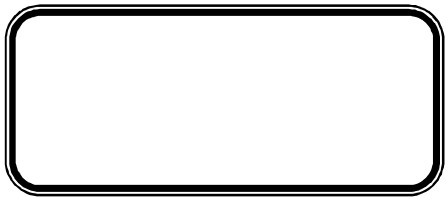
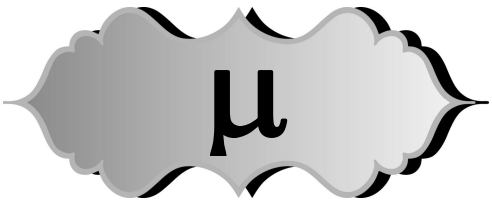


العناصر الغذائية المعدنية وتأثيراتها

1) مصادر العناصر الغذائية .
2) الصورة التى تمتص عليها العناصر الغذائية .
3) الدور الذى تلعبه العناصر الغذائية داخل النباتات .
4) أعراض نقص العناصر الغذائية وكيفية تيسرها .
5) المشاكل الناتجة عن زيادة العناصر المعدنية (التسمم المعدنى) .

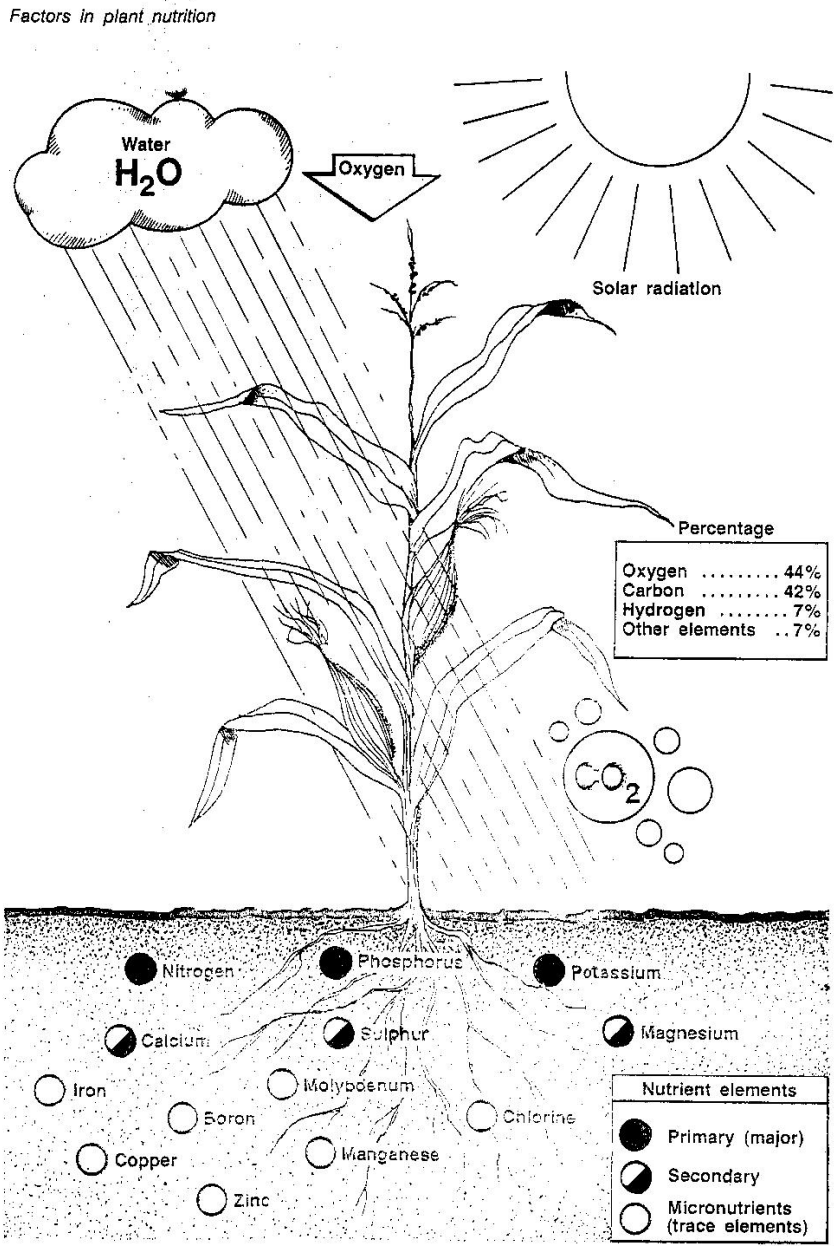


نتناول فى هذا الفصل دراسة الدور الذى تقوم به العناصر الغذائية داخل النباتات مع الاهتمام بكيفية تأثير هذه العناصر على النبات والتعرف على أعراض نقصها وعلاجها وكذلك المشاكل الناتجة عن زيادة العناصر المعدنية (التسمم المعدنى) .

العناصر الغذائية المعدنية وتأثيراتها على نباتات الحاصلات البستانية

مصادر العناصر الغذائية والدور الذى تلعبه (أهميتها) داخل النباتات وأعراض نقصها وتيسرها بالتربة :-

من المعروف أن النباتات تحصل على غذائها بالصورة الطبيعية من ثلاث مصادر أساسية وهى (الماء – الهواء – الأرض) كما هو موضح بالشكل ( ) .



وتعتبر كل من المادة العضوية والمكونات المعدنية الميسرة بالتربة هى المصادر الرئيسية لمعظم العناصر الغذائية للنباتات .

وعليه فإن العناصر الكيميائية التى تمتصها النباتات من الماء أو الهواء أو التربة بكميات كبيرة أو قليلة لتقوم بتحويل الطاقة التى تصل إلينا من الأشعة الشمسية إلى طاقة كيميائية من خلال عملية التمثيل الضوئى والتى تساهم فى عملية التمثيل الغذائى بغرض تخليق المواد العضوية اللازمة لاستكمال دورة حياة النبات ، وتستخدم النباتات العناصر والمركبات منخفضة الطاقة لإنتاج مدى واسع من المواد والمركبات عالية الطاقة والتى تعتبر بصفة أساسية غذاء للإنسان والحيوان ، وعند تحليل الأنسجة النباتية بالطرق الحديثة تبين وجود معظم العناصر الموجودة فى الجدول الدورى للعناصر فى الأنسجة النباتية كما هى موجودة فى التربة أو البيئة التى تنمو بها النباتات ، وقد تم التعرف على حوالى من 32 : 35 عنصر فى النباتات منها عناصر (الكربون – الأيدروجين – الأكسجين) التى تتكرر فى جميع النباتات وهى عناصر أساسية تشكل أكثر من 92٪ من وزن النباتات ويستمدها من الهواء الخارجى والتربة والماء وكذلك حوالى من 16 : 22 عنصر يمكن اعتبارها ضرورية خاصة لحياة النباتات الراقية وعليه جمعت هذه العناصر تبعاً **<u>للكميات</u>** التى تحتاجها النباتات إلى :-

أ) **عناصر ضرورية كبرى .**

ب) **عناصر ضرورية صغرى .**

جـ) **عناصر مفيدة .**

عناصر ضرورية كبرى **Macro nutrients**	عناصر ضرورية صغرى **Micro nutrients**	عناصر مفيدة **Beneficial elements**
– كربون (C)	– حديد (Fe)	– سليكون (Si)•
– أيدروجين (H)	– زنك (Zn)	– كوبلت (Co)•
– أكسجين (O_2)	– منجنيز (Mn)	– صوديوم (Na)•
– نيتروجين (N)	– نحاس (cu)	– سيلينيم
– فوسفور (P)	– بورون (B)•	– يود (I)•
– بوتاسيوم (K)	– موليبدنيوم (Mo)•	– نيكل – (Ni)•
– كالسيوم (Ca^{++})*	– كلوريد (Cl)	
– مغنيسيوم (Mg)*		
– كبريت (S)*		

(*) عناصر ثانوية كبرى . (•) تحتاجها النباتات بكميات ضئيلة للغاية .

ونلاحظ أن العناصر الغذائية الضرورية هى : **الكربون – الأيدروجين – الأكسجين – النيتروجين – الفوسفور – البوتاسيوم – الكالسيوم – المغنيسيوم – الكبريت – الحديد – الزنك – المنجنيز – النحاس – البورون – الموليبدنيوم – الكلور** ، ويحصل النبات على **الكربون والأيدروجين والأكسجين** من الهواء والماء والتربة ، وتشكل هذه العناصر الثلاثة مجتمعة أكثر من 92٪ من البرتوبلازم الحى ، ويُمتص النيتروجين أكثر من أى عنصر آخر ، حيث يُشكل 1 – 2٪ من البروتوبلازم الحى وكذا الفوسفور والبوتاسيوم أما الكالسيوم والمغنيسيوم والكبريت فتمتص بكميات أقل ، ويمتص **(الحديد – الزنك – المنجنيز – النحاس – البورون – الموليبدنيوم)** بكميات صغيرة جداً ولذا فهى عناصر ضرورية صغرى .

وبالإضافة إلى العناصر الضرورية ، فإن النبات يمتص أكثر من 40 عنصراً آخر يكون لها **تأثير مفيد** ، رغم أنها ليست من العناصر الضرورية ، فمثلاً يؤدى امتصاص الكرفس للصوديوم إلى تحسن فى الطعم حيث يكون لمثل هذه العناصر تأثيراً مفيداً لبعض النباتات تحت ظروف بيئية خاصة مثل دور النيكل (Ni) فى نشاط أنزيم اليوريز Urease ودور الكوبلت (Co) فى المساعدة على تكوين الجذور العرضية فى بعض النباتات وكذلك تعديل النسبة الجنسية كما فى **الكوسة** ودور السليكون (Si) فى تحسين نمو الشعير ودوار الشمس (زهرة الشمس) والأرز.

يعتبر العنصر ضرورياً إذا توافرت فيه الشروط التالية :-

1) يؤدى غياب العنصر من بيئة نمو النبات إلى حدوث نمو غير طبيعى ، ويفشل النبات فى إكمال دورة حياته ، ويموت مبكراً .
2) لا يستطيع عنصر آخر القيام بعمل العنصر الضرورى .
3) يجب أن يحدث تأثيره بصورة مباشرة على نمو وميتابوليزم النبات ، وليس عن طريق تأثير غير مباشر كإحداث تأثير مضاد لعنصر آخر مثلاً (Jones,1982) .
4) تظهر أعراضه بشكل واضح عند غيابه .
5) أن يثبت ضروريته بالشروط السابقة لجميع النباتات الراقية تحت كل الظروف البيئية.

وبناء على هذا أمكن حصر ما لا يقل عن **16** عنصر فى الأنسجة النباتية ويمكن اعتبارها ضرورية لحياة جميع النباتات الراقية .

