الفصل الثالث

الأسمدة ومحليل التغذية

obeikandl.com

الفصل الثالث
الأسمدة ومحاليل التغذية
Fertilizers and Nutrient Solution

مقدمة:

إن كل طرق الزراعة اللاأرضية بما فيها الزراعة على أسطح المنازل والمدارس تعتمد بصفة أساسية على التغذية بواسطة الأسمدة المحتوية على عناصر التغذية الأساسية المذابة في الماء فيما يعرف بالمحلول المغذي. وهذا المحلول المغذي يعتبر العامل المحدد في نجاح أي 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 غذائي متزن تتوفر فيه كل عوامل التغذية المثلى. ولذلك ولأهمية هذا الموضوع فلقد أفردنا له هذا الفصل لنتعرف على ماهية المحلول المغذي وما هي الشروط الواجب توافرها فيه وأنواع المحاليل المغذية وكيفية تحضيرها ومعلومات أساسية أخرى تفيد أي دارس لهذا الموضوع.

المحلول المغذي:

المحلول المغذي هو المحلول الذي يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية Essential elements اللازمة لنمو النباتات وبنسب متوازنة مع بعضها البعض والذي يستخدم في إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته. ومن 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 الأساسية بالإضافة إلى اختلاف احتياجات النبات الواحد من العناصر مع تغير مراحل نموه المختلفة إلا أنه وفى كل الأحوال فلا بد أن تتوفر بعض الشروط الأساسية التي لا يمكن تجاهلها أو التغاضي عنها حتى يستطيع المحلول المغذي أداء دوره الأساسي والحيوي في التغذية.

الشروط الواجب توافرها في المحلول المغذي:

يجب أن تتوفر في المحلول المغذي الشروط التالية:

١- لا يكون تركيز الأملاح في المحلول المغذي مرتفعاً بدرجة تؤثر على نمو النبات، وعادة ما يكون التوصيل الكهربي للمحلول المغذي في حدود ٢-٣ ملليموز/ سم والضغط الإسموزي له في حدود ٠,٥-١ ضغط جوي.

٢- أن يكون رقم الحموضة أو رقم الـ pH للمحلول المغذي في حدود من ٥,٥ – ٦,٥ حيث إن انخفاض الـ pH إلى الحدود الحامضية الشديدة يؤدي إلى تلف جذور النباتات بينما ارتفاع رقم الـ pH إلى الجانب القلوي يؤدي إلى ترسيب كثير من العناصر في المحلول على صورة أملاح غير ذائبة لا يستفيد منها النبات.

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

تركيز العناصر في المحلول المغذي:

يختلف تركيز العناصر الغذائية في محاليل التغذية تبعاً لطريقة التغذية والمحصول، وبصفة عامة يوضح جدول (٣-١) مدى حدود تركيزات العناصر الصغرى والكبرى في المحلول المغذي. ويعتبر الحد الأدنى المشار إليه في الجدول أكبر بكثير من الحد الذي يبدأ عنده ظهور أعراض نقص العناصر على النبات، لذا يجب المحافظة على هذا المستوى من العناصر لتلافي أي أضرار يمكن أن تحدث للنباتات النامية في المحلول المغذي. ومن الجدير بالذكر أن تركيز العناصر المختلفة في المحلول المغذي يختلف باختلاف نظام التغذية المتبع، وعادة ما يكون تركيز العناصر في المزارع التي تستخدم نظام المحاليل الساكنة أعلى بكثير من تلك المزارع التي تستخدم نظام المحاليل المتحركة. هذا الاختلاف فيما بين المحاليل الساكنة والمحاليل المتحركة والمستمرة في الدوران يرجع إلى أنه في حالة المحاليل المتحركة لا يحدث انخفاض في 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 في مزارع المحاليل الساكنة حيث يحدث انخفاض شديد لتركيز العناصر حول المجموع الجذري نظراً للاستنزاف المستمر للعناصر من حجم ثابت وغير متجدد من المحلول. ومن ذلك نجد أن نمو النباتات يمكن أن يكون جيداً

obeikandl.com

عند تركيزات منخفضة جداً من العناصر ولكن يظل السؤال .. هل هذه التركيزات هي التركيزات المثلى لنمو النباتات؟ ، وأيضاً إلى أي حد يمكن أن نغير من هذه التركيزات دون أن يتأثر النمو؟.

جدول (٣-١): مستويات تركيز العناصر في المحلول المغذي والمدى الذي يجب المحافظة عليه في المحلول المغذي بالملليجرام في اللتر (جزء في المليون)

العنصر	مدى التركيز ملليجرام في اللتر	متوسط التركيز ملليجرام في اللتر	العنصر	مدى التركيز ملليجرام في اللتر	متوسط التركيز ملليجرام في اللتر
النيتروجين (نترات)	٧٠ - ٤٠٠	٢٣٥	الحديد	٠,٥ - ٥,٠	٢,٧٥
النيتروجين (الأمونيوم)	صفر - ٣١	١٥,٥	البورون	٠,١ - ١,٠	٠,٥٥
الفوسفور	٣٠ - ١٠٠	٦٥	الزنك	٠,٠٢ - ٠,٢	٠,١١
البوتاسيوم	١٠٠ - ٦٠٠	٣٥٠	النحاس	٠,١ - ٠,٥	٠,٣٠
الكالسيوم	١٢٠ - ٤٠٠	٢٦٠	المنجنيز	٠,٥ - ٢,٠	١,٢٥
الماغنسيوم	٢٥ - ٧٥	٥٠	الموليبدنيوم	٠,٠١ - ٠,١	٠,٠٥

ولقد أظهرت بعض التجارب في مزارع الأغشية Nutrient Film Tecnique (NFT) أن المحصول لم يتأثر بدرجة معنوية مع اختلاف تركيز النيتروجين في المحلول المغذي ما بين ١٠-٣٢٠ جزءاً في المليون (على شرط ثبات التركيز خلال موسم النمو) ، ولكن بصفة عامة يفضل أن يكون تركيز العنصر في المحلول المغذي مرتفعاً نسبياً حتى نضمن وجود رصيد من العناصر المغذية في نظام الزراعة المستخدم بما لا يخل بالوظائف الحيوية للنبات.

