعد الثرموداينمك Thermodynamics. ولهذا السبب فان استعمال ثابت التوازن بصيغه التركيز اصبح امرا مألفوفا. ولكن لابد ايضا من الاشاره الى العيب في الاعتماد على ثابت التركيز كاساس في صيغه التنبؤ لطبيعه المحلول. حيث ان ثابت التركيز يتغير مع تغير القوه الايونيه Ionic Strength . من اجل رفع هذا الاشكال يتطلب الامر ان يكون النظام المدروس والمراد حساب ثابت اتزانه تحت قوه ايونيه ثابته او مستقره او تجري عمليه تصحيح للقوه ألايونيه ألمقاسه.

طرق الحصول على محلول التربة:

- **طريقة الإحلال Immiscible displacement**
- **طريقة غشاء الضغط pressure displacement**
- **طريقة الطرد المركزي centrifugation**

أولا) طريقة الإحلال Immissible Displacement

وفى هذه الطريقة يستخدم سائل غير قابل للإمتزاج بالماء مثل رابع كلوريد الكربون CCl_4 أو Ethyl benzoylacetate (الخطيب وآخرون 1986) حيث يعمل هذا السائل على إزاحة المحلول الأرضى من الجزء الصلب من التربة الرطبة وخلال عملية الطرد المركزى فإن السائل عديم الإمتزاج بالماء يمر خلال التربة إلى أسفل ويحل محل المحلول الأرضى الذى يطفو إلى أعلى فوق سطح عينة التربة. يتم جمع المحلول الأرضى الموجود على سطح عينة التربة ويرشح لإزالة أى معلقات به . وهذه الطريقة شائعة الإستخدام لسهولتها وتوافر الأجهزة اللازمة لها إلا أن المحاليل المستخدمة مثل رابع كلوريد الكربون فى هذه الطريقة ضارة بصحة الإنسان وتعتبر من المسببات لمرض السرطان carcinogenic كما أن المحلول عديم الإمتزاج بالماء قد يلوث التربة بنسبة صغيرة ويعتبر Ethyl benzoylacetate غير سام ولكنه غالى الثمن جداً .

ثانيا) طريقة غشاء الضغط Pressure Membrare Method

وفى هذه الطريقة يستخدم جهاز غشاء الضغط pressure membrare الذى يستطيع أن يستخلص المحاليل الأرضية فى مدى رطوبة يتراوح من درجة التشبع حتى نقطة الذبول المستديم وربما عند قيم رطوبة أقل . فإذا وضعت التربة فى الجهاز عند درجة رطوبة تعادل الذبول المستديم permanent wilting point تحت ضغط غاز (عادة ما يستعمل غاز النيتروجين ويخرج من فتحة خاصة بالجهاز) 15 ضغط جوى فإن المحلول الأرضى يبدأ فى الظهور عندما يصل ضغط الغاز إلى القيمة التى تساوى الشد الرطوبى Moisture tension عند هذه النقطة (15 ضغط جوى) وبهذه الطريقة يمكن الحصول على المحلول الأرضى عند درجات رطوبة مختلفة .

ثالثا) طريقة الطرد المركزى السريع Rapid centrifugation method

وهذه الطريقة تعد أفضل وأسرع الطرق التى تستخدم للحصول على المحلول الأرضى الحقيقى وأيضا هذه الطريقة لاتسبب أى تلوث للمحلول الأرضى على خلاف

