الفصل الرابع

المحاليل المغذية

Nutrient Solutions

obeikandl.com

obeikandl.com

المحاليل المغذية

Nutrient Solutions

إن كل طرق الزراعة اللاأرضية تعتمد بصفة أساسية على التغذية بواسطة العناصر المغذية الأساسية المذابة فى الماء فيما يعرف بالمحلول المغذى، وهذا المحلول المغذى يعتبر العامل المحدد فى نجاح أى طريقة من طرق هذه الزراعة والتى تستهدف تحقيق أعلى إنتاج ممكن من المحصول المنزرع، وهذا الهدف لا يمكن تحقيقه أو الوصول إليه إلا باستخدام محلول غذائى متزن تتوافر فيه كل عوامل التغذية المثلى، ولذلك ولأهمية هذا الموضوع، فلقد أفردنا له هذا الفصل للتعرف على ماهية المحلول المغذى، وما هى الشروط الواجب توافرها فيه، وأنواع المحاليل المغذية، وكيفية تحضيرها، ومعلومات أساسية أخرى تفيد أى دارس لهذا الموضوع.

١ ـ المحلول المغذى

المحلول المغذى هو المحلول الذى يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية Essential elements اللازمة لنمو النباتات وبنسب متوازنة مع بعضها البعض، والذى يستخدم فى إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته.

ومن الصعب القول بأن هناك ما يسمى بالمحلول المغذى المثالى أو المناسب لكل النباتات أو حتى بالنسبة للنبات الواحد. ويرجع ذلك إلى اختلاف النباتات عن بعضها بالنسبة لاحتياجاتها من العناصر الغذائية الأساسية، بالاضافة إلى اختلاف احتياجات النبات الواحد من العناصر مع تغير مراحل نموه المختلفة إلا أنه وفى كل الأحوال فلا بد أن تتوفر بعض الشروط الأساسية التى لا يمكن تجاهلها أو التغاضى عنها حتى يستطيع المحلول أداء دوره الأساسى والحيوى فى التغذية.

٢ ـ الشروط الواجب توافرها فى المحلول المغذى

يجب أن تتوفر فى المحلول المغذى الشروط التالية:

١ ـ لا يكون تركيز الأملاح فى المحلول المغذى مرتفعاً بدرجة تؤثر على نمو النبات، وعادة ما يكون التوصيل الكهربى للمحلول المغذى فى حدود ٢ ـ ٣ ملليموز/سم والضغط الإسموزى له فى حدود ٠,٥ ـ ١ ضغط جوى.

٢ ـ أن يكون رقم الحموضة pH للمحلول المغذى فى حدود من ٦ ـ ٦,٥ حيث أن انخفاض الـ pH إلى الحدود الحامضية الشديدة يؤدى إلى تلف جذور النباتات، بينما ارتفاع رقم الـ pH إلى الجانب القلوى يؤدى إلى ترسيب كثير من العناصر فى المحلول على صورة أملاح غير ذائبة لا يستفيد منها النبات.

٣ ـ أن تكون نسب العناصر إلى بعضها البعض تقارب إلى حد ما النسب التى يمتص بها النبات العناصر الغذائية المختلفة.

٣ ـ تركيز العناصر فى المحلول المغذى

وجد Stoughton سنة ١٩٦٩ أن تركيز المغذيات فى مزارع المحاليل يكون فى حدود ١٠٠ ـ ٣٠٠ جزءاً فى المليون للنيتروجين، ١٢٠ ـ ٢٥٠ جزءاً فى المليون للبوتاسيوم. بينما أشار Hewitt سنة ١٩٦٦ أيضاً إلى أن المحلول القياسى يجب أن يحتوى على ١٦٨ جزءاً فى المليون للنيتروجين، ١٥٦ جزءاً فى المليون للبوتاسيوم وهذه التركيزات من العناصر تناسب مزارع المحاليل الساكنة Static Nutrient Solution Culture (SNSC)، وهى مرتفعة جداً إذا ما قورنت بما تحتاجه مزارع المحاليل المتحركة أو الدائرة Flow Nutrient Solution Culture (FNSC) حيث وجد Asher & Ozanne سنة ١٩٧٩ فى بحثهم على ١٤ نوعاً من النباتات التى تم زراعتها فى المزارع التى يتم فيها تدوير المحلول FNSC أن أقصى محصول فى ثمانية أنواع منها تم الحصول عليه عندما كان تركيز البوتاسيوم ثابتاً عند ٠,٩ جزء فى المليون، وفى الستة الأخرى عند تركيز من البوتاسيوم قدره ٣,٧٥ جزءاً فى المليون، كذلك وجد Clement وأخرون سنة ١٩٧٤ أن نمو النباتات كان مرضياً فى المحلول الدائر عند ثبات تركيز النيتروجين عند ٠,١ جزء فى المليون.

هذا التعارض ما بين المحاليل الساكنة والمحاليل المستمرة فى الدوران يرجع إلى أنه فى حالة المحاليل الدائرة لا يحدث انخفاض فى تركيز العناصر حول المجموع الجذرى للنباتات حيث يعمل الدوران المستمر على المحافظة أو بالأحرى على تجديد تركيز العنصر مما يجعله ثابتاً حول الجذور باستمرار بعكس الحالة فى مزارع المحاليل الساكنة حيث يحدث انخفاض شديد لتركيز العناصر حول المجموع الجذرى نظراً للاستنزاف المستمر للعناصر من حجم ثابت وغير متجدد من المحلول. ومن ذلك نجد أن نمو النباتات يمكن أن يكون جيداً عند تركيزات منخفضة جداً من العناصر ولكن يظل السؤال.. هل هذه التركيزات هى التركيزات المثلى لنمو النباتات؟، وأيضا إلى أى حد يمكن أن نغير من هذه التركيزات دون أن يتأثر النمو؟.

ولقد أظهرت بعض التجارب فى مزارع الأغشية Nutrient Film Technique (NFT) أن المحصول لم يتأثر بدرجة معنوية مع اختلاف تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ما بين ١٠ ـ ٣٢٠ جزءاً فى المليون (على شرط ثبات التركيز خلال موسم النمو)، ولكن بصفة عامة يفضل أن يكون تركيز العنصر فى المحلول المغذى مرتفعاً نسبياً حتى نضمن وجود رصيد من العناصر المغذية فى النظام. وكأرقام استرشادية يوضح الجدول (٤ ـ١) حدود تركيزات العناصر فى المحلول المغذى للنبات.

والحد الأدنى المشار إليه فى الجدول أكبر بكثير من الحد الذى يبدأ عنده ظهور أعراض نقص العناصر على النبات، ولذلك إذا أظهر التحليل قيم منخفضة للعنصر فى المحلول يكون ذلك دليلاً على تناقص مستمر للعنصر مما يؤدى إلى حدوث ضرر للنبات إذا ما استمر هذا الانخفاض.

جدول (٤ ـ ١) : العناصر المغذية ومدى تركيزاتها فى المحلول المغذى بالجزء فى المليون.

العنصر	الحد الأدنى	الحد الأعلى	الحد المفضل
النيتروجين Nitrogen	٥٠	٣٠٠	١٥٠ ـ ٢٠٠
الفوسفور Phosphorous	٢٠	٢٠٠	٥٠
البوتاسيوم Potassium	٥٠	٨٠٠	٣٠٠ ـ ٥٠٠
الكالسيوم Calcium	١٢٥	٤٠٠	١٥٠ ـ ٣٠٠
المغنسيوم Magnessium	٢٥	١٠٠	٥٠
الحديد Iron	٣	١٢	٥
المنجنيز Manganese	٠,٥	٢,٥	١,٠
النحاس Copper	٠,٠٥	١,٠	٠,١
الزنك Zinc	٠,٠٥	٢,٥	٠,١
البورون Boron	٠,١	١,٥	٠,٣ ـ ٠,٥
الموليبدنم Molybdenium	٠,٠١	٠,١	٠,٠٥
الصوديوم Sodium	ـــ	٢٥٠	ـــ
الكلور Chlorine	ـــ	٤٠٠	ـــ

٤ ـ كيف يمكنك تحضير المحلول المغذى

من الضرورى فهم وتعلم كيفية تحضير المحلول المغذى سواء كان ذلك من الكيماويات النقية (فى حالة التجارب والبحوث) أو من الأسمدة التجارية (فى حالة الزراعة الاقتصادية على أى مستوى)، وأيضاً التعرف على خواص ونوعية الماء المستخدم فى التحضير.

**** خواص الماء**

تعتبر خواص الماء ذات أهمية قصوى فى تحضير المحاليل المغذية للزراعات

اللاأرضية لذلك يجب أن يراعى ما يلى:

١ ـ نسبة كلوريد الصوديوم (NaCl)

يجب أن يكون الماء نقياً وعذباً بحيث لا يتعدى نسبة كلوريد الصوديوم NaCl به عن ٥٠ جزءاً فى المليون. فالماء المحتوى على أكثر من ٥٠ جزءاً فى المليون كلوريد صوديوم لا يناسب النمو الأمثل للنبات، وكلما ازداد تركيز كلوريد الصوديوم ينخفض معدل النمو وقد يؤدى فى النهاية إلى موت النبات.

٢ ـ نسبة الأملاح الكلية الذائبة Total Soluble Salts (TSS)

بالإضافة إلى كلوريد الصوديوم فإنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار المحتوى الكلى للأملاح الذائبة فى الماء Total soluble salts حيث أن قدرة النباتات على امتصاص الماء وما به من عناصر غذائية تقل مع زيادة محتواه من الأملاح، وإن كانت النباتات تختلف فيما بينها فى قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من الأملاح، فهناك نباتات حساسة للملوحة Sensitive plants وأخرى متوسطة الحساسية Moderately sensitive وثالثة متوسطة التحمل للملوحة tolerant Moderately والرابعة تتحمل الملوحة وتسمى Tolerant plants ولقد وجد بعض الباحثين أنه يمكن استخدام مياه ملحية تركيزات الأملاح بها تصل إلى ٣٠٠٠ جزء فى المليون فى تنمية بعض النباتات فى الزراعات اللاأرضية تحت اعتبارات خاصة منها المعرفة المسبقة لقدره تحمل نوع النبات وصنفة للأملاح، مرحلة نمو النبات، إضافة العناصر الغذائية الغير موجودة فى المياه. لذلك فإنه عند استخدام مياه ملحية فى الزراعات اللاأرضية فإن النياتات التى يتم زراعتها هى النباتات المتحملة للملوحة Tolerant plants أو متوسطة التحمل للأملاح Moderately tolerant مثل القرنفل والطماطم والخيار والخس وحتى بين أنواع النباتات المتحملة للملوحة فإن درجة التحمل تختلف من صنف إلى آخر.

