المطعومة تنتج (فى كوريا واليابان) بأعداد كبيرة بمعرفة تعاونيات أو شركات متخصصة. يقوم فيها المتخصصون بتطعيم نحو ١٥٠ شتلة فى الساعة يدويًا مع الاستعانة بأدوات خاصة، تم تطويرها لهذا الغرض، مثل: المطاوى، والمشابك، والأنابيب. والصموغ

وعلى الرغم من أن أتمتة عملية التطعيم (عن طريق الإنسان الآلى Robots) لم تُجْرَ على نطاق تجارى بعد، إلا أنه يتم تطوير أربعة أنواع من الروبوتات لهذا الغرض فى اليابان. يعتمد عملها على المبادئ التالية:

١- يعتمد النوع الأول (JT's Robot) على أنابيب بلاستيكية لوصل الأصل بالطعم وعند تسخين هذه الأنابيب على حرارة ١٥٠°م-٢٥٠°م لعدة ثوان، فإنها تنكمش وتضغط على منطقة الالتحام، ويلى ذلك تبريد الأنابيب إلى حرارة الغرفة باستعمال تيار من الهواء البارد، وتسقط هذه الأنابيب تلقائيًا مع نمو البادرة المطعومة.

٢- يمكن للنوع الثانى (TGR's Robot) تطعيم عدة بادرات فى آن واحد تتواجد فى خلايا مربعة فى صوان خاصة، وتكون جاهزة للتطعيم وهى فى عمر معين لكل من الأصول والطعوم

٣- فى النوع الثالث (Brain's Robot) تبقى منطقة الالتحام فى مكانها باستعمال متبك خاص

٤- يعتمد النوع الرابع (Honami et al 's Robot) على طريقة للتطعيم تعرف باسم "plug-in". وفيها تجهز قاعدة الطعم على شكل مخروط، وتعد حفرة مخروطية مماثلة فى قمة الأصل، ثم يولج الطعم فى حفرة الأصل (عن Kurata ١٩٩٤)

الرى

من الضرورى إنشاء خزانات مغلقة أو بركة مكشوفة لتخزين المياه اللازمة للرى، وبسعة تكفى احتياجات الرى فى جميع البيوت المحمية وتفيد هذه الخزانات فى الحالات الآتية

١- عندما تكثر المواد العالقة بمياه الرى بدرجة تقل معها كفاءة المرشحات، حيث تفيد الخزانات فى ترسيب هذه المواد عند ترك المياه بها

٢- عند الاعتماد على مياه النيل فى الرى، حيث يصبح وجود الخزانات ضرورة لتوفير المياه أثناء السّدّة الشتوية.

٣- عند الاعتماد على المياه الجوفية فى الرى فى حالة ما إن كان تصريف الآبار لا يكفى كل احتياجات الرى فى أوقات الذروة، حيث يلزم فى هذه الحالة توفير المياه المخزونة لاستعمالها عند الضرورة

وفى غير تلك الحالات أو الأوقات .. فإن المياه تسحب من مصادرها مباشرة (الآبار أو النيل والترع المتفرعة منه) دونما حاجة إلى تخزينها.

نوعية مياه الرى

لكى تكون الزراعات المحمية اقتصادية — مع كل ما تتطلبه من تمويل فى الإنشاءات، والصيانة، والزراعة، وعمليات الخدمة، ومكافحة الآفات — فإن مياه الرى يجب أن تكون من نوعية جيدة لكى لا تقف عائقًا أمام نمو النباتات، ولإعطائها أفضل ما لديها من قدرة وراثية على الإنتاج.

لذا . يتعين قبل بداية التخطيط للزراعات المحمية التعرف على مدى جودة المياه المتوفرة للرى، حيث يتم تحليلها لتحديد كل من درجة توصيلها الكهربائى (EC)، وتركيزها من أيون الأيدروجين (الـ pH) وتركيز كل من: الكبريتات (SO_4)، والصوديوم (Na)، والكلوريد (Cl)، والحديد (Fe)، والبيكربونات (HCO_3)، وكذلك درجة عُسر الماء. وهى التى تتحدد بمحتواه من الكالسيوم والمغنيسيوم.

تُعطى درجة التوصيل الكهربائى تقديرًا لمحتوى الماء الكلى من المواد الصلبة الذائبة، علمًا بأن الماء الذى تزيد درجة توصيله الكهربائى عن ١.٥ ديسى سيمنز/سم يعد ردئ النوعية بالنسبة لمعظم محاصيل الزراعات المحمية ويمكن للأملاح الموجودة فى الماء التراكم فى بيئة الزراعة إلى درجة الإضرار بالنمو المحصولى، ذلك لأن تلك الأملاح يمكن

أن تنافس العنصر ضرورية على الامتصاص، كما يمكنها تقليل قدرة النبات على امتصاص الماء

ويمكن أن تؤدى التركيزات العالية جدًا من الكالسيوم والمغنيسيوم والعالية من البيكربونات إلى ترسب كربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنيسيوم وانسداد نقاطات شبكة الرى

كذلك يمكن أن تؤدى تركيزات الحديد التى تزيد عن ٠,٥ جزء فى المليون إلى حدوث ترسبات حديدية تؤدى إلى انسداد النقاطات.

وعلى الرغم من أن زيادة الكبريت فى مياه الآبار ليس ضارًا بالنبات، إلاّ أنه يمكن أن يحفز نمو وتكاثر بكتيريا الكبريت، التى تؤدى بدورها — إلى انسداد النقاطات

أما البيكربونات فإنها غالب — ما تتواجد بتركيزات أعلى مما ينبغى، وتعنى زيادة تركيزها بـ ٣٠-٦٠ جزءًا فى المليون ارتفاع الـ pH؛ الأمر الذى قد يؤدى مع تكرار الرى إلى زيادة pH بيئة الزراعة كذلك فإن التركيز العالى للبيكربونات يمكن أن يؤدى إلى ترسب كربونات الكالسيوم وكربونات المغنيسيوم وبسبب المشاكل التى يمكن أن تحدثها التركيزات العالية للبيكربونات، فإنه يوصى بخفض pH الماء المستعمل إلى ٥,٦-٦٠ باستعمال أى من أحماض النيتريك، أو الفوسفوريك، أو الكبريتيك (عن Hochmuth ٢٠٠١ب)

إن الزراعات المحمية تعطى برامج سمادية مكثفة، تضاف فيها معظم الأسمدة مع مياه الرى. ولذا يجب أن تكون نسبة الأملاح منخفضة أصلاً فى المياه المستعملة فى الرى ويفضل ألا يزيد تركيز الأملاح على ٥٠٠ جزء فى المليون، وأقصى تركيز ممكن للأملاح فى مياه الرى هو ١٠٠٠ جزء فى المليون مع المحاصيل الحساسة للملوحة، مثل الخيار. والفاصوليا. و ١٥٠٠ جزء فى المليون مع المحاصيل المتوسطة التحمل، مثل الطماطم والفلفل

ومن ناحية أخرى يجب ألا يزيد تركيز مختلف الكاتيونات والأنيونات على حدود معينة كما يلى (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣):

الأيون	الحد الأقصى الذى يفضل ألا يزيد عليه التركيز
الصوديوم	١٨٤ جزءًا فى المليون (٨ ملى مكافئ/لتر)
الكالسيوم	١٢٠ جزءًا فى المليون (٦ ملى مكافئ/لتر)؛ لكى لا يؤدى إلى ترسب الفوسفات إذا أضيفت مع مياه الرى
المغنيسيوم	٣ ملى مكافئ/لتر
الكلوريد	٣ ملى مكافئ/لتر
الكبريتات	٤٨٠ جزءًا فى المليون (١٠ ملى مكافئ/لتر) للنباتات غير الحساسة للعنصر
	٤٨ جزءًا فى المليون (ملى مكافئ واحد /لتر) للنباتات الحساسة للعنصر
البيكربونات	٦ ملى مكافئ/لتر؛ لكى لا تؤدى إلى حدوث ترسبات فى شبكة الرى

وقد أدى استخدام مياه المزارع السمكية فى رى الطماطم الشيرى فى زراعات أرضية – بدلا من استخدام مياه الآبار – إلى زيادة المحصول، الأمر الذى ارتبط بزيادة أعداد الثمار (Castro وآخرون ٢٠٠٦).

