الفصل التاسع

تغـذيــة النباتات فــى الزراعات اللا أرضية

Plant Nutrition in Soilless Agriculture

المحلول المغذى

Nutrient Solution

تغذية النباتات فى الزراعات اللا أرضية

Plant Nutrition in Soilless Agriculture

مقـــدمـــة :

الهيدروبنكس Hydroponics أو نمو النباتات فى المحاليل المغذية بدأ فى التطور منذ التجارب الأوليه 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 العائمة 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.

وسـار على درب Van Helmont كـثيـر من البـاحـثين والعلمـاء، 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 المغـذية التى تحـتـاجـهـا بدون الاسـتـعـانة بأى بيـئـة نمو، وعـرف هذا النظام بمزارع المغـذيات "Nutriculture" وهو النظام الذى ما زال يستخدم فى معامل فسيولوجيا وتغذية النبات حتى الآن ويعرف باسم Hydroponics. وأول من أطلق مصطلح الـHydroponics على مزارع المحاليل المغذية العالم Gericke بجامعة كاليفورنيا سنة ١٩٢٩. ففى 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.

والهيدروبنكس Hydroponics كلمة يونانية تتكون من مقطعين الأول Hydro بمعنى الماء، والثانى Ponics بمعنى العمل ليصبح المعنى «عمل الماء» أو «المزارع المائية» - وذلك للتفرقة بين هذه الوسيلة وبين الزراعة باستخدام التربة والتى يطلق عليها باليونانية Geoponics -إلا أن الماء H_2O لا يستطيع بمفرده أن يمد النباتات النامية فيه إلا بعنصرى الأيدروجين والأكسجين، وبالتالى يحتاج إلى إضافة باقى العناصر المغذية للنبات Essential elements فيتحول الماء إلى محلول للتغذية، ولذلك فإنه من الأصوب التعبير عن الهيدروبنكس 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 ضواحى 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. وبتطور 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- شيلى- سنغافورة- ماليزيا- إيران- أبوظبى- الكويت.

وأنواع المزارع اللاأرضية أصبحت من الكثرة بحيث أصبح عدد طرق الزراعة بها يساوى تقريبا عدد البيئات المستخدمة فيها، ومثل ذلك المزارع الرميلة- مزاره 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 الأغشية 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 المنشقة Split-Root Nutrition..... إلخ.

وبصفة عامة فإنه يمكن القول بأن مزارع المحاليل المغذية أو الـHydroponics هى حجر الأساس الذى ارتكزت عليه الزراعات اللاأرضية وتعرف على أنها تكنولوجيا إنماء 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 Soilless culture وتعنى الزراعة بدون تربة أو أرض أو «الزراعة اللاأرضية» وكلها تعنى إنماء النباتات فى بيئات خاملة صلبة (من غير التربة الطبيعية) مع التغذية بالمحاليل المغذية ومع الفرق الواضح بين الـ Hydroponics, Soilless 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، وبالتالى 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 الأفراد والمجتمعات والدول حيث إنها:

١ – لا تحتاج إلى أرض زراعية خصبة وبالتالى توجد حيث لا يمكن أن توجد زراعة.

٢ – كفاءة عالية فى استخدام مياه الرى حيث لا يوجد فقد لها إلا الفقد عن طريق النتح

مما يوفر من ٢٠ – ٥٠٪ من المياه المستخدمة فى حالة الزراعة فى التربة، بالإضافة إلى ذلك فإن نوعية المياه ذات الخطر التمليحى والتى تسبب مشاكل عند استخدامها فى التربة يمكن استخدامها فى الزراعة اللاأرضية.

٣ – كفاءة عالية فى 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 – المحاليل المغذية وبيئات النمو من السهل تعقيمها، وبالتالى التغلب على مشكلة إصابة جذور النباتات بالأمراض.

٦ – تجانس المحلول المغذى وفى الوقت نفسه من السهل ضبط تركيز العناصر به مما يؤدى إلى أفضل نمو.