٣ ـ عسر الماء Hard Water

يتوقف مقدار عسر الماء Hardness على محتواه من أيونات البيكربونات HCO_3 فكلما زاد تركيز البيكربونات كلما ازداد عسر الماء، الأمر الذى يؤدى إلى زيادة رقم الـ PH وعليه يقل تيسر وصلاحية عنصر الحديد للنبات. ومن الناحية العملية فإن مياه الآبار فى المناطق ذات الأصل الجيرى يمكن أن تحتوى على تركيز مرتفع من أملاح كربونات الكالسيوم والمغنسيوم. والماء العسر المحتوى على كربونات الكالسيوم والمغنسيوم يعتبر مناسباً لتنمية النباتات مثله فى ذلك مثل الماء اليسر Soft water.

وفى كل الأحوال فإنه قبل استخدام أى مصدر للماء فى تحضير المحلول المغذى يجب تحليله ومعرفة مستوى كل من أيونات العناصر التالية [الكالسيوم Ca^{+2} – المغنسيوم Mg^{+2} – الحديد Fe^{+2} – الكربونات CO_3^{-2} – البيكربونات HCO_3^{-}] وبالتالى تحديد الكميات المطلوب إضافتها من كل منها للوصول إلى التركيز المطلوب فى المحلول المغذى.

وقبل أن نبدأ فى دراسة كيفية تحضير المحلول المغذى فإنه من المفيد شرح بعض أسس الحساب الكيميائى والتعريفات التى نحتاجها فى هذا الصدد.

تتكون جميع المركبات الموجودة فى القشرة الأرضية من مواد مختلفة متحدة مع بعضها البعض تسمى عناصر ويوجد من هذه العناصر أكثر من مائة ولكن ما يهمنا منها فى المحاليل المغذية ستة عشر عنصراً فقط سبق الإشارة إليها بالتفصيل فى الفصل الثانى والتى تعرف بالعناصر الأساسية أو الضرورية لنمو النبات. والعنصر الواحد يتركب من مجموعة من الذرات، وكل عنصر يتميز عن الآخر بوزنه الذرى.

** الوزن الذرى Atomic Weight

هو الوزن الذرى للعنصر منسوباً للوزن الذرى للأيدروجين والذى يساوى ١

بالإضافة إلى الوزن الذرى فإن لكل عنصر رمز معين هو عبارة عن الحرف الأول أو الحرفين الأولين من اسمه اللاتينى أو اسمه الإنجليزى. فمثلا البوتاسيوم Potassium اسمه اللاتينى كاليوم Kalium ولذا فرمزه K أما النيتروجين Nitrogen فرمزه N والفوسفور Phosphorus رمزه p أما المغنسيوم Magnesium فرمزه Mg والكالسيوم Calcium رمزه Ca... وهكذا.

****التكافؤ Valence**

تكافؤ العنصر هو عدد الإلكترونات التى يمكن أن تفقد أو تكتسب فى المدار الخارجى للذرة.

ويوضح الجدول رقم (٤ـ٢) العناصر الشائعة الاستخدام فى المحاليل المغذية مع بيان رمز كل منها ووزنه الذرى والتكافؤ.

****الوزن الجزيئى Molecular Weight**

هو مجموع أوزان الذرات الداخلة فى تركيب الجزىء بالجرام.

فجميع الأملاح الكيميائية عبارة عن جزيئات يتركب كل جزىء منها من ذرات، فمثلا ملح كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4 يتركب من ذرتين بوتاسيوم وذرة كبريت وأربعة ذرات من الأكسجين، وبالتالى فإن الوزن الجزيئى هو مجموع الأوزان الذرية للذرات المكونة للملح وفى المثال السابق يكون الوزن الجزيئى لملح كبريتات البوتاسيوم وهو:

$$\underset{(2 \times 39)}{K_2} + \underset{(1 \times 32)}{S} + \underset{(4 \times 16)}{O_4} = 174$$

جـدول (٤-٢): الوزن الذرى والتكافؤ الشائع للعناصر الغذائية الأساسية للنبات.

العنصر	الرمز	الوزن الذرى	التكافؤ
الكربون Carbon	C	١٢,٠١	٤
الأيدروجين Hydrogen	H	١,٠١	١
الأكسجين Oxygen	O	١٦,٠٠	-٢
النيتروجين Nitrogen	N	١٤,٠١	٢، ٥
الفوسفور Phosphorous	P	٣٠,٩٨	٥
البوتاسيوم Potassium	K	٣٩,١٠	١
الكالسيوم Calcium	Ca	٤٠,٠٨	٢
المغنسيوم Magnessium	Mg	٢٤,٣١	٢
الحديد Ferrous (Iron)	Fe	٥٥,٨٥	٢، ٣
المنجنيز Manganese	Mn	٥٤,٩٤	٢، ٤
النحاس Copper	Cu	٦٣,٥٤	١، ٢
الزنك Zinc	Zn	٦٥,٣٧	٢
البورون Boron	B	١٠,٨٢	٣
الموليبدنم Molybdenium	Mo	٩٥,٩٤	٣، ٤، ٦
الكبريت Sulfur	S	٣٢,٠٦	٤، ٦
الصوديوم Sodium	Na	٢٢,٩٩	١
الكلور Chlorine	Cl	٣٥,٤٦	-١

**** الوزن المكافىء للذرة:**

هو الوزن الذرى مقسوم على تكافئها.

الوزن المكافئ للبوتاسيوم K = ٣٩ ÷ ١ = ٣٩جم

الوزن المكافئ للكالسيوم Ca = ٤٠ ÷ ٢ = ٢٠جم

**** الوزن المكافىء للحامض:**

هو عبارة عن الوزن الجزيئى له مقسوم على عدد ذرات الأيدروجين H.

الوزن المكافىء لحامض الأيدروكلوريك HCl = ٣٦,٥ ÷ ١ = ٣٦,٥جم

الوزن المكافىء لحامض الكبريتيك H_2SO_4 = ٩٨ ÷ ٢ = ٤٩جم

الوزن المكافىء لحامض الفوسفوريك H_3PO_4 = ٩٨ ÷ ٣ = ٣٢,٧جم

**** الوزن المكافىء للقلوى:**

هو عبارة عن الوزن الجزيئى له مقسوم على عدد مجموعات الأيدروكسيل OH.

الوزن المكافىء لأيدروكسيد البوتاسيوم KOH = ٥٦ ÷ ١ = ٥٦جم

الوزن المكافىء لأيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ = ٧٤ ÷ ٢ = ٣٧جم

الوزن المكافىء لأيدروكسيد الحديديك $Fe(OH)_3$ = ١٠٦ ÷ ٣ = ٣٥,٣ جم

**** الوزن المكافىء للملح:**

هو عبارة عن الوزن الجزيئى له مقسوم على عدد ذرات القاعدة مضروباً فى تكافؤها.

الوزن المكافىء لفوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 = ١٣٦÷١×١ = ١٣٦جم

الوزن المكافىء لفوسفات ثنائى الكالسيوم $CaHPO_4$ = ١٣٦÷١×٢ = ٦٨جم

الوزن المكافىء لفوسفات ثلاثى الكالسيوم $Ca_3(PO_4)_2$ = ٣١٠÷٣×٢ = ٥١,٧جم

التعبير عن تركيزات المحاليل:

**** النسبة المئوية (٪) Percentage**

هو عبارة عن عدد جرامات الملح فى ١٠٠سم٣ من الماء.

**** المحلول المولار Molar Solution (Mole)**

هو المحلول الذى يحتوى اللتر منه على الوزن الجزيئى الجرامى من المادة (ويسمى التركيز ١ مول)

١ مول = ١ وزن جزيئى = ١٠٠٠ ملليمول.

١ ملليمول = ١ ÷ ١٠٠٠ من المول.

عدد الملليمولات × الوزن الجزيئى = عدد الملليجرامات.

**** المحلول العيارى Normal Solution**

هو المحلول الذى يحتوى اللتر منه على الوزن المكافىء من المادة (ويسمى التركيز ١ مكافىء).

١ مكافىء = ١ وزن مكافىء = ١٠٠٠ ملليمكافىء

١ ملليمكافىء = ١ ÷ ١٠٠٠ من الوزن المكافىء.

عدد الملليمكافئات × الوزن المكافىء = عدد الملليجرامات.

**** الأجزاء فى المليون Part per milion (ppm)**

هو عدد جرامات المادة فى مليون جرام من الماء. وحيث إن كثافة الماء = ١ فإنه يمكن القول بأنه عدد جرامات المادة فى مليون سم٣ من الماء.

جم ——— فى ——— ١٠٠٠,٠٠٠ سم٣

أى جم ——— فى ——— ١٠٠ لتر

أى جم ——— فى ——— ١ متر مكعب

كما يمكن استخدام وحدات أصغر مثل الملليجرام وهو يساوى (١ ÷ ١٠٠٠ من الجرام)، أو الميكروجرام وهو (١ ÷ ١٠٠٠,٠٠٠ من الجرام) وبالتالى فإن جزء فى المليون يساوى مجم/ لتر أو ميكروجرام/ سم٣.

ويمكن تحويل التركيز من نسبة مئوية إلى جزء فى المليون أو العكس بالمعادلة التالية:

النسبة المئوية × ١٠,٠٠٠ = جزء فى المليون

مثال للعمليات الحسابية المطلوبة لتحضير المحلول المغذى:

تحضير محلول كوبر Cooper Solution

يعتبر هذا المحلول أكثر المحاليل استخداماً فى مزارع الأغشية المغذية. ويبين الجدول رقم (٤ – ٣) تركيزات العناصر فى هذا المحلول المغذى، وهى محسوبة على أساس أجزاء فى المليون أو بمعنى آخر جرام/ ١٠٠٠ لتر من المحلول.

جدول (٤ – ٣): تركيزات العناصر الغذائية فى محلول كوبر

العنصـــــــــر	الرمـــــز	التركيز بالجزء فى المليون
النيتروجين Nitrogen	N	٢٠٠
الفوسفور Phosphorous	P	٦٠
البوتاسيوم Kalium (Potassium)	K	٣٠٠
الكالسيوم Calcium	Ca	١٧٠
المغنسيوم Magnessium	Mg	٥٠
الحديد Ferrous (Iron)	Fe	١٢
المنجنيز Manganese	Mn	٢
النحاس Copper	Cu	٠,١
الزنك Zinc	Zn	٠,١
البورون Boron	B	٠,٣
الموليبدنم Molybdenium	Mo	٠,٢
الكبريت Sulfur	S	٦٩

ويبين جدول رقم (٤ –٤) الأملاح التى يحضر منها محلول كوبر المغذى

والأوزان المطلوبة من كل ملح لتحضير ١٠٠٠ لتر (متر مكعب) من هذا المحلول.

