(يكون عادة من ٦,٠ إلى ٦,٢)؛ بحيث يجرى القياس ويتم إجراء التعديل اللازم تلقائيًا أولاً بأول.

ويتم القياس اليدوى للرقم الأيدروجينى – يوميًا – بأخذ عينة من خزان المحلول بعد إضافات الماء والعناصر المغذية إليه. ويجرى القياس إما باستعمال جهاز قياس الرقم الأيدروجينى pH meter، وإما باستعمال دليل لونى يتغير لونه حسب الرقم الأيدروجينى فى مدى pH من ٥ إلى ٧ يُضاف الدليل إلى عينة من المحلول المغذى، ويقارن اللون بلوحات لونية قياسية توضح اللون فى مختلف مستويات الـ pH (عن Wilcox ١٩٨٢).

خطوات تحضير المحاليل المغذية

الأمور التى تجب مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية

توجد أمور عامة تلزم مراعاتها عند تحضير المحاليل المغذية نوجزها فيما يلى

١- يفضل استعمال الأسمدة التجارية العادية كمصدر للعناصر الأولية (النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم) لرخص ثمنها.

٢- يفضل استعمال مساحيق الأسمدة، مع تجنب استعمال الأسمدة المحببة granular لصعوبة إذابتها.

٣- يمكن الاسترشاد بالقاعدة التالية عند تحضر محلول العناصر المغذية الكبرى (وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والكبريت) تستعمل نترات الكالسيوم كمصدر للكالسيوم، كما أنها توفر جزءًا من الآزوت فى صورة نترات. وتضاف الاحتياجات المتبقية من النترات فى صورة نترات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعضًا من احتياجات البوتاسيوم أما باقى البوتاسيوم اللازم، فيمكن الحصول عليه من كبريتات البوتاسيوم التى توفر أيضًا بعض الكبريت أما باقى الكبريت اللازم، فيحصل عليه من أملاح الكبريتات الأخرى. مثل كبريتات المغنيسيوم التى يمكن استعمالها كمصدر للمغنيسيوم.

٤- تتبع الخطوات التالية عند وزن وإذابة الأملاح السمادية المختلفة فى حالة المزارع اللاأرضية التى تستعاد فيها المحاليل المغذية ويكرر استعمالها

أ- توزن أملاح الأسمدة منفردة، وترتب فى كومات على شرائح من البوليثيلين، حتى لا يفقد منها شئ ويجب ان يكون الوزن بدقة، وألاّ يتعدى الخطأ ± ٥٪

ب- يملأ خزان المحلول بالماء إلى ٩٠٪ من حجمه النهائى

جـ- يذاب كل سماد منفردًا فى دلو كبير به ماء، ثم يفرغ السماد المذاب فى خزان المحلول مع التقليب، ويكرر ذلك مع كل سماد ويستعمل ماء ساخن بالنسبة للأملاح الصعبة الذوبان

د- تذاب العناصر الصغرى أولاً، ثم العناصر الكبرى

هـ- يمكن فى التحضيرات الصغيرة خلط كل أملاح الكبريتات معًا، وكذلك كل أملاح النترات، وكل أملاح الفوسفات

٥- أما فى حالة المزارع اللاأرضية التى لا تستعاد فيها المحاليل المغذية المستعملة فى الرى، فإنه يتم تحضير محاليل سمادية مركزة Stock Solutions من مختلف العناصر الغذائية، تحقن فى ميه الرى بالقدر المناسب، ليصبح ماء الرى محلولاً سماديًا مناسبًا للنمو النباتى وقد تحضر كميات من المحاليل السمادية المركزة لاستعمالها — كذلك — فى تعديل تركيز المحاليل المغذية المستعملة فى النظم المغلقة

ولتحضير المحاليل المركزة يجب أن تؤخذ فى الحسبان درجة ذوبان مختلف الأملاح، والتفاعلات التى تحدث بينها، والأملاح التى تنتج من تلك التفاعلات ودرجة ذوبانها فإن أذيبت الأملاح السمادية بتركيزات عالية — كما فى المحاليل المركزة — فإن الأملاح الجديدة التى تنتج من تفاعل الأملاح المذابة قد تكون قليلة الذوبان فى الماء، مما يؤدى إلى ترسبها وتجدر الإشارة إلى أن هذا الترسب لا يحدث فى المحاليل المغذية التى توجد فيها الأملاح السمادية بتركيزات منخفضة، نظرًا لأن تكوّن الأملاح القليلة الذوبان يحدث فيها بكميات قليلة، فتبقى ذائبة فى المحلول المغذى، لأن كمية الماء فيه كبيرة.