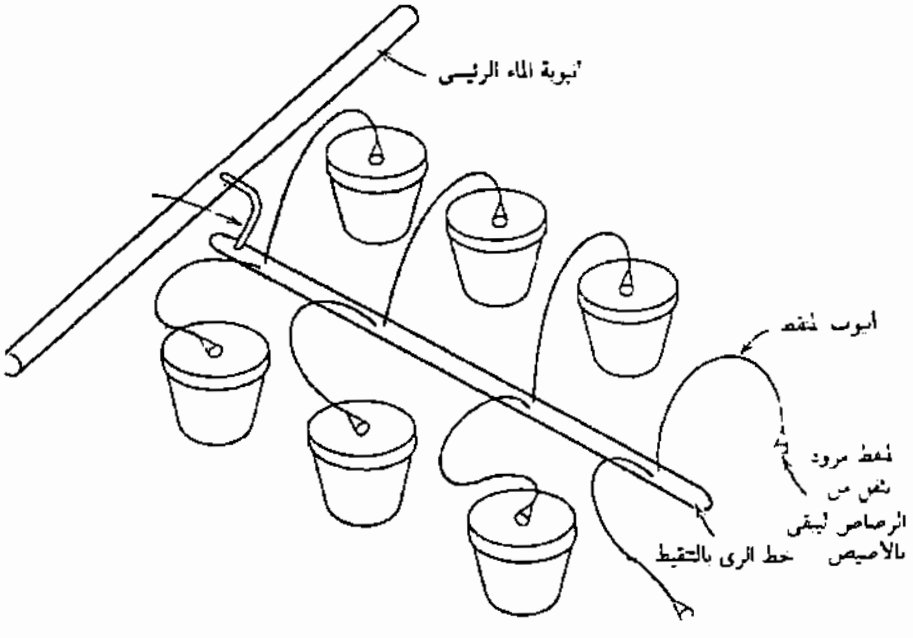
طرق الرى

يعتبر الرى بالتنقيط هو أكثر طرق الرى شيوعًا فى زراعات الخضر المحمية، ولكن الرى بالرذاذ (المست Mist) – من أعلى (على ارتفاع مترين) – يفيد أيضًا فى تلطيف درجة الحرارة عند تشغيله بمعدل ١–١,٥ ملليمتر/ساعة، ولذا .. ينصح بتزويد البيوت المحمية بهذا النظام، لكن مع الاعتماد على الرى بالتنقيط لأجل تزويد النباتات باحتياجاتها من الرطوبة الأرضية.

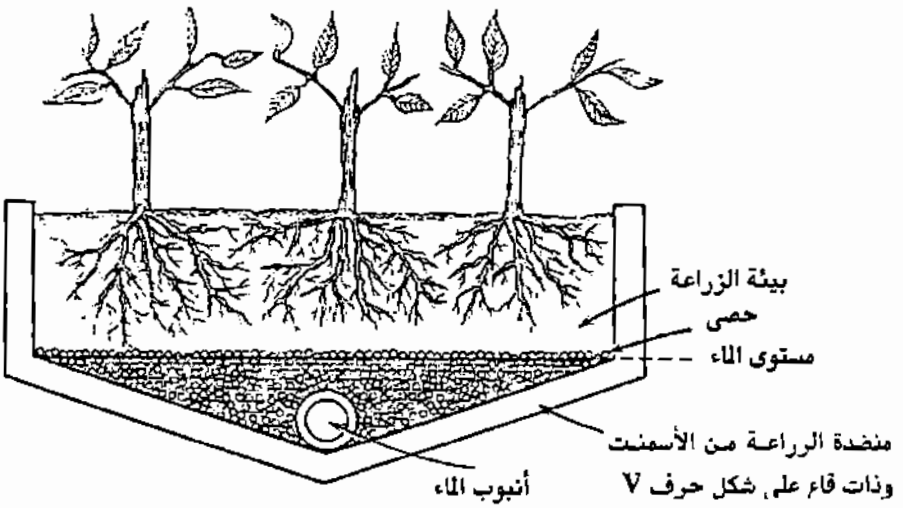
ولا يفضل رى زراعات الخضر المحمية بطريقة الغمر لأسباب كثيرة، منها: زيادة الرطوبة النسبية داخل الصوبات، الأمر الذى يؤدى إلى زيادة انتشار

الأمراض، وزيادة الفاقد من مياه الرى والأسمدة المضافة، وصعوبة توصيل الأسمدة إلى النباتات بالكميات وفى المواعيد المناسبة لها كما يحدث عند إضافتها مع مياه الرى بالتنقيط.

أما طريقة الرى بالرش فإنها لا تناسب زراعات الخضر المحمية التى تُرَبَّى قائمة، ولكنها تناسب رى المحاصيل الكثيفة التى لا تربى رأسيًا مثل الخس، وكذلك تناسب رى المشاتل ونباتات الزينة، ومختلف النباتات التى تربى فى الأصص، أو فى "بنشات" خاصة كما قد تروى هذه النوعية من الزراعات — كذلك — بالتنقيط (شكل ٧-٣)، أو بطريقة الرى تحت السطحى (شكل ٧-٤).



شكل (٧-٣). رى نباتات الأصص بالتنقيط.



شكل (٧-٤): رى النباتات النامية فى مناضد الزراعة (البنشات) بطريقة الرى تحت السطحى.

ولمزيد من التفاصيل عن مختلف طرق الرى التى ورد ذكرها أعلاه .. يراجع كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب).

معدلات الرى

تتوقف معدلات الرى والفترة بين الريات على طبيعة التربة، والمحصول المزروع، والظروف الجوية السائدة، ومستوى الماء الأرضى، ولسنا هنا بصدد مناقشة هذه العوامل التى يمكن الرجوع إليها فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب)، ولكنا نبرز بعض المبادئ العامة التى تحكم عملية الرى كما يلى:

١- يُستعمل خط واحد للرى بالتنقيط فى كل مصطبة، ولا يستعمل خطان للرى (مع افتراض وجود خطين من النباتات بكل مصطبة) إلا عند الضرورة فى حالات الأراضى الشديدة النفاذية.

٢- يفضل أن يكون معدل تصريف المنقطات المستعملة فى خراطيم الرى بالتنقيط لترًا

واحدًا/ساعة فى الأراضى الثقيلة. ولترين/ساعة فى الأراضى المتوسطة القوام، و ٣-٤ لترات/ساعة فى الأراضى الخفيفة الشديدة النفاذية.

٣- تروى المصاطب - قبل الزراعة - بكميات من المياه تكفى لبل التربة إلى عمق لا يقل عن ٥٠ سم وعندما تكون التربة جافة تمامًا فإن هذه الكميات تتراوح بين ٣٢ لترًا/نقاط فى الأراضى الثقيلة، و ٢٦ لترًا/نقاط فى الأراضى الخفيفة، ولكن نادرًا من تكون التربة جافة تمامًا، خاصة فى الأراضى الثقيلة. وعمومًا .. فإن كمية المياه المضافة قبل الزراعة لا تقل عن ٨ لترات/نقاط وبينما تجرى زراعة البذور أو يتم الشتل بعد هذه الرية مباشرة فى الأراضى الرملية الخفيفة، فإن الزراعة تؤجل لمدة ٢-٣ أيام بعد تلك الرية فى الأراضى الثقيلة؛ لكى تصبح محتوية على القدر المناسب من الرطوبة عند الزراعة. وهو ٥٠٪ من الرطوبة عند السعة الحقلية فى الخمسين سنتيمترًا السطحية من التربة

٤- عند وجود خط واحد من النباتات فى كل مصطبة فإنه يكون على مسافة ١٥ سم من خرطوم الرى فى الأراضى الرملية، و ٢٠ سم فى الأراضى الثقيلة. أما عند وجود خط واحد للرى بخدم خطين من النباتات فى كل مصطبة . فإن خطوط النباتات تكون على مسافة ٢٥ سم على كل من جانبى خرطوم الرى، وقد تستعمل فى الحالة الأخيرة أنابيب شعرية (إسباجيتى) لتوصيل مياه الرى من الخرطوم إلى مواقع النباتات فى خطى الزراعة فى الأراضى الخفيفة العالية النفاذية.

٥- يراعى عدم زيادة معدلات الرى فى الأراضى الثقيلة إلى القدر الذى يؤدى إلى تعجن التربة؛ فيكون الرى خفيفًا بعد الزراعة أو الشتل، ويستمر كذلك إلى أن تُثبِّت البادرات جذورها فى التربة؛ حيث يوقف الرى بعد ذلك لأيام قليلة قبل معاودته من جديد أما فى الأراضى الخفيفة فإن الرى يستمر بصورة طبيعية حسب الظروف الجوية

٦- تتراوح معدلات الرى - عادة - بين ٠.٥م^{٣}/صوبة يوميًا عند بداية الزراعة، و ٥م^{٣}/صوبة يوميًا خلال فترة الذروة؛ وهى فترات النمو الخضرى الغزير، والإزهار، والإثمار. وتكون الزيادة من الحد الأدنى إلى الحد الأقصى تدريجية

هذا .. وتقدر احتياجات الرى اليومية (بالمتر المكعب) للصوب البلاستيكية القياسية (٥٤٠م^{٢}) خلال شهور الزراعة، كما يلى:

الشهر	العروة الخريفية	العروة الربيعية
سبتمبر	٠,٥	—
أكتوبر	١,٥	—
نوفمبر	٣,٠	—
ديسمبر	٣,٠	—
يناير	١,٠	—
فبراير	٢,٠	٠,٤
مارس	٣,٠	١,٠
أبريل	٤,٠	٣,٥
مايو	—	٣,٨
يونيو	—	٣,٨

التسميد

يعتمد التسميد فى الزراعات المحمية — أساسًا — على الأسمدة الذائبة التى تصل إلى النباتات مع ماء الرى بالتنقيط، خاصة فى الأراضى الرملية. أما عند اتباع طريقة الرى السطحى، فإن التسميد يتم بإضافة الأسمدة الجافة إلى جانب النباتات. وقد تُتبع طريقتا التسميد معًا، بالإضافة إلى التسميد بالرش بالنسبة للعناصر الدقيقة.

