

الفصل التاسع

تغذية النباتات فى الزراعات اللا أرضية

Plant Nutrition in Soilless Agriculture

المحلول المغذى

Nutrient Solution

obeikandi.com

تغذية النباتات فى الزراعات اللا أرضية

Plant Nutrition in Soilless Agriculture

مقدمة:

الهيدروبنكس Hydroponics أو نمو النباتات فى المحاليل المغذية بدأ فى التطور منذ التجارب الأولى التى أجريت لمعرفة تركيب النبات والمواد التى تسبب نموه بواسطة العالم البلجيكى Jan Van Helmont سنة ١٦٠٠، إلا أن نمو النباتات بهذه الطريقة كان قبل ذلك بكثير، حيث تعتبر حدائق بابل المعلقة وحدائق المكسيك والصين القائمة أمثلة للهيدروبنكس، بل إن الأكثر من ذلك هو ما سجلته اللغة الهيروغليفية المصرية القديمة من تنمية النباتات فى الماء قبل عدة مئات من السنين قبل الميلاد.

وسار على درب Van Helmont كثير من الباحثين والعلماء، ومع تطور علوم الكيمياء أمكن التوصل إلى مكونات النبات والمواد التى يحتاجها للنمو والتى عرفت بالعناصر المغذية، واستطاع العالم الألمانى Sachs سنة ١٨٦٠ وزميله Knop سنة ١٨٦١ زراعة النباتات وتنميتها فى محلول مائى Water solution به العناصر المغذية التى تحتاجها بدون الاستعانة بأى بيئة نمو، وعرف هذا النظام بمزارع المغذيات "Nutriculture" وهو النظام الذى ما زال يستخدم فى معامل فسيولوجيا وتغذية النبات حتى الآن ويعرف باسم Hydroponics. وأول من أطلق مصطلح الـ Hydroponics على مزارع المحاليل المغذية العالم Gericke بجامعة كاليفورنيا سنة ١٩٢٩. وفى الفترة من سنة ١٩٢٥ إلى سنة ١٩٣٥ نشطت البحوث بهدف تطوير وتحوير تقنية مزارع المغذيات Nutriculture للاستخدام التطبيقى خارج إطار المعمل والبحوث الأكاديمية لاستغلال الأراضى الواقعة تحت الصوب الزراعية بعد ظهور كثير من المشاكل فى بنائها وخصوبتها بالإضافة إلى الإصابة بالأمراض الفطرية والحشرية، وكانت تجارب Gericke الرائدة فى هذا المجال، حيث قام بزراعة عدة محاصيل درنية مثل: الجزر واللفت والبنجر والبطاطس، بالإضافة إلى محاصيل الحبوب والزهور والخضر فى تنكات وأوعية كبيرة بها المحاليل المغذية، واستخدمت هذه الطريقة منذ سنة ١٩٤٠ فى الباسيفيك لزراعة الأراضى غير

الصالحة للزراعة .

والهيدرونيكس Hydroponics كلمة يونانية تتكون من مقطعين الاول Hydro بمعنى الماء، والثاني Ponics بمعنى العمل ليصبح المعنى «عمل الماء» أو «المزارع المائية»- وذلك للترفة بين هذه الوسيلة وبين الزراعة باستخدام التربة والتي يطلق عليها باليونانية Geoponics -إلا أن الماء H_2O لا يستطيع بمفرده أن يمد النباتات النامية فيه إلا بعنصرى الأيدروجين والاكسجين، وبالتالي يحتاج إلى إضافة باقى العناصر المغذية للنبات Essential elements فيتحول الماء إلى محلول للتغذية، ولذلك فإنه من الأصوب التعبير عن الهيدرونيكس بأنها «مزارع المحاليل المغذية أو مزارع المحاليل» بدلاً من القول بأنها «مزارع مائية» .

ثم أخذت الزراعة اللاأرضية بعداً آخر من الناحية التطبيقية أثناء وبعد الحرب العالمية الثانية منذ سنة ١٩٤٥، حيث قام الجيش الأمريكى فى اليابان بعمل مزرعة لا أرضية (وكانت بيئة النمو هى الحصى Gravel) وذلك على مساحة ٢٢ هكتاراً (حوالى ٥٥ فداناً) فى إحدى ضواحي مدينة طوكيو لإمداد جنود قواته بالخضراوات النقية والطازجة . وفى سنة ١٩٥٠ بدأ انتشار طرق الزراعة اللاأرضية فى عدد من دول العالم مثل : إيطاليا وإسبانيا وفرنسا وإنجلترا وألمانيا والسويد والاتحاد السوفيتى السابق وفلسطين المحتلة فى مساحات محدودة . وتطور صناعة البلاستيك- والمضخات المائية وساعات ضبط الوقت وغيرها من الأدوات المستخدمة فى مثل هذه الأنظمة- أخذت الزراعة اللاأرضية خطوة واسعة إلى الأمام، حيث تحولت من نظام للزراعة إلى تكنولوجيا زراعية تستخدم فيها الميكنة الخاصة بها والحاسبات الآلية مما يقلل من مصاريف الإنشاء والتشغيل فى آن واحد مقارنة بما تحققه من إنتاج كبير، وبدأت دول كثيرة تطبق أنظمة الزراعة اللاأرضية مثل : هولندا- استراليا- بولندا- جزر الباهاما- جنوب أفريقيا- البرازيل- شيلي- سنغافورة- ماليزيا- إيران- أبوظبي- الكويت .

وأنواع المزارع اللاأرضية أصبحت من الكثرة بحيث أصبح عدد طرق الزراعة بها يساوى تقريبا عدد البيئات المستخدمة فيها، ومثل ذلك المزارع الرملية- مزارع الحصى- مزارع الفيرمكيوليت- مزارع البرليت- مزارع الصوف الصخرى- مزارع نشارة الخشب- مزارع صوف الخبث- مزارع البازلت ومزارع الحجر الخفاف، ومزارع بالات القش، ومزارع

المحاليل المغذية..... إلخ. كما ظهرت مسميات أخرى على أساس طريقة التغذية مثل طريقة الاغشية المغذية (Nutrient Film Technique (NFT) وطريقة المحاليل الساكنة Static Solution Culture ومنها المحاليل العميقة Deep Solution أو السطحية Shallow Solution والتغذية بالرذاذ Mist والتغذية تحت السطحية -Sub Nutrition والتغذية بالجذور المنشققة Split-Root Nutrition..... إلخ.

