

**المحاليل المغذية : Nutrient Solution**

أن الزراعة التقليدية تعتمد في الأساس على ما تقوم به التربة من تدعيم للنباتات النامية وتوفير تهوية جيدة وكذلك أمداد النباتات بقدر من العناصر الضرورية والذي يختلف باختلاف الارض وخصوبتها والذي ينضب باستمرار الزراعة وتكثيفها في بقعة ما . الامر الذي يتحتم تعويض النقص في محتوى التربة من العناصر الغذائية بإضافة الأسمدة والمخصبات التي تعيد إليها حيويتها وقدرتها على إنتاج المحاصيل .

إذ كل الطرق الزراعة اللا أرضية تعتمد اساسا على التغذية بواسطة العناصر المغذية الاساسية المذابة في الماء فيما يعرف بالمحلول المغذي . والمحلول المغذي فضلا عن كونه بيئة في حد ذاته إلا أنه يعتبر العامل المحدد في نجاح أي طريق أخرى من طرق الزراعة اللا أرضية والتي تستهدف تحقيق أعلى إنتاج ممكن من المحصول المزروع ، وهذا الهدف لا يمكن تحقيقه إلا باستخدام محلول مغذي متزن تتوفر فيه كل عوامل التغذية المثلى

**المحلول المغذي :**

هو المحلول الذي يحتوي على جميع العناصر الغذائية الضرورية Essential element اللازمة لنمو النبات وينسب متوازنة مع بعضها البعض والذي يستخدم في إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته . من الصعب القول بأن هناك ما يسمى بالمحلول المغذي المثالي أو المناسب لكل النباتات أو حتى بالنسبة للنبات الواحد. ويرجع ذلك إلى اختلاف النباتات عن بعضها بالنسبة لاحتياجاتها من العناصر الغذائية الاساسية ، بالإضافة الى اختلاف احتياجات النبات الواحد من العناصر مع تغير مراحل نموه المختلفة إلا أنه وفي كل الاحوال فلا بد أن تتوفر بعض الشروط الاساسية التي لا يمكن تجاهلها حتى يستطيع المحلول المغذي إداء دوره الاساسي والحيوي في التغذية .

**مما يتكون المحلول المغذي :**

أقترح الكثير من العلماء العديد من المحاليل المغذية المناسبة من وجهة نظر كل منهم لتغذية النبات لكن هناك بعض الملامح المشتركة لهذه المحاليل وهي ان ثلاث من المغذيات الكبرى وهي الكالسيوم  $Ca^{++}$  والمغنسيوم  $Mg^{++}$  والبوتاسيوم  $K^+$  توجد على شكل كاتيونات وثلاث على صورة انيونات وهي النترات  $NO_3^-$  والفوسفات  $H_2PO_4^-$  والكبريتات  $SO_4^{--}$  . وبذلك يكون الحصول على جميع المغذيات الكبرى من ثلاث املاح وهي نترات البوتاسيوم وفوسفات الكالسيوم وكبريتات المغنسيوم ولكن كقاعدة عامة يفضل استخدام اربعة املاح بدل من ثلاث لان ذلك يوفر مرونة اكبر في تعديل تركيز ونسب المغذيات بعضها لبعض في المحلول المغذي .

ومن اهم المحاليل المغذية المعروفة محلول هوجلاند المعدل Modified Hoagland Solution  
ومحلول كوبر Cooper Solution .

لتحضير 1000 لتر من محلول كوبر المغذي تكون اوزان الاملاح المستخدمة مقاس بالغرام كالآتي

- 1- نترات الكالسيوم المائية  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ----- 1003 gm .
- 2 – نترات البوتاسيوم  $\text{KNO}_3$  ----- 583 gm .
- 3 – فوسفات احادي البوتاسيوم  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ----- 263 gm .
- 4 – كبريتات الماغنسيوم المائية  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ----- 513gm .
- 5 – حديد مخليبي  $\text{Fe-EDTA}$  ----- 79 gm .
- 6 – كبريتات المنجنيز المائية  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  ----- 6.1 gm .
- 7 – حامض البوريك  $\text{H}_3\text{BO}_3$  ----- 1.7 gm .
- 8 – كبريتات النحاس المائية  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ----- 0.39 gm .
- 9 – موليبيدات الامونيوم المائية  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  ----- 0.37 gm .
- 10 – كبريتات الزنك  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ----- 0.44 gm .