وفى الحقيقة فإن **كمية العنصر** فى النبات لا تدل على مدى أهميته وضروريته حيث أن بعض العناصر توجد بكميات قليلة جداً إلا أنها مهمة جداً وضرورية لنموه وحياته (المغذيات الصغرى Micro Nutrients) وعموماً فإن إدخال النظم الحديثة لتقدير العناصر فى النباتات بالتركيزات القليلة جداً ساعدت وقد تساعد فى المستقبل على اكتشاف عناصر ضرورية جديدة لنمو النباتات .

جدول ( ) يوضح الصورة التى تمتص عليها العناصر ومدى انتقاله والدور المميز فى حياة النبات

العنصر	الصورة الممتصة (الأيونات)		الحركة فى النبات	الدور المميز فى حياة النبات (مختصر)
	كاتيونات	أنيونات		
الأكسجين (*)		$O_2 - CO_2$	متحرك	بناء المواد الكربوهيدراتية ومركبات الطاقة
الكربون(*)		CO_2	متحرك	
الأيدروجين(*)		H_2o	متحرك	
النيتروجين (N)	أمونيا $NH4^+$	نتراتNO_3^-	متحرك	بناء البروتين وتكوين الخلايا
فوسفور (P)		$H_2PO_4^-$ HPO_{4--} PO_4^{---}	متحرك	تركيب الأحماض النووية (DNA ، RNA) ومركبات الطاقة ADP-ATP ومرافقات الأنزيمات NADP- NAD .
بوتاسيوم (K^+)	K^+	-	متحرك	تنظيم العمليات الحيوية (انقسام الخلايا – نفاذية الخلايا – تمثيل البروتين والكربون) وانتقال الكربوهيدرات .
الكالسيوم (Ca)	Ca^{++}	-	غير متحرك	تكوين الجدر الخلوية (الصفيحة الوسطى) وعمليات الانقسام الخلوى
المغنيسيوم (Mg)	Mg^{++}	-	متحرك	تكوين جزئ الكلوروفيل ومنشط للعديد من الأنزيمات
الكبريت (S)		SO_4^{--}	بطئ الحركة	يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية الكبريتية الأساسية (بناء المواد الطيارة ومرافق أنزيمى هام فى عملية التنفس.
الحديد (Fe)	Fe^{++} (حديديك)	-	غير متحرك	تركيب العديد من الأنزيمات المسئولة عن التنفس (أكسدة واختزال) .
المنجنيز	Mn^{++}	-	بطئ الحركة	منشط أنزيمى فى التنفس وتمثيل البروتين .
الزنك	Zn^{++}	-	متحرك	ضرورى لتكوين الأكسجين وتمثيل البروتين والكلوروفيل
النحاس	Cu^{++}	-	غير متحرك	الأكسدة والاختزال وله دور فى التمثيل الضوئى وتكوين الكلوروفيل .
البورون		BO_3^{---}	غير متحرك	انقسام الخلايا وانتقال السكريات وإنبات حبوب اللقاح .
الموليبدنم		$HmoO_4^-$	متحرك	هام لاختزال النترات داخل النبات إلى أمونيا وله دوراً هام فى ميتابولزم الفوسفور .
الكلور (*)		Cl^-	متحرك	عملية التمثيل الضوئى وتنظيم العلاقات المائية داخل النبات عن طريق أكسدة الماء .

(*) يلاحظ أن المصدر الأساسى له هو الأمطار والهواء الخارجى لذا لا نلجأ إلى إضافتها ، وسوف نتناول بالتفصيل دور كل عنصر داخل النباتات .

وفيما يلى نوضح أهمية العناصر الضرورية حيث أهمية كل عنصر والدور الذى يلعبه بالنباتات وكذلك أعراض نقصه وسميته والصورة التى يمتص عليها وتيسره فى التربة .

أولاً : العناصر الأساسية Essential Elements وهى (الأكسجين – الكربون – الأيدروجين)

وتشكل هذه العناصر الهيكل الرئيسى للمادة الخضراء فى النبات وتحصل النباتات الراقية على معظم احتياجاتها من H-C-O من الهواء والتربة والماء ، فإن النبات يحصل على حاجته من الكربون C والأكسجين O من الهواء مباشرة من غاز **CO_2** ، ويكون **الكربون** 40٪ من الوزن الجاف للنبات ويعتبر مصدره الوحيد CO_2 والذى تتراوح نسبته بالجو 0.3 – 0.4 ٪ ويدخل الكربون فى تكوين جميع المواد العضوية فى النبات حيث باتحاده مع كل من O_2 ، H يتكون جزئ الكربوهيدرات (فى وجود الطاقة الضوئية ومادة الكلوروفيل خلال عملية التمثيل الضوئى ومن هذه المواد تتكون باقى المواد الحيوية بالنبات (البروتين – الأصباغ – الهرمونات – الدهون – وغيرها ..) وحديثاً يستفاد من ذلك بالنسبة للنباتات النامية بالصوب أو الأنفاق فى المناطق الباردة خلال فصل الشتاء (حيث ينخفض تركيز الغاز مما يقل معه معدل البناء بدرجة كبيرة) فيتم فى هذه الحالات **التغذية** (بضخ) غاز ثانى أكسيد الكربون صناعياً إلا أنه يجب الحرص الشديد فى التركيز المستخدم يتراوح من (300 : 1000 جزء فى المليون ، وكذلك مدة التعرض وكذلك توافر الإضاءة ويستخدم فى ذلك (غاز CO_2 المضغوط فى أنابيب خاصة أو CO_2 المتسامى من الثلج الجاف الموضوع خاصة أو الكيروسين والبارافين وغاز البروبان حيث يؤدى حرقها فى مواقد خاصة إلى إنتاج غاز CO_2) ، وتعتبر هذه الطريقة حديثة جداً وتستخدم تحت الظروف المبينة وقد لاقت نجاحاً فى عديد من محاصيل الخضر (الطماطم ، الخيار ، الخس ، الكرفس ، البصل ، الجزر ، البقدونس) وللمزيد من المعلومات حول هذا الموضوع **(يراجع كتاب : تكنولوجيا الزراعات المحمية – الفصل الثالث – أ. د/ أحمد عبد المنعم حسن)** .

- وبالنسبة للأكسجين : يحصل النبات عليه من CO_2 الجوى والجذور تحصل على حاجتها من O_2 اللازم للتنفس عن طريق العديسات بالجذور .
- والأيدروجين : يحصل النبات على حاجته من ماء الرى .

ثانياً : وبالنسبة لباقى العناصر فيمكن تقسيمها إلى :-

1- العناصر الضرورية الكبرى (السمادية) Macronutrients

(نيتروجين – فوسفور – بوتاسيوم – مغنيسيوم – كالسيوم – كبريت)

وهى تلك التى تتواجد فى الأنسجة البنائية بتركيزات عالية نسبياً وعادتاً ما يعبر عنها كنسبة مئوية (٪) ويرجع ذلك لاحتياج النبات اليها بكميات كبيرة ولهذا فهى تحدث تأثيراً إيجابياً على النمو والمحصول عند إضافتها بكميات متزايدة إلى بيئة النمو .

ومن أهم خصائصها أن المدى بين التركيز المفيد والتركيز الضار أو السام لها واسع وهى تدخل فى تركيب البروتينات والدهون والأحماض النووية والأنزيمات وكذا فى عمليات ضبط الأسموزية داخل الخلايا والتكوين البنائى للخلايا ولهذا تحتاجها النباتات بكميات كبيرة .. وسيتم الشرح تفصيلياً لأدوار هذه العناصر وأعراض نقصها وسميتها والصورة التى تمتص عليها وكيفية تيسرها .

2- العناصر الضرورية الصغرى (السمادية) **Micro Nutrients**

(الحديد – الزنك – المنجنيز – النحاس – البورون – المولبيدنم – الكلوريد)

وهى العناصر التى تتواجد فى الأنسجة النباتية بتركيزات قليلة نسبياً وعادتاً ما يعبر عن تركيزاتها بالجزء فى المليون (ppm) ويرجع ذلك إلى احتياج النبات اليها بكميات قليلة .

ولوحظ أن إضافتها بكميات قليلة يكون له مردوداً إيجابياً على نمو النبات والمحصول ، ونجد أن المدى بين التأثير المفيد والتأثير الضار ضيق بعكس الحال عنه فى العناصر الكبرى بمعنى أن إضافة كميات كبيرة منها يحدث سمية Toxicity ويؤثر على المحصول بالنقص .

وتلعب هذه العناصر الصغرى دوراً هاماً كعامل مساعد Catalyst وتدخل بصفة أساسية فى تنشيط عمليات تكوين الأنزيمات والهرمونات ولا تدخل فى تركيب المواد العضوية .

3- العناصر الفعالة (غير ضرورية) المفيدة Beneficial Elements

(الكوبلت – الصوديوم – اليود – السليكون – سيلينيم – النيكل)

هذه العناصر لها تأثير إيجابى فى بعض الحالات الخاصة على نمو بعض النباتات تحت ظروف خاصة فهى قد تحسن النمو والمحصول إلا أن غيابها لا يؤثر على النمو ولا يلزم إضافتها للتربة ، ونلاحظ أنه لم يتأكد بعد الدور الذى تقوم به فى حياة النباتات الراقية ولم يثبت ضروريتها لجميع النباتات ، فيما عدا بعض الحالات مثل :-

- أثر النيكل (Ni) فى نشاط أنزيم اليوريز Urease .
- دور الكوبلت (Co) فى المساعدة على تكوين الجذور العرضية ببعض النباتات وتعديل النسبة الجنسية فى الكوسة .
- دور السيليكون (Si) فى تحسين نمو الشعير ودوار الشمس (زهرة الشمس) .

وتحدث هذه الأدوار بتركيزات ضئيلة جداً للغاية ، ونلاحظ أن التركيزات المحسوسة منها قد تؤثر على النبات تأثيراً سلبياً بالسمية والأضرار كما سيتم شرحه .

وعلى الرغم من هذا فإن هناك العديد من المراجع تعتبر (الكوبلت – النيكل – سيلينيم) من العناصر الضارة والتى تسبب سمية للنباتات علاوة على تأثير العناصر الثقيلة (Heavy metals) مثل الكادميوم Cd ، الكروم Cr ، الزئبق Hg ، الرصاص pb وهى تعطى تأثير سمية على النبات مشابه لنقص عنصر الحديد كما سيتم توضيحه .

ولابد من توضيح دور كلاً من العناصر السمادية الرئيسية والثانوية وكذا الصغرى (الدقيقة) حيث لابد من إيضاح (<u>أهميتها</u> – أعراض نقصها – زيادتها (سميتها) – الصورة التى يمتص

عليها العنصر – تيسر العنصر بالتربة وهو ما سنتناوله الآن) ويستفاد من معرفة ذلك تحديد الكميات الواجب إضافتها من كل عنصر وكذا معرفة وقت الإضافة الأمثل (مرحلة النمو المثلى للإضافة) ومعرفة مدى حاجة النبات للعنصر أو مدى تيسره من عدم تيسره ومدى حالة وحاجة النبات للتسميد وسوف يتم فى الفصل التالى معرفة طرق التعرف على حاجة المحاصيل البستانية للتسميد وما هى الطرق المختلفة لتقدير نقص العناصر الغذائية بها .