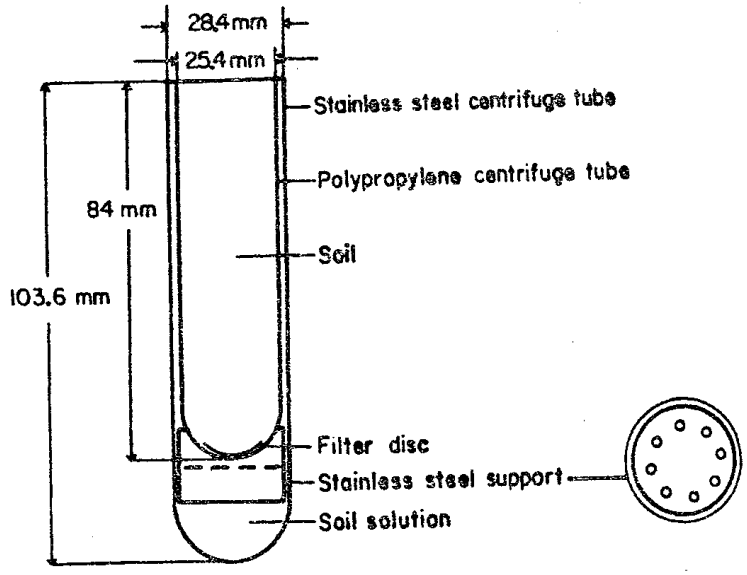
طريقة الإحلال . ويتم الحصول على المحلول الأرضى بإستخدام الأدوات الموضحة فى شكل (4 - 2) وإتباع التالى :

١. يضاف ماء إلى عينة التربة حتى تصل إلى السعة الحقلية field capacity ثم تترك للإتزان لمدة 24 ساعة .

٢. بوضع ورقة ترشيح على قاع أنبوبة الطرد المركزى التى تحتوى على عدة ثقوب ثم يتم ملأ الأنبوبة بعينة التربة الرطبة ثم توضع الأنبوبة وبداخلها التربة داخل أنبوبة أخرى من الصلب الذى لايصدأ stainless steel tube لترتكز على جزء آخر من الصلب (شكل 4 - 2) .

٣. تجرى عملية الطرد المركزى للعينة عند قوة تعادل 4.8×10^5 ms^{-2} لمدة 20 دقيقة .

٤. يتجمع المحلول الأرضى بعد عملية الطرد المركزى داخل الأنبوبة الصلب ويتم تجميعه لإجراء التحليلات اللازمة .



شكل (4 - 2) : الأدوات المستخدمة للحصول على المحلول الأرضى (الخطيب وآخرون ، 1987)

القوه الايونيه Ionic Strength :

القوة الايونيه لمحلول ما لها اهميه كبرى في حساب فعاليه الايونات activity في المحلول. والقوه الايونيه لمحلول اليكتروليتي هي مقياس لشده الحقل الكهربائي في المحلول وتعرف بالمعادله الاتيه:

$$I = \frac{1}{2} \Sigma C_i Z_i^2$$

حيث ان Ci هي التركيز بوحده مول/لتر لكل ايون (i) في المحلول، Zi هي تكافؤ الايون (i)و Σ تشير الى حاصل جمع كل ايون مضروبا بمربع تكافؤ جميع الايونات المتواجده في المحلول.

مثال (1):

احسب القوه الايونيه لمحلول يحتوي 0.01 عياري كلوريد الصوديوم NaCl مستخدما المعادله السابقه:

$$I=1/2[0.01 \times 1^2 + 0.01 \times (-1)^2]$$

I=0.01 Mole / liter **مول/لتر**

مثال (2):

احسب القوه الايونيه لمحلول يحتوي 0.01 عياري كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$

$$I=1/2[0.01 \times 2^2 + 0.01 \times 2(-1)^2]$$

I=0.03 Mole / liter **مول/لتر**

اذا من المهم معرفة تركيز كل الايونات التي تؤثر على القوه الايونيه للمحلول. وبصوره عامه تدفع زيادة القوه الايونية لمحلول التربه الايونات المختلفه الشحنه للتداخل ببعضها مما يؤدي ذلك الى احداث تاثير مباشر على الطبيعه الايونيه في المحلول وفي النهايه ينخفض التركيز او الفعالية للايونات.

ويمكن حساب القوة الايونية لمحلول ما من خلال قياس التوصيل الكهربائي EC تبعا لمعادلة Gurink and Griffin 1973 حيث توصل الى العلاقة التالية

$$I = 0.013\ EC$$

حيث تمثل التوصيل الكهربائي بوحدة مليموز \سم عند درجة حرارة 25 وهذة معادلة مهمة عندما يكون محلول التربة غير معروف.