٧ – التكثيف الزراعى وزيادة عدد النباتات فى وحدة المساحة مما يؤدى إلى زيادة المحصول.

٨ – تحت نفس الظروف البيئية فإن المزارع اللاأرضية تعطى زيادة فى المحصول من ٤–١٠ مرات عن مثيلتها فى الأراضى تحت الصوب الزراعية.

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

١٠ – نتيجة لارتفاع المحصول وجودته فإن العائد الاقتصادى يكون مرتفعاً.

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

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

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

* 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 فى:

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

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

مصدر دائم للكهرباء. ويمكن عمل بعض التحويرات 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).

المحاليـل المغـذية 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 والذى يختلف باختلاف نوع الأرض وخصوبتها والذى 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 اللاأرضية 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 اللاأرضية والتى تستهدف تحقيق أعلى إنتاج ممكن من المحصول المنزرع، وهذا الهدف لا يمكن تحقيقه أو الوصول إليه إلا باستخدام محلول غذائى متزن تتوفر فيه كل عوامل التغذية المثلى، ولذلك ولأهمية هذا الموضوع، فلقد أفردنا له هذا الفصل للتعرف على ماهية المحلول المغذى، وما هى الشروط الواجب توافرها فيه، وأنواع المحاليل المغذية، وكيفية تحضيرها، ومعلومات أساسية أخرى تفيد أى دارس لهذا الموضوع.

١ - المحلول المغذى:

المحلول المغذى هو المحلول الذى يحتوى على جميع العناصر الغذائية الضرورية Essential elements اللازمة لنمو النباتات، وبنسب متوازنة مع بعضها البعض والذى يستخدم فى إمداد النبات بحاجته من الماء والعناصر الغذائية طوال فترة حياته. ومن الصعب القول 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 وفى كل الأحوال فلابد أن تتوفر بعض الشروط الأساسية التى لا يمكن تجاهلها أو التغاضى 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 الـpH إلى الحدود الحامضية الشديدة يؤدى إلى تلف جذور النباتات، بينما ارتفاع رقم الـpH إلى الجانب القاعدى يؤدى 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 Static Nutrient Solution Culture (SNSC)، وهى مرتفعة جداً إذا ما قورنت بما تحتاجه مزارع المحاليل المتحركة أو الدائرة Flow Nutrient Solution Culture (FNSC) حيث وجد Asher 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

ثابتًا عند ٠,٩ جزء فى المليون، وفى الستة الأخرى عند تركيز من البوتاسيوم قدره ٣,٧٥ جزء فى المليون. كذلك وجد Clement وآخرون سنة ١٩٧٤ أن نمو النباتات كان مرضيًا فى المحلول الدائر عند ثبات تركيز النيتروجين عند ٠,١ جزء فى المليون.

هذا التعارض ما بين المحاليل الساكنة والمحاليل المستمرة فى الدوران يرجع إلى أنه فى حالة المحاليل الدائرة لا يحدث انخفاض فى تركيز العناصر حول المجموع الجذرى للنباتات، حيث يعمل الدوران المستمر على المحافظة أو بالأحرى على تجديد تركيز العنصر مما يجعله ثابتًا حول الجذور باستمرار بعكس الحالة فى مزارع المحاليل الساكنة، حيث يحدث انخفاض شديد لتركيز العناصر حول المجموع الجذرى نظرًا للاستنزاف المستمر للعناصر من حجم ثابت وغير متجدد من المحلول.

ومن ذلك نجد أن نمو النباتات يمكن أن يكون جيدًا عند تركيزات منخفضة جدًا من العناصر، ولكن يظل السؤال.. هل هذه التركيزات هى التركيزات المثلى لنمو النباتات؟، وأيضًا إلى أى حد يمكن أن نغير من هذه التركيزات دون أن يتأثر النمو؟

ولقد أظهرت بعض التجارب فى مزارع الأغشية Nutrient Film Tecnique (NFT) أن المحصول لم يتأثر بدرجة معنوية مع اختلاف تركيز النيتروجين فى المحلول المغذى ما بين ١٠-٣٢٠ جزءًا فى المليون (على شرط ثبات التركيز خلال موسم النمو)، ولكن بصفة عامة يفضل أن يكون تركيز العنصر فى المحلول المغذى مرتفعًا نسبيًا حتى نضمن وجود رصيد من العناصر المغذية فى النظام.