جدول (٤ – ٤): أوزان الأملاح بالجرام المستخدمة لتحضير ١٠٠٠ لتر من محلول كوبر المغذى.

الملح المستخدم فى التحضير ورمزه		الوزن الجزيئى	الوزن المطلوب
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	٢٣٦	١٠٠٣
نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٠١	٥٨٣
فوسفات أحادى البوتاسيوم	KH_2PO_4	١٣٦	٢٦٣
كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4.7H_2O$	٢٤٦,٥	٥١٣
حديد مخلبى	Fe- EDTA	٣٦٧	٧٩
كبريتات منجنيز	$MnSO_4.H_2O$	١٦٩	٦,١
حامض بوريك	H_3BO_3	٦٢	١,٧
كبريتات نحاس	$CuSO_4.5H_2O$	٢٤٩,٧	٠,٣٩
موليبدات أمونيوم	$(NH_4)6Mo_7O_{24}.4H_2O$	١٢٣٦	٠,٣٧
كبريتات زنك	$ZnSO_4.7H_2O$	٢٨٧,٦	٠,٤٤

ونظراً لشيوع استخدام هذا المحلول فى تغذية النباتات فسوف نستعرض كيفية حساب أوزان الأملاح المطلوبة لتحضير ١٠٠٠ لتر من هذا المحلول المغذى.

١ – تركيز الفوسفور المطلوب هو ٦٠ جزء فى المليون (٦٠ جرام/ ١٠٠٠لتر) والملح الذى يستخدم هو فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 وزنه الجزيئى ١٣٦ جم ويحتوى على وزن ذرى واحد من الفوسفور قدره ٣١ جم، وبالتالى فإنه للحصول على ٦٠ جرام من الفوسفور (التركيز المطلوب فى المحلول المغذى) فإنه يلزم وزنة قدرها [١٣٦ ÷ ٣١] × ٦٠ = ٢٦٣جم من ملح KH_2PO_4 فإذا تم إذابة هذه الوزنة فى ١٠٠٠ لتر من الماء فإن المحلول الناتج يكون تركيز الفوسفور (P) به = ٦٠ جزء فى المليون

وفى صورة مختصرة فإن خطوات الحساب هى:

(أ) اكتب التركيز المطلوب من العنصر = ٦٠ جزء فى المليون.

(ب) احسب الوزن الجزيئى للملح المستخدم (فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 = ١٣٦.

(حـ) احسب وزن الملح الذى يعطى ١ جزء فى المليون فوسفور = ١٣٦ ÷ ٣١.

(د) احسب وزن الملح الذى يعطى ٦٠ جزء فى المليون فوسفور = [١٣٦ ÷ ٣١] × ٦٠ = ٢٦٣جم.

٢ – ملح فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 السابق لايحتوى على الفوسفور فقط ولكن به بوتاسيوم أيضًا (K) بحيث أن كل وزن جزيئى (١٣٦ جرام). يحتوى وزن ذرى واحد من البوتاسيوم قدره ٣٩ جرام، وبالتالى فإن الوزنة التى مقدارها ٢٦٣ جم من ملح فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 والتى تمت إذابتها فى ١٠٠٠ لتر من الماء تحتوى على مقدار من البوتاسيوم يمكن حسابه كما يلى:

(أ) الوزن الجزيئى لملح (فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4) = ١٣٦

(ب) نسبة البوتاسيوم فى الملح = ٣٩ ÷ ١٣٦

(حـ) وزن البوتاسيوم فى ٢٦٣ جم من = [٣٩ ÷ ١٣٦] × ٢٦٣ = ٧٥جم.

وحيث إن هذه الوزنة تم إذابتها فى ١٠٠٠ لتر من الماء، فيكون تركيز البوتاسيوم ٧٥ جزء فى المليون. ولكن تركيز البوتاسيوم المطلوب فى المحلول المغذى (انظر جدول التركيزات رقم ٤ – ٤) هو ٣٠٠ جزء فى المليون فإنه يلزم إضافة كمية إضافية من البوتاسيوم (K) قدرها ٢٢٥ جزءاً فى المليون. تستكمل هذه الكمية اللازمة من البوتاسيوم من ملح نترات البوتاسيوم KNO_3 والذى وزنه الجزيئى ١٠١ جم، ويحتوى على وزن ذرى من البوتاسيوم قدره

٣٩ جم، وبالتالى فإنه للحصول على ٢٢٥ جم من البوتاسيوم يلزم وزنة من نترات البوتاسيوم قدرها ٢٢٥ × [١٠١ ÷ ٣٩] = ٥٨٣ جراماً.

٣ – إضافة ٥٨٣ جم من ملح نترات البوتاسيوم KNO_3 إلى ١٠٠٠ لتر من الماء يعطى كمية من النيتروجين للمحلول يمكن حسابها كما يلى:

(أ) نسبة النتروجين N فى نترات البوتاسيوم (من الوزن الذرى والوزن الجزئى) كما فى الجدول = ١٤ ÷ ١٠١.

(ب) وزنة نترات البوتاسيوم KNO_3 (٥٨٣ جم) التى تم إضافتها للماء تحتوى على كمية نيتروجين قدرها [١٤ ÷ ١٠١] × ٥٨٣= ٨١ جم نيتروجين.

ولرفع تركيز النيتروجين إلى الحد المطلوب فى المحلول المغذى (٢٠٠ جزء فى المليون)، فإنه يلزم كمية أخرى من النيتروجين قدرها ١١٩ جزءاً فى المليون دون إضافة كمية أخرى من البوتاسيوم. هذه الكمية المتبقية من النيتروجين يتم الحصول عليها من ملح نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ والذى وزنه الجزيئى ٢٣٦ جرام، ويحتوى على ٢ وزن ذرى من النيتروجين قدرهما ٢×١٤= ٢٨جم.

وبالتالى فإن كمية نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ اللازمة لإعطاء ١١٩ جزءاً فى المليون الإضافية من النيتروجين تساوى: ١١٩× [٢٣٦ ÷ ٢٨] = ١٠٠٣ جم.

٤ – إضافة ١٠٠٣ جرام من ملح نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ إلى ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى تضيف عنصر الكالسيوم إلى المحلول، نسبة الكالسيوم فى كل وزن جزيئى من نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ = ٤٠ ÷ ٢٣٦. وعلى ذلك فإن كمية الكالسيوم فى ١٠٠٣ جم من ملح نترات الكالسيوم تساوى ١٠٠٣ × [٤٠ ÷ ٢٣٦] = ١٧٠جم. وهذا يعنى أن تركيز الكالسيوم فى المحلول يساوى ١٧٠ جزءاً فى المليون لأن الحجم الكلى للمحلول= ١٠٠٠

لتر وهذا هو التركيز المطلوب من الكالسيوم فى المحلول.

وحتى الآن تم إذابة ٢٦٣ جم فوسفات بوتاسيوم، ٥٨٣ جم نترات بوتاسيوم، ١٠٠٣ جم نترات كالسيوم فى ١٠٠٠ لتر من الماء لتعطى محلول مغذى يحتوى على ٦٠ جزءاً فى المليون فوسفور، ٣٠٠ جزء/ مليون بوتاسيوم، ٢٠٠ جزء/مليون نيتروجين، ١٧٠ جزءاً/ مليون كالسيوم.

٥ – نستمر فى إضافة باقى الأملاح للحصول على باقى العناصر الغذائية بنفس الكيفية السابقة، حيث يتم إضافة المغنسيوم إلى المحلول على صورة ملح كبريتات المغنسيوم $MgSO_4$ والذى له وزن جزيئى قدره ٢٤٦ جم، ويحتوى على وزن ذرى واحد من المغنسيوم (Mg) قدره ٢٤ جم. وبالتالى فإنه للحصول على تركيز من المغنسيوم قدره ٥٠ جزء فى المليون يلزم كمية قدرها ٥٠ × [٢٤٦÷٢٤]=٥١٣ جم من كبريتات المغنسيوم يتم إذابتها فى الألف لتر من الماء.

٦ – تركيز الحديد المطلوب (١٢ جزءاً فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنه قدرها ١٢×[٣٦٧÷٥٦] = ٧٩ جم من مادة FeEDTA.

٧ – تركيز المنجنيز المطلوب (٢ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ٢× [١٦٩÷٥٥] = ٦,١ جم من ملح كبريتات المنجنيز.

٨ – تركيز البورن المطلوب (٠,٣ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ٠,٣ × [٦٢÷١١]= ١,٧ جم من حامض البوريك.

٩ – تركيز النحاس المطلوب (٠,١ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ٠,١ × [٢٥٠÷٦٤]= ٠,٣٩ جم من ملح كبريتات النحاس.

١٠– تركيز الموليبدنم المطلوب (٠,٢ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ٠,٢ × [١٢٣٦÷٦٧٢]= ٠,٣٧ جم من ملح موليبدات الأمونيوم.

١١– تركيز الزنك المطلوب (٠,١ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة

قدرها ١,٠ × [٢٨٧÷٦٥]= ٠,٤٤ جم من ملح كبريتات الزنك.

جميع هذه الحسابات تعطى أوزان المواد المطلوب إذابتها فى الألف لتر من الماء للحصول على المحلول المغذى كما هو واضح من جدول رقم (٤ – ٤). ويلاحظ فى جميع الحسابات السابقة أننا لم نضع فى الاعتبار درجة نقاوة المادة الكيماوية، ولذلك فإن أوزان المواد المدونة فى الجدول يتم تعديلها بناء على درجة نقاوة كل مادة. فمثلا إذا كانت نقاوة مادة نترات الكالسيوم ٩٠٪ مثلا فإن الوزن المطلوب من المادة النقية (١٠٠٣جم) يصبح ١٠٠٣× [١٠٠÷٩٠]= ١١١٤ جم نترات كالسيوم من المادة ذات النقاوة ٩٠٪ وهكذا بالنسبة لباقي الأملاح.