ولا شك أن أكثر الوسائل أمانًا لتجنب ترسيب الأملاح فى المحاليل المركزة هو

بتحضير محلول مركز مستقل لكل عنصر، ولكن ذلك غير عملى. ويتم – عادة – خلط معظم الأملاح معًا، مع مراعاة ما يلى:

١- عدم خلط نترات الكالسيوم – التى توجد بأعلى تركيز – مع كبريتات المغنيسيوم؛ حتى لا يؤدى ذلك إلى ترسب الكالسيوم فى صورة كبريتات الكالسيوم.

٢- عمل محلول مركز من نترات الكالسيوم مع الحديد المخلبى فقط.

٣- عمل محلول مركز من جميع الأملاح الأخرى معًا، مع ملاحظة إذابة كبريتات النحاس أولاً فى كمية من الماء، ثم إضافة المحلول الناتج إلى محلول بقية العناصر.»

وقد تحضر ثلاثة محاليل سمادية مركزة: يحتوى إحداها على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى، ويحتوى الثانى على بقية العناصر الكبرى، بينما يحتوى الثالث على بقية العناصر الصغرى.

كما قد تحضر أربعة محاليل سمادية مركزة مختلفة خاصة بالعناصر الكبرى، ومحلول قياسى خامس للحديد، وسادس لباقى العناصر الدقيقة، كما فى حالة تحضير محلول هوجلاند المغذى.

وكقاعدة عامة .. فإن نترات الكالسيوم يمكن أن تتفاعل مع المواد الفوسفورية، وينتج عن ذلك تكوين فوسفات الكالسيوم غير الذائبة، كما يمكنها التفاعل مع سلفات المغنيسيوم لتكوين الجبس؛ لذا .. فإنه يتعين عمل محلولين غذائيين مركزين يحتوى أحدهما على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى، ويحتوى الآخر على باقى العناصر. ويتم الخلط بينهما – فى صورة مخففة – عند التسميد، علمًا بأن التفاعلات المذكورة أعلاه لا تكون محسوسة فى المحاليل المخففة (Boyhan وآخرون ٢٠٠٠).

وعند تحضير المحاليل المغذية .. يُفيد استخدام الماء الساخن فى إذابة الأسمدة. وبينما لا يحتاج الأمر لأكثر من مُقَلِّب بسيط عند تحضير الكميات الصغيرة من المحاليل المغذية، فإنه يلزم استعمال خضاض آلى عند تحضير الكميات الكبيرة.

ومن الأفضل تحضير عدد من الكميات الصغيرة – كل على انفراد – ثم تفريغها فى

خزان كبير ويكفى -- غالبا — للمساحات المحمية الصغيرة (صوبة أو صوبتان) خزانات سعة ١٠٠—٢٠٠ لتر ويعتمد إعادة ملئ خزانات المحاليل المغذية لمزارع البرليت والصوف الصخرى على الوقت من السنة، ومعدل النمو المحصولى، ويجرى — عادة — كل ٣-٤ أيام حتى كل ١٠ أيام حسب حجم التانك السمادى المستعمل أما فى تقنية الغشاء المغذى، فإن إعادة ملئ الخزانات يكون-أكثر انتظام خلال موسم النمو، بسبب الحاجة لغسيل وشطف خزان تجميع المحلول المغذى بصورة روتينية.

يلزم استعمال خزانين للمحاليل المغذية، ذلك لأن بعض الأملاح تتفاعل مع أملاح أخرى عند تواجدهما معًا فى خزان واحد. وأكثر الأملاح التى تتكون جراء تفاعلات كهذه فوسفات الكالسيوم التى تنتج عن تفاعل نترات الكالسيوم مع المركبات الفوسفاتية، وكبريتات الكلسيوم التى تنتج عن تفاعل نترات الكالسيوم مع كبريتات المغنيسيوم ولتفادى تلك التفاعلات يجب أن يحتوى أحد المحلولين القياسيين على أملاح مثل نترات البوتاسيوم، ونترات الكالسيوم، والحديد المخلبى، وأن يحتوى المحلول القياسى الآخر على أملاح مثل مصدر الفوسفور، وسلفات المغنيسيوم، والعناصر الصغرى، وكلوريد البوتاسيوم، ونترات البوتاسيوم