وكارقام استرشادية يوضح الجدول رقم (٩-٢) حدود تركيزات العناصر فى المحلول المغذى للنبات.

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

جدول (٩-٢): العناصر المغذية ومدي تركيزاتها في المحلول المغذي بالجزء في المليون

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

٤- كيف يمكنك تحضير المحلول المغذى:

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

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 نقيًا وعذبًا بحيث لا يتعدى نسبة كلوريد الصوديوم به عن ٥٠ جزءًا فى المليون. فالماء المحتوى على أكثر من ٥٠ جزءًا فى المليون من كلوريد صوديوم NaCl لا يناسب النمو للنبات، وكلما ازداد تركيز كلوريد الصوديوم انخفض معدل النمو والذى قد يؤدى فى النهاية إلى موت النبات.

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

بالإضافة إلى كلوريد الصوديوم فإنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار المحتوى الكلى للأملاح الذائبة فى الماء Total soluble salts (TSS)، 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 يؤدى 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، وبالتالى تحديد الكميات المطلوب إضافتها من كل منها للوصول إلى التركيز المطلوب فى المحلول المغذى.

تحضير محلول كوبر Cooper Solution:

يعتبر هذا المحلول أكثر المحاليل استخدامًا فى مزارع الأغشية المغذية. ويبين الجدول رقم (٩-٣) 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 كوبر

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

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

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

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

١- تركيز الفوسفور المطلوب هو ٦٠ جزءاً فى المليون (٦٠ جراماً/ ١٠٠٠ لتر) والملح المستخدم هو فوسفات أحادى البوتاسيوم KH_2PO_4، وزنه الجزيئى ١٣٦ جم ويحتوى على وزن ذرى واحد من الفوسفور قدره ٣١ جم. وبالتالى فإنه للحصول على ٦٠ جراماً من الفوسفور فإنه يلزم وزنه قدرها [١٣٦÷٣١] X ٦٠ = ٢٦٣ 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:

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

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

جـ- احسب وزن الملح الذى يعطى ١ جزء فى المليون فوسفور = ١٣٦ ÷ ٣١ .

د- احسب وزن الملح الذى يعطى ٦٠ جزءاً فى المليون فوسفور = [١٣٦ ÷ ٣١] X ٦٠ = ٢٦٣ جم.

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

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

ب- نسبة البوتاسيوم فى الملح = ٣٩ ÷ ١٣٦

جـ- وزن البوتاسيوم فى ٢٦٣ جم من KH_2PO_4 = [٣٩ ÷ ١٣٦] X ٢٦٣ = ٧٥ جم.

وحيث إن هذه الوزنة 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_3والذى وزنه الجزيئى ١٠١ جم، والذى يحتوى على وزن ذرى من البوتاسيوم قدره ٣٩ جم، وبالتالى فإنه للحصول على ٢٢٥ جم من البوتاسيوم يلزم وزنه من نترات البوتاسيوم قدرها ٢٢٥ X [١٠١ ÷ ٣٩] = ٥٨٣ جرامًا.

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

أ- نسبة النتروجين N فى نترات البوتاسيوم KNO_3 (من الوزن الذرى والوزن الجزيئى) = ١٤ ÷ ١٠١

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

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 ٢ X ١٤ = ٢٨ جم، وبالتالى فإن كمية نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$ اللازمة لإعطاء ١١٩ جزءاً فى المليون الإضافية من النيتروجين تساوى: ١١٩ X [٢٣٦ ÷ ٢٨] = ١٠٠٣ 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 $Ca(NO_3)_2$ = ٤٠ ÷ ٢٣٦. وعلى ذلك فإن كمية الكالسيوم فى ١٠٠٣ جم من ملح نترات الكالسيوم تساوى ١٠٠٣ X [٤٠ ÷ ٢٣٦] = ١٧٠ 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 نتروجين، ١٧٠ جزءاً/ مليون كالسيوم.