٥ – صورة النيتروجين فى المحلول المغذى:

من المعروف أن النبات يمتص النيتروجين إما على صورة أيونات نترات NO_3^- أو كاتيونات أمونيوم NH_4^+ بنفس الدرجة من الكفاءة. ولكن وجد أن بعض النباتات النامية فى نظام الأغشية المغذية يتأثر نموها بدرجة كبيرة إذا كان كل النيتروجين فى المحلول على صورة أمونيوم. فمثلا وجد أن بادرات الطماطم الصغيرة تموت بعد بضعة أسابيع من التغذية بالنيتروجين الأمونيومى، وإن كانت البادرات الأكبر سناً أكثر قدرة على تحمل الأمونيوم إلا أن نمو جذورها يتأثر بذلك، وبالرغم من هذا فإن استخدام النيتروجين الأمونيومى فى المحاليل المغذية قد يكون ضرورياً فى بعض الحالات وخاصة إذا كانت المياه المستخدمة فى تحضير المحلول قلوية التأثير. ففى مثل هذه الحالات نجد أن استخدام النيتروجين الأمونيومى يفيد كثيراً فى منع ارتفاع رقم pH المحلول المغذى بدرجة كبيرة، وبالتالى يقلل من كمية الأحماض اللازمة لخفض pH المحلول باستمرار. وبصفة عامة، إذا كانت المياه المستخدمة فى تحضير المحلول المغذى تحتوى على تركيز مناسب من الكالسيوم فإنه يمكن استخدام نترات الأمونيوم بدلا من نترات الكالسيوم للحصول على التركيز المطلوب من النيتروجين فى المحلول المغذى ولحساب كيفية تحضير المحلول بهذه الطريقة فإننا

نتبع الخطوات التالية:

(أ) التركيز الكلى المطلوب من النيتروجين عند تحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول هو ٢٠٠ جزء فى المليون .(انظر جدول رقم ٤ – ٣).

(ب) جزء من هذا النيتروجين وقدره ٨١ جزءاً فى المليون يتم الحصول عليه من وزنة نترات البوتاسيوم والتى قدرها ٥٨٣ جم كما سبق بيانه.

(حـ) الجزء الباقى من النيتروجين وقدره ١١٩ جزءاً فى المليون يتم الحصول عليه من نترات الأمونيوم NH_4NO_3 والتى وزنها الجزيئى= ٨٠ وتحتوى على ٢٨ جم نيتروجين وبالتالى فإن ١١٩ جزءاً فى المليون نيتروجين يتم الحصول عليها من وزنة قدرها ١١٩ × [٨٠÷٢٨]= ٣٤٠ جم نترات الأمونيوم والتى يتم إذابتها فى الألف لتر من الماء.

هذا بالطبع فى حالة عدم إضافة كالسيوم بالمرة إلى المحلول، أما إذا احتاج الأمر إلى إضافة الكالسيوم (عند انخفاض محتوى الماء منه) فإنه يمكن موازنة الأمر عن طريق استخدام كلاً من نترات الكالسيوم ونترات الأمونيوم كمصدرين لعنصر النيتروجين.

٦ – ضبط المحلول pH المغذى بعد تحضيره:

أبسط طرق قياس pH المحلول هى استخدام الأشرطة الورقية والتى يتغير لونها على حسب رقم pH المحلول الذى تغمس فيه. ويتم مقارنة لون هذه الورقة المبتلة مع خريطة توضح الألوان القياسية لدرجات الـ pH من ١–١٤ ومن ذلك يمكن تحديد رقم pH المحلول.

وهذه الطريقة تعتبر وصفية وغير دقيقة. وتوجد طرق أخرى يستخدم فيها أدلة Indicators وهى مواد يتغير لونها على حسب رقم pH الوسط. ويتم قياس pH المحلول عن طريق وضع جزء من المحلول فى أنبوبة اختبار ثم يضاف إليه نقطة من الدليل فيتلون السائل بلون معين، ويتم مقارنة هذا اللون مع خريطة الألوان القياسية لدرجات الـ pH المختلفة كما سبق توضيحه. وأفضل الطرق لقياس رقم الـ pH

للمحلول هى استخدام جهاز الـ pH Meter والذى يعمل بالبطارية وله الكترود يقيس درجة تركيز أيون الأيدروجين.

ويفضل أن يكون رقم pH المحلول المغذى فى حدود ٦ – ٦,٥ وانخفاض pH المحلول كثيراً عن ذلك (حامضى شديد) ضار بالنبات حيث قد يسبب سمية للجذر، كما أن الارتفاع الشديد لرقم pH المحلول (قلوى شديد) يؤدى إلى ترسيب كثير من العناصر فى المحلول على صورة غير ذائبة لايستطيع النبات أن يستفيد بها.

بعد تحضير المحلول المغذى يقاس رقم الـ pH فإن كان مرتفعا عن ٦,٥ يضاف إلى المحلول بعض الأحماض (مثل حامض النيتريك HNO_3 أو حامض الفوسفوريك H_3PO_4) لخفض رقم pH المحلول إلى الرقم المطلوب. أما إذا كان رقم pH المحلول أقل من ٦ (حامضى) فإنه يضاف بعض المواد القلوية مثل أيدروكسيد البوتاسيوم KOH لرفع رقم الـ pH إلى القيمة المطلوبة.

٧- قياس تركيز الأملاح فى المحلول المغذى بعد تحضيره:

يعتبر تركيز الأملاح الذائبة فى المحلول المغذى عاملاً هامًا جداً فى تأثيره على نمو النباتات فارتفاع تركيز الأملاح بدرجة كبيرة يؤدى إلى انخفاض واضح فى محصول النبات ويرجع ذلك إلى أحد الأسباب التالية:

(أ) التأثير الأسموزى Osmotic Effect: حيث تقل قدرة النبات على امتصاص الماء نتيجة لارتفاع الضغط الأسموزى للمحلول.

(ب) التأثير النوعى أو السمى Toxic or Specific Ion Effect: حيث يؤدى زيادة تركيز أيونات معينة فى المحلول مثل الصوديوم، الكلوريد، البورون إلى سمية النبات نتيجة للاضطراب فى العمليات الفسيولوجية.

ولذلك فإنه بعد تحضير المحلول المغذى يجب قياس تركيز الأملاح به ويتم ذلك عن طريق قياس التوصيل الكهربى للمحلول Electrical Conductivity (EC) باستخدام جهاز خاص لذلك. ومن المعروف أن هناك علاقة ما بين قدرة المحلول على توصيل تيار الكهرباء وتركيز الأملاح به، ولذلك فكلما زاد تركيز الأملاح

كلما زاد مقدار التوصيل. ووحدات قياس التوصيل الكهربى هى الموز/ سم (Mhos/cm) أو السيمن Semin/ سم (S/cm) والموز= السيمن. وهناك وحدات أقل من الموز أو السيمن وهى المللى والميكرو لكليهما. [والموز= ١٠٠٠ ملليموز= ١٠٠٠,٠٠٠ ميكروموز].

وفى كل الأحوال يمكن تحويل هذه الوحدات إلى وحدات أخرى كما يلى:

ECملليموز/ سم × ١٠ = ملليمكافىء/ لتر.

EC ملليموز/ سم × ٦٤٠ = جزء فى المليون.

EC ملليموز/ سم × ٠,٠٦٤ = نسبة مئوية (٪).

EC ملليموز/ سم × ٠,٣٦ = ضغط جوى

والمحلول المغذى السابق تحضيره له توصيل كهربى يتراوح ما بين ٢ – ٣ ملليموز/سم، وعند استخدام هذا المحلول في المزرعة ينخفض تركيز الأملاح به نتيجة لامتصاص العناصر بواسطة النبات لذلك يجب أن يراعي أن لا يقل التوصيل الكهربي للمحلول المغذى عن ٢ ملليموز/سم فإذا انخفض عن ذلك يضاف كمية من العناصر إلي المحلول لرفع التوصيل مرة أخرى إلى ٣ ملليموز/ سم كما سيأتى ذكره فيما بعد.

وفى هذا الصدد تعتبر نوعية المياه المستخدمة فى تحضير المحلول المغذى ذات عامل هام جداً فى إقامة مزارع المحاليل. فإذا احتوت هذه المياه على تركيز مرتفع من الأملاح فإن ذلك قد يحد من استخدامها حيث إنها سوف تزيد من محتوى المحلول المغذى من الأملاح بدرجة كبيرة، كما قد تحتوى على تركيزات مرتفعة من الأملاح التى قد تسبب سمية للنبات. ولذلك فإنه قبل تحضير المحلول المغذى يجب قياس محتوى المياه من الأملاح وكذلك نوعية الأملاح الموجودة بها. وتجدر الإشارة إلى أن النباتات فى مزارع المحاليل تستطيع النمو فى تركيزات قد تصل إلى ٨ملليمور/سم (Aboulroos and Abdel Moty سنة ١٩٩٥ مع نباتات الطماطم النامية في أنابيب بها محاليل مغذية ساكنة) وهذا التركيز المرتفع بالطبع

لاتستطيع النباتات أن تتحمله عند نموها فى التربة الطبيعية.

٨- المحلول المغذى المركز Stock Solution

من الأفضل فى كثير من الأحيان أن يتم تحضير محلول مركز Stock solution، وهذا يتم تخفيفه بالماء إلى التركيز المناسب، وذلك بدلاً من تحضير المحلول المغذى بالتركيز المطلوب من البداية. ولكن يجب أن نراعى نقطتين فى تحضير المحلول المركز هما:

أولاً: عدم حدوث ترسيب لبعض العناصر الغذائية فى المحلول نتيجة لتفاعلها مع عناصر أخرى، ويحدث هذا فى حالة تحضير المحاليل المركزة. فمثلا زيادة تركيز الكالسيوم عن حد معين يؤدى إلى ترسيب الفوسفات على صورة فوسفات الكالسيوم غير الذائبة، ولذلك يجب أن تراعى مثل هذه التفاعلات عند حساب أقصى تركيزات للعناصر يسمح بها فى المحلول المركز لتلافى عميات الترسيب.

ثانياً: الأملاح التى يحضر منها المحلول المغذى ليست تامة الذوبان فى الماء وإنما معظمها شحيحة الذوبان. فمثلا ذوبان نترات البوتاسيوم ١٣ ٪ أى ١٣٠ جرام لكل لتر من الماء، بينما مادة أخرى مثل نترات الكالسيوم تذوب بمعدل ٢٦٦٠ جرام فى اللتر. ولذلك فإن أقصى تركيز ممكن تحضيره من المحلول المغذى المركز يتحكم فيه الملح ذو درجة الذوبان الأقل وعادة ما يكون التركيز فى المحلول المركز ١٠٠ – ٢٠٠ مرة قدر المحلول المغذى.