أهمية العناصر السمادية (الدور – النقص – الزيادة – الصورة – التيسر) :

✍ النيتروجين :

أ. أهمية النيتروجين للنبات :

له دور هام فى تركيب البروتين الذى يعتبر المركب الأساسى فى البروتوبلازم ويدخل فى تركيب الأنزيمات ، كلوروفيل أ ، ب وبعض الأحماض فى النواة ، وبعض الهرمونات ، ومن أهم المركبات التى يدخل النيتروجين فى تركيبها : البيورين Purines ، والبريميدين Pyrimidines ، وهما من المركبات الأساسية فى الأحماض النووية RNA و DNA كما يدخل فى تركيب البورفرين porphyrin الذى يوجد فى الكلوروفيل ، وفى إنزيمات السيتوكروم وهما ضروريان للتمثيل الضوئى والتنفس ويدخل النيتروجين أيضاً فى تركيب مرافقات الإنزيمات الضرورية للعديد من الإنزيمات ويعمل النيتروجين الوفير على تشجيع النمو النشط .

علاقة النيتروجين بسلوك النبات :

1) <u>نمو المجموع الخضرى وصفاته</u> :

لا شك أن إمداد النبات بـــ N إلى حد معين يؤدى إلى زيادة تكوين البروتين ويشجع هذا تكوين أوراق ذات أسطح كبيرة تقوم بعملية التمثيل الكربوهيدراتى بكفاءة عالية ولكن زيادة N عن الحد المناسب قد يؤدى إلى نقص امتصاص بعض العناصر الأخرى خاصة الفسفور P وهذا يؤثر دون شك على نمو النبات ، كما أن زيادة التسميد النيتروجينى تؤدى لزيادة كمية البروتوبلازم مع قلة الفائض منه لتكوين الجدر الخلوية ، وقد تكون الخلايا الناتجة عصيرية رقيقة الجدار قليلة الصلابة وتكون خلايا فى هذه الحالة **<u>سهلة التأثر</u>** لحد كبير بالظروف البيئية كالجفاف والصقيع وتصبح أكثر عرضة للإصابة **<u>بالأمراض الحشرية</u>** والفطريات ..

ولا شك أن التأثر السابق لزيادة الأزوت له أهمية معينة فى محاصيل الألياف حيث يهمنا إنتاج ألياف ذات صفات جيدة وكذلك يرجع هذا التأثير فى النجيليات حيث يهمنا إنتاج نباتات ذات سيقان صلبة مقاومة للرقاد فى آخر مراحل نموها .

2) **نمو المجموع الجذرى** :

وجد أن زيادة N عن الحد المناسب **يقلل** من نمو المجموع الجذرى ويرجع ذلك إلى زيادة كمية الكربوهيدرات المستعملة فى النمو الخضرى وقلة الكمية المنقولة للجذور ، وزيادة N يؤدى لزيادة إنتاج الأوكسينات النباتية والتى من أهمها أندول حمض الخليك **IAA** وهذه الأوكسينات أكثر أثراً على المجموع الجذرى عن المجموع الخضرى .

3) **صور الكربوهيدرات** .. التأثير على صورة الكربوهيدرات ← زيادة النيتروجين يؤدى **لنقص** كمية **السكر** وزيادة كمية **الكربوهيدرات** .

4) **موعد الإزهار والإثمار** :

زيادة التسميد الآزوتى **تزيد** النمو الخضرى وتؤخر دخول الشجرة فى الإزهار والإثمار كما أن زيادة التسميد الآزوتى **فى مرحلة نضج الثمار** يؤدى لتأخر نضجها .

ب. أعراض نقص النيتروجين :

تختلف أعراض نقص النيتروجين فى نباتات الفلقة الواحدة ، عنه فى نبات الفلقتين ، حيث يتميز نقص النيتروجين فى ذوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء الحواف خضراء ، أما فى النباتات ذات الفلقتين ، فإن الورقة تصبح متجانسة بلون أخضر مصفر ، وتظهر الأعراض فى كليهما على الأوراق السفلى أولاً ، فتصبح الأوراق خضراء باهتة ، ثم يتحول لونها إلى الأصفر ويكون نمو النبات بطيئاً ومتقزماً ، كما يكون حجم الأعضاء النباتية الأخرى أقل من الحجم الطبيعى ، ويصبح النبات متخشباً . (Lorenz & Maynard 1980)

ولا تظهر أعراض نقص النيتروجين على الأوراق الحديثة إلا بعد فترة من ظهور أعراض نقص العنصر على الأوراق المسنة ، لأن النيتروجين على درجة عالية من القدرة على الحركة بالنبات فالأوراق الصغيرة تحتفظ بالنيتروجين الذى يصلها ، بالإضافة إلى أن جزءاً من النيتروجين ينتقل اليها من الأوراق المسنة ، وفى حالات النقص الشديد تجف الأوراق السفلى وتسقط ، وتأخذ الأوراق العليا لوناً أصفر شاحباً ، وفى العنب : تصبح الأوراق لونها أخضر فاتح والنمو ضعيف ويقف النمو الطولى مبكراً ، أما فى الموالح : تصبح الأوراق صفراء صغيرة الحجم والشجرة محدودة الطول ويظهر عليها موت الأطراف .

وقد يصاحب نقص النيتروجين فى بعض النباتات إنتاج النبات لصبغات أخرى غير الكلوروفيل ، ففى الطماطم مثلاً يصاحب نقص النيتروجين ظهور لون بنفسجى فى أعناق الأوراق وبالعروق ، نتيجة تكون صبغة الأنثوسيانين ، ويظهر هذا اللون أحياناً كذلك على سيقان بعض النباتات عند نقص النيتروجين (Devlin, 1975) وفى حالة النقص الشديد تتوقف النباتات عن النمو وتنهى دورة حياتها مبكراً .

جـ. تيسر النيتروجين فى التربة :

يكثر النيتروجين فى الطبقات العليا ، ويقل كلم تعمقنا فى التربة ، ذلك لأن المادة العضوية تكثر فى الطبقات العليا من التربة ، ويتوفر النيتروجين بين PH 6 – 8 ، ويقل نسبياً فى PH 5 – 6 ، 8 – 9 ، ويصبح النقص شديداً فى PH أقل من 5 ، أو أعلى من 9 ، ويكثر ظهور أعراض نقص النيتروجين فى الأراضى الفقيرة فى المادة العضوية .

هـ. الفقد فى النيتروجين بالتربة :

يعتبر النيتروجين من أكثر العناصر الغذائية عرضة للفقد بالرشح من التربة ، خاصة فى المناطق التى تكثر فيها الأمطار ، ويفقد النيتروجين فى صورة نترات بسرعة كبيرة لذوبانها فى الماء وفقدها فى ماء الصرف ، أما النيتروجين الأمونيومى ، فيدمص على سطح حبيبات الطين ، ويقاوم الفقد بالرشح ، ولكن مع مرور الوقت يتحول النيتروجين فى التربة من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية بفعل الكائنات الحية الدقيقة ، وبالتالى يتعرض للفقد بالرشح ، وتزداد سرعة هذا التحول مع ارتفاع درجة الحرارة ، وتوفر الرطوبة الأرضية ، والتهوية المناسبة .

ومن المعتقد أن النباتات تستفيد من نحو 50٪ من السماد الآزوتى المضاف تحت معظم الظروف ، وأن معظم الفقد يحدث بعد تحول الأزوت فى التربة من الصورة الأمونية إلى الصورة النتراتية .

و. تثبيت أزوت الهواء الجوى بواسطة بكتيريا العقد الجذرية :

(سيتم تناول هذا الموضوع بالتفصيل بجزء التسميد العضوى)

الفوسفور :

أ. أهمية الفوسفور :

يدخل الفوسفور فى تركيب الأحماض النووية ، ويلعب دور كبير فى كثير من التفاعلات الإنزيمية ، فهو يدخل فى تركيب كل الأحماض النووية ، مثل : (الـ DNA ، والـ RNA ، والـ tRNA ، والـ ribosomal RNA) بالإضافة إلى دخوله فى تركيب الإنزيمات اللازمة لتفاعلات الطاقة المختلفة فى عمليات التنفس والتمثيل الضوئى ، وكذلك يدخل فى تركيب المركبات الفسفورية ذات الروابط الغنية بالطاقة (الـ ADP ، والـ ATP) وفى مرافقات الإنزيمات NADP,NAD ، وفى تركيب بعض الدهون (الـ phospholipids) ، ومن ثم فإن الفوسفور عنصر أساسى فى النبات ، فهو يدخل فى تركيب الأحماض النووية ، وما لها من أهمية بالنسبة للكائن الحى ، وأهمية الـ ADP ، والـ ATP فى نقل الطاقة غنية عن البيان ، وأما مرافقات الإنزيمات NADP,NAD فلها دورها الهام فى تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ويعتمد عليها فى التفاعلات الحيوية الهامة فى التمثيل الضوئى ، والتنفس ، والـ glycolysis ، وفى تمثيل الأحماض الدهنية وغيرها ، أما الـ Phospholipids ، فمن المعتقد أنها مع البروتين تشكل جزءاً هاماً من الأغشية الخلوية .

ويوجد الفوسفور بتركيزات عالية فى المناطق المرستيمية التى يكون فيها النمو نشيطاً ، حيث يشترك الفوسفور فى تمثيل البروتينات النووية .

ويعمل الفوسفور على تقليل الأثر الضار لزيادة الأزوت فى التربة ، لأن وفرة الفوسفور تقلل من امتصاص النيتروجين غير العضوى ، وهو يبكر فى النضج وبذلك فهو يضاد التأثير الضار لزيادة عنصر الأزوت الذى يؤدى إلى اتجاه النبات نحو النمو الخضرى ، هذا .. ويشجع الفوسفور على نمو الجذور ، خاصة الجذور العرضية والليفية ،ويتراكم جزء كبير من الفوسفور الذى يمتصه النبات فى البذور والثمار (Meyer, et. al.1960 ، استينو وآخرون 1963) حيث أن له دور فى نضج الثمار والبذور ويلعب دوراً هاماً فى زيادة حيوية وجودة البذور .