٥- نستمر فى إضافة باقى الأملاح 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. وبالتالى فإنه للحصول على تركيز من الماغنسيوم قدره ٥٠ جزءاً فى المليون يلزم كمية قدرها ٥٠ X [٢٤٦ ÷ ٢٤] = ١٥٣ 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 X [٣٦٧ ÷ ٥٦] = ٧٩ جم من مادة FeEDTA.

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

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

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

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

١١- تركيز الزنك المطلوب (٠,١ جزء فى المليون) يتم الحصول عليه من وزنة قدرها ٠,١ X [٢٨٧ ÷ ٦٥] = ٠,٤٤ جم من ملح كبريتات الزنك.

جميع هذه الحسابات تعطى أوزان المواد المطلوب إذابتها فى الألف لتر من الماء للحصول على المحلول المغذى كما هو واضح من جدول (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 ١٠٠٣ X [١٠٠ ÷ ٩٠] = ١١١٤ جم نترات كالسيوم من المادة ذات النقاوة ٩٠٪، وهكذا بالنسبة لباقى الأملاح.

٥- صورة النيتروجين فى المحلول المغذى:

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

٦- ضبط pH المحلول المغذى بعد تحضيره:

أبسط طرق قياس pH المحلول هى الطريقة الوصفية وفيها يتم استخدام الأشرطة الورقية والتى يتغير لونها على حسب رقم pH المحلول الذى تغمس فيه. ويتم مقارنة لون هذه الورقة المبتلة مع خريطة توضح الألوان القياسية لدرجات 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 الـpH للمحلول هى استخدام جهاز الـpH 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 قلوى شديد) يؤدى إلى ترسيب كثير من العناصر فى المحلول على صورة غير ذائبة لا يستطيع النبات أن يستفيد بها.

بعد تحضير المحلول المغذى يقاس رقم الـpH، فإذا كان مرتفعًا 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 ٦,٠ (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 يؤدى إلى انخفاض واضح فى محصول النبات ويرجع ذلك إلى أحد الأسباب التالية:

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

ب- التأثير النوعى أو السمى Toxic or Specific Ion Effect: حيث يؤدى زيادة تركيز أيونات معينة فى المحلول مثل الصوديوم، الكلوريد، 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.

ووحدات قياس التوصيل الكهربى هى الموز / سم (mhos/cm) أو السيمن Semin / سم (S/cm) والموز = السيمن. وهناك وحدات أقل من الموز أو السيمن وهى المللى والميكرو لكليهما. [والموز = ١٠٠٠ ملليموز = ١٠٠٠٠٠٠ ميكروموز].

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

EC ملليموز / ســـم x ١٠ = ملليمكافىء / لتر

EC ملليموز / ســـم x ٥ = ملليمكافىء / ١٠٠ جم تربة

EC ملليموز / ســـم x ٦٤٠ = جزء فى المليون

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

EC ملليموز / ســـم x ٠,٣٦ = ضغط جوى

EC ملليموز / سم x ٠,٣٥٠ = 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 (Aboulroos وآخرون سنة ١٩٩٥) وهذا التركيز المرتفع قد لا تستطيع النباتات أن تتحمله 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 يؤدى إلى ترسيب الفوسفات على صورة فوسفات الكالسيوم غير الذائبة، ولذلك يجب أن تراعى مثل هذه التفاعلات عند حساب أقصى تركيزات للعناصر يسمح بها فى المحلول المركز لتلافى 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 جرامًا لكل لتر من الماء، بينما مادة أخرى مثل نترات الكالسيوم تذوب بمعدل ٢٦٦٠ جرامًا 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 المخلبى، 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 الوعاء من البلاستيك غير المنفذ للضوء.