وكل من هاتين النقطتين يجب مراعاتهما عند تحضير المحلول المركز وعادة ما يتم تحضير محلولين مركزين هما محلول (A) ويحتوى على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى ومحلول (B) ويحتوى على باقى الأملاح الأخرى أى يحتوى كل محلول على مجموعة العناصر التى لاتؤثر على بعضها البعض (أى لاترسب بعضها). ويراعى أن يكون حجم كل محلول من المحلولين المركزين فيما بين ٤٥ – ١٠٠ لتر حتى يمكن تداوله بسهولة. ويفضل أن تكون المادة المصنوع منها الوعاء من البلاستيك غير المنفذ للضوء.

ومن الملاحظات التى لايجب إهمالها عند تحضير المحاليل المركزة ما يلى:

١ – عند تحضير المحلول المركز (A) تضاف نترات الكالسيوم إلى الماء ويتم التقليب جيداً حتى تمام الذوبان، أما الحديد المخلبى فيتم خلطه جيدا مع كمية قليلة من الماء ثم يضاف إلى محلول نترات الكالسيوم.

٢ – عند تحضير المحلول المركز (B) تضاف أملاح المغذيات الكبرى للماء وتذاب جيداً، أما أملاح العناصر الصغرى فتذاب جميعها (عدا حامض البوريك) فى جزء قليل من الماء حتى تمام الذوبان ثم تخلط مع المحلول (B)، أما حامض البوريك فيذاب أولا فى ماء مغلى حتى تمام ذوبانه قبل إضافته إلى المحلول.

٣ – عدم خلط المحلولين المركزين (B) (A) مع بعضها البعض بدون تخفيف وإلا حدث ترسيب لفوسفات الكالسيوم فى الحال.

ويبين الجدول رقم (٤ – ٥) الأوزان بالجرام من الأملاح المختلفة لتحضير كل من المحلولين المركزين للمحلول المغذى السابق شرحه. وعند تحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى فإنه يؤخذ فقط ٤,٥ لتر من المحلول المركز (A)، ٤,٥ لتر من المحلول المركز (B) وتضاف معاً إلى ٨٠٠ لتر من الماء ثم يكمل الحجم إلى ١٠٠٠ لتر.

جـــدول (٤ – ٥): أوزان المواد التى تذاب فى ٤٥ لتـــر مـن الماء لتـــعطى المحلولين المركـــزيـن من المحلول المغـــذى [نتـــرات الكالسيوم والحديد المخلبى يمثلان مكونات المحلول (A) وباقى المواد تكون المحلول (B)].

الملـــح المستخـــدم فـــى التحضيـــر ورمـــزه		الوزن المطلوب
المحلول (A)		
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2.4H_2O$	١٠٠٣٠
حديد مخلبى	Fe- EDTA	٧٩٠
المحلول (B)		
نترات البوتاسيوم	KNO_3	٥٨٣٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم	KH_2PO_4	٢٦٣٠
كبريتات المغنسيوم	$MgSO4.7H_2O$	٥١٣٠
كبريتات منجنيز	$MnSO4.H2O$	٦١
حامض بوريك	H_3BO_3	١٧
كبريتات نحاس	$CuSO4.5H_2O$	٣,٩
موليبدات أمونيوم	$(NH_4)_6MO_7O24.4H_2O$	٣,٧
كبريتات زنك	$ZnSO4.7H_2O$	٤,٤

٩ – أمـثلة لما يمكن أن يكون عليـه تركـيب بعض المحـاليل المغـذية المركزة (كاملة العناصر الصغرى والكبرى)

(أ) باستـخدام ماء يسر Soft water

يتم تحضير ثلاثة محاليل مركزة كما يلى:

المحلول المركز (A):

يحضر من	٧,٥ كيلو جرام من نترات الكالسيوم	فى ١٠٠ لتر ماء

المحلول المركز (B):

يحضر من	٩,٠ كيلو جرام من نترات البوتاسيوم ٣,٠ كيلو جرام من فوسفات أحادى البوتاسيوم ٦,٠ كيلو جرام من كبريتات المغنسيوم ٣٠٠ جرام من الحديد المخلبى ٤٠ جرام من كبريتات المنجنيز ٢٤ جرام من حامض البوريك ٨ جرام من كبريتات النحاس ٤ جرام من كبريتات الزنك ١ جرام من موليبيدات الأمونيوم	فى ١٠٠ لتر ماء

المحلول المركز (C):

يحضر من	١٠ لتر من حامض النيتريك	فى ١٠٠ لتر ماء

ويستخدم فى ضبط رقم الـ pH للمحلول المخفف.

تركيزات العناصر فى المحلول المغذى المخفف (جزء فى المليون) بعد التخفيف بمعدل ١ : ١٠٠

العناصر الكبرى	التركيز (PPM)	العناصر الصغرى	التركيز (PPM)
النيتروجين N	٢١٤	الحديد Fe	٤,٥
الفوسفور P	٦٨	المنجنيز Mn	١,٠
البوتاسيوم K	٤٣٤	البورون B	٠,٤
المغنسيوم Mg	٥٩	النحاس Cu	٠,٢
الكالسيوم Ca	١٢٨	الزنك Zn	٠,٠٩
		موليبدنم Mo	٠,٠٥

obeikandl.com

ب ـ باستخدام ماء عسر Hard Water

يتم هنا أيضا تحضير ثلاثة محاليا مركزة كما يلى:

المحلول المركز (A)

يحضر من ماء	٥,٠ كيلو جرام من نترات الكالسيوم	فى ١٠٠ لتر ماء

المحلول المركز (B)

يحضر من	٨,٠ كيلو جرام من نترات البوتاسيوم ٤,٠ كيلو جرام من كبريتات البوتاسيوم ٦,٠ كيلو جرام من كبريتات المغنسيوم ٦٠٠ جرام من نترات الأمونيوم ٣٠٠ جرام من الحديد المخلبى ٤٠ جرام من كبريتات المنجنيز ٢٤ جرام من حامض البوريك ٨ جرام من كبريتات النحاس ٤ جرام من كبريتات الزنك ١ جرام من موليبيدات الأمونيوم	فى ١٠٠ لتر ماء

المحلول المركز (C)

يحضر من	٦ لتر من حامض النيتريك + ٣ لتر من حامض الفوسفوريك	فى ١٠٠ لتر ماء

ويستخدم فى ضبط رقم الـ pH للمحلول المخفف.

تركيزات العناصر فى المحلول المغذى المخفف (جزء فى المليون) بعد التخفيف بمعدل ١ : ١٠٠

العناصر الكبرى	التركيز (PPM)	العناصر الصغرى	التركيز (PPM)
النيتروجين N	١٩٢	الحديد Fe	٤,٥
البوتاسيوم K	٤٩٠	المنجنيز Mn	١,٠
المغنسيوم Mg	٥٩	البورن B	٠,٤
الكالسيوم Ca	٨٥	النحاس Cu	٠,٢
		الزنك Zn	٠,٠٩
		موليبدنم Mo	٠,٠٥

* لاحظ أن تركيز النيتروجين والفوسفور سوف يزداد بإضافة المحلول (C).
* عدم إضافة الفوسفور فى المحلول اعتماداً على ما سوف يضاف من المحلول(C).
* إذا لوحظ أن الكميات المضافة من المحلول(C) لاتفى باحتياجات النباتات النامية، فإنه –وعلى الفور– يتم إضافة ١,٥ كيلوجرام من فوسفات أحادى البوتاسيوم إلى المحلول(B) وفى المقابل يتم خفض كمية كبريتات البوتاسيوم من ٤,٠ إلى ٣,٠ كيلوجرام.

١٠– أمثلة للمحاليل المغذية المستخدمة تجاريًا فى المزارع اللاأرضية:

اقترح كثير من العلماء العديد من المحاليل المغذية المناسبة من وجهة نظر كل منهم لتغذية النباتات. ولكن هناك بعض الملامح المشتركة لكل هذه المحاليل وهى أن ثلاثة من المغذيات الكبرى وهى الكالسيوم Ca^{++} والمغنسيوم Mg^{++} والبوتاسيوم K^{+} توجد على شكل كاتيونات، وثلاثة منها توجد على صورة أنيونات وهى النترات NO_3^- والفوسفات $H_2PO_4^-$ والكبريتات SO_4^{--}. وعلى ذلك فجميع المغذيات يمكن الحصول عليها من ثلاثة أملاح هى: نترات البوتاسيوم KNO_3 وفوسفات الكالسيوم $Ca(H_2PO_4)_2$ وكبريتات المغنسيوم $MgSO_4$، ولكن مع ذلك فإنه يفضل استخدام أربعة أملاح بدلاً من ثلاثة حيث يوفر ذلك مرونة أكبر فى تعديل تركيز ونسب المغذيات إلى بعضها البعض فى المحلول المغذى.

ولكن استخدام الكيماويات النقية فى تحضير المحاليل المغذية لايمكن أن يتم إلا على نطاق ضيق وفى التجارب والأبحاث، بينما فى غير ذلك يعتبر أمراً بالغ الصعوبة خاصة إذا كان تحضير المحاليل بغرض استخدامها فى الزراعة على مساحات واسعة وبشكل تجارى اقتصادى حيث إن ارتفاع أسعار هذه الكيماويات يحول دون ذلك. لذلك فلابد من التغلب على هذه المشكلة وتحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية التى تستخدم فى تسميد النباتات فى الأراضى الزراعية سواء كان ذلك تحت الصوب أو خارجها وإن كان يفضل استخدام الأسمدة الأكثر نقاوة والتى غالباً ما تستخدم تحت ظروف الصوب الزراعية.

وسوف نستعرض فيما يلى كيفية تحضير المحاليل المغذية من الأسمدة شائعة الاستخدام فى الزراعات اللاأرضية فى بعض الدول التى تستخدم هذا الاسلوب من الزراعة على نطاق تجارى:

الولايات المتحدة الأمريكية:

(أ) المحلول المستخدم صيفاً:

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N= ١٨٠، P= ٦٣، K= ٤١٠، Ca = ٢٢٠، Mg= ٥٠].

التحضير:

الملـــــــــح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نتـــــرات البوتاسيـــــوم	١١٠
كبريتات الكالسيوم (جبس)	٧٦
كبريتـــــات المغنسيـــــوم	٥٢
سوبـــر فوسفـــات ثلاثـــى	٣١
كبريتـــــات الأمونيـــوم	١٤
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٨٣**

(ب) المحلول المستخدم شتاء:

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N= ١٠٤، P= ٦٣، K= ٤١٠، Ca= ٢٢٠، Mg= ٥٠].