وبصفة عامة فإنه يمكن القول بأن مزارع المحاليل المغذية أو الـ Hydroponics هي حجر الأساس الذى ارتكزت عليه الزراعات اللاأرضية وتعرف على أنها تكنولوجيا إتمام النباتات فى المحاليل المغذية مع استخدام أو عدم استخدام بيئة خاملة كعامل تثبيت ميكانيكى (مثل: الرمل- الحصى- نشارة الخشب- الصوف الصخرى..... إلخ) وغالباً ما يكون المحلول فى حالة دوران Circulating فى نظام مغلق Closed system (حيث يعاد استخدام المحلول أكثر من مرة) أو غير متحرك Static or non-circulating فى نظام مفتوح Open system (أى يستخدم المحلول مرة واحدة). وبالتوسع فى هذا المجال ظهر اصطلاح Soiless culture وتعنى الزراعة بدون تربة أو أرض أو « الزراعة اللاأرضية » وكلها تعنى إتمام النباتات فى بيئات خاملة صلبة (من غير التربة الطبيعية) مع التغذية بالمحاليل المغذية ومع الفرق الواضح بين الـ Hydroponics, Soiless culture إلا أنهما يعنيان الزراعة بعيداً عن التربة أو الأرض الطبيعية أياً كانت طريقة أو وسيلة النمو مما يجعل مصطلح الزراعة اللاأرضية ومرادفاتها مصطلحاً جامعاً لكل طرق الزراعة التى لا تتخذ من الأرض بيئة ومهداً لنمو النباتات، وبالتالي تكون عملية التغذية بالعناصر الغذائية الأساسية وبالكميات المحسوبة والمتوازنة أهم الأسس التى تعتمد عليها هذه الطرق من طرق الزراعة الحديثة.

ومن خلال التطبيق العملى للمزارع اللاأرضية فى كثير من دول العالم، وجد أنها تحقق عدة مزايا وأهداف من الأهمية بمكان أن توضع فى الاعتبار عند صانعى قرار السياسات الزراعية على مستوى الافراد والمجتمعات والدول حيث إنها:

- ١ - لا تحتاج إلى أرض زراعية خصبة وبالتالي توجد حيث لا يمكن أن توجد زراعة.
- ٢ - كفاءة عالية فى استخدام مياه الري حيث لا يوجد فقد لها إلا الفقد عن طريق النتج

مما يوفر من ٢٠ - ٥٠٪ من المياه المستخدمة في حالة الزراعة في التربة، بالإضافة إلى ذلك فإن نوعية المياه ذات الخطر التملحي والتي تسبب مشاكل عند استخدامها في التربة يمكن استخدامها في الزراعة اللاأرضية.

٣ - كفاءة عالية في استخدام الأسمدة حيث لا يوجد فقد ولا تثبيت.

٤ - لا تحتاج إلى العمليات الزراعية التقليدية (حرث - عزيق - تنقية حشائش إلخ) مما يوفر كثير من العمالة.

٥ - المحاصيل المغذية وبيئات النمو من السهل تعقيمها، وبالتالي التغلب على مشكلة إصابة جذور النباتات بالأمراض.

٦ - تجانس المحلول المغذى وفي الوقت نفسه من السهل ضبط تركيز العناصر به مما يؤدي إلى أفضل نمو.

٧ - التكتيف الزراعي وزيادة عدد النباتات في وحدة المساحة مما يؤدي إلى زيادة المحصول.

٨ - تحت نفس الظروف البيئية فإن المزارع اللاأرضية تعطى زيادة في المحصول من ٤ - ١٠ مرات عن مثلتها في الأراضي تحت الصوب الزراعية.

٩ - في ظروف الإضاءة الجيدة فإن ثمار المحاصيل تنضج أسرع في المزارع اللاأرضية، كما أن خواص الجودة للثمار يكون أفضل.

١٠ - نتيجة لارتفاع المحصول وجودته فإن العائد الاقتصادي يكون مرتفعاً.

وإجمالاً فإن الزراعة اللاأرضية تتميز عن الزراعة التقليدية في الأراضي الطبيعية بارتفاع كفاءة التغذية للنباتات، مع الكفاءة العالية في استخدام الأسمدة والتسميد وزيادة كثافة النباتات. كل هذه المزايا تقود في النهاية إلى زيادة الإنتاج في المزارع اللاأرضية مقارنة بالزراعة التقليدية في الأراضي الزراعية (جدول ٩-١).

جدول (٩-١): يوضح إنتاج بعض المحاصيل (طن/إيكر*) في الزراعة التقليدية في الأراضي مقارنة بالزراعة اللاأرضية

المحصول	الزراعة التقليدية في الأراضي (طن/إيكر)	الزراعة في المزارع اللاأرضية (طن/إيكر)
الفول	٥	٢١
البسلة	١	٩
البنجر	٤	١٢
البطاطس	٨	٧٠
الكرنب	٥,٩	٨,٢
الحس	٤,١	٩,٥
الطماطم	١٠-٥	٣٠٠-٦٠
الخيار	٣,٢	١١٢-١٢

* الإيكر (٤٠٤٧ متر مربع) = ٠,٩٦ من الفدان (حيث إن الفدان = ٤٢٠٠ متر مربع).

وهذه كلها مزايا، إلا أن الأمر لا يخلو من عيوب، وهذه العيوب قليلة وتلافيها ممكن حيث إنها تتمثل في:

١ - ارتفاع التكاليف الأولية لإنشاء مزرعة لا أرضية. وهذا الأمر لم يعد مشكلة في ظل توافر معظم تجهيزات المزارع اللاأرضية والتي تستخدم على نطاق واسع في أنظمة الزراعة التقليدية خاصة تحت الصوب الزراعية (ومن هذه التجهيزات أنظمة الري بالتنقيط - أجهزة خلط الأسمدة مع مياه الري - المضخات المائية - ساعات التوقيت - شرائح البلاستيك إلخ). كما أن الحصول على كثير من الأحواض والقنوات المناسبة للاستخدام في المزارع اللاأرضية أصبح ميسوراً في ظل وجود منتجات البلاستيك المتوفرة في الأسواق.

٢ - تحتاج بعض الأنظمة من نوع Closed system solution و Re-circulating إلى

مصدر دائم للكهرباء. ويمكن عمل بعض التحويلات فى هذه الأنظمة بما يوفر من الطاقة المستخدمة كما يمكن استخدام المضخات التى تعمل بالديزل بدلاً من التى تعمل بالكهرباء أو استخدامها معاً كما أنه يمكن استخدام طاقة الرياح والطاقة الشمسية فى هذا المجال.

٣ - هناك بعض الأمراض الفطرية مثل: الفيوزاريوم Fusarium والفرتيسيليوم Verticillium والتى تنتشر بسرعة فى المحاليل المغذية مما تسبب شلل سريع للنباتات، وللتغلب على هذه المشكلة تستخدم أصناف النباتات المقاومة لهذه الأمراض بالإضافة إلى تعقيم المحلول.

وسوف نستعرض فى هذا الفصل - بمشيئة الله - المحاليل المغذية والشروط الواجب توافرها فيها، وكيفية تحضيرها من الأسمدة التجارية المتوفرة فى الأسواق، ونماذج لبعض المحاليل التجارية فى مصر والعالم. ولمزيد من التفاصيل يمكنكم الرجوع إلى كتاب «الزراعة وإنتاج الغذاء بدون تربة» (أبو الروس وشريف، سنة ١٩٩٥).

المحاليل المغذية Nutrient Solutions

إن الزراعة التقليدية تعتمد فى الأساس على ما تقوم به التربة - إلى جانب تدعيم النباتات النامية بها وتوفير التهوية الجيدة لجذورها - من إمداد النباتات بقدر من العناصر الغذائية الضرورية والذي يختلف باختلاف نوع الأرض وخصوبتها والذي ينضب - حتى فى أجود أنواع الأراضى - باستمرار الزراعة وتكثيفها على بقعة بعينها، الأمر الذى يحتم تعويض النقص فى محتوى التربة من العناصر الغذائية بإضافة الأسمدة والمخصبات التى تعيد إليها حيويتها وقدرتها على إنتاج المحاصيل . إذاً لا غنى عن استخدام الأسمدة للاستمرار فى عملية الزراعة، فإذا ما أمكن توفير الدعامة والتهوية الجيدة للنباتات فى أى بيئة غير بيئة الأرض الطبيعية، والتغذية بالأسمدة الذائبة فى الماء فإن ذلك يعتبر زراعة بدون تربة .