وبعد إضافة محاليل مختلف الأسمدة التى تم تحضيرها إلى خزان المحلول المغذى يضاف الماء إلى المستوى المرغوب فيه. ثم يقلب يترك التانك بعد ذلك ساكنا لبضع ساعات إلى أن تترسب العوالق ويصبح المحلول رائقا وغالبا ما يتكون راسب وَحْلى فى قاع الخزان الذى يحتوى على نترات الكالسيوم أو البوتاسيوم، ويرجع هذا الراسب إلى وجود إضافات معينة لبعض الأسمدة تكون بهدف منع التكتل ومنع تكوين الغبار عند التداول هذه المواد ليست قابلة للذوبان، وتترسب فى قاع الخزان. ولذا . تحتاج خزانات المحاليل المغذية القياسية للغسيل بالماء وتشطف على فترات للتخلص من تلك الرواسب. ويمكن تجنب حدوث تلك الظاهرة إما باستعمال أملاح بدرجة أعلى من النقاوة (technical grade)، وإما باستعمال محاليل سمادية رائقة نُقلتْ من وعائها الذى حضرت فيه إلى وعاء آخر دون نقل للرواسب)، مثل نترات الكالسيوم السائلة (عن Hochmuth ٢٠٠١ب).

طريقة حساب الكميات اللازمة من مختلف الأسمدة لتحضير المحاليل المغذية

يمكن حساب الكميات اللازمة من الأملاح السمادية المختلفة لتحضير المحاليل المغذية، كما فى المثال التالى:

إذا كان التركيز المطلوب للكالسيوم فى المحلول المغذى هو ٢٠٠ جزء من المليون، فإن يلزم ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم فى كل لتر من الماء. فإذا علمنا أن كل ١٦٤ ملليجرام من نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ يوجد بها ٤٠ ملليجرام كالسيوم (من واقع الوزن الجزيئى لنترات الكالسيوم. والوزن الذرى للكالسيوم. ومع فرض ١٠٠٪ نقاوة)، فإن أول خطوة تكون هى حساب كمية نترات الكالسيوم اللازمة للحصول على ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم كالتالى:

١٦٤ ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٤٠ ملليجرام كالسيوم.

س ملليجرام نترات كالسيوم تعطى ٢٠٠ ملليجرام كالسيوم.

$$\text{س} = \frac{١٦٤ \times ٢٠٠}{٤٠} = ٨٢٠ \text{ ملليجرام نترات كالسيوم}$$

فإذا أذيب ٨٢٠ ملليجرام نترات كالسيوم فى لتر من الماء، فإننا نحصل على كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء من المليون.

وهذا بفرض أن ملح الكالسيوم المستعمل نقى تمامًا. فإن لم يكن كذلك (وهو الأمر الغالب) لزم إضافة المزيد من نترات الكالسيوم لتعويض النقص الناشئ عن عدمَ النقاوة. فمثلاً اذا كانت درجة نقاوة نترات الكالسيوم ٩٠٪، فإنه يجب أن تكون الكمية المستعملة منها هى $\frac{١٠٠}{٩٠} \times ٨٢٠ = ٩١١$ ملليجرام. وبذلك .. فإنه عند إذابة ٩١١ ملليجرام من نترات كالسيوم ذات نقاوة ٩٠٪ فى لتر من الماء، فإنها تعطى كالسيوم بتركيز ٢٠٠ جزء من المليون.

وطبيعى أن تلزم فى معظم الأحوال كميات أكبر من لتر من المحلول المغذى. ويتطلب ذلك معرفة الاحتياجات المائية أولاً.

وعمومًا فإن س ملليجرام من المركب السمادى فى اللتر = س جم من المركب نفسه فى المتر المكعب

أى إن الكمية التى تلزم من نترات الكالسيوم لكل متر مكعب من المحلول السمادى = ٩١١ جم

ويمكن دمج الخطوات السابقة فى معادلة واحدة كالتالى:

$$W = \frac{CM}{A} \quad \frac{100}{P} \quad K$$

حيث إن

W = الوزن اللازم من السماد معبرًا عنه بالجرام/م^3

C = التركيز المطلوب من العنصر، معبرًا عنه بالجزء فى المليون

M = الوزن الجزيئى للسماد المستعمل.

A = الوزن الذرى للعنصر المطلوب

P = نسبة نقاوة السماد المستعمل

K = عامل التحويل من الملليجرام/لتر إلى الجرام/م^3.

وفى المثال السابق نجد أن:

$$W = \frac{٢٠٠ \times ١٦٤}{٤٠} \times \frac{١٠٠}{٩٠} \times ١٠ = ٩١١ \text{ جم/م}^3$$

وإذا كان المركب المستعمل يحتوى على أكثر من عنصر ضرورى للنبات (وتلك هى الحالة الغالبة)، فإن يجب حساب الكميات التى تم تأمينها من العناصر الأخرى عندما تم توفير كافة الاحتياجات من العنصر الأول.