ب. أعراض نقص الفوسفور (عنصر متحرك) :

تختلف أعراض نقص الفوسفور فى النباتات ذات الفلقة الواحدة ، عنها فى النباتات ذات الفلقتين ، ففى نباتات الفلقة الواحدة يؤدى نقص العنصر إلى ظهور لون أحمر أو أرجوانى فى مناطق مختلفة من الورقة فى مرحلة النمو الخضرى ، أما فى ذوات الفلقتين ، فإن العروق الرئيسية للأوراق المسنة تأخذ لوناً أحمر أو أرجوانياً ، بينما تبقى الأوراق الحديثة بلون أخضر داكن أو أخضر رمادى ويزداد اللون الأرجوانى على عروق الأوراق وعلى السيقان ، وبخاصة على الناحية السفلية للأوراق ، ونظراً لأن الفوسفور يتحرك بسهولة فى النبات highly mobile ، فإن الأعراض تظهر على الأوراق السفلية المسنة أولاً ، لأن الأوراق الحديثة تسحب احتياجاتها من الفوسفور ، حتى ولو تطلب الأمر تحرك العنصر من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة ، ويكون تحرك العنصر فى صورة أيون الفوسفات ، وتتساقط الأوراق مبكراً فى حالة الفاكهة متساقطة الأوراق مثل العنب – التفاحيات والحسليات والتين حيث تسقط فى الخريف بدلاً من ديسمبر ويناير .

وبصفة عامة .. يكون نمو النباتات التى تعانى من نقص الفوسفور بطيئاً ، وسيقانها رفيعة ومتليفة ، وتتأخر فى النضج ، وقد تسقط البراعم الزهرية والأزهار ، وتكون الثمار صغيرة الحجم ، ويصبح المجموع الجذرى محدود فى النمو ويحدث قلة تفريع النباتات .

هذا .. ويرجع ظهور اللون الأرجوانى عند نقص الفوسفور إلى أن نقص العنصر يؤدى إلى نقص تمثيل البروتين ، وذلك يعنى تراكم تركيزات مرتفعة من السكريات بالأوراق ، وهذه تتوفر لتمثيل صبغة الأنثوسيانين فى الموالح مثل الليمون والبرتقال تصبح الأوراق لونها أخضر برونزى والمحصول قليل والثمار كبيرة والقشرة **سميكة** وقلة العصير .

جـ. الصور التى يمتص عليها الفوسفور :

يمتص النبات عنصر الفوسفور فى صورة أيونات الفوسفات فقط ، وهى تكون فى إحدى الصور التالية :

$H_2PO_4^-$ ($يد_2$ فو ا$_4^-$) dihydrogen phosphate.

HPO_4^{--} (يد فو ا$_4^{--}$) monohydrogen phosphate.

PO_4^{---} (فو ا$_4^{---}$) phosphate.

والصورة الأولى (H_2PO_4) هى أكثر الصور امتصاصاً ، لأنها أكثرهم ذوباناً ، ولكن يتوقف مدى توفر هذه أو تلك على PH التربة ، ويتوفر الفوسفور فى صورة H_2PO_4 ، خاصة فى PH من 5.5 – 6.5 .

د. تيسر الفوسفور فى التربة :

يتوفر الفوسفور فى التربة بين PH 6.5 – 7 ، ويقل نسبياً فى الأراضى القاعدية 7.5 – 8.5 وفى الأراضى القلوية فيتكون فوسفات الكالسيوم الثلاثى ، وهو أيضاً غير قابل للذوبان.

ويتوفر الفوسفور فى الأراضى التى تكون قد سمدت لعدة سنوات سابقة بغزارة بالأسمدة الفوسفورية ، إذ أن الفوسفور يثبت فى التربة بسهولة ، ولكن بعد فترة من التسميد الغزير تقل مقدرة التربة على تثبيته ، وعموماً .. فإن كمية الفوسفور المستخدمة فى التسميد تزيد كثيراً عن حاجة النبات الفعلية من هذا العنصر ، لأن جانباً كبيراً من الفوسفور المضاف يثبت قبل أن يستعمله النبات .

ويوجد الفوسفور فى التربة فى صورتيه العضوية وغير العضوية ، ومن الصور العضوية : الأحماض النووية ، والفوسفوليبدات والـ inositol phosphates ويعتبر الفوسفور العضوى غير ميسر للنبات ، لأنه غير قابل للامتصاص ، ولكنه يتحلل فى النهاية إلى الصورة غير العضوية .

ومن العوامل التى تزيد من تيسر الفوسفور وتقلل تثبيته فى التربة ما يلى :-

1. تركيز الأسمدة الفوسفاتية قريباً من النبات فى شريط ضيق ، فتزداد بذلك نسبة الفوسفور السمادى الذى يظل غير مثبت ، ويبقى ميسراً للنبات .
2. استخدام الأسمدة الفوسفاتية المحببة granular ، بدلاً من المسحوقية ، نظراً لصغر المساحة التى يتلامس فيها السماد مع حبيبات التربة فى الحالة الأولى ، فتقل فرصة تثبيت الفوسفور .
3. خلط الفوسفور غير العضوى مع الأسمدة العضوية ، فتقل بذلك فرصة تثبيته ، إذ أن الأحماض العضوية الموجودة بالأسمدة العضوية تعمل على تحويل الفوسفات من صورته الثلاثية إلى صورتيه الثنائية والأحادية ، وبذلك يزيد التسميد العضوى من تيسر الفوسفور فى الأراضى القلوية .

4. يتصاعد غاز ك ا$_2$ من جذور النباتات أثناء تنفسها ، وكذلك نتيجة لتنفس الكائنات الدقيقة فى التربة ، ويتكون منه حامض الكربونيك الذى يعمل على تحويل الفوسفات الثلاثى إلى فوسفات ثنائى كما يلى :-

$Ca_3 (PO_4)_2 + HCO_3 \rightarrow Ca_3 (H_2 PO_4)_2 Ca CO_3$

5. بالمحافظة على PH التربة بين 6 – 7 يمكن تقليل تثبيت الفوسفور إلى الحد الأدنى ، هذا .. وتجدر ملاحظة أن الفوسفور المثبت يظل مخزوناً فى التربة ، وقد يصبح ميسراً تحت ظروف أخرى علاوة على أنه يمكن استخدام ميسرات الفوسفور مثل الميكروهيزا والباسيللس بخلطهم بالتربة والتقاوى وجذور الشتلات ، كما سيتم تناولهم بالتفصيل بجزء التسميد العضوى .

6. استخدام (حامض الفوسفوريك 54٪ P_2O_5) وذلك بالحقن فى مياه الرى Fertigation وذلك على فترات على حسب الاحتياجات الغذائية وبرنامج التسميد للنبات موضع الاعتبار .

✍ <u>البوتاسيوم</u> :

أ. دور البوتاسيوم فى النبات :

يمتص النبات البوتاسيوم بكميات أكبر مما يمتص أى عنصر آخر ، ويعتبر هو الكاتيون السائد فى النبات ، ومعظم النباتات تمتص كميات من البوتاسيوم أكثر من حاجتها الفعلية للنمو وإعطاء محصول جيد .. ويسمى الامتصاص الزائد للبوتاسيوم باسم الاستهلاك الترفى Luxury Consumption ولا يدخل البوتاسيوم فى التركيب الكيمائى للنبات كالعناصر الأخرى ، فهو يتواجد كملح غير عضوى ، إلا إنه يتواجد أيضاً كملح بوتاسيوم للأحماض العضوية .

ويبدو أن للبوتاسيوم علاقة بتمثيل الأحماض النووية فى النبات ، كما أن له أهمية كبيرة فى عملية انقسام الخلايا ، وتنظيم نفاذية الأغشية فى النبات ، وقد وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى إلى تراكم مركبات النيتروجين الذائبة ، بينما يقل محتوى النباتات من النيتروجين ، ويعنى ذلك أن البوتاسيوم مرتبط بطريق ما بتمثيل البروتين من الأحماض الأمينية ، كما وجد أن نقص البوتاسيوم يؤدى أيضاً إلى بطء عملية التمثيل الضوئى ، **<u>وزيادة التنفس</u>** ، وينظم البوتاسيوم تمثيل الكربون فى النبات .

ويلعب البوتاسيوم دوراً هاماً فى انتقال السكريات والبروتين فى النبات ، وبالتالى فإنه يؤثر على اختزان المواد الكربوهيدراتية فى أعضاء التخزين (Buckman & Brady, 1960) . هذا .. ولا يمكن الاستغناء عن البوتاسيوم ، أو إحلاله نهائياً بعنصر شبيه له بدرجة كبيرة ، كالصوديوم أو الليثيوم ، ويمتص العنصر فى صورة أيون البوتاسيوم K^+ (بو$^+$) .

ويزداد تركيز البوتاسيوم فى المناطق الحديثة النشطة ، خاصة البراعم والأوراق الصغيرة والقمم النامية للجذور ، بينما يقل وجوده فى البذور والثمار الناضجة .

ينظم البوتاسيوم سمك الجذور الخلوية ،وبالتالى يؤثر على صفات النبات المرتبطة بذلك كالرقاد وخلافه ، وعند نقص البوتاسيوم تكون الأنسجة الوعائية ضعيفة .

ب.أعراض نقص البوتاسيوم : (عنصر متحرك)

عند نقص البوتاسيوم فى التربة ينتقل العنصر من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة ولهذا يظهر على الأوراق المسنة أولاً ، لأنه يوجد بحالة ذائبة فى النبات ، وعليه .. تظهر أعراض نقصه فى الأوراق المسنة أولاً ، فتظهر أعراض النقص فى البداية فى صورة اصفرار خفيف على حواف الأوراق ، يتبعه تقدم الاصفرار على امتداد العروق ، ويتغير لون الحواف إلى اللون البنى الداكن ، وتسمى هذه الحالة باسم انسفاع أو احتراق scorching ، وقد تأخذ حواف الأوراق لوناً برونزياً وتجف ، وتظهر بقع بنية متناثرة على حواف الورقة ، وفى الخيار تصبح حواف الأوراق المسنة صفراء ، ولكن تبقى العروق الوسطى والعروق الأخرى بالورقة خضراء اللون ، وفى الطماطم والبطاطا تصبح الأوراق خشنة الملمس ومجعدة Puckered ، وتلتف حوافها لأسفل ، وتصفر ، وفى النهاية تتحول إلى اللون البنى ، وفى نباتات الفلقة الواحدة يبدأ الاصفرار من قمة الأوراق ، ويمتد لأسفل نحو الحواف ، ويظل مركز الأوراق أخضر اللون ، وفى الموالح تصبح الأوراق مجعدة ملتوية وتظهر عليها بقع مصفرة والثمار صغيرة وقليلة السكريات وتنخفض فيها الحموضة (يقل PH العصير) .

وعموماً .. فإن نمو النبات الذى ينقصه البوتاسيوم يكون بطيئاً ، ولا تكون الثمرة الواحدة متجانسة فى نضجها ، كما فى حالة النضج المتبقع Blotchy Ripening فى الطماطم والتفاح والبرقوق ، ومن أهم أعراض نقص البوتاسيوم نقص التغليظ الثانوى فى الجذور والدرنات ، مما ينتج عنه تكوين أعضاء تخزين (جذور أو درنات) رفيعة .