فعالية وتركيز الايون في المحاليل

لوصف النظم الطبيعية او الكيميائية لا بد من معرفة صفات معينة لمكونات النظام مثل نوع وكمية مستوى الطاقة وبالنسبة لمستوى الطاقة فالنفرض وجود جسم معين في درجة حرارة معينة فمحتويات هذا الجسم الحرارية عبارة عن عدد السعرات الحرارية الموجودة به ومستواه الحراري عبارة عن درجة حرارته وانتقال الحرارة منه او اليه تتوقف على الاختلاف في المستوى الحراري بينه وبين الاجسام الاخرى وبالمثل بالنسبة لمكونات المحاليل مثل كلوريد الصوديوم الذي له كمية طاقة ومستوى طاقة ومستوى الطاقة هنا يعرف بأسم الجهد الثرموديناميكي وكمية الطاقة عبارة عن التركيز الكلي واي نظام في حالة توازن اي لا يحدث به تفاعل كيميائي ولا انتقال لمكوناته من مكان الى اخر يكون الجهد الكيميائي لجميع مكوناته متساوي في جميع اجزاء النظام لذلك فأن عملية تقدير الجهد الكيميائي لنظام ما مهمة جدا وعادة يقارن جهد النظام بجهد نظام قياسي ولكن يجب ان يكون تحت نفس درجة الحرارة والضغط الجوي وان الجهد الكيميائي لايون ذائب يتوقف على تركيزه وللمحلول المسمى محلولا مثاليا فأن العلاقة الاتية المقترحة من قبل لويس تصف لنا الجهد الكيميائي.

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$\mu = \mu_0$ في الحاله النموذجيه اي في نظام له نفس درجة الحراره وتركيز يساوي واحد $RT(\ln 1=0)$ هي حاصل ضرب درجة الحراره المطلقه T في ثابت الغازات R . هذه الحاله تحصل في المحاليل المثاليه اي هي المحاليل التي لا تؤثر فيها المكونات على بعضها اما في المحاليل الحقيقيه اي مع زيادة التركيز فان الجهد الكيميائي يساوي:

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C + E \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

وتمثل E طاقة التداخل بين المكونات حيث ان

$$\mathbf{E = RT \ln f}$$

وبذلك يمكننا كتابة المعادلة رقم 2 في الصوره التاليه

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C + RT \ln f = \mu_0 + RT \ln Cf \quad \text{.....(3)}$$

ولما كان a =cf

حيث a الفعالية ألايونيه activity للمكون الذائب المعين ومعامل الفعالية **activity coefficient** وبذلك تكون المعادلة

$$\mu = \mu_0 + RT \ln a$$

ونتيجه لوجود حقول قوى كهربائيه وذلك لوجود شحنات على الحبيبات الكهربائيه فيمكن كتابة المعادلة 2 في الصورة التاليه:

$$\mu = \mu_0 + RT \ln C + E + \mathbf{E_2}$$

حيث تمثل E_2 طاقة التداخل للحقول الكهربائيه الخارجيه . ولغرام واحد من ايون في حقل كهربائي نجد ان

$$\mathbf{E_2 = ZF\,\psi}$$

حيث Z التكافؤ و F الشحنه الموجوده على غرام مكافئ و ψ الجهد الكهربائي ولذلك نجد ان

$$\mu = \mu_0 + RT \ln a + ZF\,\psi \quad \text{.....(4)}$$

وفي هذه الحاله ψ تمثل الجهد الكيميائي والكهربائي وتسمى الجهد الكهربائي الكيميائي لذلك يمكن كتابة المعادله 4 في الصوره التالية

$$\mu = \mu + ZF\,\psi$$

حيث μ تمثل الجهد الكيميائي و $ZF\,\psi$ هي الجهد الكهربائي يمكن حسابها من الطبقة الكهربائية المزدوجة. ويمكن الحصول على قيمة معامل الفعالية f تبعا لمعادلة ديباي هيكل

$$\mathbf{\pm Logfi = -AZi^2\, I^{1/2}} \quad \text{.....(5)}$$

ويمكن حساب الفعالية من العلاقة التالية: الفعالية = التركيز X معامل الفعالية