إذاً كل طرق الزراعة للأرضية تعتمد بصفة أساسية على التغذية بواسطة العناصر المغذية الأساسية المذابة فى الماء فيما يعرف بالمحلول المغذى . وهذا المحلول المغذى فضلاً عن كونه بيئة فى حد ذاته إلا أنه يعتبر العامل المحدد فى نجاح أى طرق أخرى من طرق الزراعة للأرضية التى تستهدف تحقيق أعلى إنتاج ممكن من المحصول المنزوع، وهذا الهدف لا يمكن تحقيقه أو الوصول إليه إلا باستخدام محلول غذائى متزن تتوفر فيه كل عوامل التغذية المثلى، ولذلك ولاهمية 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 - المحلول المغذى:

المحلول المغذى هو المحلول الذى يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية **Essential elements** اللازمة لنمو النباتات، وينسب متوازنة مع بعضها البعض والذي يستخدم فى إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته . ومن الصعب القول بإن 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، بالإضافة إلى اختلاف احتياجات النبات الواحد من العناصر مع تغير مراحل نموه المختلفة إلا أنه وفي كل الأحوال فلا بد أن تتوفر بعض الشروط الأساسية التي لا يمكن تجاهلها أو التغاضي عنها حتى يستطيع المحلول المغذى أداء دوره الأساسى والحيوى فى التغذية.

٢ - الشروط الواجب توافرها فى المحلول المغذى :

يجب أن تتوفر فى المحلول المغذى الشروط التالية :

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

٢ - أن يكون رقم الحموضة pH للمحلول المغذى فى حدود من ٦,٠ إلى ٦,٥ حيث إن انخفاض pH إلى الحدود الحامضية الشديدة يؤدي إلى تلف جذور النباتات، بينما ارتفاع رقم pH إلى الجانب القاعدى يؤدي إلى ترسيب كثير من العناصر فى المحلول على صورة أملاح غير ذائبة لا يستفيد منها النبات.

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

٣ - تركيز العناصر فى المحلول المغذى :

وجد Stoughton سنة ١٩٦٩ أن تركيز المغذيات فى مزارع المحاليل يكون فى حدود ١٠٠-٣٠٠ جزء فى المليون للنيتروجين، ١٢٠-٢٥٠ جزءاً فى المليون للبوتاسيوم. بينما أشار Hewitt سنة ١٩٦٩ 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 (SNSC) Static Nutrient Solution Culture، وهى مرتفعة جداً إذا ما قورنت بما تحتاجه مزارع المحاليل المتحركة أو الدائرة Flow Nutrient Solution Culture (FNSC) حيث وجد Asher and 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 في المليون، وفي السنة الأخرى عند تركيز من البوتاسيوم قدره ٣,٧٥ جزء في المليون. كذلك وجد Clement وآخرون سنة ١٩٧٤ أن نمو النباتات كان مرضياً في المحلول الدائر عند ثبات تركيز النيتروجين عند ٠,١ جزء في المليون.

هذا التعارض ما بين المحاليل الساكنة والمحاليل المستمرة في الدوران يرجع إلى أنه في حالة المحاليل الدائرة لا يحدث انخفاض في تركيز العناصر حول المجموع الجذري 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 عند تركيزات منخفضة جداً من العناصر، ولكن يظل السؤال . هل هذه التركيزات هي التركيزات المثلى لنمو النباتات؟، وأيضاً إلى أى حد يمكن أن نغير من هذه التركيزات دون أن يتأثر النمو؟

ولقد أظهرت بعض التجارب في مزارع الأغشية (Nutrient Film Technique (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 النظام.

وكأرقام استرشادية يوضح الجدول رقم (٩-٢) حدود تركيزات العناصر في المحلول المغذي للنبات.

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

جدول (٢-٩): العناصر الغذائية ومدى تركيزاتها في المحلول المغذي بالجزء في المليون

الحد المفضل	الحد الأعلى	الحد الأدنى	العنصر
٢٠٠-١٥٠	٣٠٠	٥٠	Nitrogen النيتروجين
٥٠	٢٠٠	٢٠	Phosphorous الفوسفور
٥٠٠-٣٠٠	٨٠٠	٥٠	Potassium البوتاسيوم
٣٠٠-١٥٠	٤٠٠	١٢٥	Calcium الكالسيوم
٥٠	١٠٠	٢٥	Magnesium الماغنسيوم
٥	١٢	٣	Iron الحديد
١,٠	٢,٥	٠,٥	Manganese المنجنيز
٠,١	١,٠	٠,٠٥	Coper النحاس
٠,١	٢,٥	٠,٠٥	Zinc الزنك
٠,٥-٠,٣	١,٥	٠,١	Boron البورن
٠,٠٥	٠,١	٠,٠١	Molybdenum الموليبدينم
-	٢٥٠	-	Sodium الصوديوم
-	٤٠٠	-	Chlorine الكلور

٤ - كيف يمكنك تحضير المحلول المغذي:

من الضروري فهم وتعلم كيفية تحضير المحلول المغذي سواء كان ذلك من الكيماويات النقية (في حالة التجارب والبحوث)، أو من الأسمدة التجارية (في حالة الزراعة الاقتصادية على أي مستوى).

خواص الماء :

تعتبر خواص الماء ذات أهمية قصوى فى تحضير المحاليل المغذية للزراعات اللا أرضية لذلك يجب أن يراعى ما يلى :

(١) نسبة كلوريد الصوديوم NaCl

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

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

بالإضافة إلى كلوريد الصوديوم فإنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار المحتوى الكلى للأملاح الذائبة فى الماء (TSS) Total soluble salts ، حيث إن 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 Moderately tolerant ، والرابعة تتحمل الملوحة وتسمى Tolerant plants . ولقد وجد بعض الباحثين أنه يمكن استخدام مياه ملحية تركيزات الأملاح بها تصل إلى ٣٠٠ جزء فى المليون فى تنمية بعض النباتات فى الزراعات اللا أرضية تحت اعتبارات خاصة ، منها المعرفة المسبقة لقدرة تحمل نوع النبات وصنفه للأملاح ، ومرحلة نمو النبات ، وإضافة العناصر الغذائية غير الموجودة فى المياه . لذلك فإنه عند استخدام مياه ملحية فى الزراعات اللا أرضية فإن النباتات 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) 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 يؤدي إلى زيادة رقم الـ pH وعليه يقل تيسر وصلاحية عنصر الحديد مثلاً للنبات. ومن الناحية العملية فإن مياه الآبار فى المناطق ذات الأصل الجيرى يمكن أن تحتوى على تركيز مرتفع من أملاح كربونات الكالسيوم والماغنسيوم. والماء العسر المحتوى على كربونات الكالسيوم والماغنسيوم يعتبر مناسب 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+} الماغنسيوم Mg^{2+} - الحديد Fe^{2+} - الكربونات CO_3^{2+} - البيكربونات HCO_3 ، وبالتالي تحديد الكميات المطلوب إضافتها من كل منها للوصول إلى التركيز المطلوب فى المحلول المغذى.