ومن الملاحظات التى لا يجب إهمالها عند تحضير المحاليل المركزة ما يلى:

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

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

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

أ- يتم تحضير ثلاثة محاليل مركزة كما يلى:

المحلول المركز (A):

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

المحلول المركز (B):

يحضر من الأوزان التالية فى ١٠٠ ماء
٩,٠ كيلو جرام من نترات البوتاسيوم
٣,٠ كيلو جرام من فوسفات أحادى 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 فى ١٠٠ لتر ماء

ويستخدم فى ضبط رقم الـ pH للمحلول المخفف.

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

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

ب- باستخدام ماء عسر Hard Water

يتم هنا أيضاً تحضير ثلاثة محاليل مركزة كما يلى :

المحلول المركز (A) :

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

٣٠٠ جرام من الحديد المخلبى

المحلول المركز (B) :

يحضر من الأوزان التالية فى 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 الأمونيوم
٤٠	جرام من الكبريتات المنجنيز
٢٤	جرام من حامض البوريك
٨	جرام من كبريتات النحاس
٤	جرام من كبريتات الزنك
١	جرام من موليبيدات الأمونيوم

المحلول المركز (C) :

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

ويستخدم فى ضبط رقم الـpH للمحلول المخفف .

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

العناصر الكبرى	التركيز (PPM)	العناصر الصغرى	التركيز (PPM)
النيتروجين N	١٩٢	الحديد Fe	٤,٥
البوتاسيوم K	٤٩٠	المنجنيز Mn	١,٠
الماغنسيوم Mg	٥٩	البورن B	٠,٤
الكالسيوم Ca	٨٥	النحاس Cu	٠,٢
الفوسفور P	—	الزنك Zn	٠,٠٩
		موليبدنم 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) لاتفى باحتياجات النباتات النامية، فإنه- وعلى الفور- يتم إضافة ١,٥ كيلو جرام من فوسفات أحادى البوتاسيوم إلى المحلول (B)، وفى المقابل يتم خفض كمية كبريتات البوتاسيوم من ٤,٠ إلى ٣,٠ كيلو جرام .

١٠ - أمثلة للمحاليل المغذية المستخدمة تجارياً فى المزارع اللاأرضية :

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

وعلى ذلك فجميع المغذيات يمكن الحصول عليها من ثلاثة أملاح هى 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 فى تعديل تركيز ونسب المغذيات إلى بعضها البعض فى المحلول المغذى.

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

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

الولايات المتحدة الأمريكية:

أ - المحلول المستخدم صيفاً:

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

التحضير :

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

ب- المحلول المستخدم شتاء :

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

التحضير :

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

المملكة المتحدة (إنجلترا) :

أ- المحلول الأول :

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

التحضير :

الملح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نترات البوتاسيوم	٥٥
نترات صوديوم	٦٤
كبريتات الكالسيوم (جبس)	٨٦
كبريتات الماغنسيوم	٥٢
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٤
كبريتات الأمونيوم	١٢
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٣١٣**

ب- المحلول الثانى :

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

التحضير :

الملح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
فوسفات احادى البوتاسيوم	٣١
نترات الكالسيوم	١٠٧
كبريتات الماغنسيوم	٥٨
كبريتات الأمونيوم	٩
الوزن الكلى للأملاح المضافة	

ألمانيا :

المحلول المستخدم هناك يعرف بمحلول **Knop**

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

التحضير :

الملح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
فوسفات أحادى البوتاسيوم	٢٠
نترات الكالسيوم	٨٠
كبريتات الماغنسيوم	٢٠
نترات البوتاسيوم	٢٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**١٤٠**

جنوب أفريقيا :

أ- المحلول المستخدم صيفاً :

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

التحضير :

الملح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	١٣٥
كبريتات البوتاسيوم	٧٥
كبريتات الماغنسيوم	٥٥
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٧
كبريتات الأمونيوم	١٩
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٣٣١**

أ- المحلول المستخدم شتاء:

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

التحضير:

الملح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	٨٥
كبريتات البوتاسيوم	٨٨
كبريتات الماغنسيوم	٥٥
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٧
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٧٥**

مصـــــر:

قام Sherif وآخرون سنة ١٩٩٢ بتجهيز المحلول المغذى من ستة أملاح بدلاً من أربعة، وهذه الأملاح عبارة عن الأسمدة التجارية المتوفرة فى السوق المصرى، وذلك لتوفير العناصر الكبرى، بالإضافة إلى الكيماويات المعملية النقية لتوفير العناصر الصغرى.