كيف يمكنك تحضير المحلول المغذي؟

من الضروري فهم وتعلم كيفية تحضير المحلول المغذي سواء كان ذلك من الكيماويات النقية (فى حالة التجارب والبحوث) أو من الأسمدة التجارية (فى حالة الزراعة الاقتصادية على أي مستوى بدءاً من الزراعة على أسطح المنازل والمدارس إلى الزراعة على الأراضي غير المناسبة للزراعة التقليدية).

وتحضير محلول مغذي بتركيز معين يعني وزن كمية محددة من السماد المحتوي على العنصر المطلوب تواجده في المحلول المغذي في حجم محدد من الماء. وبدون الدخول في تفصيلات كثيرة ومصطلحات أكثر فإننا سنكتفي هنا بالتعبير عن التركيز بمصطلح **الجزء في المليون والنسبة المئوية** ، كما أن تركيز العناصر في المحلول المغذي يمكن قياسه بقدرته على **التوصيل الكهربي** فما هي العلاقة بين هذه المصطلحات وماذا يعني كل منها؟

- **التركيز بالجزء في المليون أو Part per million (ppm)**

هو اصطلاح يستخدم للتعبير عن تركيز المحاليل عندما يكون التركيز منخفضاً جداً ويقصد بهذا الاصطلاح عدد الوحدات من المادة المضافة إلى مليون وحدة من المادة المضافة إليها أو الحاوية لها، أو عدد وحدات العنصر الموجودة في مليون وحدة من وحدات السائل المذيب وهو الماء في حالة المحاليل المغذية.

فعندما نقول إن تركيز عنصر ما في المحلول مثلاً هو ١٠٠٠ جزء/ مليون أو١٠٠٠ ppm فإن ذلك يعني أن كمية العنصر تساوي ١٠٠٠ جرام في مليون جرام أو في مليون سنتيمتر مكعب من الماء حيث إن كثافة الماء النقي تساوي ١ (أي أن الحجم يساوي الوزن) . وهي في نفس الوقت تساوي ١٠٠٠ جرام في ١٠٠٠ لتر مكعب من الماء أو ١٠٠٠ جرام في المتر المكعب من الماء. وبالتالي فإن اصطلاح جزءفي المليون قد يعني أي من النسب التالية:

١ كجم في ١٠٠٠ متر مكعب من الماء.

١ جرام في ١٠٠٠ لتر من الماء (أي في ١ متر مكعب).

١ ملليجرام في ١ لتر من الماء (١٠٠٠ سنتيمتر مكعب).

كذلك يمكن تحويل التركيز من جزء/ مليون إلى نسبة مئوية عن طريق القسمة على رقم عشرة آلاف (١٠٠٠٠).

التركيز جزء في المليون ÷ ١٠٠٠٠ = نسبة مئوية

- **النسبة المئوية (٪) Percentage**

هو اصطلاح يستخدم للتعبير عن عدد معين من الوحدات الموجودة في ١٠٠ وحدة. وعند استخدامه للتعبير عن تركيز المحاليل فإنه يشير إلى عدد وحدات العنصر الموجودة

في ١٠٠ وحدة من السائل المذيب (وهو الماء) وبمعنى آخر فإنه يعني عدد جرامات العنصر في ١٠٠ سم^{3} من الماء.

ومثلما يمكن تحويل التركيز من جزء في المليون إلى نسبة مئوية بالقسمة على ١٠٠٠٠ فإنه يمكن أيضاً تحويل التركيز من نسبة مئوية إلى جزء في المليون بالضرب في ١٠٠٠٠

النسبة المئوية × ١٠٠٠٠ = جزء في المليون

- **التوصيل الكهربي Electrical Conductivity (EC)**

هو وحدة لقياس قدرة المحاليل على توصيل الكهرباء وكلما ازداد تركيز الأملاح في الماء زادت قدرة الماء على توصيل التيار الكهربي. ووحدة قياس التوصيل الكهربي هي الموز/ سم وهي وحدة كبيرة للقياس ولذلك تستخدم وحدة أصغر بمقدار ألف مرة تسمي ملليموز/ سم.

ويمكن تحويل التوصيل الكهربي إلى تركيز محسوب كأجزاء في المليون عن طريق ضرب قيمة التوصيل الكهربي بالملليموز/ سم في رقم ٦٤٠

التوصيل الكهربي (ملليموز/ سم) × ٦٤٠ = التركيز بالجزء في المليون

المحلول المغذي المركز Stock Solution

من الأفضل في كثير من الأحيان أن يتم تحضير محلول مركز Stock Solution يتم تخفيفه بالماء عند الاستخدام ليعطي التركيز المناسب وذلك بدلاً من تحضير المحلول المغذي بالتركيز المطلوب من البداية. ولكن يجب أن تراعى نقطتين في تحضير المحلول المركز هما:

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

openkabati.com

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

وكل من هاتين النقطتين يجب مراعاتهما عند تحضير المحلول المركز وعادة ما يتم تحضير محلولين مركزين هما محلول (أ) ويحتوى على نترات الكالسيوم والحديد المخلبى أو نترات الكالسيوم بمفرده ومحلول (ب) ويحتوى على باقى الأملاح الأخرى والتي لا تؤثر على بعضها البعض (أى لا ترسب 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.

خطوات تحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية :

- يتم شراء الأسمدة أولاً والتي توفر في مجموعها كل العناصر الغذائية الأساسية.
- توزن الكمية المطلوبة من كل سماد ، ثم يتم إذابة كل منها على حدة في حجم كاف من الماء.
- نظراً لتفاوت الأسمدة في كمية الشوائب ودرجة النقاوة فتوقع وجود شوائب عالقة ورواسب مثلما يحدث في حالة سوبر فوسفات الكالسيوم الثلاثي أو كبريتات الكالسيوم.
- خذ الوقت الكافي في عملية التقليب حتى التأكد من تمام الذوبان.
- الأملاح التي سيتم خلطها معاً تخلط في صورة محلول رائق خال من الرواسب ، ولذلك يجب ترشيح المحلول الذائب (عند الخلط) من خلال قطعة من الشاش أو أي وسيلة أخرى والتخلص من الرواسب فالمحلول المركز (أ) يحضر من نترات الكالسيوم بعد تمام ذوبانها والحديد المخلبي يتم إضافته إلى محلول نترات الكالسيوم بعد تمام ذوبانه أيضاً.
- عند تحضير المحلول المركز (ب) تضاف أملاح المغذيات الكبرى للماء وتذاب جيداً ، أما أملاح العناصر الصغرى فتذاب جميعها (عدا حامض البوريك) في جزء قليل من

الماء حتى تمام الذوبان ثم تخلط مع المحلول (ب) أما حامض البوريك فيذاب أولاً في ماء مغلى حتى تمام ذوبانه قبل إضافته إلى المحلول.