ويؤدى نقص البوتاسيوم بالأشجار إلى نقص المقدرة على التخزين من الكربوهيدرات (السكريات) مما يؤدى لنقص عدد الأزهار المتفتحة ونقص عقد الثمار وصغر حجمها وقلة تلوينها وانخفاض جودتها .

جـ. تيسر البوتاسيوم فى التربة :

يتوفر البوتاسيوم فى التربة فى PH من 6 – 7 وتظهر أعراض نقص البوتاسيوم غالباً فى الأراضى الخفيفة الرملية وفى أغلب الأراضى العضوية وترتبط كمية البوتاسيوم الذائبة ارتباطاً قوياً بكمية الطين فى التربة ، حيث تحتوى الأراضى الغنية بالطين على كميات عالية من البوتاسيوم الذائب .

ويتوفر البوتاسيوم فى التربة على ثلاث صور متبادلة كالتالى :-

بوتاسيوم غير متبادل ← بوتاسيوم متبادل ← بوتاسيوم فى المحلول الأرضى ، ومع امتصاص النبات للبوتاسيوم يزداد التبادل نحو الجهة اليسرى .

ولتلافى أعراض نقص البوتاسيوم سريعاً يتم :-

أ. الرش بواسطة أحد مركبات البوتاسيوم الورقية (أكسيد بوتاسيوم سائل أو ثيو سلفات البوتاسيوم السائل) بمعدل من 1.5 : 2 لتر / 400 – 600 لتر ماء رشاً أو كلوريد البوتاسيوم Kcl (63٪ K_{20}) 1.5 كجم / للفدان رشاً .

ب. تعويض احتياجات النقص بواسطة إضافته للتربة :

- سلفات البوتاسيوم (النقى) 51٪ K_{20} (يمكن استخدامها مع الرى بالتنقيط) .
- سلفات البوتاسيوم (التجارية) 48٪ K_{20} (لا يفضل استخدامها مع الرى بالتنقيط) .
- أحادى فوسفات البوتاسيوم (MKP) 34٪ K_{20} (تصلح مع الرى بالتنقيط) .
- نترات البوتاسيوم + المغنيسيوم 43٪ K_{20} (تصلح مع الرى بالتنقيط) .

الكالسيوم :

أ. أهمية الكالسيوم للنبات :

للكالسيوم دوراً كبيراً فى تكوين الجدر الخلوية ، وخاصة فى تكوين الصفيحة الوسطى Middle lamella ، حيث يتفاعل حمض البكتيك Pectic acid مع الكالسيوم ، مكوناً بكتات الكالسيوم غير القابلة للذوبان ، وتعمل بكتات الكالسيوم مع بكتات المغنيسيوم على لصق سلاسل السليلوز ببعضها البعض أثناء عمل الجدر الخلوية . ولذلك .. فوجود الكالسيوم مهم فى الأنسجة السريعة النمو ، كمرستيم الساق ، والجذر ، والكامبيوم له دور كبير فى نجاح عملية التخصيب حيث له تأثير على جذب أنبوبة اللقاح داخل المبيض (الانتحاء الكيماوى) .

وللكالسيوم دوراً فى تكوين الأغشية الخلوية أيضاً إذ أن ملح الكالسيوم للمادة الدهنية Lecithin يدخل فى تركيب الغشاء الخلوى ، كذلك يعتقد أن للكالسيوم دوراً فى الانقسام الخلوى الميتوزى ، وأنه قد يكون له دور فى تكوين المغزل ، وفى تركيب وثبات الكروموسوم ، وللكالسيوم دور منشط لبعض الإنزيمات ، مثل - triphosphatase adenosine - arginine kinase-phospholipase وغيرهم ، ويبدو أن الكالسيوم ضرورى لامتصاص النيتروجين النتراتى ، حيث تتراكم السكريات والنشويات فى النباتات النامية فى بيئة فقيرة فى الكالسيوم ، وتكون غير قادرة على امتصاص النيتروجين النتراتى ، لكن يتغير هذا الوضع بسرعة ، وتظهر النترات فى وقت قصير عند التسميد بالكالسيوم ، ويتراكم معظم الكالسيوم فى النبات فى الأوراق ، ويمتصه النبات فى صورة أيون الكالسيوم Ca^{++} ويقوم بمعادلة الأحماض العضوية التى تنتج فى الخلايا النباتية وبذلك يمنع الضرر

الناشئ من زيادة تركيز هذه الأحماض ، كما يلعب دوراً هاماً فى معادلة التأثر السام للملوحة فى التربة على النبات .

ب. أعراض نقص الكالسيوم :

يعد الكالسيوم من العناصر غير الذائبة فى النبات (غير متحرك) لذلك فإنه لا ينتقل من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة عند نقصه فى التربة ، وتظهر أعراض النقص فى الأوراق الحديثة والأنسجة المرستيمية أولاً .

وأعراض نقص العنصر هى :-

- انحناء طرف كل من الأفرع والأوراق على شكل خطاف .
- موت البراعم الطرفية للأشجار .
- ظهور لون أخضر مصفر على الأوراق الحديثة ، بينما تبقى الأوراق المسنة بلون أخضر عادى ، إلا أن حوافها تكون عادة أقل اخضراراً من مركز الورقة .

ومع استمرار نقص العنصر تظهر بقع متحللة فى الأوراق الحديثة وتلتف أطرافها لأسفل ، وأحياناً تكون حوافها متموجة وغير منتظمة النمو ، كما يكون النبات متخشباً ، والنمو متقزماً ، والجذور قصيرة وسميكة ، وذلك لارتباط الكالسيوم بالانقسام الميتوزى فى النبات ، ولنفس السبب تموت القمم النامية بالسيقان والأوراق والجذور ، ويتوقف النمو .

ويؤدى نقص الكالسيوم إلى ظهور العديد من الأمراض الفسيولوجية فى محاصيل الخضر والفاكهة ، منها : (تعفن الطرف الزهرى فى الطماطم والفلفل – القلب الأسود فى الكرفس – احتراق حواف الأوراق بالخس – الندبة أو النقرة الطرية بالتفاح Bitter pit) .

ويعالج نقص الكالسيوم بإضافة العنصر للتربة ، أو عن طريق الأوراق رشاً ، فيضاف الكالسيوم للتربة عند استخدام الجبس الزراعى فى رفع PH التربة ، أو عند استخدام **نترات الكالسيوم** (مع الرى بالتنقيط) أو السوبر فوسفات كأسمدة ، ولكن يمكن أيضاً إضافة الكالسيوم رشاً بأحد المركبات التالية :-

1- كلوريد الكالسيوم (36.1٪ كا) بتركيز 2.5 – 5 كجم/ 400 لتر ماء للفدان .
2- نترات الكالسيوم (20٪ كا) بتركيز 2.5 – 8 كجم/ 400 لتر ماء للفدان .
3- كالسيوم مخلبى بتركيز من 6 : 12٪ (مخلب على EDTA أو أحماض أمينية وستريك أسيد) بمعدل 1 كجم/ 400 لتر ماء للفدان .

جـ. تيسر الكالسيوم فى التربة :

الكالسيوم هو الكاتيون السائد فى معظم الأراضى ، ويشكل عادة أكبر نسبة من الكاتيونات المتبادلة ، حيث يحل الأيدروجين محله فى غرويات التربة ، والجزء الأكبر من الكالسيوم الموجود فى التربة يوجد فى صورة غير متبادلة ، فيوجد متحداً كيميائياً مع عناصر أخرى فى تركيب بعض المعادن كالأنورثيت anorthite ($Ca\ Al_2\ Si_2\ O_8$) وفى الكالسيت Calcite (Co_3) فى المناطق الجافة وشبه الجافة .. ويكثر فوسفات الكالسيوم الثلاثى غير القابل للذوبان فى الأراضى القلوية .

المغنيسيوم : (Mg)

أ. دور المغنيسيوم فى النبات :

المغنيسيوم عنصر أساسى لتكوين جزئ الكلوروفيل ، حيث يدخل فى تركيب كل من كلوروفيل أ ، ب ، لذلك فهو أساسى لعملية البناء الضوئى ، كما أن بكتات المغنيسيوم تشترك مع بكتات الكالسيوم فى لصق ألياف السليلوز عند بناء جدر الخلايا ، لذلك فهو ضرورى لعملية انقسام الخلايا .

ويعمل المغنيسيوم كعامل منشط للعديد من الإنزيمات الهامة فى تحولات التمثيل الغذائى للمواد الكربوهيدراتية ، كما يعمل كمنشط للإنزيمات التى تشترك فى تمثيل الأحماض النووية RNA-DNA ويبدو أنه يقوم بدور هام كعامل لاصق للميكروسومات microsomes التى يتم عليها تمثيل البروتين ، ويمتص العنصر فى صورة أيون المغنيسيوم Mg^{++} .

ب. أعراض المغنيسيوم : (عنصر متحرك)

عند نقص المغنيسيوم فى التربة نجد أن العنصر ينتقل من الأوراق المسنة إلى الأوراق الحديثة ، لذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق المسنة أولاً ، وفى الحالات الشديدة تظهر الأعراض على الأوراق الحديثة أيضاً .

وتكون الأعراض فى شكل تبقعات صفراء مبرقشة mottling تنتشر فى الورقة ، خاصة فى الأوراق المسنة ، كما تظهر بقع بنية على حواف وقمم الأوراق ، وفى الصليبيات تأخذ الأوراق مظهراً براقاً ، وفى معظم النباتات يظهر اصفرار بين العروق فى الأوراق المسنة ، ثم يتغير لونها تدريجياً من الأخضر الداكن إلى الأخضر المصفر فالأصفر ، بينما تبقى العروق خضراء اللون ، وتبدأ هذه الأعراض من حواف الورقة ، ثم تتجه تدريجياً نحو مركزها ، ومع ازدياد نقص العنصر تتحول الأجزاء الصفراء إلى اللون البنى ، ثم تموت هذه الأنسجة وقمة وحافة الورقة تنثنى لأعلى .

جـ. تيسر المغنيسيوم فى التربة :

يتوفر المغنيسيوم فى مدى PH من 7 – 8.5 ، ويقل قليلاً فى الأراضى الأكثر قلوية من ذلك ، كما يقل نسبياً فى مدى PH من 5.5 – 7 .

وأفقر الأراضى فى المغنيسيوم هى الرملية الخفيفة .

يوجد المغنيسيوم فى التربة فى صورة مثبتة ، وفى صورة ذائبة فى الماء ، وفى صورة متبادلة ، وتقل كميته فى التربة كثيراً عن الكالسيوم سواء بالنسبة للصور المثبتة ، أم الذائبة أم المتبادلة .

