| الحرارة (°م) | معامل التصحيح | الحرارة (°م) | معامل التصحيح |
|---|---|---|---|
| ٥ | ١,٦١٣ | ٢٦ | ٠,٩٧٩ |
| ١٠ | ١,٤١١ | ٢٧ | ٠,٩٦٠ |
| ١٥ | ١.٢٤٧ | ٢٨ | ٠,٩٤٣ |
| ١٦ | ١,٢١١ | ٢٩ | ٠,٩٢٥ |
| ١٧ | ١,١٨٩ | ٣٠ | ٠,٩٠٧ |
| ١٨ | ١,١٦٣ | ٣١ | ٠,٩٨٠ |
| ١٩ | ١,١٣٦ | ٣٢ | ٠,٨٧٣ |
| ٢٠ | ١,١١٢ | ٣٣ | ٠,٨٥٨ |
| ٢١ | ١,٠٨٧ | ٣٤ | ٠,٨٤٣ |
| ٢٢ | ١,٠٦٤ | ٣٥ | ٠,٨٢٩ |
| ٢٣ | ١,٠٤٣ | ٤٠ | ٠,٧٦٣ |
| ٢٤ | ١,٠٢٠ | ٤٥ | ٠,٧٠٥ |
| ٢٥ | ١,٠٠٠ | | |

ويمكن التعبير عن تركيز الأملاح فى المحلوب المغطى – بعد قياس درجة توصيله الكهربائى – بأى من الطرق التالية:

١- تركيز الأملاح بالملى مكافئ/لتر = الـ EC بالملى موز/سم × ١٠.

٢- تركيز الأملاح بالجزء فى المليون = الـ EC بالملى موز/سم × ٦٤٠.

٣- تركيز الأملاح كنسبة مئوية = الـ EC بالملى موز/سم × ٠,٠٦٤.

٤- تركيز الأملاح بالضغط الجوى = الـ EC بالملى موز/سم × ٠,٣٦.

## التركيز المناسب من مختلف العناصر فى المحاليل المغذية

### التركيز المناسب والتوازن الأيونى

يجب أن يحتوى المحلول المغذى على كافة العناصر الغذائية، وبالتركيز المناسب للنمو النباتى على أن تكون العناصر المغذية الكبرى فى حالة توازن أيونى فيما بينها. ويوضح

جدول (٤-٢) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب لهذه النسبة لكل من الأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى، على أساس أن مجموع نسب الأنيونات (النترات والفوسفات والكبريتات) = مجموع نسب الكاتيونات (البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم) = ١٠٠٪ تحقق هذه النسب التوازن المطلوب بين الأنيونات والكاتيونات الرئيسية أما الصوديوم، فإنه لا يعد من العناصر المغذية الضرورية، وأما بقية العناصر، فإنها توجد فى المحاليل المغذية بتركيزات منخفضة لا تؤثر على التوازن الأيونى بها

ويمكن تحضير محلول مغذ يحتوى على التوازن الأيونى المطلوب بإذابة كميات" المركبات المبينة فى جدول (٤-٣) فى لتر ماء

جدول (٤-٢) النسبة المئوية المناسبة والمجال المناسب للأيونات الستة الرئيسية فى المحلول المغذى

| | الأيون | النسبة المئوية | المجال الملائم للنسبة المناسبة |
|---|---|---|---|
| الأنيونات | $NO_3^-$ | ٦٠ | ٧٠-٥٠ |
| | $H_2PO_4^-$ | ٥ | ١٠-٣ |
| | $SO_4^{--}$ | ٣٥ | ٤٥-٢٥ |
| الكاتيونات | $K^+$ | ٣٥ | ٤٠-٣٠ |
| | $Ca^{++}$ | ٤٥ | ٥٥-٣٥ |
| | $Mg^{++}$ | ٢٠ | ٣٠-١٥ |