أولاً: العناصر الكبرى

الملح	الكمية بالجرام لكل ١٠٠ لتر
نترات الكالسيوم	٥٩
كبريتات البوتاسيوم	٦٠
كبريتات الكالسيوم	٢٠
كبريتات الماغنسيوم	٣٦
سوبر فوسفات ثلاثى	٤٠
يوريا	٣٠
الوزن الكلى للأملاح المضافة	**٢٤٥**

ثانياً: العناصر الصغرى

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

ليعطى التركيزات التالية للعناصر الغذائية الضرورية اللازمة للنبات:

العنصر	ملليمول / لتر	ملليجرام / لتر	العنصر	ملليمول / لتر	ملليجرام / لتر
النيتروجين	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
الماغنسيوم	٢	٥٠	المولبدنم	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 التى تؤثر على تركيب المحلول المغذى أهمها:

أ - الظروف المناخية

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

ب - نوع النبات المنزرع

يتأثر اختيار المحلول المغذى بنوع النباتات المنزرعة من حيث هل هو من النباتات الورقية أم 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.

جـ - نوع الأيونات المضافة

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

د - سلوك الأيونات فى المحلول

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

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

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

و - حاجة النباتات إلى العناصر الصغرى بكميات ضئيلة

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

ز - التوقيت الشتوى والصيفى واستخدام المحاليل

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

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

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

١٢ - خطوات تحضير المحاليل المغذية من الأسمدة التجارية:

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

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

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

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

٥ - الأملاح التى سيتم خلطها معًا تخلط فى 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 النهائى للمحلول بعد الخلط عن الحجم المطلوب الذى تم على أساسه وزن كميات الأسمدة، بل يجب أن يكون فى حدود ٧٠ - ٩٠٪ من الحجم النهائى حتى تعطى الفرصة للتقليب وضبط الحجم بدقة.

ويجب الأخذ فى الاعتبار أن الأسمدة عبارة عن مركبات كيميائية، وبالتالى فإن كل نوع من أنواع الأسمدة يعطى سلوكًا مختلفًا 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 Bagsic slag، فوسفات الأمونيوم Ammonium phosphate، سوبر الفوسفات الأحادى والثلاثى Superphophate, 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 الأحادى والثلاثى Superphosphate, single and triple ، كبريتات الأمونيوم Ammonium sulphate، كبريتات البوتاسيوم والماغنسيوم Sulphate of pot-ash and magnesia.

كبريتات البوتاسيوم والماغنسيوم 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 الأحادى والثلاثى Superphophste, sin-gle and triple، كبريتات الأمونيوم Ammonium sulphate.

كبريتات الأمونيوم Ammonium Spulphate يمكن أن تخلط مع فوسفات الأمونيوم Ammonium phosphate ، سوبر الفوسفات الأحادى والثلاثى 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 الأحادى والثلاثى Superphosphate, single and triple يمكن أن يخلط مع فوسفات الأمونيوم Ammonium phosphate.

ثانيًا : 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 Ammoniun phosphate، سوبر الفوسفات الأحادى والثلاثى Superphos-phate, single and triple، كبريتات البوتاسيوم والماغنسيوم Sulphate of potash

.and magnesia

صخر الفوسفات Rock phosphate مع كبريتات الأمونيوم Ammonium.