ويؤدى التسميد البوتاسى الغزير إلى نقص امتصاص النبات للمغنيسيوم ، وتظهر أعراض نقصه ، ولكن إضافة الجير للأراضى الحامضية تؤدى غالباً إلى زيادة المغنيسيوم الميسر للامتصاص بها ، كذلك فإن زيادة الكالسيوم فى المزارع المائية تؤدى إلى ظهور أعراض نقص المغنيسيوم .

ويعالج نقص المغنيسيوم فى التربة بالتسميد بإحدى الطرق التالية :-

1- إضافة الحجر الجيرى الدولوميتى (كربونات الكالسيوم والمغنيسيوم) dolomitic limestone (فى الأراضى الحامضية) بمعدل 10 – 15 كجم من المغنيسيوم (Mg) أو 18 – 25 كجم من أكسيد المغنيسيوم (MgO) للفدان .

2- إضافة كبريتات المغنيسيوم ($MgSo_4. 7H_2o$) المحتوية على 9.8٪ مغنيسيوم ، بمعدل 70 – 90 كجم للفدان .

3- الرش بكبريتات المغنيسيوم بمعدل 3 : 5 كجم/400 لتر ماء للفدان (على حسب مقدار النقص) .

4- الرش بنترات المغنيسيوم بمعدل 2 : 3 كجم/400 لتر ماء للفدان (على حسب مقدار النقص) .

5- الرش باستخدام المغنيسيوم المخلبى (6٪) بمعدل 1 كجم/400 لتر ماء للفدان .

✍ الكبريت (S)

أ. دور الكبريت فى النبات :

يدخل الكبريت فى تركيب ثلاثة أحماض أمينية أساسية هى : السيستين Cysteine ، والسيستاين Cystine ، والميثايونين Methionine ، كما يدخل فى تركيب الثيامين Thiamin (فيتامين ب) ، وهو مرافق إنزيمى ضرورى فى عملية التنفس ، ويوجد الكبريت أيضاً فى تركيب فيتامين البيوتين Biotin ، وفى المرافق الإنزيمى Coenzyme A ، ويلعب دوراً أيضاً فى تلوين الثمار كما فى الطماطم والتفاح .

والكبريت عنصر أساسى فى تركيب بعض المواد الطيارة التى تعطى الطعم والنكهة المميزتين لبعض الخضراوات ، مثل : البصل ، والثوم ، والصليبيات ، علاوة على أن له دور فى حماية النباتات من عديد من الفطريات المسببة للأعفان .

ب. أعراض نقص الكبريت : (عنصر متحرك)

نادراً ما تظهر أعراض نقص الكبريت لتوفره فى الأسمدة المختلفة ، فضلاً عن أن العنصر نفسه يستعمل فى مكافحة الكثير من الأمراض الفطرية ، وتتشابه أعراض نقص الكبريت مع أعراض نقص الأزوت ، إلا أن الأعراض تظهر على الأوراق الحديثة أولاً ، أما الأزوت فتظهر أعراض نقصه على الأوراق الكبيرة ، ويرجع ذلك إلى أن الكبريت لا ينتقل فى النبات بسرعة .

وتتميز أعراض نقص الكبريت باصفرار الأوراق الحديثة ، ويكون الاصفرار أكثر وضوحاً فى العروق عنه بين العروق ، وذلك عكس الحالة فى كل من أعراض نقص المغنيسيوم ، والمنجنيز ، والحديد .

جـ. تيسر الكبريت فى التربة :

تيسر الكبريت فى الأراضى التى يزيد فيها الـ PH عن 6 ، ويقل نسبياً فى PH 5 – 6 ، ويصبح النقص شديداً فى PH أقل من 5 فأيون الكبريتات – مثله مثل أيون الفوسفات – يدمص بقلة على غرويات التربة ، ويزداد ادمصاصه مع انخفاض PH التربة .

ومن المعتقد أنه يحل محل أيون الأيدروكسيل على حبيبات الطين ، وتسمى تلك الظاهرة بظاهرة التبادل الأنيونى anion exhchange ، وعليه .. فإن عملية إضافة الجير التى تزيد من قلوية التربة تقلل من ادمصاص هذا العنصر .

وأهم مصادر الكبريت للنبات هو ما يوجد فى المادة العضوية ، وفى الهواء الجوى ، بالإضافة إلى ما يوجد فى الأسمدة الكيمائية المضافة .

ويوجد الكبريت فى المادة العضوية فى صورة مواد بروتينية ، ولكى يستطيع النبات استعماله يجب أن يتحول إلى أيون كبريتات أولاً ، وتقوم الكائنات الدقيقة فى التربة بذلك ، حيث تحول المادة العضوية المحتوية على الكبريت إلى مركبات عديدة ، منها الـ (H_2S) hydrogen sulfide الذى يتأكسد ، معطياً حامض الكبريتيك الذى يتفاعل بدوره مع معادن التربة فى المحلول الأرضى ، مكوناً أملاح الكبريتات .

أما الكبريت الموجود فى الهواء ، فإنه ينتج عن احتراق الفحم ، كما يوجد فى الأبخرة المتصاعدة من العديد من المصانع ، ويصل إلى الأرض بعد ذوبانه فى ماء المطر ، ثم يتأكسد إلى SO_4 ، ثم إلى SO_3 الذى يتفاعل مع الماء ، معطياً حامض الكبريتيك الذى يتفاعل بدوره مع معادن التربة ، مكوناً أملاح الكبريتات وفى المناطق الصناعية تصل إلى التربة كميات كبيرة من الكبريت بهذه الطريقة .

أما الأسمدة المحتوية على الكبريت ، فهى عديدة ، ومنها : الكبريت الخام (الكبريت الزراعى) ، وكبريتات الأمونيوم ، وكبريتات البوتاسيوم ،والجبس ، والسوبر فوسفات الذى يحتوى على كبريتات الكالسيوم ، هذا .. ويتأكسد الكبريت المعدنى إلى كبريتات قبل أن يستطيع النبات استعماله .

وهناك مركبات كبريتية معدة للاستخدام رشاً مثل :-

- الكبريت الميكرونى ← بمعدل 1 كجم/للفدان رشاً .
- ثيوسلفات الأمونيوم ← بمعدل 2 كجم/للفدان رشاً .
- كالسيوم بولى سلفيد ← بمعدل من 2 : 3 كجم/للفدان رشاً .

الحديد (Fe)

أ. دور الحديد فى النبات :

يعتبر الحديد عنصراً أساسياً لتكوين جزئ الكلوروفيل ، رغم أنه لا يدخل فى تركيبه ، ولكن يبدو أن الحديد يلعب دوراً هاماً فى تكوين الإنزيمات المسئولة عن تمثيل الكلوروفيل ، كما أن الحديد يدخل فى تركيب العديد من الإنزيمات اللازمة فى عملية التنفس ، ومن أمثلتها : الكاتاليز ، والبيروكسيديز ، وأكسيديز السيتوكروم ، والسيتوكروم ، بالإضافة إلى دخول الحديد فى تركيب جزئ صبغة الهيم heme ، وهى الصبغة الضرورية فى المراحل الأخيرة من التنفس.

ويمتص النبات الحديد فى صورة أيون الحديديك غالباً ، ولكن الصورة النشطة بيولوجياً فى النبات هى صورة أيون الحديدوز ، وعليه .. فإنه بعد امتصاصه يتحول أولاً إلى حديدوز قبل أن يستفيد منه النبات .

ب. أعراض نقص الحديد : (غير متحرك)

يعتبر الحديد من أقل العناصر قدرة على التحرك داخل النبات ، لذلك تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة ، بينما تظل الأوراق المسنة خضراء وذات محتوى عال من الحديد ، ويتميز نقص العنصر بظهور لون أصفر بين العروق فى أوراق النموات الحديثة ، ونادراً ما تصبح الأوراق الحديثة كلها صفراء ، ولكن قد يحدث ذلك فى الأوراق الصغيرة جداً فى حالات النقص الشديدة ، ومع استمرار نقص العنصر يتحول لون الأنسجة بين العروق إلى اللون الأبيض العاجى ، بينما تظل العروق خضراء اللون ، **ففى العنب** : يتحول لون الورقة للأصفر أو الأبيض المصفر مع بقاء شبكة من العروق الخضراء وتظهر هذه الأعراض فى بداية موسم النمو على الأوراق الحديثة .

جـ. تيسر الحديد فى التربة :

يتوفر الحديد فى الأراضى التى يقل فيها الـ PH عن 6 ، ويقل نسبياً فى PH 6 – 7 ، ولكن يصبح النقص شديداً عند زيادة الـ PH عن 7 ، ويزداد الحديد فى الأراضى الحامضية إلى درجة أن تركيزه يصبح ساماً للنبات فى الأراضى الشديد الحموضة ، وأفضل PH يتوفر فيه الحديد بتركيزات مناسبة هو من 5.5 – 6.2 .

وتجدر ملاحظة أن التسميد بكميات كبيرة من الفوسفات الذائبة يؤدى إلى تحول الحديد الذائب إلى صورة غير قابلة للذوبان بسبب اتحاد الحديد مع أيون الفوسفات ، مكوناً فوسفات الحديد وتزداد هذه الظاهرة فى الأراضى الرملية ، عنه فى الأراضى الطينية ، لأن الأراضى الرملية أقل قدرة على تثبيت الفوسفات من الأراضى الطينية .

والحديد من العناصر التى تتوفر فى التربة بكميات كبيرة ، إلا أن ذلك يكون فى الصور غير القابلة للذوبان ، ونسبة الذائب أو المتبادل منخفضة جداً فى التربة ، خاصة فى الأراضى المتعادلة والقلوية .

ونادراً ما يعطى التسميد بالحديد عن طريق التربة نتائج ملموسة ، لكن رش الأوراق يعطى نتائج إيجابية مؤقتة ، حيث تزول أعراض نقص العنصر ، ويعالج نقص الحديد بأحد الأسمدة التالية :-

1- كبريتات الحديدوز Ferrus sulfate (20٪ حديد $Fe\ SO_4\ .\ 7\ H_2O$) ، بمعدل 5 – 10 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز 1 – 1.5 كجم/400 لتر ماء للفدان .

2- الحديد المخلبى (مشتقات ethylenediamine tetraacetic acid ، وتحوى حديداً مخلبياً بنسبة 9 – 12٪) ويستخدم رشاً بتركيز 350 – 450 جم/400 لتر ماء ، ويجب ألا تتعدى الكمية التى تستعمل للفدان من هذه المادة أكثر من 400 لتر من محلول الرش ، ويرمز لتلك المادة بالرمز EDTA .

ومن الصور المخلبية أيضاً : diethylenetriaminepentaacetic acid (DTPA) و(EDHA) وهذه المركبات المخلبية تحفظ الحديد فى صورة ميسرة لامتصاص النبات ، وتسهل امتصاصه وانتقاله فى النبات ، كما أنها لا تتحلل فى التربة وهى أفضل فى حالة الأراضى القلوية .