فنترات الكالسيوم التى استعملت تحتوى على كالسيوم ونيتروجين، ولذلك .. فإن الخطوة التالية تكون حساب كمية النيتروجين التى أضيفت بعدما وفرت كل احتياجات الكالسيوم كالتالى:

الكمية المضافة من النيتروجين:

$$\frac{١٤ \times ٢}{١٦٤} \times ٨٢٠ = ١٤٠ \text{ ملليجرام / لتر (جزء فى المليون)}$$

وهذا الحساب يجب أن يتم مع استعمال نظام الجزء فى المليون كالتالى:

$$C_{E2} = \frac{A_{E2}}{M} \frac{C_{E1} M}{A_{E1}} = \frac{A_{E2} C_{E1}}{A_{E1}}$$

حيث إن:

C_{E1} = تركيز العنصر الأول المطلوب بالجزء فى المليون.

C_{E2} = الجزء فى المليون المتوفر من العنصر الثانى المطلوب.

A_{E1} = الوزن الذرى الكلى للعنصر الأول.

A_{E2} = الوزن الذرى للعنصر الثانى.

M = الوزن الجزيئى للمادة المستعملة.

والخطوة التالية تكون هى حساب الكميات الإضافية من العنصر السمادى الثانى التى يلزم توفيرها من مركب سمادى آخر. فمثلاً .. إذا كان المطلوب ١٥٠ جزءًا فى المليون من الآزوت فى المحلول المغذى، إذاً الكمية المتبقية اللازمة = ١٥٠ — ١٤٠ = ١٠ أجزاء فى المليون من الآزوت. وهذه الكمية يمكن الحصول عليها من نترات البوتاسيوم، فتكون كمية نترات البوتاسيوم اللازمة للحصول على ١٠ أجزاء فى المليون من النيتروجين هى:

$$W_{KNO_3} = \frac{C_N M_{KNO_3}}{A_N} \quad \frac{100}{P} \quad K$$

$$= \frac{10 \text{ X } 101}{14} \quad \frac{100}{95} \quad 1.0$$

$$= \quad 75.9 \text{ g/m}^3$$

أى حوالى ٧٦ جرامًا لكل متر مكعب، وهكذا تستمر الحسابات بالطريقة نفسها لجميع العناصر الضرورية.

وإذا أدى توفير الاحتياجات من أحد العناصر إلى زيادة تركيز أحد العناصر الأخرى عن الحد المناسب. فإنه يجب توفير احتياجات العنصر الثانى أولاً، ثم استعمال سماد آخر فى تأمين باقى الاحتياجات من العنصر الأول (Resh ١٩٨٥)

ويتطلب إجراء حسابات كميات الأسمدة اللازمة معرفة الأوزان الذرية لمختلف العناصر التى تدخل – عادة – فى تركيب المحاليل المغذية، وهى كما يلى.

العنصر	رمزه	وزنه الذرى
الكربون	C	١٢,٠١
الإيدروجين	H	١,٠٠٨
الاوكسجين	O	١٦,٠٠
سيدروجين	N	١٤,٠١
الفوسفور	P	٣٠,٩٧
البوتاسيوم	K	٣٩,١٠
الكالسيوم	Ca	٤٠,٠٨
المغنيسيوم	Mg	٢٤,٣١
الكبريت	S	٣٢,٠٦
الحديد	Fe	٥٥,٨٥
البورون	B	١٠,٨١
المحاس	Cu	٦٣,٥٤
المجنيز	Mn	٥٤,٩٤
الموليبدم	Mo	٩٥,٩٤
الزنك	Zn	٦٥,٣٧
الكلورين	Cl	٣٥,٤٥
الصوديوم	Na	٢٢,٩٩
الألومنيوم	Al	٢٦,٩٨
السيلنيم	Se	٧٨,٩٦
السيليكون	Si	٢٨,٠٩

الأسمدة التى يشيع استخدامها فى تحضير المحاليل المغذية

يتضمن جدول (٤-٥): قائمة بأسماء أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية. مع بيان الاسم التجارى، والتركيب الكيميائى، والوزن الجزيئى لكل منها، وكذلك العناصر الغذائية التى توجد بها، ودرجة ذوبانها فى الماء، وتكلفتها. ويفيد هذا الجدول فى تخيُّر الأسمدة التى يمكن استعمالها كمصادر للعناصر المختلفة.

كما يبين جدول (٤-٦) كيفية حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات المطلوبة من العناصر أو العكس.

أما جدول (٤-٧) فإنه يعطى النسبة المئوية للنقاوة فى أهم الأسمدة التجارية المستخدمة كمصادر للعناصر الكبرى.