تحضير محلول كوبر Cooper Solution:

يعتبر هذا المحلول أكثر المحاليل استخداماً فى مزارع الأغشية المغذية. ويبين الجدول رقم (٣-٩) تركيزات العناصر فى هذا المحلول المغذى، وهى محسوبة على أساس أجزاء فى المليون أو بمعنى آخر جرام / ١٠٠٠ لتر من المحلول.

جدول (٩ - ٣): تركيزات العناصر الغذائية في محلول كوبور

التركيز بالجزء في المليون	الرمز	العنصر
٢٠٠	N	النيتروجين Nitrogen
٦٠	P	الفوسفور Phosphorous
٣٠٠	K	البوتاسيوم Potassium
١٧٠	Ca	الكالسيوم Calcium
٥٠	Mg	المغنسيوم Magnesium
١٢	Fe	الحديد Ferrous (Iron)
٢	Mn	المنجنيز Manganese
٠,١	Cu	النحاس Coper
٠,١	Zn	الزنك Zinc
٠,٣	B	البورون Boron
٠,٢	Mo	الموليبدينوم Molybdenium
٦٩	S	الكبريت Sodium

ويبين جدول (٩-٤) الأملاح التي يحضر منها محلول كوبور المغذى والأوزان المطلوبة من كل ملح لتحضير ١٠٠٠ لتر (متر مكعب) من هذا المحلول. ونظراً لشيوع استخدام هذا المحلول في تغذية النباتات، فسوف نستعرض كيفية حساب أوزان الأملاح المطلوبة لتحضير ١٠٠٠ لتر من هذا المحلول المغذى:

جدول (٩-٤) : أوزان الأملح بالجرام المستخدمة لتحضير ١٠٠٠ لتر من محلول
كوبر المغذى

الوزن المطلوب	الوزن الجزئى	الملح المستخدم فى التحضير ورمزه
١٠٠٣	٢٣٦	نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$
٥٨٣	١٠١	نترات البوتاسيوم KNO_3
٢٦٣	١٣٦	فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4
٥١٣	٢٤٦,٥	كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4 \cdot 7H_2O$
٧٩	٣٦٧	حديد مخلبى Fe-EDTA
٦,١	١٦٩	كبريتات منجنيز $MnSO_4 \cdot H_2O$
١,٧	٦٢	حامض بوريك H_3BO_3
٠,٣٩	١٤٩,٧	كبريتات نحاس $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
٠,٣٧	١٢٣٦	مولبيدات امونيوم $(NH_4)_6 Mo_7 O_{24} \cdot 4H_2O$
٠,٤٤	٢٨٧,٦	كبريتات زنك $ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$

١- تركيز الفوسفور المطلوب هو ٦٠ جزءاً فى المليون (٦٠ جراماً / ١٠٠٠ لتر) والملح المستخدم هو فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 ، وزنه الجزئى ١٣٦ جم ويحتوى على وزن ذرى واحد من الفوسفور قدره ٣١ جم. وبالتالي فإنه للحصول على ٦٠ جراماً من الفوسفور فإنه يلزم وزنه قدرها $60 \times [31 \div 136] = 263$ جم من ملح KH_2PO_4 فإذا تم إذابة هذه الوزنه فى ١٠٠٠ لتر من الماء فإن المحلول الناتج يكون تركيز الفوسفور (P) به = ٦٠ جزءاً فى المليون.

وفى صورة مختصرة فإن خطوات الحساب هى :

١- اكتب التركيز المطلوب من العنصر = ٦٠ جزءاً فى المليون.

ب- احسب الوزن الجزيئى للملح المستخدم (فوسفات أحادى البوتاسيوم
 $(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 136$.

ج- احسب وزن الملح الذى يعطى ١ جزء فى المليون فوسفور = $136 \div 31$.

د- احسب وزن الملح الذى يعطى ٦٠ جزءاً فى المليون فوسفور = $[136 \div 31] \times 60$
 $= 263$ جم .

٢- ملح فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 السابق لا يحتوى على الفوسفور فقط
ولكن به بوتاسيوم أيضاً (K)، بحيث أن كل وزن جزئى (١٣٦ جراماً) يحتوى
على وزن ذرى واحد من البوتاسيوم قدره ٣٩ جراماً، وبالتالي فإن الوزن التى
مقدارها ٢٦٣ جم من ملح فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 والثى مقدارها
٢٦٣ جم من ملح فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4 والثى تمت إذابتها فى
١٠٠٠ لتر من الماء تحتوى على مقدار من البوتاسيوم يمكن حسابه كما يلى :

أ- الوزن الجزيئى للملح (فوسفات أحادى البوتاسيوم $(\text{KH}_2\text{PO}_4) = 136$.

ب- نسبة البوتاسيوم فى الملح = $136 \div 39$

ج- وزن البوتاسيوم فى ٢٦٣ جم من $\text{KH}_2\text{PO}_4 = [136 \div 39] \times 263 = 75$ جم .

وحيث إن هذه الوزن تم إذابتها فى ١٠٠٠ لتر من الماء، فيكون تركيز البوتاسيوم ٧٥
جزءاً فى المليون . ولكن تركيز البوتاسيوم المطلوب فى المحلول المغذى (انظر جدول
التركيزات رقم ٩-٣) هو ٣٠٠ جزء فى المليون، ولذلك 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، والذى
يحتوى على وزن ذرى من البوتاسيوم قدره ٣٩ جم، وبالتالي فإنه للحصول على ٢٢٥
جم من البوتاسيوم يلزم وزنه من نترات البوتاسيوم قدرها $[101 \div 39] \times 225 =$
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 يلي:

أ- نسبة النيتروجين N فى نترات البوتاسيوم KNO_3 (من الوزن الذرى والوزن الجزيئى) $= 14 \div 101$

ب- وزنة نترات البوتاسيوم KNO_3 (٥٨٣ جم) التى تم إضافتها للماء تحتوى على كمية نيتروجين قدرها $[14 \div 101] \times 583 = 81$ جم نيتروجين.

ولرفع تركيز النيتروجين إلى الحد المطلوب فى المحلول المغذى وهو ٢٠٠ جزء فى المليون، فإنه يلزم إضافة ١١٩ جزءاً فى المليون من النيتروجين بدون إضافة كمية أخرى من البوتاسيوم. ولذلك فإن هذه الكمية المتبقية من النيتروجين يتم الحصول عليها من ملح نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ والذى وزنه الجزيئى ٢٣٦ جراماً ويحتوى على ٢ وزن ذرى من النيتروجين قدرهما $14 \times 2 = 28$ جم، وبالتالي فإن كمية نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ اللازمة لإعطاء ١١٩ جزءاً فى المليون الإضافية من النيتروجين تساوى: $119 \times [236 \div 28] = 1003$ جم.