✍ النحاس :

أ. دور النحاس فى النبات :

يدخل النحاس فى تكوين بعض الإنزيمات التى تلعب دوراً هاماً فى تفاعلات الأكسدة والاختزال فى النبات ، فهو يدخل فى تركيب إنزيمات الفينوليز Phenolases واللاكيز Laccase ، ويعتبر النحاس عنصراً ضرورياً لتكوين الكلوروفيل فى النبات ، وربما يكون له دور فى عملية التمثيل الضوئى .

كما يدخل النحاس فى تركيب إنزيم التيروزينيز Tyrosinase ، وهو المسئول عن تلون لب درنات البطاطس باللون الداكن فى وجود الأكسجين ، وفى تركيب إنزيم أكسيديز حامض الأسكوربيك ascorbic acid oxidase ، وهو المسئول عن اكسدة حامض الأسكوربيك ، ويمتص النبات العنصر فى صورته الأيونية (Cu^{++}) ويزيد من مقاومة النبات للفطريات .

ب. أعراض نقص النحاس : (عنصر غير متحرك)

يصاحب نقص عنصر النحاس ظهور لون أصفر شاحب وباهت بالأوراق ، يعقبه فقدان اللون الأخضر كلية فى قمة الأوراق ، وتظهر الأعراض – كاحتراق واسمرار (انسفاع) Scalding – خاصة فى الأيام الحارة ، هذا .. وتكون الأوراق مرتخية ، والنمو بطيئاً ، وفى البصل يصاحب نقص العنصر بهتان لون حراشيف الأبصال .

وأكثر الخضر حساسية لنقص النحاس هى : البنجر ، الجزر ، الخس ، البصل ، السبانخ ، وهى الخضر التى تستجيب بدرجة عالية للتسميد بالنحاس ، وفى حالة الفاكهة نجد أن الموالح والحسليات والحمضيات أكثر حساسية حيث يحدث بها موت بالبراعم الطرفية ويحدث موت خلفى Die back (لأسفل) للأفرع الحديثة وخاصة النموات الطرفية .

ج. تيسر النحاس فى التربة :

يتوفر النحاس فى الأراضى التى يقل فيها الـــ PH عن 7 ، ويقل نسبياً فى PH 7 – 8 ، ويصبح النقص شديداً فى PH أعلى من 8 .

وتظهر أعراض نقص العنصر غالباً فى الأراضى الغنية بالمادة العضوية ، ومن المعتقد أن النحاس يتحول بفعل المادة العضوية إلى صورة غير قابلة للذوبان ، إذ أنه يثبت فى الأراضى العضوية بواسطة بعض كائنات التربة الدقيقة ، كذلك تظهر أعراض نقص العنصر فى الأراضى الحامضية (PH أقل من 5.5) والرملية .

ويوجد النحاس بكميات كبيرة مثبتاً فى صخور التربة ، ولا يوجد منه سوى القليل جداً ذائباً فى المحلول الأرضى ، ويقدر تركيزه فى الأراضى العادية بـــ 0.01 جزء فى المليون بالمحلول الأرضى ويدمص أيون النحاس (نح$^{++}$) بشدة على غرويات التربة ، كما قد تدمص أيضاً الكاتيونات ذات الشحنة الواحدة ، مثل : نح أ يد$^{+}$ ، نح كل$^{+}$ ، وبالإضافة إلى ذلك .. يوجد النحاس فى المادة العضوية فى التربة ، كما قد يتحد معها ، مكوناً مركبات معقدة غير متبادلة .

ويعالج نقص النحاس فى التربة بإحدى المعادلتين التاليتين :-

1- كبريتات النحاس (25.5٪ نح – $Cu\ So_4.\ 5H_2O$) ، بمعدل 11 – 22 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز 0.9 – 2.25 كجم/400 لتر ماء .

2- أكسيد النحاس (يحوى 79.6٪ نح – CuO) ، بمعدل 3.5 – 7 كجم/فدان للتربة ، ولا يستعمل رشاً لقلة مقدرته على الذوبان .

3- استخدام النحاس المخلب المخلب على EDTA بتركيز يتراوح من 6 : 10٪ وذلك بمعدل من 400 : 750 جم/400 لتر ماء رشاً للفدان .

4- استخدام مركب أوكسى كلورونحاس بمعدل من 0.75 : 2 كجم/للفدان رشاً .

5- استخدام نحاس معدنى قاعدى سائل 6٪ بالرش بتركيز (1) لتر/400 : 600 لتر ماء رشاً.

6- أو يعالج النقص بالرش بمحلول بوردو والذى يتركب من كبريتات نحاس والجير والماء بنسبة 1 : 1 : 12 على التوالى (4 كجم كبريتات نحاس + 4 كجم جير مطفئ + 500 لتر ماء) وذلك للفدان الواحد .

✍ الزنك :

أ. دور الزنك فى النبات :

يعد الزنك عنصراً ضرورياً لتكوين التربتوفان tryptophane ، وهو الحامض الأمينى الذى يتكون منه إندول حامض الخليك IAA ، كما يدخل الزنك فى تركيب كل من -glyco dehydrogenases والـــ glycine dipeptidases الضرورية فى تمثيل البروتينات ، الضرورية للـــ glycolysis فى المراحل النهائية من التنفس ، كما أن الزنك ضرورى لتكوين جزئ الكلوروفيل ، ويمتص الزنك فى صورة أيون العنصر (Zn^{+}) ويلعب دوراً هاماً فى إنبات حبوب اللقاح على مياسم الأزهار هو وعنصر البورون .

ب. أعراض نقص الزنك : (متحرك)

تظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الحديثة أولاً ، حيث يؤدى نقصه إلى ظهور لون مصفر بين العروق فى الورقة ، وتظل العروق خضراء ، وتكون الأوراق صغيرة ، وضيقة ، ومبرقشة ومشوهة ، وغير منتظمة الشكل ، وملتوية ، ومتزاحمة على أفرع قصيرة ، فتأخذ شكلاً متورداً rosette كذلك تصبح السلاميات قصيرة ، ويبدو النبات متقزماً فى حالات النقص الشديدة ولذلك علاقة بتمثيل الأوكسيد IAA .

وعموماً تختلف أعراض نقص الزنك من محصول لآخر ، ففى النباتات المعمرة تموت الأفرع التى تظهر بها أعراض النقص من القمة نحو القاعدة dieback ، ويقل محصول البذور ، ولذلك أهمية كبيرة فى البقوليات ، كما يظهر لون بنى محمر على الأوراق الفلقية فى الفاصوليا ، وفى البنجر يظهر لون أصفر بين العروق ، وتحترق حواف الأوراق ، وفى الذرة السكرية تظهر خطوط خضراء وصفراء عريضة عند قواعد الأوراق ، وتتأخر الحريرة فى الظهور ، ويصاحب ذلك عدم امتلاء الكيزان جيداً ، وفى الموالح تظهر ظاهرة Mottle leaf وفى العنب Little Leaf وفى التفاح الـــ Rosette وهى صغر حجم الأوراق وقصر السلاميات وتقاربها .

وأكثر الخضراوات استجابة للتسميد بالزنك هى : الذرة السكرية ، والفاصوليا ، وفاصوليا الليما وفى الفاكهة وجد أن (أشجار الموالح والعنب والتفاحيات والحسليات من أكثر النباتات حساسية لنقص الزنك .

فى العنب : تظهر أعراض النقص على الأوراق الطرفية للأفرع الرئيسية ، وكذلك على أوراق الأفرع الجانبية ، التى تكون فى فصل الصيف فتظهر الورقة بلون أخضر باهت بين العروق ، والأوراق صغيرة مع عدم تماثل نصفى الورقة ، وعدم انتظام حجم الثمار .

جـ. تيسر الزنك فى التربة :

يتوفر الزنك فى الأراضى التى يقل فيها PH عن 7 ، ويقل نسبياً فى PH من 7 – 8 ، ويكون النقص شديداً عند زيادة PH التربة عن 8 .

هذا .. ويثبت الزنك بسهولة غرويات التربة ، وتركيز العنصر فى المحلول الأرضى منخفض جداً ، ويقل التركيز بزيادة PH التربة ، والمدى المناسب لتركيز الزنك فى

المحلول الأرضى هو 1 – 10 جزء فى المليون ، وأفضل تركيز 5 جزء فى المليون ، وقد يثبت الزنك بواسطة بعض الكائنات الحية الدقيقة فى التربة .

ويعالج نقص الزنك بالتسميد بأحد المركبات التالية :-

1- كبريتات الزنك Zinc Sulphate (تحتوى على 24٪ زنك ، وتركيبها $n\ SO_4\ .\ 7H_2O$) ، بمعدل 4.5 – 18 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز 0.9 – 1.8 كجم/400 – 600 لتر ماء .

2- الزنك المخلبى (مشتقات ethylenediamine tetraacetic acid) ، بمعدل 7 – 18 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز من 500 : 750 جم/للفدان رشاً 400 : 600 لتر ماء .

وهناك صور أخرى للزنك المخلبى المخلب على أحماض أمينية وعضوية .

المنجنيز :

أ. دور المنجنيز فى النبات :

المنجنيز عنصر ضرورياً لتكوين الكلوروفيل رغم أنه لا يدخل فى تركيب جزئ الكلوروفيل ، ويدخل مثل الحديد فى تركيب العديد من الإنزيمات الهامة التى تدخل فى تفاعلات الأكسدة والاختزال ، فهو يعمل كمنشط إنزيمى فى عمليات التنفس وتمثيل البروتين ، ومع ذلك .. ففى كثير من التفاعلات – خاصة تفاعلات التنفس ، والمغنيسيوم الذى يحل غالباً محل المنجنيز ، ولكن المنجنيز ضرورى وأساسى لعمل إنزيمات أخرى كثيرة ، مثل إنزيمات malic dehydrogenase ، وoxalsuccinic dehydrogenase ، وكلاهما من إنزيمات دورة كربس krebs ، ويمكن أن يحل الكوبالت جزئياً محل المنجنيز بالنسبة لهذين الإنزيمين ، ويعمل المنجنيز كمنشط لإنزيمات تمثيل البروتين : nitrate reductase ، وhydroxylamine reductase ، كما أنه يلعب دوراً فى أكسدة إندول حمض الخليك IAA فى النبات ، ويمتص المنجنيز فى صورة أيون العنصر (Mn^+) .