ولتسهيل العمليات الحسابية. فإن جدول (٤-٨) يعطى الكمية اللازمة من الملح السمادى بالجرام لتحضير ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر المعنى ويشتمل الجدول على ٢١ سمادًا تعتبر أهم المصادر الشائعة لجميع العناصر الغذائية

جدول (٤-٥): أهم الأسمدة المستخدمة فى تحضير المحاليل المغذية

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
العناصر الكبرى:					
نترات البوتاسيوم KNO_3	١٠١,١	K^+ NO_3^-	١ : ٤	منخفضة	سريع الذوبان رخيص الثمن
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$	١٦٤,١	Ca^{++} $2(NO_3)^-$	١ : ١	متوسطة	
كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$	١٣٢,٢	$2(NH_4^+)$ SO_4	١ . ٢	متوسطة	

تابع جدول (٤-٥)

الاسم التجارى للسماد وصيغه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
فوسفات الأمونيوم ثنائى الايدروجين $NH_2H_2PO_4$	١١٥,٠	NH_4^+ H_2PO_4	١ ٤	متوسطة	لا تستخدم هذه المركبات إلا تحت ظروف الإضاءة الجيدة أو لعلاج حالة نقص الآزوت
فوسفات الأمونيوم أحادى الأيدروجين $(NH_4)_2HPO_4$	١٣٢,١	$2(NH_4^+)$ HPO_4^{--}	١ : ٢	متوسطة	مثل السماد السابق
فوسفات البوتاسيوم الأحادية KH_2PO_4	١٣٦,١	$H_2PO_4^-$ K^+	١ ٣	مرتفعة جداً	مثل السماد السابق
كلوريد البوتاسيوم KCl	٧٤,٥٥	K^+ Cl	١ ٣	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص البوتاسيوم، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم فى الماء
كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4	١٧٤,٣	$2K^+$ SO_4	١ ١٥	منخفضة	تجب إذابته فى الماء الساخن
فوسفات أحادى الكالسيوم $Ca(H_2PO_4)_2H_2O$	٢٥٢,١	$2H_2PO_4^-$ Ca^{++}	١ . ٦٠	منخفضة	
سوبر فوسفات ثلاثى $CaH_4(PO_4)_2$	يختلف	Ca^{++} $2PO_4^{--}$	١ : ٣٠٠	منخفضة	لا يستخدم غالبًا لضعف ذوبانه فى الماء
كبريتات المغنيسيوم $MgSO_4.7H_2O$	٢٤٦,٥	Mg^{++} SO_4	١ ٢	منخفضة	

تابع جدول (٤-٥).

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$	٢١٩,١	Ca^{++} $2Cl^-$	١ : ١	مرتفعة	يستعمل لعلاج حالات نقص الكالسيوم، وعندما تقل نسبة كلوريد الصوديوم فى الماء
حامض الفوسفوريك H_3PO_4	٩٨,٠	PO_4^{---}	حامض مركز		يستعمل – خاصة – لعلاج نقص الفوسفور
العناصر الصغرى:					
كبريتات الحديدوز $FeSO_4.7H_2O$	٢٧٨,٠	Fe^{++} SO_4^{--}	١ : ٤		
كلوريد الحديديك $FeCl_3.6H_2O$	٢٧٠,٣	F^{+++} $3Cl^-$	١ : ٢		
حديد مخلبى FeEDTA (١٠,٥٪ حديد)	٢٨٢,١	Fe^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	أفضل مصادر الحديد يذاب فى الماء الساخن
حامض البوريك H_3BO_3	٦١,٨	B^{+++}	١ : ٢٠	مرتفعة	أفضل مصادر البورون يذاب فى الماء الساخن
بوراكس او تترابورات الصوديوم $Na_2B_4O_7.10H_2O$	٣٨١,٤	B^{+++}	١ : ٢٥٠		
كبريتات النحاس $CuSO_4.5H_2O$	٢٤٩,٧	Cu^{++} SO_4^{--}	١ : ٥	منخفضة	
كبريتات المنجنيز $MnSO_4.4H_2O$	٢٢٣,١	Mn^{++} SO_4^{--}	١ : ٢	منخفضة	
كلوريد المنجنيز $MnCl_2.4H_2$	١٩٧,٩	Mn^{++} $2Cl^-$	١ : ٢	منخفضة	

تابع جدول (٤-٥)

الاسم التجارى للسماد ورمزه الكيميائى	الوزن الجزيئى	العناصر التى يوفرها	درجة الذوبان فى الماء (ملح : ماء)	التكلفة	ملاحظات
كبريتات الزنك $ZnSO_4.7H_2$	٢٨٧,٦	Zn^{++} SO_4^{--}	١ : ٣	منخفضة	
كلوريد الزنك $ZnCl_2$	١٣٦,٣	Zn^{++}	١ : ١,٥	منخفضة	
موليبدات الامونيوم $(NH_4)_6Mo_7O_{24}$	١١٦٣,٩	$2Cl^-$ NH_4^+ Mo^{+6}	١ : ٢,٣	مرتفعة نوعًا	
زنك مخلبى ZnEDTA	٤٣١,٦	Zn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	
منجنيز مخلبى MnEDTA	٣٨١,٢	Mn^{++}	سريع الذوبان	مرتفعة	