وقد سبقت لنا مناقشة موضوع التسميد باستفاضة فى كتاب "تكنولوجيا إنتاج الخضر" (حسن ١٩٩٧ب)، ونكتفى فى هذا المقام بإيضاح بعض الأمور.

العناصر الغذائية

يحتاج النبات إلى ستة عشر عنصرًا يحصل على ثلاثة منها — وهى الكربون

والأكسجين والأيدروجين – من ثانى أكسيد الكربون الجوى والماء، أما باقى العناصر فيحصل عليها – طبيعيًا – من التربة

يُعد عنصر الكربون العمود الفقرى لجميع المركبات العضوية، التى يدخل فى تركيبها جميعا – كذلك – عنصر الأيدروجين، كما يدخل عنصر الأكسجين فى تركيب العديد منها. مثل السكريات البسيطة ويدخل الأيدروجين فى التفاعلات الكهروكيميائية للمحافظة على توازنات الشحنة عبر الأغشية الخلوية. كما يُعد الأكسجين ضروريًا لكثير من التفاعلات الكيميائية الحيوية

ونتناول – فيما يلى – دور باقى العناصر فى النبات:

الفوسفور

يُستعمل الفوسفور فى عديد من المركبات التى تقوم بنقل الطاقة فى النبات، كما يدخل العنصر فى تركيب الأحماض النووية التى تتشكل منها الشفرة الوراثية

البوتاسيوم

يُستعمل البوتاسيوم كمنشِّط لكثير من التفاعلات الإنزيمية فى النبات. ويتحكم البوتاسيوم فى امتلاء وارتخاء الخلايا الحارسة المحيطة بالثغور بحركته إلى داخل الخلايا وخارجها، علمًا بأن امتلاء (turger) وارتخاء (lack of turger) تلك الخلايا يحكم فى درجة انفتاح التغور، ومن ثم مستوى تبادل الغازات وبخار الماء من خلال الثغور

النيتروجين

يُعد النيتروجين عنصرا بالغ الأهمية للنمو النباتى، وهو يدخل فى تركيب كثير من المواد. مثل الكلوروفيل، والأحماض الأمينية، والبروتينات، والأحماض النووية، والأحماض العصوية

الكبريت

يدخل الكبريت فى تركيب بعض الأحماض الأمينية، مثل الميثيونين methionine،

كما يدخل العنصر فى تركيب مجموعة الكبريت المهدرج sulfhydryl فى بعض الإنزيمات

الكالسيوم:

يدخل الكالسيوم فى تركيب بكتات الكالسيوم اللازمة لتكوين الجدر الخلوية. كذلك يعد الكالسيوم عاملاً مساعدًا cofactor لبعض التفاعلات الإنزيمية. كما وجد أن الكالسيوم يدخل فى تنظيم العمليات الخلوية التى تتحقق بواسطة جزئ يُعرف باسم كالموديولين calmodulin.

المغنيسيوم:

يلعب المغنيسيوم دورًا هامًا فى الخلايا النباتية نظرًا لأنه يوجد فى وسط جزئ الكلوروفيل. وتتطلب بعض التفاعلات الإنزيمية المغنيسيوم كعامل مساعد.

الحديد:

يدخل الحديد فى التفاعلات الكيميائية الحيوية التى تؤدى إلى تكوين الكلوروفيل، ويعد جزءًا من أحد الإنزيمات المسئولة عن اختزال النيتروجين النتراتى إلى نيتروجين أمونيومى. كذلك تتطلب نظم إنزيمية أخرى مثل الكاتاليز catalase والبيروكسيديز peroxidase عنصر الحديد.

البورون:

لا يُعرف دور البورون فى النبات على وجه التحديد. ويبدو أن له أهمية فى التطور الطبيعى لأنسجة الميرستيم.

المنجنيز

يلعب المنجنيز دورًا فى عديد من التفاعلات الإنزيمية التى تتضمن مركبات الطاقة مثل ثلاثى فوسفات الأدينوزين ATP. كذلك ينشّط المنجنيز عديدًا من الإنزيمات، ويدخل فى عمليات انتقال الإليكترونات فى البناء الضوئى.

النحاس:

يدخل النحاس فى تكوين عديد من الإنزيمات فى النبات، ويشكل جزءًا من بروتين يلعب دورًا فى عمليات انتقال الإليكترونات فى البناء الضوئى.

الزنك

يلعب الزنك دورًا فى تنشيط عديد من الإنزيمات فى النبات، ويلزم لتمثيل إندول حامض الخليك، وهو منظم للنمو

الموليبدنم:

يدخل الموليبدنم فى تركيب إنزيمين يسهمان فى أيض النيتروجين، وأهمهما الإنزيم nitrate reductase

الكلورين:

يحتمل أن يلعب الكلورين دورًا فى البناء الضوئى، وربما يكون له دور كأيون مضاد لتقلب تدفق البوتاسيوم المتحكم فى امتلاء الخلايا (Hochmuth ٢٠٠١ب).

وسائل تعرف مدى حاجة النباتات إلى التسميد

من أهم الوسائل التى يستفاد منها فى التعرف على مدى حاجة النباتات إلى التسميد ما يلى:

أولاً: تحليل التربة

يُستفاد من تحليل التربة فى التعرف على مدى فقر التربة أو غناها فى محتواها من مختلف العناصر الغذائية الضرورية للنباتات، ومن ثم فى مدى الحاجة إلى التسميد. وتقدر العناصر – عادة – فى مستخلص التربة المشبع، وهو المستخلص الذى تسحب منه عينة التربة – تحت تفريغ – بعد إضافة الماء إليها، إلى أن تصبح كالعجين. ويتم سحب الماء من العجينة بعد ساعتين من تكوينها

وتجدر الإشارة إلى أن لمحتوى الرطوبى لعجينة التربة المشبعة يبلغ – تقريبًا –

أربعة أمثال قدر الماء الذى يوجد بها عند نقطة الذبول، وحوالى ضعف محتواها الرطوبى عند السعة الحقلية؛ ولذا .. فإن تركيز الأملاح والعناصر فى مستخلص عجينة التربة المشبعة يكون حوالى ½ التركيز الموجود عند نقطة الذبول، و ¼ ذلك الموجود عند السعة الحقلية.

ويُعدّ المستوى الأمثل للعناصر الضرورية الذائبة فى مستخلص عجينة التربة المشبعة كما يلى (عن حبيب وآخرين ١٩٩٣):

العنصر	المدى المناسب (جزء فى المليون)
نيتروجين نتراتى	١٠٠–٢٨٠
فوسفور	٨–١٣
بوتاسيوم	١٥٠–٢٥٠
كالسيوم	٢٠٠–٢٥٠
مغنيسيوم	٦٠–١٠٠

أما درجة التوصيل الكهربائى (الـ EC) المناسبة فى مستخلص عجينة التربة المشبعة – والتى تعبر عن تركيز الأملاح فيه – فهى ١,٥–٢,٥ ملليموز/سم.

هذا .. ويظهر فى جدول (٧–٤) متوسط محتوى الأراضى المصرية فى سبعة من العناصر الضرورية للنبات (عن عبدالحميد ١٩٩١). ويتبين من الجدول أن تركيز مختلف العناصر أعلى – بصفة عامة – فى أراضى الوادى والدلتا مما فى الأراضى الحديثة الاستصلاح الرملية والجيرية.