٤- إضافة ١٠٠٣ جرام من ملح نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ إلى ١٠٠٠ لتر من المحلول المغذى تضيف إلى جانب الـ ١١٩ جزءاً فى المليون نيتروجين، عنصر الكالسيوم. ونسبة الكالسيوم فى كل وزن جزيئى من نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2 = 40 \div 236$. وعلى ذلك فإن كمية الكالسيوم فى ١٠٠٣ جم من ملح نترات الكالسيوم تساوى $1003 \times [40 \div 236] = 170$ جم. 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 ٣٦٣ جم فوسفات بوتاسيوم، ٥٨٣ جم نترات بوتاسيوم، ١٠٠٣ جم نترات كالسيوم فى ١٠٠٠ لتر من الماء لتعطى محلول مغذى يحتوى على ٦٠ جزءاً / مليون فوسفور، ٣٠٠ جزء / مليون بوتاسيوم، ٢٠٠ جزء / مليون نيتروجين، ١٧٠ جزءاً / مليون كالسيوم.

٥- نستمر في إضافة باقى الأملح للحصول على باقى العناصر الغذائية بنفس الكيفية السابقة، حيث يتم إضافة الماغنسيوم إلى المحلول على صورة ملح كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$ والذى له وزن جزيئى قدره ٢٤٦ جم ويحتوى على وزن ذرى واحده من الماغنسيوم (Mg) قدره ٢٤ جم. وبالتالي فإنه للحصول على تركيز من الماغنسيوم قدره ٥٠ جزءاً فى المليون يلزم كمية قدرها $١٥٣ = [٢٤ \div ٢٤٦] \times ٥٠$ جم من كبريتات الماغنسيوم يتم إذابتها فى الألف لتر من الماء.

٦- تركيز الحديد المطلوب (١٢ جزءاً فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ١٢ $\times [٣٦٧ \div ٥٦] = ٧٩$ جم من مادة FeEDTA.

٧- تركيز المنجنيز المطلوب (٢ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ٢ $\times [١٦٩ \div ٥٥] = ٦,١$ جم من ملح كبريتات المنجنيز.

٨- تركيز البورن المطلوب (٠,٣ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها $٠,٣ \times [٦٢ \div ١١] = ١,٧$ جم من حامض البوريك.

٩- تركيز النحاس المطلوب (٠,١ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها $٠,١ \times [٢٥٠ \div ٦٤] = ٠,٣٩$ جم من ملح كبريتات النحاس.

١٠- تركيز الموليبدنم المطلوب (٠,٢ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها $٠,٢ \times [١٢٣٦ \div ٦٧٢] = ٠,٣٧$ جم من ملح موليبدات الامونيوم.

١١- تركيز الزنك المطلوب (٠,١ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها $٠,١ \times [٢٨٧ \div ٦٥] = ٠,٤٤$ 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 (٩-٤). 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. فمثلاً إذا كانت نقاوة مادة نترات الكالسيوم ٩٠٪، فإن الوزن المطلوب من المادة النقية (١٠٠٣

جم) يصبح $1003 \times [90 \div 100] = 1114$ جم نترات كالمسيوم من المادة ذات النقاوة ٩٠٪، وهكذا بالنسبة لباقي الأملاح.

٥- صورة النيتروجين في 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 في نظام الأغشية المغذية يتأثر نموها بدرجة كبيرة إذا كان مصدر النيتروجين الوحيد في المحلول المغذى على صورة أمونيوم. فمثلاً 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 في المحاليل المغذية قد يكون ضرورياً في بعض الحالات وخاصة إذا كانت المياه المستخدمة في تحضير المحلول قلوية التأثير. ففي مثل هذه الحالات نجد أن استخدام النيتروجين الأمونيومى يفيد كثيراً في منع ارتفاع رقم pH المحلول المغذى بدرجة كبيرة، وبالتالي يقلل من كمية الأحماض اللازمة لخفض pH المحلول باستمرار. وبصفة عامة فإنه إذا كانت المياه المستخدمة في تحضير المحلول المغذى تحتوى على تركيز مناسب من الكالمسيوم، فإنه يمكن استخدام نترات الأمونيوم بدلاً من نترات الكالمسيوم للحصول على التركيز المطلوب من النيتروجين في المحلول المغذى.

٦- ضبط pH المحلول المغذى بعد تحضيره:

أبسط طرق قياس pH المحلول هي الطريقة الوصفية وفيها يتم استخدام الاشرطة الورقية والتي يتغير لونها على حسب رقم pH المحلول الذى تغمس فيه. ويتم مقارنة لون هذه الورقة المبتلة مع خريطة توضح الألوان القياسية لدرجات pH من ١ إلى ١٤ ومن ذلك يمكن تحديد رقم pH المحلول.

وهناك طرق أخرى أكثر دقة يستخدم فيها أدلة Indicators، وهذه الأدلة عبارة عن 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.

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

بعد تحضير المحلول المغذى يقاس رقم الـ pH، فإذا كان مرتفعاً 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 ٦,٥ (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 عامل هام جداً فى تأثيره على نمو النباتات. فارتفاع تركيز الأملاح بدرجة كبيرة يؤدي 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 يؤدي زيادة تركيز أيونات معينة فى المحلول مثل الصوديوم، الكلوريد، البورن 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.

وحدات 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. [الموز = ١٠٠٠ = ملليموز = ١٠٠٠٠٠٠٠ ميكروموز].

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

$$EC \text{ ملليموز} / \text{سم} \times 10 = \text{ملليمكافىء} / \text{لتر}$$

$$EC \text{ ملليموز} / \text{سم} \times 5 = \text{ملليمكافىء} / 100 \text{ جم تربة}$$

$$EC \text{ ملليموز} / \text{سم} \times 640 = \text{جزء فى المليون}$$

$$EC \text{ ملليموز} / \text{سم} \times 0,064 = \text{نسبة مئوية} (\%)$$

$$EC \text{ ملليموز} / \text{سم} \times 0,36 = \text{ضغط جوى}$$

$$EC \text{ ملليموز} / \text{سم} \times 0,350 = \text{الأملاح الذائبة الكلية} \%$$

ويجب أن يراعى أن لا يقل التوصيل الكهربى للمحلول المغذى عن ٢,٠ ملليموز / سم، فإذا انخفض عن ذلك يضاف كمية من العناصر إلى المحلول لرفع التوصيل مرة أخرى إلى ٣,٠ ملليموز / سم.

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 تصل إلى ٨ ملليموز / سم (Abouloos وآخرون سنة ١٩٩٥) وهذا التركيز المرتفع قد لا تستطيع النباتات أن تتحملة عند نموها فى التربة.

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 تراعى نقطتين فى تحضير المحلول المركز هما :

أ- عدم حدوث ترسيب لبعض العناصر الغذائية فى المحلول نتيجة لتفاعلها مع عناصر أخرى، ويحدث هذا فى حالة تحضير المحاليل المركزة. فمثلاً: 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 فى المحلول المركز لتلافى عمليات الترسيب.