#### المحلول المغذي المركز : Stock Solutin

من الافضل ان يتم تحضير محلول مركز وعند الاستعمال يتم تخفيفه بالماء الي التركيز المطلوبة ، ولكن عند التحضر يجب مراعاة نقطتين مهمتين وهما :

1 – عدم حدوث ترسيب لبعض العناصر الغذائية في المحلول نتيجة تفاعلها مع عناصر اخرى فمثلا زيادة تركيز الكالسيوم يؤدي الي ترسيب الفوسفات على صورة فوسفات الكالسيوم غير الذائبة لذلك علينا مراعاة مثل هكذا تفاعلات عند حساب اقصى تركيزات للعناصر يسمح بها لغرض تلافي عمليات الترسيب .

2- الاملاح التي يحضر منها المحلول المغذي ليست تامة الذوبان بالماء بل اغلبها شحيحة الذوبان . فمثلا ذوبان نترات البوتاسيوم 13% اي 130 غرام لكل لتر من الماء ، بينما مادة اخرى مثل نترات الكالسيوم تذوب بمعدل 2660 غرام في اللتر . لذلك ان اقصى تركيز يمكن تحضيره من المحلول المغذي المركز يتحكم فيه الملح الاقل ذوبان . عادة يتم تحضير محلولين مركزين هما :

1 - محلول A يحتوي على نترات الكالسيوم والحديد المخلبي .

2- محلول B يحتوي على باقي الاملاح .

اي ان كل محلول يحتوي العناصر التي لا تؤثر على بعضها . ويراعى ان يكون حجم المحلولين المركزين بين 45 الى 100 لتر وذلك كي يسهل تداولهما ، ويفضل ان تكون المادة المصنعة منها الوعاء من البلاستيك غير المنفذ للضوء .

من الملاحظات المهمة التي لا يجب اهمالها عند تحضير المحاليل المركزة هي :

1 - عند تحضير المحلول المركز ( A ) تضاف النترات الكالسيوم الى الماء ويتم التقليب جيدا حتى تمام الذوبان ، ام الحديد المخلبي فيتم خلطه مع كمية قليلة من الماء ثم يضاف الى محلول نترات الكالسيوم .

2 - عند تحضير المحلول المركز ( B ) تضاف املاح المغذيات الكبرى للماء وتذاب جيدا ، اما املاح العناصر الصغرى فتذاب جميعها ( باستثناء حامض البوريك ) في جزء قليل من الماء حتى تمام الذوبان و ثم تخلط مع المحلول B ، اما حامض البوريك فيذاب اولاً مع ماء مغلي قبل اضافته الى المحلول .

3 - عدم خلط المحلولين A و B مع بعضهما البعض بدون تخفيف والا يحدث ترسب لفوسفات الكالسيوم في الحال .

هناك بعض الشروط الواجب توافرها في المحلول المغذي وكيفية التعامل معها وهي كالآتي :

1 - تركيز الاملاح يجب ان لا يكون مرتفعاً بدرجة تؤثر على نمو النبات فتكون درجة التوصيل الكهربائي في حدود 2-3 مليموز / سم والضغط الازموزي بحدود 0.5 الى 1 ضغط جوي ، فلذلك اذا انخفض التركيز عن ذلك نتيجة الاستخدام يتم اضافة كمية من الاملاح حتى رفع درجة التوصيل الكهربائي الى 3 مليموز . فلذلك تعتبر نوعية الماء المحضر منها المحلول المغذي عامل مهم جدا بل محدد في اقامة مزارع المحاليل المغذية . لذلك اذا احتوت المياه على تركيز مرتفع من الاملاح فان ذلك يحد من استخدامها بل قد يمنع استخدامها بالمرّة لأنه سيزيد من تراكيز بعض الاملاح لتصل بها الى درجة السمية . لذلك علينا مراقبة تركيز المحاليل المغذية باستمرار من خلال قياس التركيز .