وقد أوضحت دراسة أجريت على ٢١٠ عينة من تربة بيوت محمية و ١٠٥ عينة طماطم ورقية – فى تركيا – أن مستوى النحاس (الـ DTPA-extractable) فى العشرين سنتيمتر السطحية من التربة تراوح بين ٠,٧٦، و ٨٨,٠٣ مجم/كجم بمتوسط قدره ٧,٧٩ مجم/كجم، وكانت نسبة العينات التى احتوت على نحاس يزيد عن المستوى السام الخطر (وهو ٢٠ مجم/كجم) ٨,١٪. أما محتوى الأوراق من النحاس فقد تراوح بين ٢,٤،

و ١٤٩٠ مجم/كجم بمتوسط قدره ١٦٦,٥ مجم/كجم، وهو محتوى عال جداً؛ بسبب الرش الورقي الكثف للمركبات المحتوية على النحاس. ولقد تبين أن ٢٤,٨٪ من العينات الورقية احتوت على نحاس بتركيز يزيد عن ٢٠٠ مجم/كجم، وهو الحد الأقصى المقبول المسوح به وأوصت الدراسة بالحد من استخدام المبيدات والأسمدة المحتوية على النحاس (Kaplan ١٩٩٩).

جدول (٧-٤) متوسط محتوى مختلف الأراضي الزراعية المصرية من سبعة من العناصر الضرورية للنبات (على عمق صفر-٦٠ سم).

العنصر	أراضي الوادي والدلتا	أراضي حديثة الاستزراع: رملية	أراضي حديثة الاستزراع: جيرية
	عناصر كبرى (مجم/١٠٠ جم)		
نيتروجين	٧٥-١٧٠	١٢-٤٥	١٨-٤٧
فوسفور	٢,١-٤,٠	٠,٤-١,٢	٠,٣-٠,٥
بوتاسيوم	٣٨-٦٨	٥-١٠	١٧-٢٢
	عناصر دقيقة (جزء في المليون)		
حديد	٩,٥-٣٠	٠,٥-٤,٥	١,٥-٦,٠
منجنيز	١٠-٤٠	٢,٠-٢,٥	٥-١٢
زنك	١,٢-٢,٤	٠,٥-٠,٧	٠,٨-١,٠
نحاس	٢,٧-٤,٦	٠,٤-١,٩	٠,٨-٠,٩

ثانيًا تحليل النبات

يفيد تحليل الأنسجة النباتية كثيرًا في تحديد مدى الحاجة إلى التسميد ويبين جدول (٧-٥) المدى الطبيعي لتركيز العناصر المختلفة في أنسجة الورقتين الخامسة والسادسة من القمة النامية بكل من نباتي الطماطم والخيار. ويمكن الاسترشاد بهذا الجدول في التعرف على الحاجة إلى التسميد في المحاصيل القريبة منهما، وهي محاصيل العائلتين الباذنجانية والقرعية على التوالي. وتجب موالاة التسميد بالعناصر

المعنية قبل انخفاض مستوى العنصر بالنبات إلى الحد الأدنى للمجال الطبيعي؛ لأن انخفاضه عن ذلك يعني وجود نقص في العنصر بالنبات يتبعه نقص في المحصول، أو ظهور عيوب فسيولوجية معينة (Johnson ١٩٧٩). كما لا يجب الاستمرار في التسميد إلى أن يصل مستوى العناصر في النبات إلى مستويات تزيد عن المستوى المثالي؛ لأن ذلك يؤدي إلى ضعف النمو ونقص المحصول (شكل ٧-٥).

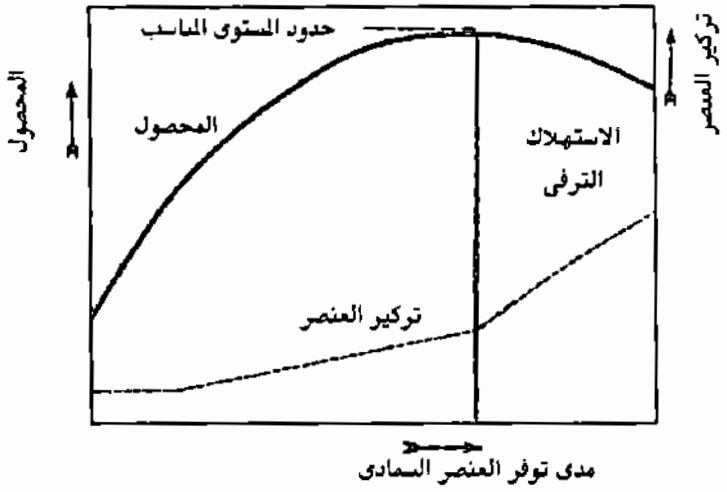
جدول (٧-٥): المحتوى الطبيعي لأنسجة الطماطم والخيار النامية في المزارع المائية من مختلف العناصر (عن Lorenz & Maynard ١٩٨١).

العنصر	الطماطم	الخيار
البوتاسيوم (٪)	٨-٥	١٥-٨
الكالسيوم (٪)	٣-٢	٣-١
المغنيسيوم ٪	١,٠-٠,٤	٠,٧-٠,٣
النيتروجين النتراتي (جزء في المليون)	٢٠٠٠٠-١٤٠٠٠	٢٠٠٠٠-١٠٠٠٠
الفوسفور (PO_4) (جزء في المليون)	٨٠٠٠-٦٠٠٠	١٠٠٠٠-٨٠٠٠
الحديد (جزء في المليون)	١٠٠-٤٠	١٢٠-٩٠
الزنك (جزء في المليون)	٢٥-١٥	٥٠-٤٠
النحاس (جزء في المليون)	٦-٤	١٠-٥
المنجنيز (جزء في المليون)	٥٠-٢٥	١٥٠-٥٠
الموليبدنم (جزء في المليون)	٣-١	٣-١
البورون (جزء في المليون)	٦٠-٢٠	٦٠-٤٠

(أ) أجريت التحاليل على الأوراق التي أكملت نموها حديثًا (الأوراق الخامسة أو السادسة من القمة النامية). استخدم عنق الورقة لتحليل العناصر الكبرى، ونصل الورقة لتحليل العناصر الدقيقة، والقيم معبر عنها نسبة إلى الوزن الجاف.

ويتعين دائمًا تحديد طريقة التحليل المتبعة، ومرحلة النمو النباتي التي تجمع عندها عينات الأوراق للتحليل، والعمر الفسيولوجي للورقة (مدى ابتعادها عن القمة النامية)، ومدى قربها من الثمار المتكونة، وما إن كان التحليل يجرى على نصل الورقة، أم

عنقها، أم كليهما. لأن جميع هذه العوامل تؤثر على نتيجة التحليل؛ حيث يقل تركيز العناصر بتقدم عمر النبات، وبتقدم العمر الفسيولوجي للورقة، وباقترابها من الثمار التكونة، وفى نصلها مقارنة بعنقها، كما يقل تركيز العناصر فى الأوراق المصابة بالأمراض عما فى الأوراق السليمة



شكل (٧-٥): علاقة النمو والمحصول بتركيز العنصر فى النبات (Mastalerz ١٩٧٧)

أما المستويات الحامة للعناصر الصغرى فصى (بالجزء فى المليون فى الأوراق المكتملة النمو حديثًا وعلى أساس الوزن الجاف) كما يلى:

المحصول	البورون	المنجنيز	الزنك
الطماطم	١٥٠	٥٠٠	٣٠٠
الخيار	٢٠٠	٥٥٠	٦٥٠
الخس	٣٠٠	٢٥٠	٣٥٠

وعند الاعتماد على تحليل النبات للتعرف على محتواه من مختلف العناصر فإن التحاليل تجرى على أول الأوراق اكتمالاً فى التكوين بعد القمة النامية (تكون عادة الورقة الخامسة والسادسة من القمة النامية) يجب جمع الأوراق التى تؤخذ للتحليل عشوائيًا من الصوبة كلها، مع قطف عدد كافٍ منها، ويكفى — عادة — حوالى ١٥-٢٠

ورقة. ويراعى قطف الأوراق بأعناقها وتجنب الأوراق غير النظيفة، وتلك التى توجد عليها متبقيات مبيدات ظاهرة تُعبأ الأوراق فى كيس ورقى وترسل سريعًا للتحليل. وقد يكون من المفيد تجفيف الأوراق قبل إرسالها، وذلك بوضعها على منخل وتركها فى مكان بالصوبة لا توجد به تيارات هوائية يمكن أن تؤدى إلى تطاير الأوراق.

كذلك يمكن الاعتماد على اختبار العصير الخلوى لأعناق الأوراق لتحليل تركيز النيتروجين النتراتى والبوتاسيوم ويمكن الرجوع إلى جدول (٧-٦) للاسترشاد بالقيم المبينة فيه بالنسبة لمحصول الطماطم

جدول (٧-٦) مستوى الكفاية لكل من النيتروجين النتراتى والفوسفور بالعصير الخلوى لأعناق أوراق الطماطم فى مختلف مراحل النمو (Hochmouth ٢٠٠١ب)

مرحلة النمو النباتى	المدى المناسب (جزء فى المليون)	
	النيتروجين النتراتى	البوتاسيوم
من الشتل حتى العنقود الثمرى الثانى	١٢٠٠-١٠٠٠	٥٠٠٠-٤٥٠٠
العنقود الثمرى الثانى إلى الخامس	١٠٠٠-٨٠٠	٥٠٠٠-٤٠٠٠
خلال موسم الحصاد	٩٠٠-٧٠٠	٤٠٠٠-٣٥٠٠

ثالثا: أعراض نقص العناصر

نلقى – فيما يلى – مزيدًا من الضوء على أعراض نقص العناصر الضرورية للنبات، وجوانب أخرى للموضوع لم يسبق تناولها فى الفصل الرابع.