- عدم خلط المحلولين المركزين (أ) & (ب) مع بعضهما البعض بدون تخفيف وإلَّا حدث ترسيب لفوسفات الكالسيوم في الحال.
- يجب الاحتياط من ألَّا يزيد الحجم النهائى للمحلول بعد الخلط عن الحجم المطلوب الذي تم على أساسه وزن كميات الأسمدة ، بل يجب أن يكون حوالي ٧٠-٩٠٪ من الحجم حتى تعطى الفرصة للتقليب وضبط الحجم بدقة.
- ويجب الأخذ في الاعتبار أن الأسمدة عبارة عن مركبات كيميائية ، وبالتالي فإن كل نوع من أنواع الأسمدة يعطى سلوكاً مختلفاً عند خلطه مع الأنواع الأخرى، وعليه تنقسم الأسمدة إلى:

أسمدة يمكن خلطها لمدة طويلة وتشمل:

كلوريد البوتاسيوم – كبريتات البوتاسيوم - كبريتات البوتاسيوم والماغنسيوم - كبريتات الماغنسيوم - كبريتات الأمونيوم - فوسفات الأمونيوم - سوبر فوسفات الكالسيوم الأحادى والثلاثى.

أسمدة لا يتم خلطها إلاَّ قبل الاستخدام بفترة قصيرة وتشمل:

سماد اليوريا وسماد نترات الكالسيوم ونترات الكالسيوم والأمونيوم مع كل الأسمدة السابق ذكرها.

أمثلة لما يمكن أن يكون عليه تركيب المحاليل المغذية

في مصـــــر أمكن استخدام محلول Sherif وآخرون الذي تم تحضيره سنة ١٩٩٢ من ستة أملاح ، وهذه الأملاح عبارة عن الأسمدة التجارية المتوفرة في السوق المحلي وذلك لتوفير العناصر الكبرى، بالإضافة إلى الكيماويات المعملية النقية لتوفير العناصر الصغرى حيث الاحتياج إليها يكون بكميات صغيرة (جدول ٣-٢).

وبتخفيف المحلول المركز بالماء ١٠٠ مرة (بمعنى استخدام ١ لتر من المحلول المركز السابق تحضيره وتخفيفه بـــ ١٠٠ لتر ماء) فإنه يعطى التركيزات المطلوبة للعناصر الغذائية الضرورية اللازمة لتغذية معظم النباتات (جدول ٣-٣).

obeikandi.com

جدول (٣-٢): الأسمدة والأملاح المستخدمة في تحضير محلول العناصر الكبرى والصغرى المركز ١٠٠ مرة

أسمدة العناصر الكبرى	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر	أملاح العناصر الصغري	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	٥٩٠٠	كبريتات الحديدوز	٦٠٠
كبريتات البوتاسيوم	٦٠٠٠	كبريتات المنجنيز	٦٠
كبريتات الكالسيوم	٢٠٠٠	كبريتات النحاس	٤
كبريتات الماغنسيوم	٣٦٠٠	كبريتات الزنك	٤
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٠٠٠	حامض البوريك	١٨
يوريا*	٣٠٠٠	موليبيدات الأمونيوم	٤
الوزن الكلى	**٢٤٥٠٠**	**الوزن الكلى**	**٦٩٠**

* وحيث إن اليوريا لا تستخدم إلا إذا تعذر توفير مصادر أخرى للنيتروجين، لذا فإن استخدام كبريتات الأمونيوم هو الأولى بالاستخدام. ولإحلال ٣٠٠٠ جرام من اليوريا في ١٠٠ لتر من المحلول المركز يستخدم ٧٠٠٠ جرام من كبريتات الأمونيوم لكل ١٠٠ لتر والتي تحافظ على نفس تركيز النيتروجين في المحلول.

جدول (٣-٣): تركيزات العناصر في محلول Sherif المغذي بعد التخفيف

العنصر	ملليجرام في اللتر (جزء في المليون)	العنصر	ملليجرام في اللتر (جزء في المليون)
النيتروجين	٢٠٨	الحديد	١٢
الفوسفور	٧٥	المنجنيز	٢
الكبريت	٢١١	الزنك	٠,١
الكالسيوم	١٧٦	النحاس	٠,١
البوتاسيوم	٢٩٤	البورن	٠,٣
الماغنسيوم	٥٠	الموليبدنم	٠,٢

وفى حالة الاحتياج إلى كميات كبيرة من المحلول المغذي اللازم للتغذية فإنه يتم التخفيف بنفس المعدل أي لتر لكل ١٠٠ لتر من الحجم المطلوب.

ملحوظة مهمة:

يجب أن يوضع في الاعتبار اختلاف الاحتياجات الغذائية للنبات الواحد في مراحل نموه المختلفة. فاحتياجات النباتات من العناصر الغذائية الضرورية في مرحلة بداية النمو تختلف عن مرحلة النمو وهي بدورها تختلف عن مرحلة التزهير ومرحلة النضج وتختلف حتى عن مرحلة جمع المحصول. وحيث إن المحاليل الغذائية تحضر بإضافة لتر من المحلول المركز إلى ١٠٠ لتر من الماء على حسب الاحتياج الأمثل للنباتات وهي في مرحلتي النمو والتزهير، لذ فإن تحضير المحلول في مرحلة بداية النمو يمكن أن يكون بإضافة من ٠,٥ – ٠,٧٥ لتر من المحلول المركز لكل ١٠٠ لتر من الماء ، وفي مرحلة الانضاج يحضر المحلول بإضافة ١,٢٥ لتر من المحلول المركز لكل ١٠٠ لتر من الماء، وفي مرحلة الحصاد يحضر المحلول بإضافة ٠,٧٥ لتر من المحلول المركز إلى ١٠٠ لتر من الماء وهو ما يتناسب مع احتياجات النباتات الغذائية.