جدول (٤-٦) طريقة حساب الكميات اللازمة من الأسمدة البسيطة إذا عرفت الكميات اللازمة من العناصر أو العكس (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠)

تضرب الكمية المطلوبة من	فى	للحصول على الكمية المطلوبة من
الأمونيا – Ammonia-NH_3	4.700	نترات الأمونيوم – Ammonium nitrate-NH_4NO_3
الأمونيا – Ammonia-NH_3	3.879	كبريتات الأمونيوم – Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$
الأمونيا – Ammonia-NH_3	0.823	النيتروجين – Nitrogen-N
نترات الأمونيوم Ammonia nitrate-NH_4NO_3	0.350	نيتروجين – Nitrogen-N
كبريتات الأمونيوم Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$	0.212	نيتروجين – Nitrogen-N
البوراكس – Borax-$Na_2B_4O_7.10H_2O$	0.114	البورون – Boron-B
حامض البوريك – Boric Acid H_3BO_3	0.177	البورون – Boron-B
البورون – Boron-B	8.813	البوراكس – Borax-$Na_2B_4O_7.10H_2O$
البورون – Boron-B	5.716	حامض البوريك – Boric acid-H_3BO_3
الكالسيوم – Calcium-Ca	1.399	أوكسيد الكالسيوم – Calcium oxide-CaO
الكالسيوم – Calcium-Ca	2.498	كربونات الكالسيوم – Calcium carbonate-$CaCO_3$
الكالسيوم – Calcium-Ca	1.849	أيدروكسيد الكالسيوم – Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
الكالسيوم – Calcium-Ca	4.296	كبريتات الكالسيوم – Calcium sulfate $CaSO_4.2H_2O$ (gypsum)

تابع جدول (٤-٦).

تضرب الكمية المطلوبة من		في	للحصول على الكمية المطلوبة من	
كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.400	الكالسيوم -	Calcium-Ca
كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.741	أيدروكسيد الكالسيوم	Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.560	أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO
كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.403	أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO
كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$	0.842	كربونات المغنيسيوم -	Magnesium carbocate-$MgCO_3$
أيدروكسيد الكالسيوم -	Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	0.541	الكالسيوم -	Calcium-Ca
أيدروكسيد الكالسيوم -	Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	1.351	كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$
أيدروكسيد الكالسيوم -	Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$	0.756	أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO
أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO	0.715	الكالسيوم -	Calcium-Ca
أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO	1.785	كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$
أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO	1.323	أيدروكسيد الكالسيوم	Calcium hydroxide-$Ca(OH)_2$
أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO	3.071	كبريتات الكالسيوم	Calcium sulfate - $CaSO_4.2H_2O$ (gypsum)
الجبس	Gypsum-$CaSO_4.2H_2O$	0.326	أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO
الجبس	Gypsum-$CaSO_4.2H_2O$	0.186	الكبريت -	Sulfur-S
أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO	2.480	كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$
أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO	0.603	المغنيسيوم -	Magnesium-Mg
أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO	2.092	كربونات المغنيسيوم -	Magnesium carbonate-$MgCO_3$
أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO	2.986	كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4$
أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO	6.114	كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)
المغنيسيوم -	Magnesium-Mg	4.116	كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$
المغنيسيوم -	Magnesium-Mg	1.658	أوكسيد المغنيسيوم -	Magnesia-MgO
المغنيسيوم -	Magnesium-Mg	3.466	كربونات المغنيسيوم -	Magnesium Carbonate-$MgCO_3$
المغنيسيوم -	Magnesium-Mg	4.951	كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4$
المغنيسيوم -	Magnesium-Mg	10.136	كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)
كربونات المغنيسيوم -	Magnesium Carbonate-$MgCO_3$	1.187	كربونات الكالسيوم -	Calcium carbonate-$CaCO_3$
كربونات المغنيسيوم -	Magnesium Carbonate-$MgCO_3$	0.478	أوكسيد الكالسيوم -	Calcium oxide-CaO
كربونات المغنيسيوم -	Magnesium Carbonate-$MgCO_3$	0.289	المغنيسيوم -	Magnesium-Mg

تابع جدول (٤-٦)