الفوسفور:

يُمتص الفوسفور على إحدى صورتين: $H_2PO_4^{-1}$ أو HPO_4^{-2}، بعملية نشطة تتطلب طاقة، وهو عنصر سريع التحرك فى النبات، ولذا .. تظهر أعراض نقصه على الأوراق السفلى أولاً، لأنه يتحرك خارجًا منها لسد حاجة النموات الجديدة منه. وتظهر أعراض نقص العنصر على صورة تقزم، وتلون أحمر ناتج عن تحفيز لمستوى صبغات الأنثوسيانين.

تحتوى الأوراق التى تعانى من نقص العنصر على نحو ٠,١٪ فقط من الفوسفور فى

المادة الجافه، بينما تحتوى الأوراق الطبيعية المكتملة التكوين حديثًا على ٠,٢٥ ٪-٠,٦ ٪ فوسفور على أساس الوزن الجاف وتؤدى زيادة الفوسفور فى بيئة الجذور إلى تقليل النمو النباتى؛ ربما بسبب تثبيط زيادة الفوسفور لامتصاص عناصر الزنك والحديد والنحاس.

يمكن أن ينخفض امتصاص الفوسفور عند ارتفاع الـ pH فى بيئة نمو الجذور، وكذلك عند انخفاض درجة حرارتها ومن المهم المحافظة على pH المحاليل المغذية بين ٥,٦، و ٦,٠ ليناسب امتصاص الفوسفور. ويمكن خفض الـ pH باستعمال عديد من الأحماض، مثل الكبريتيك والنيتريك والفوسفوريك ويجب عدم الإفراط فى إضافة الكلس (كربوسات الكالسيوم) للبيت المستخدم فى تحضير بيئة الزراعة، حيث يجب أن يُحافظ على الـ pH فيها بن ٥,٥، و ٦,٥

ويجب ألا تنخفض حرارة بيئة نمو الجذور عن ١٥°م لفترات طويلة، وخاصة فى مرحلة نمو البادرات؛ لأن ذلك يثبط امتصاص الجذور لعنصر الفوسفور

وأحيانًا تُظهر أعناق الأوراق الحديثة وعرقها الأوسط فى النباتات المكتملة النمو تلونًا قرمزيًا يحدث ذلك غالبًا فى أواخر الخريف عندما تنخفض درجة الحرارة. ويحتمل ألا تكون لتلك الأعراض علاقة بنقص الفوسفور، لأنها تظهر على الأوراق الحديثة، وأغلب الظن أن يكون لتلك الأعراض علاقة بوجود زيادة فى مستوى صبغات الأنثوسيانين الذى يحدث فى الحرارة المنخفضة. ولا تُحدث تلك الأعراض أية مشاكل، وتختفى عند ارتفاع الحرارة

البوتاسيوم:

يُمتص البوتاسيوم بكميات كبيرة بعملية نشطة تتطلب طاقة وما أن يدخل العنصر النبات حتى يتحرك بحرية ويصل سريعًا إلى الأنسجة الحديثة.

تظهر أعراض نقص البوتاسيوم على الأوراق الحديثة أولاً على صورة نقط متحللة أو تبرقش، ومع استمرار نقص العنصر يحدث تحلل على امتداد حواف الورقة، ويمكن أن يظهر على النباتات ذبول خفيف

وتحتوى الأوراق التى يظهر عليها أعراض نقص العنصر – عادة – على ١.٥٪ بوتاسيوم على أساس الوزن الجاف

ويؤدى نقص العنصر إلى إصابة ثمار الطماطم بالنضج المتبقع.

وتؤدى زيادة تركيز العنصر فى بيئة الزراعة عما يجب – وخاصة فى المزارع المائية ومزارع الصوف الصخرى – إلى تثبيط امتصاص الكاتيونات الأخرى مثل المغنيسيوم والكالسيوم.

النيتروجين:

يمكن للنباتات امتصاص النيتروجين إما على صورة أيون النترات NO_3^-، وإما على صورة ايون الأمونيوم NH_4^+. وتعد النترات هى الصورة المفضلة للامتصاص فى معظم النباتات. ويكون امتصاص صورة الأمونيوم أسهل – غالبًا – عن صورة النترات فى الحرارة الأقل من ١٣°م. كما يكون امتصاص الأمونيوم أفضل ما يكون عندما يكون pH بيئة الزراعة قريبًا من التعادل، ويقل الامتصاص مع انخفاض رقم الـ pH. هذا .. بينما يكون امتصاص النترات أفضل فى الـ pH الحامضى قليلاً. ويزداد امتصاص النباتات للنيتروجين – عادة – عند تواجد العنصر بكلتا صورتيه فى بيئة الزراعة.

وتؤثر الصورة التى يُمتص عليها النيتروجين على pH البيئة؛ فمع امتصاص الأمونيوم يُطلق النبات أيون الأيدورجين H^+ للمحافظة على التوازن الكهربائى؛ مما يؤدى إلى انخفاض الـ pH ومع امتصاص النترات يزداد الـ pH؛ بسبب إطلاق النبات لأيون الأيدروكسيل OH^- ويفسر ذلك التقلبات التى تلاحظ أحيانًا فى pH بيئة نمو الجذور

ويعد النيتروجين من العناصر المتحركة بشدة فى النبات؛ ولذا .. تُشاهد أعراض نقصه على الأوراق السفلى أولاً. وتكون الأعراض على صورة اصفرار عام chlorosis للورقة. وقد يظهر أحيانًا فى الطماطم تلونًا احمر بأعناق الأوراق وعروقها. وإذا استمر النقص فإن الأوراق تسقط من النبات.

تحتوى الأوراق الطبيعية على ٢٪ إلى ٥٪ نيتروجين على أساس الوزن الجاف.

وتؤدى زيادة توفر العنصر عما يجب إلى جعل النمو غضًا وغزيرًا، مع زيادة مساحة الورقة وازدياد دكنة لونها الأخضر. وتؤدى زيادة النيتروجين — خاصة فى الجو الحار الصحو — إلى عدم إنتاج النباتات للأزهار. وتكون أوراق هذه النباتات سميكة وجلدية وتلتف لأسفل بصورة واضحة، مما يبدو معه النمو مندمجًا.

الكبريت:

يُمتص الكبريت أساسًا على صورة كبريتات SO_4^{2-}. ولا يعد الكبريت كثير الحركة فى النبات، لذا فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق الحديثة أولاً. وتكون الأعراض على صورة اصفرار عام بالأوراق. وتتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص النيتروجين، ولكن مع اختلاف الأوراق التى تظهر عليها الأعراض، حيث يكون ظهورها على الأوراق العلوية فى حالة الكبريت والسفلية فى حالة النيتروجين

تحتوى الأوراق الطبيعية — عادة — على ٠,٢٪ إلى ٠,٥٪ كبريتات على أساس الوزن الجاف. ويمكن للنباتات أن تتحمل مستويات عالية من الكبريت فى بيئة الزراعة، ولذا تستخدم أملاح الكبريتات فى التسميد بعديد من العناصر الكبرى والصغرى. ولهذا السبب لا يعد نقص الكبريت أمرًا شائعًا.

الكالسيوم

على خلاف معظم العناصر، فإن الكالسيوم يُمتص وينتقل فى النباتات بآلية سلبية، وتُسهم عملية النتح بالقدر الأكبر فى عملية امتصاص الكالسيوم، وما أن يصبح العنصر فى داخل النبات حتى يتحرك إلى الأعضاء التى يزيد فيها معدل النتح، مثل الأوراق النامية.

ويحدث معظم امتصاص الكالسيوم فى منطقة من الجذر تلى القمة النامية مباشرة، ويعنى ذلك ضرورة المحافظة على النمو الجذرى صحيحًا لتكثر به القمم الجذرية، علمًا بأن أمراض الجذور تحد كثيرًا من امتصاص الكالسيوم

لا يتحرك الكالسيوم من الأنسجة التى يصلها مع تيار الماء المفقود بالنتح. ولذا تظهر

أعراض نقص العنصر على الأوراق الحديثة أولاً. وتتمثل فى صورة تحلل بالأوراق الحديثة أو أن يصبح النمو متجعدًا وملتويًا.

ومن العيوب الفسيولوجية التى تظهر جراء نقص الكالسيوم احتراق حواف الأوراق فى الخس والكرنب، وتعفن الطرف الزهرى فى الطماطم.