التحضير:

الملـــــــــح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نتـــــرات البوتاســـــيوم	٥٥
كبريتـــــات البوتاســـــيوم	٥٠
كبريتات الكالسيوم (جبس)	٧٦
كبريتـــــات المغنســـــيوم	٥٢
سوبـــر فوسفـــات ثلاثـــى	٣١
كبريتـــــات الأمونيـــــوم	١٤
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٧٨**

عن Harris سنة ١٩٨٣

المملكة المتحدة ، انجلترا :

(أ) المحلول الأول :

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N = ٢٠٠، P = ٨٨، K = ٢٠٠، Ca = ٢٧٠، Mg = ٥٠] .

التحضير :

الملـــــح	الكمية بالجرام بكل ١٠٠ لتر
نترات البوتاسيوم	٥٥
نترات صوديوم	٦٤
كبريتات الكالسيوم «جبس»	٨٦
كبريتات المغنسيوم	٥٢
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٤
كبريتات الأمونيوم	١٢
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٣١٣**

(ب) المحلول الثانى :

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N = ١٤٥ ، P = ٧٠ ، K = ٩٠ ، Ca = ١٨٠ ، Mg = ٥٨] .

التحضير:

الملـــــح	الكمية بالجرام بكل ١٠٠ لتر
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٣١
نترات الكالسيوم	١٠٧
كبريتات المغنسيوم	٥٨
كبريتات الأمونيوم	٩
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٣١٣**

عن Harris سنة ١٩٨٣

المانيـــا :

المحلول المستخدم هناك يعرف بمحلول Knop(1865) .

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N =١٢٥ ، P = ٤٥ ، K = ١٣٦ ، Ca = ١٣٦ ، Mg = ٢٠] .

الملـــــح	الكمية بالجرام بكل ١٠٠ لتر
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٠
نترات الكالسيوم	٨٠
كبريتات المغنسيوم	٢٠
نترات البوتاسيوم	٢٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**١٤٠**

جنوب افريقيا :

(أ) المحلول المستخدم صيفا :

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N =٢٠٠ ، P = ٩٤ ، K = ٣٣٠ ، Ca = ٣٠٥ ، Mg = ٥٠] .

التحضير :

الملـــــح	الكمية بالجرام بكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	١٣٥
كبريتات البوتاسيوم	٧٥
كبريتات المغنسيوم	٥٥
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٧
كبريتات الأمونيوم	١٩
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٣٣١**

obeikandi.com

(ب) المحلول المستخدم شتاء :

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [N =١٠٠، P = ٩٥، K = ٣٨٠، Ca = ٢٢٠، Mg = ٥٠] .

التحضير :

الملـــــح	الكمية بالجرام بكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	٨٥
كبريتات البوتاسيوم	٨٨
كبريتات المغنسيوم	٥٥
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٧
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٧٥**

عن Harris **سنة ١٩٨٣**

مصـــــر:

قام Sherif وآخرون سنة ١٩٩٢ بتجهيز المحلول المغذى من الأسمدة التجارية لتوفير العناصر الكبري بالإضافة إلى الكيماويات المعملية للعناصر الصغرى وذلك بالمعدلات التالية فى ١٠٠ لتر من المحلول المغذى :

أولاً : العناصر الكبرى

الملـــــح	الكمية بالجرام بكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	٥٩
كبريتات البوتاسيوم	٦٠
كبريتات الكالسيوم	٢٠
كبريتات المغنسيوم	٣٦
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٠
يـــوريـــا	٣٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٤٥**

obeikandl.com

ثانياً : العناصر الصغرى

الملـــــح	الكمية بالملليجرام لكل ١٠٠ لتر
كبريتات الحديدوز	٦٠٠٠
كبريتات المنجنيز	٦٠٠
كبريتات النحاس	٤٠
كبريتات الزنك	٤٠
حامض البوريك	١٨٠
موليبيدات الأمونيوم	٤٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٦٩٠٠**

ليعطى التركيزات التالية للعناصر الغذائية الضرورية اللازمة للنبات :

العنصـــر	ملليمول/ لتر	ملليجرام/لتر ppm	العنصـــر	ملليمول/لتر	ملليجرام/لتر ppm
النيتروجين	١٤,٩	٢٠٨	الحديد	٠,٢١٨	١٢
الفوسفور	٢,٤	٧٥	المنجنيز	٠,٠٣٦	٢
الكبريت	٦,٦	٢١١	الزنك	٠,٠٠٢	٠,١
الكالسيوم	٤,٤	١٧٦	النحاس	٠,٠٠٢	٠,١
البوتاسيوم	٧,٥	٢٩٤	البورون	٠,٠٢٨	٠,٣
المغنسيوم	٢	٥٠	الموليبدنم	٠,٠٠٢	٠,٢

وفى حالة الاحتياج إلى كميات كبيرة من المحلول المغذى فإنه يمكن تحضير محاليل مركزة Stock Solution من نفس الأسمدة وبنفس المعدلات السابقة تركيزاً وتخفيفاً.

١١- بعض العوامل المؤثرة على تركيب المحلول المغذى :

هناك بعض العوامل التى تؤثر على تركيب المحلول المغذى أهمها :

(أ) الظروف المناخية:

تؤثر الظروف المناخية على نسبة عنصر البوتاسيوم: النيتروجين الواجب توافرها فى

المحلول المغذى. ففى أيام الصيف الطويلة والمشمسة تحتاج النباتات إلى كمية أكبر من النيتروجين وكمية أقل من البوتاسيوم وذلك بالمقارنة بأيام الشتاء القصيرة والمعتمة. ولذلك فإنه من المعتاد أن تضاعف نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين فى فصل الشتاء.

(ب) نوع النبات المنزرع:

يتأثر اختيار المحلول المغذى بنوع النباتات المنزرعة من حيث هل هو من النباتات الورقية أم غير ذلك. فالنباتات الورقية (الخس – الكرنب) تستفيد أكثر من المحلول المحتوى على تركيز عالٍ من النيتروجين مقارنة بمحصول آخر مثل الطماطم.

(جـ) نوع الأيونات المضافة :

بالرغم من أن النبات يمتص النيتروجين على صورة كاتيون أمونيوم NH_4^+ وأنيون نترات NO_3^- بنفس الكفاءة إلا أنه يفضل ألا تزيد نسبة الأمونيوم فى المحلول عن ٢٠ ٪ من الكمية الكلية للنيتروجين. وإضافة النيتروجين الأمونيومى على صورة كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ يساعد في المحافظة على pH المحلول فى الجانب الحامضى ويرجع ذلك إلى أن النبات يمتص أيون الأمونيوم بسرعة وسهولة أكثر من أيون الكبريتات. وبقاء هذا الشق الحامضى فى المحلول يعمل على عدم ارتفاع رقم الـ pH إلى الجانب القلوى نتيجة امتصاص النبات لأيونات النترات والفوسفات.

(د) سلوك الأيونات فى المحلول :

حيث إن الفوسفور فى المحلول المغذى يوجد على شكل أيونات $H_2PO_4^-$ فإنه يعمل على ترسيب بعض الأيونات الأخرى وخاصة أيونات المغذيات الصغرى مما يقلل من صلاحيتها للنبات. لذلك فإنه يتم عن عمد جعل تركيز الفوسفور فى المحلول المغذى منخفضاً قدر الإمكان

(هـ) قدرة النبات على تحمل تركيزات مرتفعة نسبياً من بعض العناصر:

يلاحظ فى جميع أمثلة المحاليل السابقة أنه لم يذكر تركيز أحد العناصر الكبرى

وهو الكبريت ويرجع السبب فى ذلك إلى أن الكبريتات تدخل فى كثير من الأملاح المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية مما يجعل تركيز الكبريتات فى المحلول يتعدى حد الكفاية ويتجه نحو الزيادة إلا أن النباتات لها القدرة فى تحمل التركيزات العالية نسبياً من الكبريتات.

(و) حاجة النباتات إلى العناصر الصغرى بكميات ضئيلة :

يجب أن يوضع فى الاعتبار أن المغذيات الصغرى سامة جداً للنبات إذا زاد تركيزها عن حد معين ولهذا السبب فإن ضبط تركيزها فى المحلول المغذى يجب أن يولى عناية خاصة. ولذلك يفضل تحضير محلول مغذى مركز من العناصر الصغرى كما فى الجدول رقم (٤– ٦) ويضاف منه ١ لتر لكل ١٠٠ لتر من المحلول المغذى المخفف.

جدول (٤ – ٦) : تحضير المحلول المركز للعناصر الصغرى

الملـــــح	وزن الملح بالجم/ ٢٥ لتر من المحلول المغذى	العنصر	التركيز بالـ ppm بعد التخفيف بنسبة ١ : ١٠٠
حديد مخلبى	٨٠	Fe	٤,٥
كبريتات منجنيز	١٠	Mn	١,٠
حامض البوريك	٤	B	٠,٣
كبريتات النحاس	٠,٨	Cu	٠,٠٨
كبريتات الزنك	٠,٨	Zn	٠,٠٧
موليبيدات الأمونيوم	٠,٢	Mo	٠,٠٤

(ز) التوقيت الشتوى والصيفى واستخدام المحاليل :

يستخدم محلول الشتاء فى الفترة من شهر سبتمبر إلى شهر إبريل تقريباً بينما محلول الصيف يستخدم فى الفترة من شهر مايو إلى شهر سبتمبر تقريباً.

١٢ – خطوات تحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية :

١ – يتم شراء الأسمدة أولاً والتى توفر فى مجموعها كل العناصر الغذائية الأساسية.

٢ – توزن الكمية المطلوبة من كل سماد، ثم يتم إذابة كل منها على حدة فى حجم كاف من الماء.

٣ – نظراً لتفاوت الأسمدة فى كمية الشوائب ودرجة النقاوة فتوقع وجود شوائب عالقة ورواسب مثلما يحدث فى حالة سوبر فوسفات الكالسيوم الثلاثى أو كبريتات الكالسيوم.

٤ – خذ الوقت الكافى فى عملية التقليب حتى التأكد من تمام الذوبان.

٥ – الأملاح التى سيتم خلطها معاً تخلط فى صورة محلول رائق خالى من الرواسب، ولذلك يجب ترشيح المحلول الذائب (عند الخلط) من خلال قطعة من الشاش أو أى وسيلة أخرى والتخلص من الرواسب.

٦ – يجب الاحتياط من ألا يزيد الحجم النهائى للمحلول بعد الخلط عن الحجم المطلوب الذى تم على أساسه وزن كميات الأسمدة، بل يجب أن يكون حوالى ٧٠ – ٩٠ ٪ من الحجم حتى تعطى الفرصة للتقليب وضبط الحجم بدقة.