تضرب الكمية المطلوبة من		في	للحصول على الكمية المطلوبة من
كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4$	0.335	اوكسيد المغنيسيوم - Magnesia-MgO
كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4$	0.202	المغنيسيوم - Magnesium-Mg
كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)	0.164	أوكسيد المغنيسيوم Magnesia-MgO
كبريتات المغنيسيوم -	Magnesium sulfate-$MgSO_4.7H_2O$ (Epsom salts)	0.099	المغنيسيوم - Magnesium-Mg
المنجنيز -	Manganese-Mn	2.749	كبريتات المنجنيز - Manganese(ous) sulfate-$MnSO_4$
المنجنيز -	Manganese-Mn	4.060	كبريتات المنجنيز - Manganese(ous) sulfate $MnSO_4.4H_2O$
كبريتات المنجنيز -	Manganese(ous) sulfate-$MnSO_4$	0.364	المنجنيز - Manganese-Mn
كبريتات المنجنيز -	Manganese(ous) Sulfate-$MnSO_4.4H_2O$	0.246	المنجنيز - Manganese-Mn
النترات -	Nitrate-NO_3	0.226	النيتروجين - Nitrogen-N
النيتروجين -	Nitrogen-N	1.216	الأمونيا - Ammonia-NH_3
النيتروجين -	Nitrogen-N	2.856	نترات الأمونيوم - Ammonium nitrate-NH_4NO_3
النيتروجين -	Nitrogen-N	4.716	كبريتات الأمونيوم - Ammonium sulfate-$(NH_4)_2SO_4$
النيتروجين -	Nitrogen-N	4.426	النترات - Nitrate-NO_3
النيتروجين -	Nitrogen-N	6.058	نترات الصوديوم Sodium nitrate-$NaNO_3$
النيتروجين -	Nitrogen-N	6.250	البروتين - Protein
الفوسفور -	Phosphorus-P	0.437	الفوسفور - Phosphorus-P
خامس أوكسيد الفوسفور	Phosphoric acid-P_2O_5	2.291	خامس أوكسيد الفوسفور - Phosphoric acid-P_2O_5
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	1.583	كلوريد البوتاسيوم - Potassium chloride-KCl
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	2.145	نترات البوتاسيوم - Sodium nitrate-$NaNO_3$
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	0.830	البوتاسيوم - Potassium-K
أوكسيد البوتاسيوم -	Potash-K_2O	1.850	كبريتات البوتاسيوم - Potassium sulfate-K_2SO_4
البوتاسيوم -	Potassium-K	1.907	كلوريد البوتاسيوم - Potassium chloride-KCl
البوتاسيوم -	Potassium-K	1.205	أوكسيد البوتاسيوم - Potash-K_2O
البوتاسيوم -	Potassium-K	2.229	كبريتات البوتاسيوم - Potassium sulfate-K_2SO_4
كلوريد البوتاسيوم -	Potassium chloride-KCl	0.632	أوكسيد البوتاسيوم - Potash-K_2O

تابع جدول (٤-٦)

تصرب الكمية المطلوبة من		فى	للحصول على الكمية المطلوبة من
كلوريد البوتاسيوم -	Potassium Chloride-KCl	0.524	البوتاسيوم - Potassium-K
نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3	0.466	أوكسيد البوتاسيوم - Potash-K_2O
نترات البوتاسيوم -	Potassium nitrate-KNO_3	0.387	البوتاسيوم - Potassium-K
كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4	0.540	أوكسيد البوتاسيوم - Potash-K_2O
كبريتات البوتاسيوم -	Potassium sulfate-K_2SO_4	0.449	البوتاسيوم - Potassium-K
نترات الصوديوم -	Sodium nitrate-$NaNO_3$	0.165	النيتروجين - Nitrogen-N
الكبريت	Sulfur-S	5.368	كبريتات الكالسيوم - Calcium sulfate-$CaSO_4.2H_2O$ (Gypsum)
الكبريت	Sulfur-S	2.497	ثالث أوكسيد الكبريت - Sulfur trioxide-SO_3
الكبريت	Sulfur-S	3.059	حامض الكبريتيك - Sulfuric acid-H_2SO_4
ثالث اوكسيد الكبريت -	Sulfur trioxide-SO_3	0.401	الكبريت - Sulfur-S
حامض الكبريتيك -	Sulfuric acid-H_2SO_4	0.327	الكبريت - Sulfur-S

جدول (٤-٧) نسبة النقاوة فى بعض الأسمدة التجارية الهامة.

السماد	النقاوة (٪)
فوسفات الأمونيوم	٩٨
كبريتات الأمونيوم	٩٤
نترات الأمونيوم النقية	٩٨
نترات البوتاسيوم	٩٥
نترات الكالسيوم	٩٠
فوسفات احادى الكالسيوم	٩٢
كبريتات البوتاسيوم	٩٠[أ]
كلوريد البوتاسيوم	٩٥
كبريتات المغنيسيوم	٤٥
كلوريد الكالسيوم	٧٥
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	٧٠
فوسفات أحادى الكالسيوم	٩٨

(أ) استبعد ماء التبلور عند حساب نسبة النقاوة.