ونظرًا لأن حركة الكالسيوم فى النباتات ترتبط بالنتح؛ لذا .. فإن الظروف البيئية التى تؤثر فى النتح تؤثر كذلك فى حركة العنصر. ونجد – مثلاً – أن الفترات التى ترتفع فيها الرطوبة النسبية تزداد فيها إصابة الخس باحتراق حواف الأوراق، لأن الأوراق لا تنتح – فى هذه الظروف – بما يكفى لتوصيل كميات كافية من الكالسيوم للحواف البعيدة للأوراق النامية.

يتراوح تركيز الكالسيوم فى الأوراق الطبيعية المكتملة النمو حديثًا بين ١,٠٪، و ٥,٠٪.

ويجب أن تؤخذ العوامل البيئية السائدة فى الحسبان عند التخطيط لبرنامج التسميد بالكالسيوم كما أن امتصاص الكالسيوم يتأثر بمدى تواجد الكاتيونات الأخرى، مثل الأمونيوم والمغنيسيوم والبوتاسيوم، وهى التى يمكن أن تُنافس الكالسيوم على الامتصاص، والتى لا تجب زيادة التسميد بها عن حاجة النبات.

المغنيسيوم:

يُمتص المغنيسيوم بكميات أقل من الكالسيوم، ويتأثر امتصاصه بشدة – كذلك – بالكاتيونات المنافسة له، مثل البوتاسيوم والكالسيوم والأمونيوم. وعلى خلاف الكالسيوم، فإن المغنيسيوم يتحرك فى النبات بحرية؛ لذا .. فإن أعراض نقصه تظهر على الأوراق السفلى أولاً.

تكون أعراض نقص المغنيسيوم على صورة اصفرار فيما بين العروق، يمكن أن يتحول إلى تحلل بتلك المساحات المصفرة. وفى الطماطم .. يؤدى استمرار نقص المغنيسيوم إلى ظهور تلون قرمزى خفيف بالأجزاء المتأثرة من الورقة.

يوجد المغنيسيوم فى الأوراق الطبيعية – عادة – بتركيز ٠,٢٪ إلى ٠,٨٪.

وإذا ظهرت أعراض نقص المغنيسيوم فإن السبب يكون عادة إما لضعف التسميد بالعنصر، وإما لزيادة التسميد بالكاتيونات المنافسة له

الحديد:

يمكن للنبات امتصاص الحديد بطريقة نشطة (تتطلب بذل طاقة) على صورة أيون حديدوز Fe^{2+} أو من كُلاَّب (شيلات) الحديد iron chelates. وهى جزيئات عضوية تحتوى على حديد مخلوب داخلها. يعتمد امتصاص الحديد كثيرًا على صورته المتوفرة، ويعتمد الامتصاص الجيد على قدرة الجذور على اختزال الصورة Fe^{3+} إلى الصورة Fe^{2+} لأجل امتصاصه وتُعد كُلاَّبات الحديد قابلة للذوبان وتساعد فى بقاء الحديد فى صورة محلول يسهل امتصاصه وعادة يكون امتصاص كامل جزئ الكُلاَّب قليلاً، وغالبًا ما ينفصل الحديد عن الكُلاَّب (الشيلات) قبل الامتصاص مباشرة.

لا يتحرك الحديد فى النبات، ولذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً، ويكون ذلك على صورة اصفرار فيما بين العروق، يمكن أن يزداد إلى أن تتحول الأنسجة المتأثرة إلى اللون الأبيض، ثم إلى تحللها. وتحتوى الأوراق الطبيعية – عادة – على الحديد بتركيز ٨٠–١٢٠ جزءًا فى المليون على أساس الوزن الجاف.

ومن أهم الظروف التى تؤدى إلى ظهور أعراض نقص الحديد ضَعف التسميد بالعنصر. وانخفاض حرارة بيئة نمو الجذور، أو ارتفاع رقمها الأيدروجينى (أى زيادة الـ pH عن ٧٠)

ويعالج نقص العنصر إما بالتسميد الأرضى أو بالرش. وتكفى – عادة – رشه واحدة أو رشتان بتركيز ٢٥ جزء فى المليون من الحديد المخلبى لتصحيح حالة نقص العنصر.

المنجنيز:

يُمتص المنجنيز على الصورة الأيونية Mn^{2+}، ويتأثر الامتصاص بتواجد الكاتيونات

الأخرى، مثل الكالسيوم والمغنيسيوم. ويعد المنجنيز غير متحرك نسبيًا في النبات، ولذا .. تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً.

تتشابه أعراض نقص المنجنيز مع أعراض نقص المغنيسيوم، ولكن باختلاف الأوراق التي تظهر عليها الأعراض، فهي تكون الحديثة في حالة المنجنيز، والمسنة في حالة المغنيسيوم. تكون أعراض نقص المنجنيز على صورة اصفرار فيما بين العروق، إلا أن ذلك الاصفرار يكون على صورة نقاط أو بقيعات أو لطخات speckles.

ويتراوح التركيز الطبيعي للمنجنيز بالأوراق بين ٣٠، و ١٢٥ جزءًا في المليون على أساس الوزن الجاف. ويمكن أن تكون التركيزات العالية للعنصر سامة للنباتات. وتكون السمية على صورة تحللات بحواف الأوراق. ويحدث التسمم بالمنجنيز عند زيادة تركيزه في بيئة الزراعة إلى ٨٠٠-١٠٠٠ جزء في المليون. وجدير بالذكر أن زيادة المنجنيز في المحاليل المغذية يُضعف امتصاص الحديد.

تحدث حالات النقص – غالبًا – إما لضعف التسميد بالعنصر، وإما نتيجة لمنافسة الكاتيونات الأخرى له على الامتصاص. أما التسمم فقد يحدث نتيجة إما لزيادة التسميد بالعنصر، وإما نتيجة لزيادة حامضية وسط الزراعة عندما يدخل في تركيب الوسط تربة تحتوى على منجنيز، حيث يزداد تيسر المنجنيز وذوبانه كثيرًا في الوسط الحامضي.

الزنك:

يُعتقد بأن امتصاص الزنك يكون بطريقة نشطة تتطلب طاقة، ويمكن أن يتأثر الامتصاص – سلبًا – بكثرة تواجد الفوسفور في بيئة الزراعة. ولا يعد الزنك من العناصر المتحركة كثيرًا في النبات. ويؤدى نقص العنصر إلى اصفرار ما بين العروق في الأوراق، كما يؤدى أيضًا إلى قصر سلاميات النبات.

تحتوى الأوراق الطبيعية على ٢٥-٥٠ جزءًا في المليون من الزنك. ويمكن أن تؤدى زيادة تركيز العنصر إلى التسمم، ومن أهم أعراضه ضعف النمو الجذرى، وصغر الأوراق واصفرارها. ويمكن أن يزداد تعرض النبات لنقص الزنك عندما تكون بيئة نمو الجذور

باردة وزائدة الرطوبة. أو عندما يرداد فيها – كثيرًا – رقم الـ pH، أو عندما تحتوى على كميات زائدة من الفوسفور

النحاس:

تمتص النباتات النحاس بكميات صغيرة جدًا. ويبدو أن عملية الامتصاص تكون نشطة (تتطلب بذل طاقة)، وهى تتأثر سلبًا – بشدة – بكل من تواجد الزنك بكثرة وارتفاع الـ pH والنحاس ليس شديد التحرك في النبات، ولكنه قد يتحرك جزئيًا من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة. ويتراوح المدى الطبيعى للنحاس فى النباتات بين ٥، و ٢٠ جزءًا فى المليون.

يؤدى نقص العنصر فى الأوراق الحديثة إلى اصفرارها واستطالتها قليلاً. ويمكن أن تؤدى زيادة النحاس – وخاصة فى بيئة الزراعة الحامضية – إلى التسميد بالعنصر.

الموليبدنم:

يُمتص الموليبدنم على صورة موليبدات MoO_4^{2-1}، ويمكن لأيون الكبريتات – عند تواجده بكثرة – تثبيط امتصاص الموليبدنم ويقل محتوى أوراق النبات من العنصر عن جزء واحد فى المليون

تبدأ أعراض نقص العنصر فى الظهور على الأوراق الوسطى والسفلى، حيث تُصبح مصفرة وتلتف حوافها. وعلى خلاف باقى العناصر الدقيقة، فإن نقص الموليبدنم يحدث – غالبًا – فى ظروف بيئات الزراعة الحامضية.