وبدون الدخول في تفاصيل الحسابات عند تحضير المحاليل المغذية[١] فإنه يمكن الاعتماد على جدول (٣-٤) في تحديد كميات أسمدة العناصر الكبري التي تعطي التركيز المطلوب من العنصر، فقط مطلوب معرفة الاحتياجات بالجزء في المليون من العناصر في المحلول المغذي والأسمدة المتوفرة لتحضير المحلول المغذي منها.

ويجب الأخذ في الاعتبار أنه عندما يكون هناك عنصر مصدره أكثر من سماد مثل البوتاسيوم الموجود في نترات البوتاسيوم وكبريتات البوتاسيوم مثلاً أو الكالسيوم الموجود في نترات الكالسيوم وفي السوبر فوسفات وكبريتات الكالسيوم (الجبس) أو النيتروجين الموجود في نترات البوتاسيوم ونترات الكالسيوم فإنه لا يتم أخذ التركيز المطلوب من أي من هذه العناصر وضربه فيما يقابله في الجدول دون الأخذ في الاعتبار أن جزءاً من هذا العنصر سيضاف من سماد آخر يحتوي على هذا العنصر. فحساب البوتاسيوم كله من كبريتات البوتاسيوم سيجعل هناك زيادة من البوتاسيوم في المحلول عند إضافة نترات البوتاسيوم المحسوبة لتوفير النترات وهكذا مع العناصر الأخرى. لذلك فعليك أن تبدأ أولاً بالعناصر التي ستتوفر كلها

(١) يرجع إلى: كتاب "الزراعة وإنتاج الغذاء بدون تربة- عن دار النشر للجامعات - مصر".

من مصدر أو سماد واحد ، فإذا كان البوتاسيوم كله من النترات أو الكبريتات فابدأ بالبوتاسيوم ، وإذا كان الكالسيوم أو حتى النترات تأتيان من مصدر واحد فابدأ بما تشاء ، فقط الاحتياط عند تعدد المصادر أو الأسمدة المحتوية على العنصر.

جدول (٣-٤): أسمدة العناصر الكبرى وأوزانها الجزيئية في حالتها النقية والتجارية ونسبة العناصر بها وعدد الجرامات منها التي تعطي ١ جزء في المليون من العنصر المقابل

اسم السماد أو المركب ووزنه الجزيئي في الحالة النقية	الوزن الجزيئي في الحالة التجارية	نسبة العناصر الأساسية بها في الحالة التجارية مع التقريب	عدد الجرامات في ١٠٠٠ لتر لتعطي ١ جزء في المليون من العنصر
نترات البوتاسيوم – KNO_3 (١٠١)	١١٠	N(٪١٣), K(٪٣٥)	٧,٦٩ ٢,٨٦
نترات الكالسيوم (مائية)- (١٨٢)	١٩٠	N (٪١٥), Ca (٪٢١)	٦,٦٧ ٤,٧٦
نترات الكالسيوم (لامائية)- (١٦٤)	١٨٠	N (٪١٦), Ca (٪٢٢)	٦,٢٥ ٤,٥٥
نترات الأمونيوم – NH_4NO_3 (٨٠)	٨٠	N (٪٣٥)	٢,٨٦
كبريتات الأمونيوم – $(NH_4)_2SO_4$ (١٣٢)	١٤٠	N(٪٢٠), S(٪٢٣)	٥,٠٠ ٤,٣٤
فوسفات الأمونيوم – $NH_4H_2PO_4$ (١١٥)	١٤٠-١٢٠ بمتوسط ١٣٠	N(٪١١), P(٪٢٤)	٩,٠٩ ٤,١٧
كلوريد البوتاسيوم– KCl (٧٤,٥)	٨٠	K(٪٤٩)	٢,٠٤
كبريتات البوتاسيوم – K_2SO_4 (١٧٤)	٢٠٠	K(٪٣٩), S(٪١٦)	٢,٥٦ ٦,٢٥
فوسفات أحادى البوتاسيوم – KH_2PO_4 (١٣٦)	١٤٠	K(٪٢٨), P(٪٢٢)	٣,٥٧ ٤,٥٥
فوسفات ثنائى البوتاسيوم K_2HPO_4 (١٧٤)	١٨٠	K(٪١٧), P(٪٤٣)	٥,٨٨ ٢,٣٣
فوسفات أحادى الكالسيوم (سوبر فوسفات ثلاثي) – $Ca(H_2PO_4)_2$ (٢٥٢)	٣٥٠-٢٧٠ بمتوسط ٣١٠	P (٪١٣), Ca (٪٢٠)	٧,٦٩ ٥,٠٠

تابع جدول (٣-٤): أسمدة العناصر الكبرى وأوزانها الجزيئية في حالتها النقية والتجارية ونسبة العناصر بها وعدد الجرامات منها التي تعطي ١ جزء في المليون من العنصر المقابل

اسم السماد أو المركب ووزنه الجزيئي في الحالة النقية	الوزن الجزيئى فى الحالة التجارية	نسبة العناصر الأساسية بها في الحالة التجارية مع التقريب	عدد الجرامات في ١٠٠٠ لتر لتعطي ١ جزء في المليون من العنصر
كبريتات الماغنسيوم – $MgSO_4$ (١٢٠)	١٣٠	Mg(٪١٨), S(٪٢٥)	٥,٥٦ ٤,٠٠
كبريتات الماغنسيوم المائية – $MgSO_4.7H_2O$ – ٢٤٦	٢٤٦	Mg(٪١٠), S(٪١٣)	١٠,٠٠ ٧,٦٩
نترات الماغنسيوم – $Mg(NO_3)_2$ (١٤٨)	١٥٠	Mg (٪١٦), N(٪١٩)	٦,٢٥ ٥,٢٦
كبريتات الكالسيوم (الجبس)- $CaSO_4.2H_2O$ (١٧٢)	١٩٠	Ca(٪٢١), S(٪١٧)	٤,٧٦ ٥,٨٨
كلوريد الكالسيوم – $CaCl$ (١٤٧)	١٥٠	Ca(٪٢١), Cl(٪٤٧)	٤,٧٦ ٢,١٣
اليوريا-$CO(NH_2)_2$ (٦٠)	٦٠	N(٪٤٧)	٢,١٣
حامض الكبريتيك - H_2SO_4 (٩٨)	١٠٠	S (٪٣٢)	٣,١٣
حامض النيتريك - HNO_3 (٦٣)	٦٥-٧٠ بمتوسط ٦٧,٥	N(٪٢١)	٤,٧٦
حامض الأيدروكلوريك – HCl (٣٦,٥)	٤٠	Cl (٪٨٩)	١,١٢