ب- الأملاح الذى يحضر منها المحلول المغذى ليست تامة الذوبان فى الماء وإنما معظمها شحيحة الذوبان. فمثلاً: ذوبان نترات البوتاسيوم ١٣٪ أى ١٣٠ جراماً لكل لتر من الماء، بينما مادة أخرى مثل نترات الكالسيوم تذوب بمعدل ٢٦٦٠ جراماً فى اللتر. ولذلك فإن أقصى تركيز يمكن تحضيره من المحلول المغذى المركز يتحكم فيه الملح ذو درجة الذوبان الأقل، وعادة ما يكون التركيز فى المحلول المركز من ١٠٠ إلى 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 المخلبي، ومحلول (B) ويحتوى على باقى الأملاح الأخرى، أى يحتوى كل محلول على مجموعة العناصر التى لا تؤثر على بعضها البعض (أى لا ترسب بعضها). ويراعى أن يكون حجم كل محلول من المحلولين المركزين فيما بين ٤٥ إلى ١٠٠ لتر حتى يمكن

تداوله بسهولة. ويفضل أن تكون المادة المصنوع منها الوعاء من البلاستيك غير المنفذ للضوء.

ومن الملاحظات التي لا يجب إهمالها عند تحضير المحاليل المركزة ما يلي :

(١) عند تحضير المحلول المركز (A) تضاف نترات الكالسيوم إلى الماء، ويتم التقليب جيداً حتى تمام الذوبان، أما الحديد المخليبي يتم خلطه جيداً 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) في جزء قليل من الماء حتى تمام الذوبان، ثم تخلط مع المحلول (B). أما حامض البوريك فيذاب أولاً في ماء مغلي حتى تمام ذوبانه قبل إضافته إلى المحلول.

(٣) عدم خلط المحلولين المركزين (A) & (B) مع بعضهما البعض بدون تخفيف وإلا حدث ترسيب لفوسفات الكالسيوم في الحال.

٩- أمثلة للمحاليل المغذية المركزة (كاملة العناصر الصغرى والكبرى):

أ- يتم تحضير ثلاثة محاليل مركزة كما يلي :

المحلول المركز (A):

يحضر من ٧,٥ كيلو جرام من نترات الكالسيوم في ١٠٠ لتر ماء
٣٠٠ جرام من الحديد المخليبي

المحلول المركز (B):

يحضر من الأوزان التالية في ١٠٠ ماء
٩,٠ كيلو جرام من نترات البوتاسيوم
٣,٠ كيلو جرام من فوسفات أحادي البوتاسيوم
٦,٠ كيلو جرام من كيريتات الماغنسيوم

تابع المحلول (B):

٤٠	جراماً من كبريتات المنجنيز
٢٤	جراماً من حامض البوريك
٨	جرام من كبريتات النحاس
٤	جرام من كبريتات الزنك
١	جرام من موليبيدات الأمونيوم

المحلول المركز (c):

يحضر من ١٠ لتر من حامض النيتريك في ١٠٠ لتر ماء

ويستخدم في ضبط رقم الـ pH للمحلول المخفف.

تركيزات العناصر في المحلول المغذي المخفف (جزء في المليون) بعد التخفيف بمعدل

١ : ١٠٠ من المحلول المركز السابق.

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

ب- باستخدام ماء عسر Hard Water

يتم هنا أيضاً تحضير ثلاثة محاليل مركزة كما يلي :

المحلول المركز (A) :

يحضر من ٥,٠ كيلو جرام من نترات الكالسيوم في ١٠٠ لتر ماء
٣٠٠ جرام من الحديد المخليبي

المحلول المركز (B) :

يحضر من الأوزان التالية في ١٠٠ لتر ماء

٨,٠	كيلو جرام من نترات البوتاسيوم
٤,٠	كيلو جرام من كبريتات البوتاسيوم
٦,٠	كيلو جرام من كبريتات الماغنسيوم
٦٠٠	جرام من نترات الامونيوم
٤٠	جرام من الكبريتات المنجنيز
٢٤	جرام من حامض البوريك
٨	جرام من كبريتات النحاس
٤	جرام من كبريتات الزنك
١	جرام من موليبيدات الامونيوم

المحلول المركز (C) :

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

ويستخدم في ضبط رقم الـ pH للمحلول المخفف .

وتركيزات العناصر (جزء في المليون) في المحلول المغذى المخفف بمعدل ١:١٠٠ من المحلول المركز السابق كما يلي:

العناصر الكبرى	التركيز (PPM)	العناصر الصغرى	التركيز (PPM)
النيروجين 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
الفوسفور P	—	الزنك Zn	٠,٠٩
		موليبدينم Mo	٠,٠٥

ملاحظات على تركيب المحلول:

(١) يلاحظ أن تركيز النيتروجين والفوسفور سوف يزداد بإضافة المحلول (C).
 (٢) عدم إضافة الفوسفور ضمن مكونات المحلول (B) اعتماداً على ماسوف يضاف من المحلول (C).

(٣) إذا لوحظ أن الكميات المضافة من المحلول (C) لا تفي باحتياجات النباتات النامية، فإنه - وعلى الفور - يتم إضافة ١,٥ كيلو جرام من فوسفات أحادي البوتاسيوم إلى المحلول (B)، وفي المقابل يتم خفض كمية كبريتات البوتاسيوم من ٤,٠ إلى ٣,٠ كيلو جرام.

١٠ - أمثلة للمحاليل المغذية المستخدمة تجارياً في المزارع للأرضية:

اقترح كثير من العلماء العديد من المحاليل المغذية المناسبة من وجهة نظر كل منهم لتغذية النباتات. ولكن هناك بعض الملامح المشتركة لكل هذه المحاليل وهي أن ثلاثة من المغذيات الكبرى وهي الكالسيوم Ca^{++} ، والمغنسيوم Mg^{++} ، والبوتاسيوم K^{+} توجد على شكل كاتيونات وثلاثة منها توجد على صورة أنيونات وهي النترات NO_3^{-} ، والفوسفات $H_2PO_4^{-}$ ، والكبريتات SO_4^{2-} .

وعلى ذلك فجميع المغذيات يمكن الحصول عليها من ثلاثة أملاح هي نترات البوتاسيوم KNO_3 ، وفوسفات الكالسيوم $Ca (H_2PO_4)_2$ ، وكبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$ ، ولكن مع ذلك فإنه يفضل استخدام أربعة أملاح بدلاً من ثلاثة حيث يوفر ذلك مرونة أكبر في تعديل تركيز ونسب المغذيات إلى بعضها البعض في المحلول المغذى.

ولكن استخدام الكيماويات النقية في تحضير المحاليل المغذية لا يمكن أن يتم إلا على نطاق ضيق في التجارب والأبحاث، بينما في غير ذلك يعتبر أمراً بالغ الصعوبة خاصة إذا كان تحضير المحاليل بغرض استخدامها في الزراعة على مساحات واسعة للإنتاج التجارى **Commercial scale** للحصول على عائد اقتصادى عالٍ، حيث إن ارتفاع أسعار هذه الكيماويات يحول دون ذلك. لذلك فلا بد من التغلب على هذه المشكلة وتحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية التي تستخدم في تسميد النباتات في الأراضى الزراعية سواء كان ذلك تحت الصوب أو خارجها، وإن كان يفضل استخدام الأسمدة الأكثر نقاوة والتي غالباً ماتستخدم تحت ظروف الصوب الزراعية.