\*\* التأثير الازموزي Osmotic Effect حيث تقل قدرة النبات على امتصاص الماء نتيجة لارتفاع الضغط الازموزي للمحلول .

**\*\* التأثير النوعي او السمي Toxic Or Specific Ion Effect** حيث يؤدي زيادة تركيز ايونات معينة في المحلول مثل الصوديوم ، الكلوريد ، البورون الى سمية النبات نتيجة اضطرابات في العمليات الفسيولوجية .

2 - يجب ان يثبت رقم ال pH للمحلول بحيث يكون بين 5 - 7 ويرى بعض الباحثين ان يكون بين 6 - 6.5 . حيث ان انخفاض ال PH باتجاه الحموضة العالية ينتج عنه تلف الجذور وكما ان ارتفاعه باتجاه القلوية او القاعدية ينتج عنه ترسب العناصر على صورة املاح غير قابلة للامتصاص من قبل النبات . يستخدم جهاز ال pH meter في قياس درجة حموضة المحلول فاذا كان الرقم الهيدروجيني مرتفع يتم اضافة بعض الحوامض مثل حامض النتريك او حامض الفسفوريك لتعديل الدرجة ، اما اذا كان الرقم الهيدروجيني منخفض فيتم رفعه باستخدام بعض المواد القلوية مثل هيدروكسيد البوتاسيوم .

3 - ان تكون نسب العناصر بعضها لبعض متقاربة الى حد ما مع النسب التي يمتص بها النبات لتلك العناصر المختلفة

**الوزن الذري للعنصر : Atomic Weight** هو كتلة ذرة العنصر بالغرام الى كتلة ذرة الهيدروجين والتي تساوي 1 غرام

**الوزن الجزيئي Molecular Weight** : هو مجموع الاوزان الذرية للعناصر الداخلة في تركيب الجزيء بالغرام . فمثلا مركب فوسفات أحادي البوتاسيوم  $KH_2PO_4$  يحتوي على ذرة بوتاسيوم واحدة وذرتي هيدروجين وذرة فسفور واحدة واربع ذرات اوكسجين

فيكون الوزن الجزيئي له =  $39 + (1*2) + 31 + (16*4) = 136$  غرام

**التكافؤ :** هو عدد الالكترونات التي يمكن ان تفقد او تكتسب في المدار الخارجي للذرة

**الوزن المكافئ لعنصر او جزيء :** عبارة عن الوزن الذري او الوزن الجزيئي مقسوما على التكافؤ

مثلا الوزن المكافئ للكالسيوم = الوزن الذري له وهو 40 مقسوما على التكافؤ له هو 2 .. وبالتالي = 20

### الخطوات العملية لتحضير المحلول المغذي

سنأخذ تحضير المحلول المغذي هو جلاند والاملاح الشائعة في تحضيره هي :

- 1- نترات الكالسيوم المائية  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  وزنه الجزيئي 236 غرام .
- 2- فوسفات احادي البوتاسيوم  $KH_2PO_4$  وزنه الجزيئي 136 غرام .
- 3- كبريتات الماغنسيوم  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  وزنه الجزيئي 246.5 غرام .
- 4- نترات البوتاسيوم  $KNO_3$  وزنه الجزيئي 101 غرام .

## نتبع ما يلي :

- 1- يحسب التركيز بالمللي مكافئ لكل الايونات المستخدمة ( العناصر ) في التحضير .
- 2- حساب ملي مكافئات الكاتيون التي يجب ان تضاف من ملح معين يحسب معها ملي مكافئات الانيون المصاحب للكاتيون . وبالتالي تحديد الاملاح التي تحتوي على هذه الكاتيونات والايونات .