أمثلة توضيحية لتحضير المحاليل الغذائية من خلال الأرقام الحسابية بجدول (٣-٤)

ففي حال تحضير المحلول المغذي المستخدم في الولايات المتحدة الأمريكية :

صيفاً: تركيز العنصر بالجزء في المليون به كالتالي: [N = 180 (منها ٢٨ على صورة أمونيوم + ١٥٢ على صورة نترات) ، P = 63، K = 410، Ca = 220، Mg = 50] فإن كميات الأسمدة والتي يوضحها جدول (٣-٥) تحسب كما يلي:

النيتروجين الأمونيومي

٢٨ جزءاً في المليون من النيتروجين الأمونيومي تأتي من ١٤٠ جراماً من كبريتات الأمونيوم والمتحصل عليها بضرب ٢٨ في رقم ٥ المقابلة للنيتروجين في كبريتات الأمونيوم في الجدول (٢٨ × ٥ = ١٤٠ جرام).

النيتروجين النتراتي والبوتاسيوم

١٥٢ جزءاً في المليون من النيتروجين النيتراتي تأتي من ١١٥٩ جراماً من نترات البوتاسيوم والمتحصل عليها بضرب ١٥٢ في ٧,٦٩ المقابلة للنيتروجين في نترات البوتاسيوم (١٥٢× ٧,٦٩ =١١٥٩جرام) وهذه الكمية من نترات البوتاسيوم بها ٣٥٪ بوتاسيوم كما في الجدول **وهو ما يعادل ٤٠٦ جزء في المليون بوتاسيوم** (١١٥٩ × ٣٥٪ = ٤٠٦) وهى الكمية المطلوبة تقريباً في المحلول من البوتاسيوم.

الفوسفور

٦٣ جزءاً في المليون من الفوسفور تأتي من ٤٨٥ جراماً من السوبر فوسفات والمتحصل عليها من ضرب ٦٣ في ٧,٦٩ المقابلة للفوسفور في السوبر فوسفات الثلاثي في الجدول (٦٣ × ٧,٦٩ = ٤٨٥ جرام) وهذه الكمية بها ٢٠٪ كالسيوم كما في الجدول **وهو ما يعادل ٩٧ جزءاً في المليون كالسيوم** (٤٨٥ × ٢٠٪ = ٩٧ جزء في المليون).

الكالسيوم

وحيث إن المطلوب من الكالسيوم هو ٢٢٠ جزءاً في المليون منها ٩٧ تم توفيرها من السوبر فوسفات فيتبقى ١٢٣ جزءاً تأتي من ٥٨٥ جراماً من كبريتات الكالسيوم وذلك بضرب ١٢٣ جزءاً المتبقية في ٤,٧٦ المقابلة للكالسيوم في كبريتات الكالسيوم في الجدول (١٢٣ ×٤,٧٦ = ٥٨٥ جرام).

الماغنسيوم

٥٠ جزءاً في المليون تأتي من ٥٠٠ جرام من كبريتات الماغنسيوم وذلك بضرب رقم ٥٠ في رقم ١٠ الموجود بالجدول والمقابل للماغنسيوم في كبريتات الماغنسيوم (٥٠×١٠ = ٥٠٠ جرام).

obeikandl.com

شتاء: تركيز العنصر بالجزء في المليون به كالتالي: [N = 104 (منها ٢٨ على صورة أمونيوم + ٧٦ على صورة نترات) ، P = 63، K = 410، Ca = 220، Mg = 50] فإن كميات الأسمدة والتي يوضحها جدول (٣-٥) تحسب كما يلي:

النيتروجين الأمونيومي

نفس التركيز ٢٨ جزءاً في المليون تأتي من ١٤٠ جراماً كبريتات الأمونيوم.

النيتروجين النتراتي والبوتاسيوم

٧٦ جزءاً في المليون من النيتروجين النيتراتي تأتي من ٥٨٥ جراماً من نترات البوتاسيوم وذلك بضرب٧٦ في رقم ٧,٦٩ المقابلة للنيتروجين في نترات البوتاسيوم (٧٦ × ٧,٦٩ = ٥٨٤,٤٤ جرام وهذه الكمية من نترات البوتاسيوم بها ٣٥٪ بوتاسيوم كما في الجدول وهو ما يعادل ٢٠٥ جزءاً في المليون بوتاسيوم ويتبقى من ٤١٠ بوتاسيوم ٢٠٥ أخرى يتم توفيرها من كبريتات البوتاسيوم بضرب ٢٠٥ في رقم ٢,٥٦ المقابلة للبوتاسيوم في كبريتات البوتاسيوم في الجدول (٢٠٥ × ٢,٥٦ = ٥٢٤,٨ جرام) وهو ما يساوي بالتقريب ٥٢٥ جرام.

تركيزات **الفوسفور - الكالسيوم - الماغنسيوم** كما هي في المحلول المجهز صيفاً وتحضر بنفس الكميات.