جدول (٤-٨) كمية السماد التى تلزم لتحضير متر مكعب واحد من محلول مغذ بتركيز جزء واحد فى المليون من العنصر الذى يوفره السماد

السماد وتحليله	العنصر الذى يوفره السماد	الكمية (جم)
كبريتات الامونيوم (٢١ – صفر – صفر)	نيتروجين	٤,٧٦
نترات الكالسيوم (١٥,٥ – صفر – صفر)	نيتروجين	٦.٤٥
	كالسيوم	٤,٧٠
نترات البوتاسيوم (١٣,٧٥ – صفر – ٣٦,٩)	نيتروجين	٧,٣٠
	بوتاسيوم	٢,٦٠
نترات الصوديوم (١٥,٥ – صفر – صفر)	نيتروجين	٦,٤٥
اليوريا (٤٦ – صفر – صفر)	نيتروجين	٢,١٧
نتروفوسكا (١٥ – ٦,٥ – ٢١,٥)	نيتروجين	٦,٦٠
	فوسفور	١٥,٠٠
	بوتاسيوم	٨,٣٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم (صفر – ٢٢,٥ – ٢٨)	بوتاسيوم	٣,٥٣
	فوسفور	٤,٤٥
كبريتات البوتاسيوم (صفر – صفر – ٤٣ ٣)	بوتاسيوم	٢ ٥٠
كلوريد البوتاسيوم (صفر – صفر – ٤٩.٨)	بوتاسيوم	٢,٠٥
فوسفات احادى الكالسيوم (صفر – ٢٠,٨ – صفر)	فوسفور	٤,٧٨
فوسفات أحادى الأمونيوم (١١ – ٢٠,٨ – صفر)	فوسفور	٤,٧٨
كبريتات الكالسيوم (الجبس)	كالسيوم	٤,٨٠
حامض البوريك	بورون	٥,٦٤
كبريتات النحاس	نحاس	٣,٩١
كبريتات الحديدوز	حديد	٥,٤
حديد محلبى ٩٪	حديد	١١,١٠
كبريتات المنجنيز	منجنيز	٤,٠٥
كبريتات المجنيز المهدرج (ملح إبسوم)	منجنيز	١٠,٧٥
ثالث أكسيد الموليبدنم MoO_3	موليبدنم	١,٥٠
موليبدات الصوديوم	موليبدنم	٢,٥٦
كبريتات الزنك	زنك	٤,٤٢

تؤكد دراسات Wang (١٩٩٠) على الفلفل أن استعمال أيون الحديدوز كان أفضل من استعمال أيون الحديديك؛ فقد كان الوزن الجاف الكلى للنباتات عند استعمال أيون الحديديك ٦٠٪ من وزنها عند استعمال أيون الحديدوز. كما كان لشحنة أيون الحديد تأثير مماثل على الوزن الطازج للنباتات وطول الجذور.

أمثلة للمحاليل المغذية المستعملة تجاريًّا

تقترب معظم المحاليل المغذية فى تركيبها من محاليل هوجلاند المغذية؛ ولذا .. فسنبدأ بشرح طريقة تحضيرها بالتفصيل. ثم نتابع ذكر أمثلة للمحاليل الأخرى المستعملة تجاريًّا. ولمزيد من أمثلة المحاليل المغذية -- خلافًا لتلك المقدمة فى هذا الجزء -- فإنه يمكن مراجعة Hewitt (١٩٦٦)، و Douglas (١٩٨٥).

محاليل هوجلاند المغذية

يوجد اثنان من محاليل هوجلاند المغذية Hogland's Nutrient Solutions يكون النيتروجين فى أحدهما نتراتى فقط، بينما يتوفر النيتروجين فى المحلول الثانى فى صورتيه النتراتية والأمونيومية. ويحضران من تسعة محاليل قياسية standard stock solutions. هذا .. وتحضر المحاليل القياسية. كما فى جدول (٤-٩)، بينما يحضر محلولاً هوجلاند من هذه المحاليل القياسية، كما هو مبين فى جدول (٤-١٠)، وهى التى تستعمل فى تغذية النباتات (عن Lorenz & Maynard ١٩٨٠). ويقتصر استعمال محاليل هوجلاند غالبًا على دراسات فسيولوجيا النبات.

محلول هيوت المغذى

يحضر محلول هيوتّ Hewitt المغذى كما هو فى جدول (٤-١١) من الأملاح النقية والماء المقطر، ويستخدم غالبًا فى دراسات فسيولوجيا النبات (Devlin ١٩٧٥).