البورون:

لا تُعرف على وجه التحديد آلية امتصاص النباتات للبورون، وهو عنصر غير متحرك فى النبات. ويبدو أنه يتشابه كثيرًا مع الكالسيوم فى الامتصاص والانتقال بالنبات

يؤثر نقص العنصر على الأنسجة الصغيرة النامية أولاً، مثل البراعم وأطراف الأوراق وحوافها تظهر بالبراعم مناطق متحللة. وتصفر حواف الأوراق، ثم تموت فى نهاية الأمر وفى الطماطم تصبح الأوراق والسيقان سهلة الكسر والتقصف

تحتوى الأوراق الطبيعية على البورون بتركيز ٢٠-٤٠ جزءًا فى المليون، بينما قد تؤدى التركيزات العالية إلى التسمم. ولا تحتاج النباتات سوى لكميات قليلة من العنصر.

الكلورين:

نادرًا ما تظهر أعراض نقص الكلورين على النباتات، ذلك لأن النباتات تحتاج العنصر بكميات قليلة جدًّا، بينما يكثر تواجده فى الماء والأسمدة والتربة (Hochmuth ٢٠٠١ب).

مصادر الأسمدة الكيميائية

إن أهم مصادر الأسمدة الكيميائية المستعملة فى الزراعات المحمية ما يلى:

أولاً: الأسمدة الآزوتية

السماد	N (٪)	الذوبان (جم/لتر)
نترات النشادر (نترات الأمونيوم)	٣٣	١١٨
سلفات النشادر (كبريتات الأمونيوم)	٢١	٧٠٠
اليوريا	٤٦	٥٠٠
نترات الكالسيوم	١٥,٥	٨٠٠
حامض النيتريك التجارى (٥٥٪)	١٥,٥	كامل
نترات الجير المصرى	١٥,٥	منخفض جدًّا
نترات النشادر الجيرية	٣١	منخفض جدًّا

يفيد استعمال حامض النيتريك مع مياه الرى بالتنقيط فى خفض pH الماء؛ الأمر الذى يقلل ترسيب الأملاح فى شبكة الرى، وزيادة فرصة ذوبان وتيسر العناصر الموجودة فى التربة. ويستعمل الحامض بتركيز ٠,٢ فى الألف (أى بمعدل ٢٠٠ مل من الحامض/م^{٣} من مياه الرى).

ويلاحظ أن الأسمدة الآزوتية تتحرك فى التربة إلى المدى الذى تصل إليه مياه الرى، وتفقد بالنسبة نفسها التى تتسرب بها مياه الرى المحتوية على السماد إلى باطن الأرض.

ثانيًا الأسمدة الفوسفاتية

السماد	(٪) P_2O_5	الذوبان (جم/لتر)
سوبر فوسفات عادى	١٥,٥	٢٠
سوبر فوسفات تريل	٤٥	٤٠
فوسفات ثنائى الأمونيوم	٥٣	٤٢٠
حامض الفوسفوريك التجارى (٧٥٪)	٥٣	(سائل نائب)

ملحوظة للتحويل من P_2O_5 إلى P يضرب فى ٠,٢٣٦٤ وللتحويل من P إلى P_2O_5 يضرب فى ٢,٢٩١٥.

يقتصر استعمال الأسمدة الفوسفاتية مع مياه الرى على كل من فوسفات ثنائى الأمونيوم (التى تحتوى — كذلك — على نيتروجين بنسبة ٢١٪)، وحامض الفوسفوريك الذى يستعمل بتركيز ٠,٣ فى الألف (٣٠٠ مل من الحامض/م^3 من مياه الرى).

أما أسمدة السوبر فوسفات فهى شحيحة الذوبان فى الماء، وتضاف إلى التربة عند إعداد الحقل للزراعة. ويتميز السوبر فوسفات العادى عن السوبر فوسفات الثلاثى باحتوائه على كميات كبيرة من الكالسيوم والكبريت فى صورة جبس؛ حيث يبلغ محتوى السماد من الجبس حوالى ٥٠٪

ويلاحظ أن الأسمدة الفوسفاتية المضافة مع مياه الرى لا تتحرك فى التربة إلا لمسافة محدودة تتراوح بين ٤–٥ سنتيمترات فى الأراضى الثقيلة، و ١٨ سنتيمترًا فى الأراضى الرملية الخفيفة، وذلك أيًا كانت كمية المياه المستعملة فى الرية الواحدة، أو نسبة الفاقد من — مياه الرى — بالرشح.

ثالثًا الأسمدة البوتاسية

تعتبر كبريتات (سلفات) البوتاسيوم أهم مصادر الأسمدة البوتاسية المستعملة فى مصر. وهى تحتوى على K_2O بنسبة ٤٨٪ (للتحويل من K_2O إلى K يضرب فى ٠,٨٣٠١ وللتحويل من K إلى K_2O يضرب فى ١,٢٠٤٧)، كما أنها شحيحة الذوبان فى الماء (يبلغ أقصى ذوبان لها فى الماء ٦٢ جم/لتر)، ولذا فإنها لا تستعمل بطريقة

الحقن مع مياه الرى إلا بعد محاولة إذابتها فى الماء الدافئ مع تركها جانبًا لمدة يوم كامل. ثم ترشيحها خلال قطعة من القماش. وأخذ الرائق فقط للتسميد، ولكن معدل الفاقد من السماد (الذى لا يذوب) يكون كبيرًا. ولا تجب محاولة إذابة الرواسب (التى تتكون من رمل، وأتربة، وجبس، وجير ... إلخ)، وإنما تضاف إلى الزراعات المكشوفة.

ولزيادة معدل ذوبان كبريتات البوتاسيوم يضاف إليها أولاً حامض النيتريك التجارى بمعدل لتر من الحامض لكل ٤ كجم من السماد، ويتركان معًا لمدة حوالى ساعتين. ثم يضاف إليهما الماء بمعدل ٤ لترات لكل كيلو جرام من السماد؛ وبذا .. يمكن حقن السماد بسهولة فى ماء الرى دون أية متاعب فى عملية إذابته.

كما يمكن زيادة قابلية سماد كبريتات البوتاسيوم (وكذلك جميع الأسمدة الأخرى الشحيحة الذوبان) بإضافة ١٠٠ مل (سم^3) من حامض النيتريك التجارى لكل ٢٠٠ لتر من المياه المستخدمة فى تحضير رائق السماد (يمكن استعمال هذه الطريقة كذلك فى تحضير رائق سماد نترات الجير المصرى، والسوبر فوسفات العادى، والتربل سوبر فوسفات).

رابعًا: مصادر المغنيسيوم والكالسيوم والكبريت

تعتبر كبريتات المغنيسيوم أهم مصدر سمادى للمغنيسيوم، وهو ملح سريع الذوبان (٢٠٠ جم/لتر). ويحتوى على مغنيسيوم (MgO) بنسبة ٩,٦٪ فى ملح كيرزيريت، و ١٨,٣٪ فى ملح إبسوم؛ وهما يختلفان فى عدد جزيئات ماء التبلور.

ويتوفر الكالسيوم للنبات من السوبر فوسفات العادى والجبس الزراعى، ويضاف كلاهما عن طريق التربة لشحة ذوبانهما فى الماء (٢٪ للسوبر فوسفات، و ٠,٢٪ للجبس).

كما يمكن إضافة نترات الكالسيوم مع مياه الرى أو رشها على الأوراق فى الأوقات الحرجة. كذلك يمكن استعمال رائق نترات الكالسيوم الجيرية (المغلفة بالجير) الشحيحة الذوبان حقنًا فى مياه الرى بعد إذابتها فى ماء يحتوى على حامض نيتريك بنسبة ١٠٠ مل من الحامض/٢٠٠ لتر من الماء.

أما الكبريت فيحصل عليه النبات من السوبر فوسفات العادى، والجبس الزراعى، وزهر الكبريت، وكذلك المبيدات الفطرية المحتوية على الكبريت

خامسًا مصادر العناصر الدقيقة

١- الأسمدة المعدنية:

السماد (وجرامات ماء التبلور)	العنصر الذى يوفره	نسبة العنصر (٪)	الذوبان (جم/لتر ماء)
كبريتات الحديدوز (٧ ماء)	الحديد	٢٠,١	٢٥٠
كبريتات المنجنيز (٤ ماء)	المنجنيز	٢٤,٦	٥٠٠
كبريتات الزنك (١ ماء)	الزنك	٣٦,٤	٣٣٠
كبريتات النحاس (٥ ماء)	النحاس	٢٥	٢٠٠
البوراكس (١٠ ماء)	البورون	١١,٣	١٠٠
موليبدات أمونيوم (٢ ماء)	الموليبدنم	٥٤	٢٠٠

٢- الأسمدة المخلبية:

من أهم المركبات المخلبية، ونسبة ما يرتبط بها من عناصر دقيقة ما يلى

المركب	حديد (٪)	منجنيز (٪)	زنك (٪)	نحاس (٪)
EDTA	١٤-٥	١٢-٥	١٤-٦	١٣-٧
HEDTA	٩,٥	٩-٥	٩	٩-٤
DTPA	١٠	—	—	—
EDDHA	٦	—	—	—

وجميع الأسمدة المستعملة كمصادر للعناصر الدقيقة يمكن استعمالها رشا أو مع مياه الرى، نظرا لسهولة ذوبانها فى الماء مع قلة الكميات المستعملة منها.