بناء على ذلك من الاملاح الاربعة السابقة يمكننا تحضير المحلول المغذي

- ايونات البوتاسيوم يمكن اخذها من كل من نترات البوتاسيوم وفسفات البوتاسيوم .
  - ايونات النترات يمكن اخذها من نترات الكالسيوم ونترات البوتاسيوم .
  - ايونات الكالسيوم لا تؤخذ الا من ملح نترات الكالسيوم ويجب مراعاة الانيون المصاحب وهو النترات .
- 3- يحول تركيز كل ملح من التركيز الملي مكافئ / لتر الي ملي غرام / لتر للحصول على وزن كل ملح بالمللي غرام .

مثال : المطلوب تحضير 10 لتر من المحاليل المركزة ( A,B ) والتي عند تخفيفها بنسبة 200 : 1 نحصل على تراكيز العناصر التالية في المحلول المغذي المخفف .

التركيز المطلوب :

نتروجين = 199 ppm

فسفور = 31 ppm

بوتاسيوم = 176 ppm

كالسيوم = 100 ppm

ماغنسيوم = 24 ppm

كبريت = 32 ppm

1- نحسب تركيز كل عنصر بالمل مكافئ / لتر

عدد ملي مكافئات = عدد ملي غرامات ( ppm ) / الوزن المكافئ

النتروجين = 14/119 = 8.5 ملي مكافئ / لتر

الفسفور = 31/31 = 1 ملي مكافئ / لتر

البوتاسيوم = 39/176 = 4.5 ملي مكافئ / لتر

الكالسيوم = 20/100 = 5 ملي مكافئ / لتر

الماغنسيوم = 12/24 = 2 ملي مكافئ / لتر

الكبريت = 16/32 = 2 ملي مكافئ / لتر

2- حساب ملي مكافئات من الاملاح الاربعة المستخدمة كالآتي :

وذلك بعمل جدول يقسم الى قسمين رئيسيين . قسم يشمل على الكتيونات ( الكالسيوم ، البوتاسيوم ، والمغنسيوم ) .. والقسم الثاني يشمل الانيونات ( النترات ، الفوسفات والكبريتات ) .

فعند اخذ 5 ملي مكافئات من الكالسيوم والذي يؤخذ من محلول نترات الكالسيوم بالتالي يستوفى الكالسيوم لكن يصاحب ال 5 ملي مكافئات من الكالسيوم 5 ملي مكافئات من النترات . مطلوب نيتروجين 8.5 ملي مكافئ اذن يتبقى 3.5 ملي مكافئ يجب ان تستوفى ويمكن اخذها من ملح نترات البوتاسيوم وبهذا ينتهي النتروجين . نأتي للفسفور والبوتاسيوم الفسفور مطلوب منه 1 ملي مكافئ يؤخذ من ملح فوسفات البوتاسيوم وبذلك ينتهي الفسفور . ولكن يصاحبه 1 ملي مكافئ من البوتاسيوم وفي الحقيقة مطلوب من البوتاسيوم 4.5 ملي مكافئ وبالتالي يتبقى له 3.5 ملي مكافئ يجب ان يستوفى فإذا نظرنا لملح نترات البوتاسيوم نلاحظ انا اخذنا منه 3.5 ملي مكافئ لاستكمال النتروجين وبالتالي يصاحبه 3.5 من البوتاسيوم وهي المطلوبة لاستكمال البوتاسيوم وهي ال 4.5 ملي مكافئ وبذلك ينتهي البوتاسيوم .

المغنسيوم والكبريت .. الماغنسيوم مطلوب منه 2 ملي مكافئ يؤخذ من ملح كبريتات الماغنسيوم والذي يصاحبه 2 ملي مكافئ من الكبريت وبهذا ينتهي الماغنسيوم والكبريت ..

فنجد ان الكاتيونات = 11.5 ملي مكافئ/ لتر تماما تساوي الانيونات = 11.5 ملي مكافئ/ لتر .. وهذا دليل على صحة التحضير .