جدول (٣-٥): المحلول المغذي الأكثر شيوعاً في الولايات المتحدة الأمريكية

الملـــــــح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠٠ لتر	
	صيفاً	شتاء
نترات البوتاسيوم	١١٦٩	٥٨٥
كبريتات البوتاسيوم	--	٥٢٥
كبريتات الكالسيوم (جبس)	٥٨٥	٥٨٥
كبريتات الماغنسيوم	٥٠٠	٥٠٠
سوبر فوسفات ثلاثي	٤٨٥	٤٨٥
كبريتات الأمونيوم	١٤٠	١٤٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٨٧٩**	**٢٨٢٠**

obeikandl.com

وعند تحضير محلول Knop المستخدم في ألمانيا والمحتوي على [N = 125، P = 45، K = 136، Ca = 136، Mg = 20 جزءاً في المليون] فإن كميات الأسمدة المستخدمة في جدول (٣-٦) تم حسابها من خلال التركيزات المطلوبة من العناصر لهذا المحلول وأسمدة فوسفات أحادى البوتاسيوم - نترات الكالسيوم - كبريتات الماغنسيوم - نترات البوتاسيوم المتوفرة له وأرقام جدول (٣-٤) المقابلة لهذه الأسمدة وما بها من عناصر كما يلي:

الفوسفور

٤٥ جزءاً في المليون تأتي من فوسفات أحادي البوتاسيوم بضرب ٤٥ في رقم ٤,٥٥ المقابلة للفوسفور في فوسفات أحادي البوتاسيوم في الجدول (٤٥ × ٤,٥٥ = ٢٠٤,٧٥ جرام) أي ٢٠٥ جراماً ، وهذه الكمية بها ٢٨٪ بوتاسيوم كما في الجدول وهو ما عادل ٥٧ جزءاً في المليون من البوتاسيوم.

البوتاسيوم

١٣٦ جزءاً في المليون بوتاسيوم منها ٥٧ جزءاً في المليون من فوسفات أحادي البوتاسيوم ويتبقى ٧٩ جزءاً يتم الحصول عليها من نترات البوتاسيوم بضرب ٧٩ في ٢,٨٦ المقابل للبوتاسيوم في نترات البوتاسيوم في الجدول (٧٩ × ٢,٨٦ = ٢٢٥,٩٤ جرام) أي ما يعادل ٢٢٦ جراماً نترات البوتاسيوم. وهذه الكمية بها ١٣٪ نيتروجين أي ما يعادل ٢٩ جزءاً في المليون من النيتروجين.

النيتروجين

تركيز النيتروجين المطلوب في المحلول هو ١٢٥ جزءاً في المليون، تم توفير ٢٩ جزءاً منها من نترات البوتاسيوم ليصبح الباقي ٩٦ جزءاً في المليون يتم تدبيرها من نترات الكالسيوم وذلك بضرب ٩٦ × ٦,٦٧ المقابل للنيتروجين في نترات الكالسيوم (٩٦ × ٦,٦٧ = ٦٤٠,٣٢ جرام) أي يساوي ٦٤٠ جراماً.

الكالسيوم

٦٤٠ جراماً نترات كالسيوم والتي استخدمت لتوفير باقي كمية النيتروجين في المحلول بها ٢١٪ كالسيوم أي ١٣٤ جزءاً في المليون كالسيوم وهو المطلوب في المحلول تقريباً.

openkan.com

الماغنسيوم

٢٠ جزءاً في المليون تأتي من كبريتات الماغنسيوم وذلك بضرب ٢٠ في رقم ١٠ الموجود بالجدول والمقابل للماغنسيوم في كبريتات الماغنسيوم ليصبح المطلوب ٢٠٠ جرام.

جدول (٣-٦): كميات الأسمدة المستخدمة في تحضير المحلول المغذي الأكثر شيوعاً في ألمانيا

الملـــــــح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠٠ لتر
نترات البوتاسيوم	٢٢٦
نترات الكالسيوم	٦٤٠
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٠٥
كبريتات الماغنسيوم	٢٠٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**١٢٧١**

وبنفس الكيفية يتم تحضير محلولي التغذية المستخدمان بكثرة في المملكة المتحدة ومكوناتهما:

المحلول الأول: تركيز العنصر بالجزء في المليون به كالتالي: [N = 200، P = 88، K = 200، Ca = 270، Mg = 50] ويحضر من أسمدة نترات البوتاسيوم – نترات الصوديوم – كبريتات الكالسيوم – كبريتات الماغنسيوم – سوبر فوسفات ثلاثي – كبريتات الأمونيوم.

المحلول الثاني: تركيز العنصر بالجزء في المليون به كالتالي: [N = 145، P = 70، K = 90، Ca = 180، Mg = 58] ويحضر من أسمدة فوسفات أحادي البوتاسيوم – نترات الكالسيوم – كبريتات الماغنسيوم – كبريتات الأمونيوم.

وكذلك المحلول المستخدم على نطاق واسع في جنوب إفريقيـــا ومكوناته:

صيفاً: تركيز العنصر بالجزء في المليون به كالتالي: [N = 200، P = 94، K = 330، Ca = 305، Mg = 50] ويحضر من أسمدة نترات الكالسيوم – كبريتات البوتاسيوم – كبريتات الماغنسيوم – سوبر فوسفات ثلاثي – كبريتات الأمونيوم.

شتاء: تركيز العنصر بالجزء في المليون به كالتالي: [N = 100، P = 95، K = 380، Ca = 220، Mg = 50] ويحضر من أسمدة نترات الكالسيوم – كبريتات البوتاسيوم – كبريتات الماغنسيوم – سوبر فوسفات ثلاثي.

obeikandi.com

ملاحظات مهمة على المحاليل المغذية

- يلاحظ أن تركيز كل من النيتروجين والكالسيوم في المحلول المغذي يقل في فصل الشتاء عنه في فصل الصيف بمعدل يصل إلى ٦٠-٨٠ جزءاً في المليون للنيتروجين ، ٨٠-١٠٠ جزء في المليون للكالسيوم.
- معظم المحاصيل يصلح لها مستوى ثابت من الفوسفور (٦٢ جزءاً في المليون) والماغنسيوم (٥٠ جزءاً في المليون) وفي مدي من ١٥٠-٢٠٠ جزءاً في المليون للبوتاسيوم.
- يمكن زيادة نسبة البوتاسيوم إلى النيتروجين لتصبح ٤ : ١ لتجنب احتمالات الإصابة بمرض تعفن الساق البكتيري في الطماطم.
- في مراحل النمو الأولى وحتى بداية مرحلة عقد ثمار الطماطم يجب أن يتوفر في المحلول المغذي ما لا يقل عن ١١٤ جزءاً في المليون من النيتروجين ، ١٢٥ جزءاً في المليون من الكالسيوم يتم زيادتها إلى ١٤٤ جزءاً في المليون للنيتروجين، ١٦٥ جزءاً في المليون للكالسيوم وذلك من بداية العقد وحتى نهاية المحصول وهو ما يناسب أيضاً مراحل النمو الأولى وحتى بداية عقد ثمار الخيار، وعند هذه المرحلة وحتى نهاية المحصول يتم زيادة تركيز النيتروجين إلى ٢٦٠ والكالسيوم إلى ٣٢٠ جزءاً في المليون.
- يتم إضافة العناصر الصغرى من مركباتها باستخدام جدول (٣-٧) والذي يوضح الكمية المطلوبة من المركب لتعطي ١ جزء في المليون كما كان متبعاً مع العناصر الكبري في جدول (٣-٤).
- عند عدم توافر ميزان لوزن كميات الأسمدة في المنازل يمكن التغلب عليه بالمعايرة باستخدام ملعقة الشوربة وملعقة الشاي في تقدير الوزن. حيث إن ملعقة الشوربة تعادل وزناً قدره حوالي ١٥ جراماً وملعقة الشاي تعادل وزناً قدره حوالي ٥ جرامات تقريباً.
- يمكن استخدام أحد مخلوطي العناصر الصغرى التالية: مخلوط رقم (١) والذي يوضحه جدول (٣-٨) ومخلوط رقم (٢) والذي يوضحه جدول (٣-٩) مع العناصر الكبرى ليكون المحلول المغذي متكاملاً.