١٣ – تدريبات وتمارين على كيفية تحضير المحاليل المغذية :

تمرين (١) :

كيف تحضر ١٠ لتر من المحاليل المركزة (A&B) والتى عند تخفيفها بنسبة ١ : ٢٠٠ نحصل على تركيزات العناصر التالية فى المحلول المغذى المخفف مع العلم بأن كل النيتروجين فى المحلول موجود على صورة نترات.

ppm 100 = Ca	ppm 31 = p	ppm 119 = N
ppm 32= S	ppm 24 = Mg	ppm 176= K

الحل :

(أ) يحسب تركيز كل عنصر بالملليمكافئ/ لتر فى المحلول المغذى المخفف كما يلى:

عدد الملليمكافئات = عدد الملليجرامات ÷ الوزن المكافئ

مع ملاحظة أن يتم حساب عدد ملليمكافئات كل من النيتروجين والفوسفور بالقسمة على الوزن الذرى وليس الوزن المكافئ وذلك باعتبار أن النيتروجين سوف يدخل فى الحساب بعد ذلك كأيون نترات أو أمونيوم أحادى التكافؤ وكذلك الفوسفور فى مجموعة H_2PO_4 أحادية التكافؤ.

$N = ١١٩ \div ١٤ = ٨,٥$ $P = ٣١ \div ٣١ = ١$ $Ca = ١٠٠ \div ٢٠ = ٥$

$K = ١٧٦ \div ٣٩ = ٤,٥$ $Mg = ٢٤ \div ١٢ = ٢$ $S = ٣٢ \div ١٦ = ٢$

(ب) يتم تحديد نوع الملح المستخدم وتركيز كل منها بالملليمكافئ/ لتر كما يلى:

الكاتيونات بالملليمكافئ/ لتر			الأنيونات بالملليمكافئ/ لتر		
Ca++	K+	Mg++	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{--}
٥	٥	–	٥	٥	–
–	٣,٥	–	٣,٥	–	–
–	١	–	–	١	–
–	–	٢	–	–	٢

(جـ) تكوين الأملاح:

١ – نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ ٥,٠ ملليمكافىء/لتر=٢,٥ ملليمول/لتر.

٢ – نترات البوتاسيوم KNO_3 ٣,٥ ملليمكافىء/لتر=٣,٥ ملليمول/لتر.

٣ – فوسفات أحادي البوتاسيوم KH_2PO_4 ١,٠ ملليمكافىء/لتر=١,٠ ملليمول/لتر.

٤ – كبريتات المغنسيوم $MgSO_4.7H_2O$ ٢,٠ ملليمكافىء/لتر=١,٠ ملليمول/لتر.

د- يحسب الوزن بالجرام لكل ملح في اللتر من المحلول المخفف:

الوزن بالجرام= عدد المللیمولات× [الوزن الجزيئي ÷ ١٠٠٠]

١- نتـــرات الكالســـــيوم = ٢,٥ × ٠,٢٣٦ = ٠,٥٩٠ جرام/ لتر

٢- نتـرات البوتاسيـــــــوم = ٣,٥ × ٠,١٠١ = ٠,٣٥٣ جرام/ لتر

٣-فوسفات أحادي البوتاسيوم = ١,٠ × ٠,١٣٦ = ٠,١٣٦ جرام/ لتر

٤- كبريتـــات المغنسيـــوم = ١,٠ × ٠,٢٤٦ = ٠,٢٤٦ جرام / لتر

هـــ- يحـسب الوزن بالجـرام لكل ملح فى ١٠ لتـر من المحلـول المركـز A&Bكما يلي:

الوزن بالجرام/ ١٠ لتر= عـدد الجرامات فـي اللتر مـــن المحلول المخفف× التخفيف×١٠

محلول A نترات الكالسيوم ٠,٥٩٠ × ٢٠٠ × ١٠ = ١١٨٠ جرام

محلول B نترات البوتاسيوم ٠,٣٥٣ × ٢٠٠ × ١٠ = ٧٠٦ جرام

فوسفات أحادي البوتاسيوم ٠,١٣٦ × ٢٠٠ × ١٠ = ٢٧٢ جرام

كبريتـــات المغنـــسيوم ٠,٢٤٦ × ٢٠٠ × ١٠ = ٤٩٢ جرام

تمرين (٢):

كيف تحضر متر مكعب من محلول مغذي يحتوي علي تركيزات العناصر التالية علي أن يكون ١٣ ٪ من النيتـروجين في المحلول على صورة أمونيوم والباقي علي صورة نترات.

ppm 160= Ca ppm 62 = P ppm 224 = N

ppm 32 = S ppm 24 = Mg ppm 235 = K

الحل:

أ- حساب تركيز كل عنصر بالملليمكافئ/ لتر

$N = ٢٢٤ \div ١٤ = ١٦$ $P = ٦٢ \div ٣١ = ٢$ $Ca = ١٦٠ \div ٢٠ = ٨$

$K = ٢٣٥ \div ٣٩ = ٦$ $Mg^{-} = ٢٤ \div ١٢ = ٢$ $S^{-} = ٣٢ \div ١٦ = ٢$

وعدد ملليمكافئات النيتروجين = ١٦ ملليمكافئ/ لتر منها ١٣ ٪ علي صورة أمونيوم =٢ ملليمكافىء

ب- تعيين نوع الأملاح وتركيز كل منها:

الكاتيونات بالملليمكافئ/ لتر				الأنيونات بالملليمكافئ/ لتر		
NH_4^+	Ca^{++}	K^+	Mg^{++}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{--}
-	-	-	٢	-	-	٢
-	٨	-	-	٨	-	-
-	-	٤	-	٤	-	-
-	-	٣	-	-	٢	-
٢	-	-	-	٢	-	-

جـ - تكوين الأملاح:

١ - نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$ ٨,٠ ملليمكافىء/ لتر = ٤,٠ ملليمول / لتر.

٢ - نترات البوتاسيوم KNO_3 ٤,٠ ملليمكافىء/ لتر = ٤,٠ ملليمول/ لتر.

٣ - فوسفات أحادى البوتسايوم KH_2PO_4 ٢,٠ ملليمكافىء/ لتر = ٢,٠ ملليمول/ لتر.

٤ - كبريتات المغنسيوم $MgSO_4 . 7H_2O$ ٢,٠ ملليمكافىء/ لتر = ١,٠ ملليمول/ لتر.

٥ - نترات الأمونيوم NH_4NO_3 ٢,٠ ملليمكافىء/ لتر = ٢,٠ ملليمول/ لتر.

د ـ يحسب الوزن بالجرام لكل ملح فى المتر المكعب من المحلول:

الوزن بالجرام = عدد المللیمولات × [الوزن الجزیئی ÷ ١٠٠٠] × ١٠٠٠

١ ـ نترات الكالسيوم = ٤,٠ × ٠,٢٣٦ × ١٠٠٠ = ٩٤٤ جرام/ متر مكعب

٢ ـ نترات البوتاسيوم = ٤,٠ × ٠,١٠١ × ١٠٠٠ = ٤٠٤ جرام/ متر مكعب

٣ ـ فوسفات أحادى البوتاسيوم = ٢,٠ × ٠,١٣٦ × ١٠٠٠ = ٢٧٢ جرام/ متر مكعب

٤ ـ كبريتات المغنسيوم = ١,٠ × ٠,٢٤٦ × ١٠٠٠ = ٢٤٦ جرام/ متر مكعب

٥ ـ نترات الأمونيوم = ٢,٠ × ٠,٨٠٠ × ١٠٠٠ = ١٦٠ جرام/ متر مكعب

تمرين (٣): كيف تحضر متر مكعب من محلول مغذى يحتوى على تركيزات العناصر التالية (بالجزء فى المليون) مع الأخذ فى الاعتبار تركيزات العناصر الموجودة فى المياه التى يحضر منها المحلول.

العنصر	التركيز بـppm فى المحلول	العنصر	التركيز بـppm فى الماء المستخدم فى التحضير
النيتروجين N	١١٩	النيتروجين النتراتى NO3- N	٢٠
الفوسفور P	٣١	الفوسفور P	٠,١
الكالسيوم Ca	١٠٠	الكالسيوم Ca	٩٤
البوتاسيوم K	١٧٦	البوتاسيوم K	١١
المغنسيوم Mg	٢٤	المغنسيوم Mg	٢٠
الكبريت S	٣٢	الكبريتات SO_4	٢٤

الحل:

أ ـ حساب تركيز العناصر بالملليمكافىء/ لتر بعد خصم ما هو موجود فى مياه الرى ويتم ذلك بطريقتين (إما بطرح تركيزات العناصر فى ماء الرى وهى على صورة ppm ثم يحسب عدد الملليمكافئات أو يحسب عدد الملليمكافئات للعناصر فى كل من المحلول وماء الرى ثم يتم الطرح):

تذكر أن: عدد الملليمكافئات = عدد الملليجرامات ÷ الوزن المكافىء

العنصر		ملليمكافئات/ لتر المطلوبة فى المحلول	ملليمكافئات/ لتر الموجودة فى ماء الرى	ملليمكافئات/ لتر المتبقية لإستكمال المطلوب فى المحلول
النيتروجين	N	١١,٤	١,٤	١٠,٠
الفوسفور	P	١,٥	--	١,٥
الكالسيوم	Ca	٦,٨	٤,٧	٢,١
البوتاسيوم	K	٥,٥	٠,٣	٥,٢
المغنسيوم	Mg	٢,٠	١,٧	٠,٣
الكبريت	S	٢,٠	٠,٥	١,٥

تعيين نوع الأملاح وتركيز كل منها:

الكاتيونات بالملليمكافئ/ لتر				الأنيونات بالملليمكافئ/ لتر		
NH_4^+	Ca^{++}	K^+	Mg^{++}	NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{--}
-	-	١,٥	–	3	١,٥	–
–	–	–	٠,٣	–	–	٠,٣
١,٢	–	–	–	–	–	١,٢
–	٢,١	–	–	–	–	–
–	–	٣,٧	–	٢,١	–	–
١,٥	–	–	–	٣,٧	–	–

جـ - تكوين الأملاح:

الملـــح	ملليمكافئات / لتر	ملليمول/ لتر	جرام/ لتر مكعب
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$	٢,١	١,٠٥	٢٤٧,٨
نترات البوتاسيوم KNO_3	٣,٧	٣,٧	٣٧٣,٧
فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4	١,٥	١,٥	٢٠٤,٠
كبريتات المغنسيوم $MgSO_4 . 7H_2O$	٠,٣	٠,١٥	٣٦٩,٠
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$	١,٢	٠,٦	٧٩,٢
نترات الأمونيوم NH_4NO_3	١,٥	١,٠	١٢٠,٠

obeikandl.com

مـــلاحق

جدول (١): التركيب الكيميائى للأسمدة.