3- يحول تركيز كل ملح من التركيز الملي مكافئ/ لتر الى ملي مول / لتر من خلال العلاقة التالية :

ملي مول / لتر = ملي مكافئات / التكافؤ

1- ملح نترات الكالسيوم مطلوب منه 5 ملي مكافئ / لتر بالتالي = 5 / 2 = 2.5 ملي مول / لتر

- 2- ملح نترات البوتاسيوم =  $1 / 3.5 = 3.5$  ملي مول / لتر  
 3- ملح فوسفات احادي البوتاسيوم =  $1 / 1 = 1$  ملي مول / لتر  
 4- ملح كبريتات الماغنسيوم =  $2 / 2 = 1$  ملي مول / لتر

\*ثم يحسب الوزن بالغرام لكل ملح في اللتر من خلال العلاقة

الوزن بالغرام = عدد الملي مولات \* ( الوزن الجزيئي / 1000 )

نترات الكالسيوم =  $2.5 * 0.236 = 0.59$  غم/ لتر

نترات البوتاسيوم =  $3.5 * 0.101 = 0.353$  غم / لتر

فوسفات البوتاسيوم =  $1 * 0.136 = 0.136$  غم / لتر

كبريتات الماغنسيوم =  $1 * 0.246 = 0.246$  غم / لتر

\*يحسب الوزن بالغرام لكل ملح من المحلول المركز A,B

الوزن بالغرام / 10 لتر = عدد الغرامات باللتر من المحلول \* التخفيف \* 10

اذن :

محلول A : نترات الكالسيوم  $10 * 200 * 0.59 = 1180$  غرام

محلول B :

نترات بوتاسيوم =  $10 * 200 * 0.353 = 706$  غرام

فوسفات بوتاسيوم =  $10 * 200 * 0.136 = 272$  غرام

كبريتات الماغنسيوم =  $10 * 200 * 0.245 = 492$  غرام

هي هذه الاوزان المطلوبة من الاملاح لتحضير المحلول المغذي

ملاحظة : الاملاح المستخدمة يجب ان تكون على درجة عالية من النقاوة وفي حالة وجود درجة نقاوة أقل كأن تكون مثلاً 95% يتم ضرب الاوزان التي استخرجت اعلاه في مقلوب النقاوة 100 / 95 مثلاً :

نترات الكالسيوم  $1180 * 100 / 95 = 1242$  غرام وهكذا لباقي الاملاح

اما بالنسبة للحديد المخلي الذي يضاف للمحلول A الوزن الجزيئي لمادة EDTA-Fe هو 367 غم والوزن الجزيئي للحديد 56 غم فيمكن حساب تركيزه من خلال

ppm \* (الوزن الجزيئي لل EDTA-Fe / الوزن الجزيئي للحديد ) = غم من EDTA-Fe

10 \* ( 56 / 367 ) = 65.5 غم من مادة ال EDTA-Fe .

من تطبيقات المحلول المغذي :

1- مزارع المحاليل

2- مزارع الوسط الحبيبي

3- مزارع الاغشية

تتم إضافة المحاليل المغذية اما بطريقة النظام المفتوح Open System او بالنظام المغلق Closed System .

هناك سؤال يتوارد للأذهان .. هل يحدث تغير في المحلول المغذي ؟

الجواب نعم .. ويرجع ذلك الى ان كثرة استخدام المحلول المغذي وإعادة ضبط تركيزه وتركيبه عدة مرات يؤدي الى اعطاء فرصة لتراكم الاملاح غير المرغوبة فيها مثل املاح الصوديوم او الكلور والبيورون وهذه الاملاح قد تكون كشوائب من الكيمياويات المستخدمة بالتحضير او من الماء المستخدم في تحضيره ايضا .

وبصفة عامة لا يجب استخدام المحلول المغذي مدة تزيد عن 3 اشهر بدون استبداله حيث المتوسط لاستخدامه هو شهرين هذا عند متابعته واعادة ضبطه باستمرار اما اذا لم يتم متابعته او اعادة ضبطه فان عمره لن يزيد عن اسبوع او اسبوعين