جدول (٤-٣) كميات المركبات اللازمة لتحضير محلول مغذ فى حالة توازن أيونى بالصورة المبينة فى جدول (٤-٢)

| المركب | الكمية (ملليجرام/لتر ماء) |
|---|---|
| فوسفات البوتاسيوم | ١٣٦ |
| نترات الكالسيوم | ١٠٦٢ |
| كبريتات المغنيسيوم | ٤٩٢ |
| نترات البوتاسيوم | ٤٩٣ |
| كبريتات البوتاسيوم | ٢٥٢ |
| أيدروكسيد البوتاسيوم | ٢٢٤ |

هذا .. ويُبين جدول (٤-٤) المجال المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية ويتضح من الجدول أن العنصر الكبرى — وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم — توجد بأعلى تركيز، كما يوجد الصوديوم بصورة طبيعية فى الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية. وعلى الرغم من أن الحد الأقصى المسموح به يصل إلى ١٠٠٠ جزء من المليون، إلاّ أن التركيز المناسب يجب أن يكون عند الحد المُبين، وهو ١٥٠ جزءًا فى المليون. أما العناصر المغذية الصغرى (أو الدقيقة) وهى: الحديد، والبورون، والمنجنيز، والزنك، والنحاس، والموليبدنم، فإن تركيزاتها تكون منخفضة كثيرًا، وأقلها الموليبدنم الذى قد يصل تركيزه فى المحاليل المغذية إلى ٠,٠٠١ جزءًا فى المليون (Douglas ١٩٨٥). ويُبين الجدول نفسه متوسط التركيز المناسب لمختلف العناصر الغذائية فى المحاليل المغذية، نقلا عن مصدر آخر (Jones ١٩٨٢). ويلاحظ أن التركيزات المناسبة تميل لأن تكون فى جانب الحدود الدنيا للمجالات المناسبة، كما تقل عنها فى حالات العناصر الدقيقة. وربما كان السبب أن الأرقام المبينة للتركيز المناسب خاصة بالمزارع المائية التى لا توجد فيها بيئة صلبة لنمو الجذور، وإنما تكون الجذور فيها مغمورة فى المحلول المغذى.

ولقد ازداد امتصاص نباتات الخيار والطماطم من العناصر فى مزارع تقنية الغشاء المغذى بزيادة تركيز العناصر فى المحلول المغذى. وبينما لم تزدد نسبة امتصاص البوتاسيوم إلى النيتروجين مع تقدم مراحل النمو فى الخيار، فإن تلك النسبة ازدادت فى الطماطم أثناء تكوين الثمار من ١,١ : ١ إلى ٢,٦ : ١ — كحد أقصى - ثم انخفضت ثانية إلى ٢ : ١. ومع زيادة تركيز البوتاسيوم فى المحلول المغذى انخفضت حالات الإصابة بالنضج المتبقع، وازداد محتوى الثمار من الأحماض العضوية والبوتاسيوم.

وفى الخيار أدت التركيزات المنخفضة من كل من الكالسيوم والمغنيسيوم فى المحلول المغذى إلى خفض المحصول ونسبة الثمار جيدة النوعية، وكذلك خفض امتصاص النباتات من هذين العنصرين.

جدول (٤-٤) المدى المناسب لتركيز مختلف العناصر فى المحاليل المغذية

| العنصر | التركيز المناسب (جزء فى المليون) | المدى المناسب لتركيز العنصر (جزء فى المليون) |
|---|---|---|
| النيتروجين | ١٥٠ | ٣٠٠-١٥٠ |
| الفوسفور | ٥٥ | ١٠٠-٥٠ |
| البوتاسيوم | ١٧٥ | ٤٠٠-١٠٠ |
| الكالسيوم | ١٠٥ | ٥٠٠-٣٠٠ |
| المغنيسيوم | ٩٠ | ١٠٠-٥٠ |
| الكبريت | ١٢٥ | ١٠٠٠-٢٠٠ |
| الصوديوم | — | ١٠٠٠-١٥٠ |
| الحديد | ١,٠ | ١٠-٢ |
| البورون | ٠,٠٠٨ | ٥,٠-٠,٥ |
| المنجنيز | ٠,٣٦ | ٥,٠-٠,٥ |
| الزنك | ٠,٠٤٦ | ١,٠-٠,٥ |
| النحاس | ٠,٠٢٦ | ٠,٥-٠,١ |
| الموليبدنم | ٠,٠٠١ | ٠,٠٠٢-٠,٠٠١ |