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

الولايات المتحدة الأمريكية:

أ - المحلول المستخدم صيفاً:

تركيز العنصر بالجزء فى المليون [$N = 180$ ، $P = 63$ ، $K = 410$ ، $Ca = 220$ ، $Mg =$

[50

التحضير :

الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر	الملح
١١٠	نترات البوتاسيوم
٧٦	كبريتات الكالسيوم (جبس)
٥٢	كبريتات الماغنسيوم
٣١	سوبر فوسفات ثلاثي
١٤	كبريتات الامونيوم
٢٨٣	الوزن الكلى للأملاح المضافة

ب- المحلول المستخدم شتاء :

تركيز العنصر بالجزء في المليون [$N = 10.4$ ، $P = 6.3$ ، $K = 41.0$ ، $Ca = 22.0$ ،

$Mg = 5.0$]

التحضير :

الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر	الملح
٥٥	نترات البوتاسيوم
٥٠	كبريتات البوتاسيوم
٧٦	كبريتات الكالسيوم (جبس)
٥٢	كبريتات الماغنسيوم
٣١	سوبر فوسفات ثلاثي
١٤	كبريتات الامونيوم
٢٧٨	الوزن الكلى للأملاح المضافة

المملكة المتحدة (إنجلترا) :

أ- المحلول الأول :

تركيز العنصر بالجزء في المليون [N = 200 ، P = 88 ، K = 200 ، Ca = 270 ،

Mg = 50]

التحضير :

المحلول	الكمية بالجرام لكل لتر
نترات البوتاسيوم	55
نترات صوديوم	64
كبريتات الكالسيوم (جبس)	86
كبريتات الماغنسيوم	52
سوبر فوسفات ثلاثي	44
كبريتات الامونيوم	12
الوزن الكلي للأملاح المضافة	313

ب- المحلول الثاني :

تركيز العنصر بالجزء في المليون [N = 145 ، P = 70 ، K = 90 ، Ca = 180 ،

Mg = 58]

التحضير :

المحلول	الكمية بالجرام لكل لتر
فوسفات أحادي البوتاسيوم	31
نترات الكالسيوم	107
كبريتات الماغنسيوم	58
كبريتات الامونيوم	9
الوزن الكلي للأملاح المضافة	

ألمانيا:

المحلول المستخدم هناك يعرف بمحلول Knop

تركيز العنصر بالجزء في المليون [N = 120، P = 40، K = 136، Ca = 136،

Mg = 20]

التحضير:

المحلول	الكمية بالجرام لكل 100 لتر
فوسفات أحادي البوتاسيوم	20
نترات الكالسيوم	80
كبريتات الماغنسيوم	20
نترات البوتاسيوم	20
الوزن الكلي للأملاح المضافة	140

جنوب أفريقيا:

أ- المحلول المستخدم صيفاً:

تركيز العنصر بالجزء في المليون [N = 200، P = 94، K = 330، Ca = 300،

Mg = 50]

التحضير:

المحلول	الكمية بالجرام لكل 100 لتر
نترات الكالسيوم	130
كبريتات البوتاسيوم	70
كبريتات الماغنسيوم	50
سوبر فوسفات ثلاثي	47
كبريتات الأمونيوم	19
الوزن الكلي للأملاح المضافة	331

أ- المحلول المستخدم شتاء:

تركيز العنصر بالجزء في المليون [N = 100، P = 90، K = 380، Ca = 220،

Mg = 50]

التحضير:

المحلول	الكمية بالجرام لكل 100 لتر
نترات الكالسيوم	80
كبريتات البوتاسيوم	88
كبريتات الماغنسيوم	50
سوبر فوسفات ثلاثي	47
الوزن الكلي للأملاح المضافة	275

مصدر:

قام Sherif وآخرون سنة 1992 بتجهيز المحلول المغذى من ستة أملاح بدلاً من أربعة، وهذه الأملاح عبارة عن الأسمدة التجارية المتوفرة في السوق المصري، وذلك لتوفير العناصر الكبرى، بالإضافة إلى الكيماويات المعملية النقية لتوفير العناصر الصغرى.

أولاً: العناصر الكبرى

المحلول	الكمية بالجرام لكل 100 لتر
نترات الكالسيوم	59
كبريتات البوتاسيوم	60
كبريتات الكالسيوم	20
كبريتات الماغنسيوم	36
سوبر فوسفات ثلاثي	40
يوربا	30
الوزن الكلي للأملاح المضافة	245

ثانياً: العناصر الصغرى

المح	الكمية بالمليجرام لكل ١٠٠ لتر
كبريتات الحديدوز	٦٠٠٠
كبريتات المنجنيز	٦٠٠
كبريتات النحاس	٤٠
كبريتات الزنك	٤٠
حامض البوريك	١٨٠
مولبيدات الامونيوم	٤٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	٦٩٠٠

ليعطى التركيزات التالية للعناصر الغذائية الضرورية اللازمة للنبات :

العنصر	مليمول / لتر	مليجرام / لتر	العنصر	مليمول / لتر	مليجرام / لتر
النيروجين	١,٩	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	البورن	٠,٠٢٨	٠,٣
المغنسيوم	٢	٥٠	الموليبديم	٠,٠٠٢	٠,٢

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

١١ - بعض العوامل المؤثرة على تركيب المحلول المغذى :

هناك بعض العوامل التي تؤثر على تركيب المحلول المغذى أهمها:

أ - الظروف المناخية

تؤثر الظروف المناخية على نسبة عنصر البوتاسيوم : النيتروجين الواجب توافرها في المحلول المغذى . ففي 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 في فصل الشتاء .

ب - نوع النبات المنزرع

يتأثر اختيار المحلول المغذى بنوع النباتات المنزرعة من حيث هل هو من النباتات الورقية أم من النباتات المثمرة . فالنباتات الورقية (الخس - الكرنب) تستفيد أكثر من المحلول المحتوى على تركيز عال من النيتروجين مقارنة بمحصول آخر مثل الطماطم كأحد النباتات الثمرية .

ج - 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 في المحلول عن ٢٠٪ من الكمية الكلية للنيتروجين . وإضافة النيتروجين الأمونيومي على صورة كبريتات الأمونيوم $(NH_4)_2SO_4$ يساعد في المحافظة على pH المحلول في الجانب الحامضي، ويرجع ذلك إلى أن النبات يمتص أيون الأمونيوم بسرعة وسهولة أكثر من أيون الكبريتات . وبقاء هذا الشق الحامضي في المحلول يعمل على عدم ارتفاع رقم الـ pH إلى جانب القلوى نتيجة امتصاص النبات لأيونات النترات والفوسفات .

د - سلوك الأيونات في المحلول

حيث إن الفوسفور في 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 في المحلول المغذى منخفضاً قدر الإمكان .

هـ - قدرة النبات على تحمل تركيزات مرتفعة نسبياً من بعض العناصر

يلاحظ في جميع أمثلة المحاليل السابقة أنه لم يذكر تركيز أحد العناصر الكبرى وهو الكبريت، ويرجع السبب في ذلك إلى أن الكبريتات تدخل في كثير من الأملاح الأخرى مما يجعل تركيز الكبريتات في المحلول يتعدى حد الكفاية ويتجه نحو الزيادة، إلا أن النباتات لها القدرة على تحمل التركيزات العالية نسبياً من الكبريتات.