ويفيد التسميد بالرش فى معالجة نقص العناصر المغذية الصغرى، وهو الذى يجب أن يتم بناء على ما قد تُشاهد من أعراض نقص لتلك العناصر وقد تكفى رشة واحدة

لتصحيح الوضع. وقد تلزم عدة رشات. وفي حالة الحديد — على سبيل المثال — يستعمل محلول رش يتكون من ٥ ٠ ١ ٠ مل (سم^3) من محلول الحديد لكل ٤ لتر من الماء

ويفيد جدول (٧–٧) في تعرف طريقة حساب كميات مختلف الأسمدة إذا علمت الكميات اللازمة من العناصر المغذية، والعكس.

جدول (٧–٧): معاملات التحويل للأسمدة وعناصرها المغذية (Resh ١٩٨١)

عمود (أ)		معامل التحويل		عمود(ب)
		من أ إلى ب	من ب إلى أ	
النيتروجين	النيتروجين Nitrogen (N)	١,٢١٦	٠,٨٢٢	أمونيا Ammonia (NH_3)
		٤,٤٢٦	٠,٢٢٦	نترات Nitrate (NO_3)
		٧,٢١٤	٠,١٣٩	نترات بوتاسيوم Potassium nitrate (KNO_3)
		٥,٨٦٢	٠,١٧١	نترات الكالسيوم Calcium nitrate ($Ca[NO_3]_2$)
الفوسفور	الفوسفور Phosphorus [P]	٣,٠٦٦	٠,٣٢٦	فوسفات Phosphate ([PO_4]
		٤,٣٩٤	٠,٢٢٨	فوسفات أحادي البوتاسيوم Monospotassium phosphate [KH_2PO_4]
خماسي أكسيد الفوسفور	[P_2O_5] فوسفور	٠,٤٣٧	٢,٢٨٩	Phosphorus [P]
بوتاسيوم	Potassium [K] أكسيد البوتاسيوم	١,٢٠٥	٠,٨٣٠	Potash [K_2O]
		٢,٥٥٩	٠,٣٨٦	نترات البوتاسيوم Potassium nitrate [KNO_3]
		٢,٢٢٨	٠,٤٤٩	كبريتات البوتاسيوم Potassium sulfate [K_2SO_4]
		١,٩٠٧	٠,٥٢٤	كلوريد البوتاسيوم Potassium chloride [KCl]
		٣,٤٨١	٠,٢٨٧	فوسفات أحادي البوتاسيوم Monopotassium phosphate [KH_3PO_4]
أكسيد البوتاسيوم	Potash [K_2O] نترات البوتاسيوم	٢,١٤٧	٠,٤٦٦	Potassium nitrate [KNO_3]

تابع جدول (٧-٧)

عمود (أ)		عمود(ب)		معامل التحويل من أ إلى ب	معامل التحويل من ب إلى أ
		كبريتات البوتاسيوم	Potassium sulfate [K_2SO_4]	١,٨٥١	٠,٥٤٠
		كلوريد البوتاسيوم	Potassium chloride [KCl]	١,٥٨٣	٠,٦٣٢
أكسيد الكالسيوم	Calcium oxide [CaO]	كالسيوم	Calcium [Ca]	٠,٧١٥	١,٣٩٩
كالسيوم	Calcium [Ca]	نترات الكالسيوم	Calcium nitrate [$Ca(NO_3)_2$]	٤,٠٩٥	٠ ٢٤٤
كبريتات المغنيسيوم	Magnesium sulfate [$MgSO_4.7H_2O$]	مغنيسيوم	Magnesium [Mg]	٠,٠٩٩	١٠,١٣٢
كبريت	Sulfur [S]	حامض كبريتيك	Sulfuric acid [H_2SO_4]	٣,٠٥٩	٠,٣٢٧

كذلك يلزم تعرف حدود ذوبان الأسمدة المستعملة في التسميد بعد الزراعة، لأنها تضاف مع ماء الري، وفيما يلي حدود ذوبان بعضها:

السماد	حدود الذوبان (كجم/١٠٠ لتر ماء)
نترات الأمونيوم	١١٨
كبريتات الأمونيوم	٧١
نترات الكالسيوم	١٠٢
كلوريد الكالسيوم	٦٠
فوسفات ثنائي الأمونيوم	٤٣
فوسفات أحادي الأمونيوم	٢٣
نترات البوتاسيوم	١٣
اليوريا	٧٨
البوراكس	١
كبريتات المغنيسيوم	٧١
كبريتات البوتاسيوم	١٠

التسميد السابق للزراعة

يشتمل التسميد السابق للزراعة على كل الأسمدة العضوية، ونحو ١٠٪-٢٠٪ من السماد الآزوتى الكلى المزمع استعماله خلال موسم النمو، و ٢٠٪-٣٠٪ من السماد البوتاسى الكلى. و ٦٠٪-٧٠٪ من السماد الفوسفاتى الكلى.

وتكون إضافة الأسمدة - عادة - بالمعدلات التالية لكل ١٠٠م^2 من مساحة الصوبة:

١م^3 سماد بلدى، أو ½م^3 سماد أغنام أو خيول، أو ¼م^3 زرق دواجن

٢٠ كجم سلفات نشادر.

٢ كجم سوبر فوسفات عادى

١٠ كجم سلفات بوتاسيوم

٥ كجم سلفات مغنيسيوم

١٠ كجم كبريتًا زراعيًا

ويعنى ذلك أن الصوبة العادية التى تبلغ مساحتها ٥٤٠م^2 تعطى قبل الزراعة الكميات التالية من الأسمدة:

٥م^3 سمادًا بلديًا، أو ٢,٥م^3 سماد أغنام أو خيول، أو ١م^3 زرق دواجن

١٠٠ كجم سلفات نشادر

١٠٠ كجم سوبر فوسفات عادى

٥٠ كجم سلفات بوتاسيوم

٢٥ كجم سلفات مغنيسيوم

٥٠ كجم كبريتًا زراعيًا

يضاف السماد العضوى أولاً فى باطن خطوط الزراعة، ثم تنثر عليه الأسمدة الكيميائية. ثم تخلط الأسمدة كلها معًا ومع تربة المصطبة التى تتم إقامتها، مع إقامة قناة المصطبة فى عملية واحدة

التسميد التالى للزراعة

نوضح فى الفصول الأخيرة من هذا الكتاب البرامج التفصيلية لتسميد كل محصول على حدة

هذا وتحصل نباتات الزراعات المحمية على المحاليل المغذية إما بريها بمحاليل مخففة بالتركيزات المطلوبة — مباشرة — من خزانات كبيرة تخزن فيها تلك المحاليل. وإما بعد حقنها فى مياه الرى من خزانات صغيرة تحوى محاليل سمادية مركزة باستعمال سمادات. بحيث تصل المحاليل المغذية إلى النباتات بالتركيز المناسب يتعين فى حالة الرى المباشر بالمحلول المغذى المخفف ألاّ يقل حجم الخزان عن ½ م³ للاستعمال فى حالة وجود صوبة واحدة إلى ٨م³ عند وجود عدة صوبات وعلى الرغم من أن زيادة حجم الخزان تعنى ملأه على فترات متباعدة، فإن ذلك قد لا يكون مناسبًا إذا رغب فى تغيير تركيز بعض العناصر قبل نفاذ المحلول المغذى المجهز

أما فى حالة نظام الحقن فإنه يلزم خزانين بحجم ٤٠–٢٠٠م³ فقط، يسحب منهما المحلول المغذى المركز ويحقن فى ماء الرى يخصص أحد الخزانين لنترات الكالسيوم. بينما يخصص الخزان الآخر لجميع العناصر المغذية الأخرى مجتمعة. يعد ذلك ضروريًّ لتجنب تفاعل الكالسيوم مع الفوسفور عندما يتواجدا معًا بتركيز عال، وخاصة عندما يكون pH الماء عاليًا. حيث تتكون فوسفات الكالسيوم غير الذائبة التى تسد السمادة والنقاطات. ومثل هذا التفاعل لا يحدث فى المحاليل المخففة. وإذا كان pH الماء أعلى من ٨ ٥، يكون من المفضل استعمال خزان ثالث بحاقنة لحقن أحد الأحماض لخفض رقم الـ pH إلى ٥,٦–٥.٨ (Snyder ١٩٩٣)

التربية الرأسية

تُعرف تربية النباتات — مثل الطماطم والخيار والكنتالوب والفاصوليا — لتنمو رأسيًا باسم trellising يفيد ذلك — إلى جانب زيادة الكثافة النباتية والمحصول — فى تحسين