ولقد ارتبط امتصاص نباتات الطماطم للماء والنيتروجين والبوتاسيوم - بشدة - بالإشعاع الشمسى. بينما كان امتصاص البوتاسيوم مرتبطًا بشدة بحرارة المحلول المغذى وازداد - كذلك - امتصاص معظم العناصر المغذية الأخرى بزيادة حرارة المحلول المغذى (Adams ١٩٩٤)

وحاليا تعتبر ثمانية عناصر صغرى ضرورية للنباتات الراقية؛ وهى: الحديد، والزنك، والمنجنيز، والنحاس، والنيكل، والبورون، والموليبدنم، والكلور (عن Welch ١٩٩٥). وقد ورد بيانها فى جدول (٤-٤) باستثناء عنصر النيكل الذى يتوفر كشوائب دقيقة تكفى حاجة النبات، وعنصر الكلور الذى يتوفر كشوائب، وضمن تركيب بعض الاسمدة، وفى ملح كلوريد الصوديوم الذى لا تخلو منه مياه الرى.

ويتبين من دراسات Newton & Ramli Abdulah (١٩٩٣) أن نمو نباتات الطماطم والخيار فى مزارع تقنية الغشاء المغذى يتناسب طرديًا مع محتوى النباتات من الحديد، علمًا بأن أعلى مستوى من الحديد فى النباتات كان فى المعاملة التى أضيف فيها الحديد فى صورة مخلبية (Fe-EDTA) مقارنة بإضافته فى صورة كبريتات الحديدوز، أو كلوريد الحديديك.

وتجدر الإشارة إلى أن جميع الخضروات – باستثناء الذرة السكرية – يكون نموها أفضل عند استعمال النترات $NO_3^-$ – كمصدر للنيتروجين – مقارنة بالأمونيوم $NH_4^+$. فى المزارع المائية (وليس بالضرورة فى الزراعات الأرضية العادية)، ولكن عنصرى البوتاسيوم والكالسيوم يخففان من التأثير السلبى للأمونيوم. وعلى الرغم من ذلك، يفضل استعمال الأمونيوم كمصدر للآزوت تحت ظروف الإضاءة الضعيفة. وعند زيادة تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى هواء البيت (عن Kanahama ١٩٩٤)، وعندما يكون الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية قلوى التأثير.

ويستدل من دراسات David وآخرين (١٩٩٤) على الطماطم أن إضافة حامض الهيوميك Humic Acid – بتركيز ١٢٨٠ جزءًا فى المليون – إلى محلول مغذٍ محدود فى محتواه من العناصر الضرورية – أدت إلى زيادة تركيز كل من الفوسفور، والبوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم، والحديد، والمنجنيز، والزنك فى النموات الخضرية، والنيتروجين، والكالسيوم، والزنك، والنحاس فى الجذور، مع زيادة الوزنين الطازج والجاف للجذور، ولم يكن مرد تلك الزيادات إلى ما أضافه حامض الهيوميك من عناصر إلى المحلول المغذى. ولا إلى إحداثه لتغيير فى الرقم الأيدروجينى للمحلول

## العوامل المؤثرة على اختيار التركيز المناسب للعناصر فى المحاليل المغذية

يتأثر التركيز المناسب للعناصر الضرورية للنبات فى المحاليل المغذية بالعوامل التالية:

١– درجة الحرارة، وشدة الإضاءة.