و - حاجة النباتات إلى العناصر الصغرى بكميات ضئيلة

يجب أن يوضع في الاعتبار أن المغذيات الصغرى سامة جداً للنبات إذا زاد تركيزها عن حد معين، ولهذا السبب فإن ضبط تركيزها في المحلول المغذي يجب أن يولى عناية خاصة. ولذلك يفضل تحضير محلول مغذي مركز من العناصر الصغرى كما في جدول (٩ - ٥) ويضاف منه ١ لتر لكل ١٠٠ لتر من المحلول المغذي المخفف.

ز - التوقيت الشتوي والصيفي واستخدام المحاليل

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

جدول (٩ - ٥): تحضير المحلول للمركز للعناصر الصغرى

المسح	وزن المسح بالمجم / ٢٥ لتر من المحلول المغذي	العنصر	التركيز بالـ ppm بعد التخفيف بنسبة ١٠٠ : ١
حديد مخلبي	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
مولبيدات الامونيوم	٠,٢	Mo	٠,٠٤

١٢ - خطوات تحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية:

- ١ - يتم شراء الأسمدة أولاً والتي تتوفر في مجموعها كل العناصر الغذائية الأساسية.
 - ٢ - توزن الكمية المطلوبة من كل سماد، ثم يتم إذابة كل منها على حدة في حجم كاف من الماء.
 - ٣ - نظراً لتفاوت الأسمدة في كمية الشوائب ودرجة النقاوة فتوقع وجود شوائب عالقة ورواسب مثلما يحدث في حالة سوپر فوسفات الكالسيوم الثلاثي أو كبريتات الكالسيوم.
 - ٤ - خذ الوقت الكافي في عملية التقليب حتى التأكد من تمام الذوبان.
 - ٥ - 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 أى وسيلة أخرى والتخلص من الرواسب.
 - ٦ - يجب الاحتياط من ألا يزيد الحجم النهائي للمحلول بعد الخلط عن الحجم المطلوب الذي تم على أساسه وزن كميات الأسمدة، بل يجب أن يكون في حدود ٧٠ - ٩٠٪ من الحجم النهائي 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، وعلى هذا الأساس تنقسم الأسمدة من حيث الخلط مع بعضها إلى:
- أولاً: أسمدة يمكن خلطها لمدة طويلة وتشمل:

كلوريد البوتاسيوم Potassium chloride يمكن أن يخلط مع كربونات الكالسيوم Calcium carbonate (Lime)، صخر الفوسفات (Rock phosphate (Powdered)، خبث المعادن Bagic slag، فوسفات الأمونيوم Ammonium phosphate، سوپر الفوسفات الأحادي والثلاثي Superphosphate, single and triple، كبريتات الأمونيوم Ammonium sulphate، كبريتات البوتاسيوم والماغنسيوم Sulphate of pot-ash and magnesia، كبريتات البوتاسيوم Potassium sulphate.

كبريتات البوتاسيوم **Potassium Sulphate** يمكن أن تخلط مع كربونات الكالسيوم **Calcium caqrbonate (Lime)** ، صخر الفوسفات **Rock phosphate (Powdered)** ، خبث المعادن **Basic slag** ، فوسفات الأمونيوم **Ammonium phosphate** ، سوبر الفوسفات الأحادي والثلاثي **Superphosphate, single and triple** ، كبريتات الأمونيوم **Ammonium sulphate** ، كبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم **Sulphate of pot-** **ash and magnesia**.

كبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم **Sulphate of potash and magnesia** يمكن أن تخلط مع كربونات الكالسيوم **Calcium carbonate (Lime)** ، صخر الفوسفات **Rock phosphate (Powdered)** ، خبث المعادن **Basic slag** ، فوسفات الأمونيوم **Ammonium phosphate** ، سوبر الفوسفات الأحادي والثلاثي **Superphosphste, sin-** **gle and triple** ، كبريتات الأمونيوم **Ammonium sulphate**.

كبريتات الأمونيوم **Ammonium Spulphate** يمكن أن تخلط مع فوسفات الأمونيوم **Ammonium phosphate** ، سوبر الفوسفات الأحادي والثلاثي **Superphosphate, single and triple** ، نترات الكالسيوم والأمونيوم **Calcium ammonium nitrate**.

نترات الكالسيوم والأمونيوم **Calcium ammonium nitrate** يمكن أن تخلط مع كربونات الكالسيوم **Calcium carbonate (Lime)** ، صخر الفوسفات **Rock phos-** **phate (Powdered)** ، كبريتات الأمونيوم **Ammonium sulphate**.

سوبر الفوسفات الأحادي والثلاثي **Superphosphate, single and triple** يمكن أن يخلط مع فوسفات الأمونيوم **Ammonium phosphate**.

ثانياً: أسمدة لا يتم خلطها إلا قبل الاستخدام بفترة قصيرة وتشمل:

سماد اليوريا **Urea** مع كل الأسمدة السابق ذكرها.

نترات الكالسيوم والأمونيوم **Calcium ammonium nitrate** مع كلوريد البوتاسيوم **Potassium chloride** ، كبريتات البوتاسيوم **Potassium sulphate** ، فوسفات الأمونيوم **Ammonium phosphate** ، سوبر الفوسفات الأحادي والثلاثي **Superphos-** **phate, single and triple** ، كبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم **Sulphate of potash**

.and magnesia

صخر الفوسفات **Rock phosphate** مع كبريتات الأمونيوم **Ammonium**.

ثالثاً: أسمدة لا يمكن خلطها لأسباب كيميائية وتشمل :

كبريتات الأمونيوم **Ammonium sulphate** مع كربونات الكالسيوم **Calcium carbonate** (Lime) ، خبث المعادن **Basic slag**.

فوسفات الأمونيوم **Ammonium phosphate** مع صخر الفوسفات **Rock phosphate** (Powdered) ، خبث المعادن **Basic slag** ، كربونات الكالسيوم **Calcium carbonate** (Lime).

سوبر الفوسفات الأحادي والثلاثي **Superphosphate, single and triple** مع صخر الفوسفات **Rock phosphate** (Powdered) ، خبث المعادن **Basic slag** ، كربونات الكالسيوم **Calcium carbonate** (Lime).

خبث المعادن **Basic slag** مع نترات الكالسيوم والأمونيوم **Calcium ammonium nitrate**.

والشكل التالي يوضح ملخصاً لهذه العمليات ويعتبر دليلاً لخلط الأسمدة.

كلوريد البوتاسيوم	كبريتات البوتاسيوم	كبريتات البوتاسيوم والمغنسيوم	كبريتات الأمونيوم	نترات الكالسيوم والأمونيوم	اليوريا	سوبر فوسفات الأحادي والثلاثي	فوسفات الأمونيوم	الخبث للقاعدى	صخر الفوسفات	كربونات الكالسيوم
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

أسبذة يمكن خلطها
 أسبذة يمكن خلطها قبل الاستخدام مباشرة
 أسبذة لا يمكن خلطها

شكل (٩-١): دليل خلط الأسمدة والذي يجب الرجوع إليه قبل الشروع فى تحضير المحاليل المغذية للإنتاج التجاري وللزراعة المنزلية

obeikandi.com