openkan.com

جدول (٣-٧): أسمدة العناصر الصغرى وأوزانها الجزيئية في حالتها النقية ونسبة العنصر بها وعدد الجرامات منها التي تعطي ١ جزء في المليون من العنصر

اسم السماد أو المركب	الوزن الجزيئى	النسبة المئوية للعنصر في المركب	عدد الجرامات في ١٠٠٠ لتر لتعطي ١ جزء في المليون من العنصر
كبريتات الحديدوز	٢٧٨	Fe ٪٢٢,٢	٤,٥٠
كبريتات الحديدوز والأمونيوم	٣٩٢	Fe ٪١٤,٣	٦,٩٩
كلوريد الحديديك	٢٧٠,٥	Fe ٪٢٠,٧	٤,٨٣
طرطرات الحديد	٢٠٤	Fe ٪٢٧,٥	٣,٦٤
سترات الحديد	٢٩٩	Fe ٪١٨,٩	٥,٢٩
سترات الحديد والأمونيوم	٤٠٨	Fe ٪١٣,٧	٧,٣٠
كبريتات النحاس	٢٤٩,٦٨	Cu ٪٢٥,٥	٣,٩٢
كبريتات الزنك	٢٨٧,٥٤	Zn ٪٢٢,٩	٤,٢٧
كبريتات المنجنيز	١٦٩	Mn ٪٣٢,٥	٣,٠٨
كبريتات المنجنيز	٢٢٣	Mn ٪٢٤,٧	٤,٠٥
حامض البوريك	٦٢	B ٪١٨,١	٥,٥٢
البوراكس	٣٨٢	B ٪١١,٨	٨,٤٧
أيوديد البوتاسيوم	١٦٦	I ٪٧١,٠	١,٤١
سليكات البوتاسيوم	١٥٤	Si ٪١٨,٧	٥,٣٥
سليكات الصوديوم	١٢٢	Si ٪٢٣,٠	٤,٣٥
فلوريد الصوديوم	٤٢	F ٪٤٥,٠	٢,٢٢
كبريتات الألومنيوم	٣٨٢	Al ٪١٥,٨	٦,٣٣

obeikandl.com

جدول (٣-٨): مخلوط رقم ١ من العناصر الصغرى وزناً ومعايرة

المركب	الكمية بالوزن (جم)	الكمية بالمعايرة
كبريتات الحديدوز	٣٠	٢ ملعقة شوربة
كبريتات المنجنيز	٥	ملعقة شاي
حامض البوريك	٥	ملعقة شاي
موليبدات الأمونيوم	١,٢٥	ربع ملعقة شاي
كبريتات الزنك	٢,٥	نصف ملعقة شاي
كبريتات النحاس	٢,٥	نصف ملعقة شاي

يؤخذ من هذا الخليط ٢,٥ جرام أي ما يعادل نصف ملعقة شاي وتضاف على ١٠٠ جالون ماء والذي يساوي ٤٥٤ لتراً من الماء حسب النظام الإنجليزي.

مخلوط رقم ٢ يجهز من مجموعتين من المركبات ويحتفظ بكل مجموعة بمفردها في حالة عدم الاستخدام المباشر، أما إذا كان الاستخدام مباشراً فيتم خلطهما وإذابتهما معاً.

جدول (٣-٩): مخلوط رقم ٢ من العناصر الصغرى وزناً ومعايرة

أجزاء مخلوط (٢)	المركب	الكمية بالوزن (جم)	الكمية بالمعايرة
أ	حديد مخلبي	١٠	٢ ملعقة شاي
	كلوريد المنجنيز	٢,٥	نصف ملعقة شاي
	حامض البوريك	٢,٥	نصف ملعقة شاي
	موليبدات الأمونيوم	١,٢٥	ربع ملعقة شاي
ب	كبريتات الزنك	١,٥	ربع ملعقة شاي
	كبريتات النحاس	٢,٥	نصف ملعقة شاي

يذاب كل من الخليطين أ، ب معاً في جالون من الماء (٤,٥ لتر تقريباً) كمحلول مركز من العناصر الصغرى يضاف منه ١٠ نقط لكل ١٠ جالون (٤٥ لتراً تقريباً) من المحلول المغذي المحتوي على العناصر الكبرى.

- يمكن إضافة ١٠٠ جزء في المليون من عنصر السليكون Si في صورة ميتا سليكات الصوديوم للمحلول المغذي الذي تم تحضيره للحد من الإصابة وانتشار فطر البثيوم

Pythium aphanidermatum , Pythium ultimum الذي يصيب الخيار وينتشر بسرعة في مزارع المحاليل المغذية.

- وعلى ذكر السليكون وتأثيره على مقاومة أمراض البثيوم ، وجد أن إضافة الشيتوسان (وهى مركبات مستخلصة من الجدر الخارجية الصلدة للكائنات البحرية) بمعدل من ١٠٠ إلى ٤٠٠ جزء في المليون يؤدي إلى حماية نباتات الخيار من الإصابة بأمراض البثيوم أيضاً.
- يمكن إضافة ٥ لتر من شاي الكمبوست النباتي (المستخلص بنسبة ١ : ٥) لكل ١٠٠ لتر من المحلول المغذي المخفف للوقاية من أمراض الجذور.