المادة السمادية	الرمز الكيميائى	النتروجين الكلى N%	الفوسفور الصالح P_2O_5%	البوتاسيوم الذئب K_2O%
Ammonium nitrate	NH_4NO_3	33.5-34		
Ammonium nitrate, sulfate	$NH4NO_3 \cdot (NH_4)\ SO_4$	30		
Monoammonium phosphate	$NH_4H_2PO_4$	11	48	
Ammonium, phosphate-sulfate	$NH_4H_2PO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$	13	39	
Ammonium phosphate, sulfate	$NH_4H_2PO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$	16	20	
Ammonium, phosphate-nitate	$NH_4H_2PO_4.NH_4NO_3$	27	12	
Diammonium phosphate	$(NH_4)_2\ HPO_4$	16-18	46-48	
Ammonium sulfate	$(NH_4)_2\ SO_4$	21		
Anhydrous ammonia	NH_3	82		
Aqua ammonium	NH_4OH	20		
Calcium ammonium nitrate solution	$Ca\ (NO_3)_2 \cdot NH_4NO_3$	17		
Calcium nitrate	$Ca\ (NO_3)_2$	15.5		
Calcium cynamide	$Ca\ CN_2$	20-22		
Sodium nitrate	$NaNO_3$	16		
Urea	$CO(NH_2)_2$	45-46		
Urea formaldehyde+		38		
Single superphosphate	$Ca\ (H_2PO_4)_2$		18-20	
Tripe superphosphate	$Ca\ (H_2PO_4)_2$		45-46	
Phosphoric acid	H_3PO_4		52-54	
Potassium chloride	KCl			60-62
Potassium nitrate	KNO_3	13		44
Potassium sulfate	K_2SO_4			50-53
Sulfate of potashmagnesia	$K_2SO_4\ .\ 2MgSO_4$			22

جدول (٢): ملخص لبعض خصائص أسمدة العناصر الكبرى المستخدمة فى المزارع اللاأرضية

المادة السمادية	الرمز الكيميائى والوزن الجزيئى)*	نسبة الذوبان من السماد إلى الماء	درجة النقاوة ٪	السعر وملاحظات أخرى
Ammonium nitrate**	NH_4NO_3 (80.05)	1:1	98	متوسط
Monoammonium** phosphate	$NH_4H_2PO_4$ (115	1:4	98	متوسط
Diammonium** phosphate	$(NH_4)_2 HPO_4$ (132.1)	1:2		متوسط
Ammonium** sulfate	$(NH_4)_2 SO_4$ (132.2)	1:2	94	متوسط
Calcium nitrate	$Ca (NO_3)_2$ (164.1)	1:1	90	منخفض
Calcium sulfate	$CaSO_4$ (172.2)	1:500	variable	منخفض
Magnesium sulfate	$MgSO_4$ (246.5)	1:2	45	منخفض
Phosphoric acid	H_3PO_4 (98.0)	solution		مرتفع
Calcium chloride	$Ca (Cl)_2$ (219.1)	1:1	75	مرتفع ويستخدم فى عدم وجود NaCl
Single superphosphate	$Ca (H_2PO_4)_2$ (252.1)	1:60	92	منخفض
Triple superphosphate	$CaH_4 (PO_4)_2$ (variable)	1:300	variable	منخفض ممتاز- سعره
Potassium phosphate	KH_2PO_4 (136.1)	1:3	98	مرتفع جداً
Potassium chloride	KCl (74.55)	1:3	95	مرتفع ويذاب في الماء الساخن
Potassium nitrate	KNO_3 (101)	1:4	95	منخفض وسريعة الذوبان
Potassium sulfate	K_2SO_4 (174.3)	1:15	90	منخفض

* الوزن الجزيئى فى الجدول يشمل عدد جزئيات الماء المرتبطة بالمركب.

** أملاح الأمونيوم لا تستخدم إلا تحت ظروف الإضاءة الجيدة أو فى حالة تصحيح نقص عنصر النيتروجين فى المحلول المغذى.

جدول (٣): ملخص لبعض خصائص أسمدة العناصر الصغرى المستخدمة فى المزارع اللاأرضية

المادة السمادية	الرمز الكيميائى والوزن الجزيئى*	نسبة الذوبان من السماد إلى الماء	السعر وملاحظات أخرى
Ferrous sulfate	$FeSO_4$ (278.0)	1:4	
Ferric chloride	$FeCl_3$ (270.3)	1:2	
iron chelate (10.5% Fe)	FeEDTA (382.1)	Highly soluble	سعره مرتفع إلا أنه أفضل مصادر الحديد ويذاب فى الماء الساخن سعره
Boric acid	H_3BO_3 (61.8)	1:2	مرتفع إلا أنه أفضل مصادر البورن ويذاب فى الماء الساخن
Sodium tetraborate (Borax)	$Na_2B_4O_7$ (1381.4)	1:25	
Copper sulfate	$CuSO_4$ (249.7)	1:5	منخفض
Manganes sulfate	$MnSO_4$ (223.1)	1:2	منخفض
Manganes chloride	$MnCl_2$ (197.9)	1:2	منخفض
Zinc sulfate	$ZnSO_4$ (287.6)	1:3	منخفض
Zince chloride	$ZnCl_2$ (136.3)	1:1.5	منخفض
Ammonium molybodate	$(NH_4)_6Mo_7O_2$ (1163.9)	1:2.3 Highly soluble	مرتفع نوعاً
Zinec chelate	ZnEDTA (431.6)	Highly soluble	مرتفع
Manganese chelate	MnEDTA (381.2)	Highly soluble	مرتفع

* الوزن الجزيئى فى الجدول يشمل عدد جزيئات الماء المرتبطة بالمركب.

جدول (٤): كيفية التحويل بين الصور المختلفة للعنصر أو المركب الكيميائى

صور العنصر أو المركب	صور العنصر أو المركب	للتحويل من صورة لأخرى يتم الضرب فى القيم المقابلة	
الصورة (A)	الصورة (B)	From (A) to (B) Multiply	From (B) to (A) Multiply
AmmoniA [NH_3]	Nitrogen (N)	0.8224	1.2159
Nitrate [NO_3]	Nitrogen (N)	0.2259	4.4266
Protein[Crude]	Nitrogen (N)	0.1600	6.2500
Ammonium nitrate[NH_4NO_3]	Nitrogen (N)	0.3500	2.8572
Ammonium sulfate [$(NH_4)_2 SO_4$]	Nitrogen (N)	0.2120	4.7168
Calcium nitrate [$Ca (NO_3)_2$]	Nitrogen (N)	0.1707	5.8572
Potassium nitrate (KNO_3)	Nitrogen (N)	0.1386	7.2176
Monoammonium phosphate ($NH_4H_2PO_4$)	Nitrogen (N)	0.1218	8.2118
Diammonium phosphate [$(NH_4)_2 HPO_4$]	Nitrogen (N)	0.2121	4.7138
Urea [$NH_2)_2CO$]	Nitrogen (N)	0.4665	2.1437
Phosphoric acid [P_2O5]	Phosphorous (P)	0.4364	2.2914
Phsphate [PO_4]	Phosphorous (P)	0.3261	3.0662
Monoammonium phosphate [$NH_4H_2PO_4$]	Phosphorous (P) Phosphoric acid (P_2O_5)*	0.6170	1.6207
Diammoium phosphate [$(NH_4)_2 HPO_4$]	Phosphoric acid (P_2O_5)*	0.5374	1.8607
Potash [K_2O]	Potassium (K)	0.8301	1.2046
Muriate of potash [KCl]	Potash (K_2O)	0.6317	1.5828
Sulphate of potash [K_2SO_4]	Potash (K_2O)	0.5405	1.8499
Potassium nitrate [KNO_3]	Potash (K_2O)	0.4658	2.1466
Gypsium [$CaSO_4. 2H_2O$]	Calcium (Ca)	0.2326	4.3000
Calcium carbonate [$Ca CO_3$]	Calcium (Ca)	0.4004	2.4973
Gypsium [$CaSO_4 . 2H_2O$]	Sulfur (S)	0.1860	5.3750

تابع جدول (٤): كيفية التحويل بين الصور المختلفة للعنصر أو المركب الكيميائى

صور العنصر أو المركب	صور العنصر أو المركب	للتحويل من صورة لأخرى يتم الضرب فى القيم المقابلة	
الصورة (A)	الصورة (B)	From (A) to (B) Multiply	From (B) to (A) Multiply
Sulfate [SO_4]	Sulfur (S)	0.3333	3.000
Ammonium sulfate [$(NH_4)2\ SO_4$]	Sulfur (S)	0.2426	4.1211
Potassium sulfate [K_2SO_4]	Sulfur (S)	0.1837	5.4438
Sulfuric acid [H_2SO_4]	Sulfur (S)	0.3269	3.0059
Magnesium sulfate [Mg_2SO_4]	Sulfur (S)	0.3190	3.1350
Magnesium sulfate [Mg_2SO_4]	Magnesium (Mg)	0.2020	4.9501
Epsom salts [$Mg_2SO_4\ 7H_2O$]	Magnesium (Mg)	0.0987	10.1356
Magnesium oxide [MgO]	Magnesium (Mg)	0.6032	1.6579
Borax [$Na_2BO_7\ .\ 10H_2O$]		0.1134	8.8129
Copper sulfate [$CuSO_4.\ 5H_2O$]	Boron (B)	0.2547	3.9293
Ferric sulfate [$Fe_2\ (SO_4)_3$]	Copper (Cu)	0.2793	3.5804
Ferrous sulfate [$FeSO_4$]	Iron (Fe)	0.3676	2.7203
Ferrous sulfate [$FeSO_4.\ 7H_2O$]	Iron (Fe)	0.2009	4.9776
Manganess sulfate [$MnSO_4$]	Iron (Fe)	0.3638	2.7486
Manganese sulfate [$MnSO_4.\ 4H_2O$]	Manganese (Mn)	0.2463	4.0602
Sodium molybdate [$Na_2MoO_4.\ 2H_2O$]	Manganese (Mn) Molybdenum (MO)	0.3965	2.5218
Zinc oxide [ZnO]	Zinc (Zn)	0.8034	1.2447
Zinc sulfate [$ZnSO_4$]	Zinc (Zn)	0.050	2.4693
Zinc sulfate [$ZnSO_4.\ H_2O$]	Zinc (Zn)	0.3643	2.7449