ثالثًا : أسمدة لا يمكن خلطها لأسباب كيميائية وتشمل :

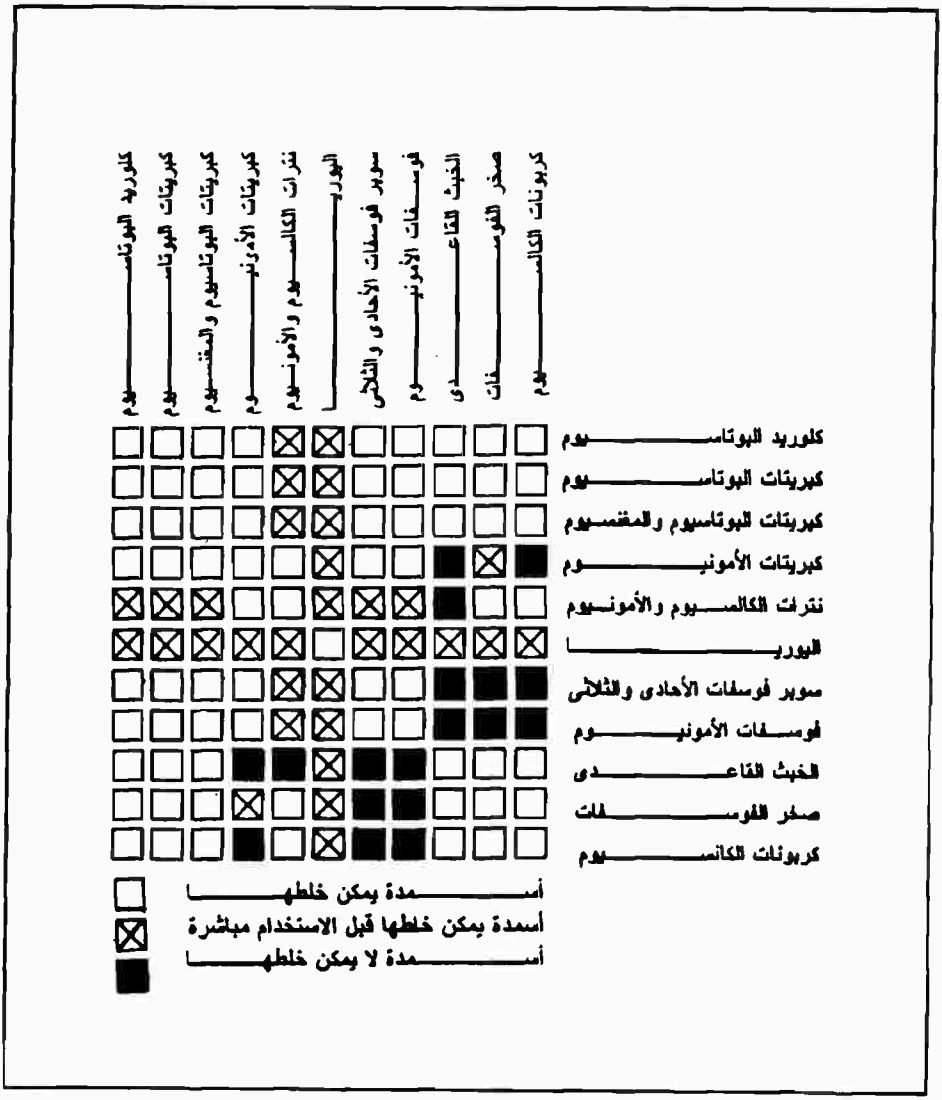
كبريتات الأمونيوم Ammonium sulphate مع كربونات الكالسيوم Calcium car-bonate (Lime) ، خبث المعادن Basic slag.

فوسفات الأمونيوم Ammonium phosphate مع صخر الفوسفات Rock phos-phate (Powdered) ، خبث المعادن Basic slag ، كربونات الكالسيوم Calcium car-bonste (Lime).

سوبر الفوسفات الأحادى والثلاثى 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 التالى يوضح ملخصًا لهذه العمليات ويعتبر دليلاً لخلط الأسمدة.



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