ضبط تركيز المحلول المغذي:

سبق وأن أوضحنا أن من شروط المحلول المغذي ألا يكون تركيز الأملاح فيه مرتفعاً بدرجة تؤثر على نمو النبات ، وذكرنا أن التوصيل الكهربي للمحلول المغذي عادة ما يكون في حدود ٢-٣ ملليموز/سم والضغط الإسموزي له في حدود ٠,٥-١ ضغط جوي. وتؤدي زيادة تركيز الأملاح عن هذه المعدلات التي يجب أن يكون عليها المحلول إلى زيادة التوصيل الكهربي وزيادة الضغط الأسموزي والذي بدوره يؤدي إلى ضعف النمو نتيجة عدم قدرة النباتات على أخذ احتياجاتها من الماء والعناصر الغذائية. ومع ذلك فإن التوصيل الكهربي لا يعتمد فقط على تركيز الأملاح في المحلول ولكن يعتمد أيضاً على تركيز كل ملح منها على حدة، ودرجة توصيله للكهرباء، فمثلاً كبريتات الأمونيوم توصل الكهرباء بمقدار ضعف توصيل نترات الكالسيوم وأكثر من ثلاثة أمثال توصيل كبريتات الماغنسيوم. كما أن أيونات النترات تأثيرها ضعيف في التوصيل إذا ما قورنت بتأثير البوتاسيوم على التوصيل في حين أن اليوريا عديمة التوصيل الكهربي على الإطلاق. وهذه المعلومات ضرورية لتوقع ما يمكن أن يكون عليه درجة التوصيل الكهربي عند استخدام أملاح معينة في المحلول المغذي. الأمر الآخر الذي يؤثر في زيادة تركيز الأملاح في المحلول هو اختلاف النباتات في طبيعة امتصاصها للماء والعناصر الغذائية، فإذا ما كان امتصاص الماء أكثر من امتصاص عناصر التغذية زاد تركيز الأملاح في المحلول المغذي، في حين زيادة امتصاص العناصر بسرعة أكبر من امتصاص الماء يؤدي إلى تخفيف المحلول ونقص العناصر الغذائية به.

ويقاس التوصيل الكهربي بجهاز الـ EC ، ففي حالة زيادة تركيز الأملاح عن ٥ ملليموز/ سم يمكن تخفيف المحلول المغذي بإضافة الماء بمعدل لتر لكل ٢ لتر من المحلول، وفي حالة انخفاض التركيز عن ١ ملليموز/ سم يضاف جزء من المحلول المركز بمعدل التخفيف المستخدم في التحضير. ولتلافي أي أضرار من تخفيف وزيادة تركيز المحلول المغذي يتم تغيير المحلول كل ٣-٤ أسابيع في المراحل الأولى لنمو النباتات ، ومن ٢-٣ أسابيع في المراحل المتقدمة من النمو. والمحلول المغذي الذي سيتم تغييره يمكن أن يستخدم في ري النباتات المزروعة في الأرض العادية للاستفادة مما تبقى به من عناصر غذائية.

ضبط رقم حموضة المحلول المغذي:

سبق وأن ذكرنا أن أنسب رقم حموضة للمحلول المغذي يقع في المدى ما بين ٥,٥-٦,٥، وهذا المدى يتيح للعناصر الغذائية في المحلول المغذي استمرار التيسر والامتصاص بواسطة جذور النبات. ومن جهة أخرى فإن النباتات ذاتها لها مدى من رقم الحموضة تكون فيه قدرتها على النمو أفضل ما يمكن ، فمثلاً الباذنجان والكنتالوب يفضلان المدى ما بين ٥,٥-٦,٥ ، والفلفل والخيار يفضلان المدى ما بين ٥,٥-٧ ، والطماطم والقنبيط يفضلان المدى ما بين ٥,٥-٧,٥ في حين يفضل كل من الخس والبصل المدى ما بين ٦-٧، والسبانخ والبامية والكرنب يفضل كل منها المدى ما بين ٦-٧,٥. لذا يجب قياس رقم الحموضة باستخدام أجهزة بسيطة للقياس تسمى جهاز الـ pH ، فإذا لم يتيسر فإنه يمكن القياس باستخدام ورق دوار الشمس الذي يوضح بشكل تقريبي رقم الـ pH ، فإذا كان المحلول قاعدياً فإنه يزرق ورقة دوارالشمس الحمراء في حين أنه إذا كان حامضياً فإنه يحمر ورقة دوار الشمس الزرقاء. بل إن درجة اللون الأزرق أو الأحمر تدل على درجة القاعدية أو الحامضية للمحلول وأحياناً يكون لكل درجة من درجات اللون رقم للـ pH مدون على غلاف علبة ورقة دوار الشمس. فمثلاً إذا كان رقم الـ pH قاعدياً وأعطى رقم ٨ بواسطة جهاز القياس أو عن طريق درجة اللون فإنه يمكن ضبط هذا الرقم وإعادته إلى مدى الأرقام المناسبة للحموضة باستخدام الخل الأبيض النقي وفي هذه الحالة يكفي إضافة ملعقة شوربة من الخل إلى ١٢ لتراً من المحلول المغذي لينخفض رقم الحموضة من ٨ إلى ٦,٨ وليصبح في المدى المناسب للمحلول وللنبات ، كما يمكن

استخدام حامض النيتريك أو الفوسفوريك المخفف لهذا الغرض في حالة المزارع الواسعة والمحاليل الكبيرة. أما إذا كان المحلول أكثر حامضية ورقم حموضته أقل من ٥ فإنه يمكن استخدام الصودا الكاوية (أيدروكسيد البوتاسيوم) في رفع رقم الـ pH. ويستخدم هنا بضع نقط من الصودا والانتظار ساعة إلى ساعتين ثم نعاود القياس حتى الوصول إلى المدي المناسب ، وإذا تعذرت الإضافة والقياس فيمكن إضافة ملعقة شوربة من الصودا على أكثر تقدير وهي في هذه الحالة تعادل تقريباً ٥ ملليلتر من محلول الأيدروكسيد.

* * *

obeikandl.com