ب. أعراض نقص المنجنيز : (بطئ الحركة)

المنجنيز من العناصر بطيئة التحرك نسبياً فى النبات ، لذا تظهر أعراض نقصه أولاً على الأوراق الحديثة وتتشابه أعراض نقص المنجنيز مع أعراض نقص المغنيسيوم ، فيما عدا أن الاصفرار يحدث على الأوراق الحديثة أولاً فى حالة نقص المنجنيز ، بينما يظهر على الأوراق المسنة أولاً فى حالة نقص المغنيسيوم ، وتتميز الأعراض باصفرار الأنسجة بين العروق فى الورقة ويتميز النصل بمظهر على شكل مربعات الشطرنج ، وتظهر بقع ميتة متحللة صغيرة على امتداد وسط الورقة ، وتظل العروق خضراء دائماً ، وفى حالات النقص الشديدة تمتد الأعراض إلى الأوراق المسنة أيضاً ، ومن أعراض نقص العنصر أيضاً : ظهور بقع متحللة بنية فى الأوراق الفلقية للبسلة والفاصوليا ، وفى الذرة السكرية والبصل تظهر خطوط مصفرة على الأوراق ، وفى البنجر يكتسب النمو الخضرى لوناً

أحمر داكناً وفى مراحل متقدمة من النقص تتساقط الأوراق والأزهار ويكون نموها ضعيف جداً وعددها قليل .

وأكثر الخضراوات احتياجاً للتسميد بالمنجنيز هى : الفاصوليا ، والخس ، والبصل ، والبسلة ، والبطاطس ، والفجل ، والسبانخ ، والطماطم ، والبنجر ، **وفى العنب** يظهر على الأوراق الحديثة أولاً لون أخضر داكن حول العروق الرئيسية بينما يكون لون باقى الورقة أخضر باهت وتظهر أعراض النقص على الأوراق السفلية ، وفى الفاكهة (التفاح – الموز – العنب – الخوخ) وفى المحاصيل (القمح – الشعير – الفول – بنجر السكر) .

ج. تيسر المنجنيز فى التربة :

يتيسر المنجنيز بالأراضى التى يقل فيها الـ PH عن 6.5 ، ويقل نسبياً فى PH 6.5 – 7 ويصبح النقص شديداً عند زيادة الـ PH عن 7 ، وأحسن PH يتوفر فيه العنصر بكميات مناسبة هو من (5.5 – 6.2) .

ويتواجد المنجنيز فى الأرض فى الصور الأيونية الثنائية ، والثلاثية ، والرباعية الشحنة ، والصورة الثنائية الشحنة توجد ذائبة فى المحلول الأرضى ، أو فى صورة كاتيون مدمص على سطح حبيبات التربة ، وكلاهما ميسر لامتصاص النبات ، والصورة المتبادلة مهمة جداً فى تغذية النبات ، لأن تركيز العنصر فى المحلول الأرضى منخفض للغاية ، وبالإضافة إلى ذلك .. فإن المنجنيز يوجد بحالة مثبتة فى التربة فى الصورتين الثلاثية والرباعية الشحنة ، وبدرجة قليلة نسبياً فى صورته الثنائية الشحنة ، ومعظم المنجنيز المثبت يوجد فى الصور الثلاثية والرباعية لأكسيد المنجنيز .

وحيث أن الصورة المختزلة (من ++) هى الصالحة لامتصاص النبات ، لذا نجد أن المنجنيز الميسر يكثر فى الأراضى الرديئة الصرف والحامضية ، حيث تختزل الصور الأخرى إلى هذه الصورة تحت هذه الظروف .. وبالعكس .. فإن الأراضى القلوية الجيدة التهوية تشجع أكسدة المنجنيز ويصبح غير ميسر للامتصاص ، حيث يتكون (Mn^{O}) و $Mn_2{}^{O}{}_3$.

كذلك فإن المنجنيز فى صورته العضوية يعتبر غير ميسر لامتصاص النبات ، ولبعض الكائنات الدقيقة المقدرة على تثبيته وجعله غير ميسر للنبات .

1. ويعالج نقص المنجنيز باستعمال سماد كبريتات المنجنيز Manganese (ous) sulfate (يحوى 24.6٪ من – $Mn\ So_4\ .\ 4H_2O$) بمعدل 9 – 14 كجم / فدان للتربة ، ويستعمل الحد الأعلى فى الأراضى القلوية التى يزيد فيها الـ PH عن 7 ، أو رشاً بتركيز 0.9 – 1.5 كجم / 400 لتر ماء .
2. المنجنيز المخلبى (وتتعدد صوره فمنه مخلبى على EDTA أو ستريك أسيد أو أحماض أمينية وتتراوح نسبته من 7 : 10٪ ويستخدم بمعدل 0.5 : 1 كجم / 400 – 600 لتر ماء رشاً .

البورون :

أ. دور البورون فى النبات :

يلعب البورون فى النبات دوراً فى **تكوين الجدر الخلوية** ، وفى انتقال السكريات فى النبات وقد وجد البعض أن السكر ينتقل بسهولة خلال الأغشية الخلوية بعد اتحاده مع البورون وهو ضرورى لانقسام الخلايا ، وتكوين اللحاء ، وانتقال بعض الهرمونات ، وإنبات حبوب اللقاح ، ويتحكم فى سرعة امتصاص النبات للماء ووجوده يزيد من مقاومة النبات للجفاف وله علاقة كبيرة بالهرمونات النباتية التى تؤثر على نمو القمم النامية للسوق والجذور وله علاقة فى تنظيم امتصاص الكالسيوم ويمتص البورون فى الصورة الأنيونية (BO_3^{3-}) (HBO_3^{2-}) ($H_2BO_3^-$) ($B_4O_7^{2-}$) .

ب. أعراض نقص البورون : (عنصر غير متحرك)

يثبت البورون فى الأنسجة التى يصل إليها بعد امتصاصه ، ولا يتحرك بعد ذلك ، حيث أنه عنصر غير متحرك ولهذا تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة أولاً .

وتبدأ أعراض نقص البورون فى الظهور بانهيار خلايا الأنسجة المرستيمية التى تحدث فيها انقسامات نشطة ، وهى القمم النامية ومناطق الكامبيوم ، وتتأثر الحزم الوعائية بالجذور والسيقان ، ويتعطل انتقال الماء فيها ، فيحدث الذبول الذى يكون غالباً بداية لظهور نقص العنصر ويحدث موت للبرعم الطرفى للسيقان .

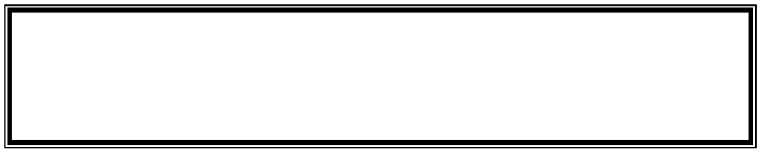
ويكون المحتوى الكربوهيدراتى لجذور وسيقان النبات التى تعانى نقصاً فى البورون قليلاً بسبب تعطل انتقال المواد الكربوهيدراتية ، وزيادة تركيزها فى الأوراق ، وفى حالات النقص الشديدة تموت القمم النامية ، وتتشوه الأوراق الحديثة ، وتظهر بقع بنية أو سوداء فلينية فى أعضاء التخزين من جذور ودرنات .

ونظراً لأن حواف الأوراق يحدث بها انقسام أثناء زيادة الأوراق فى المساحة ، فإن نقص البورون يؤدى أحياناً إلى تلون الأوراق باللون الأصفر أو البنى ولكن الأعراض الأكثر شيوعاً هى التفاف حواف الأوراق الصغيرة ، وقد يظهر لون أصفر باهت غير منتظم التوزيع على أوراق الخضر الجذرية ، وعموماً .. يكون حجم النبات الذى يعانى من نقص البورون أصغر من الحجم الطبيعى ، كما تموت القمم النامية للجذور والسيقان .

هذا .. ويزداد ظهور أعراض نقص العنصر عند نقص الرطوبة الأرضية ، وفى حالات الحرارة المرتفعة ، والإضاءة العالية ، وهى ظروف لا تشجع على انتقال البورون من الأوراق إلى الأعضاء الأخرى فى النبات .

ويؤدى نقص البورون إلى ظهور بقع بنية أو سوداء فلينية متناثرة على سطح الجذور ، أو قريبة من حلقات النمو فى البنجر ، وفى اللفت السويدى تظهر مناطق كبيرة بنية قرب من مركز الجذر ، وفى القنبيط تتلون الأقراص باللون البنى ، وفى البروكولى تتلون البراعم الزهرية باللون البنى ، كما تظهر على سيقان القنبيط ، والبروكولى ، والكرنب مناطق مائية

تتطور فيما بعد إلى شقوق أفقية ، وتظهر على أعناق أوراق الكرفس من الخارج خطوط بنية متحللة ، ومن الداخل تتحلل خلايا البشرة ، وفى السلق تظهر أحياناً خطوط قائمة اللون ، مع تشققات على الناحية الداخلية لأعناق الأوراق وفى العنب لا تنمو البراعم الطرفية وتكثر الأفرع الجانبية ويظهر على الأوراق بقع صفراء وثقوب خصوصاً على الحواف .



تقسم الخضراوات حسب احتياجاتها من البورون إلى ثلاث مجاميع كالتالى :-

1) خضراوات ذات احتياجات عالية من البورون ، وهى التى تتحمل تركيزات عالية منه فى التربة وماء الرى ، وتستفيد جيداً من التسميد بالبورون ، ويلزم معها أن يتوفر العنصر فى التربة بتركيز يزيد عن 0.5 جزء فى المليون ، وهى كالتالى مرتبة تنازلياً حسب احتياجاتها من العنصر : البنجر – اللفت – الكرنب – البروكولى – القنبيط – الهليون – الفجل – كرنب بروكسل – الكرفس – الروتاباجا .
2) خضراوات ذات احتياجات متوسطة من البورون ، وهى التى تتحمل تركيزات متوسطة منه فى التربة وماء الرى ، ويجب معها أن يكون تركيز العنصر بين 0.1 – 0.5 جزء فى المليون فى المحلول الأرضى ،و هى كالتالى مرتبة تنازلياً حسب احتياجاتها للبورون : الطماطم – الخس – البطاطا – الجزر – البصل .
3) خضراوات ذات احتياجات منخفضة من البورون ، وهى الحساسة لزيادة البورون فى التربة وماء الرى ، ويجب معها ألا يزيد تركيز البورون فى المحلول الأرضى عن 0.1 جزء فى المليون ، وهى كالتالى مرتبة تصاعدياً حسب حساسيتها للبورون : الذرة السكرية – البسلة – الفاصوليا – فاصوليا الليما – البطاطس .

* المصدر : د/ أحمد عبد المنعم حسن (1989) أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المحمية .

وبالنسبة للفاكهة : (الزيتون) والمحاصيل (قمح – شعير – أرز – ذرة – بنجر السكر) من أكثر المحاصيل حساسية لنقصه .

جـ. تيسر البورون فى التربة :

يتوفر البورون فى الأراضى التى يقل الـــ PH فيها عن 7 ، ويقل نسبياً فى PH 7 – 7.5 ويصبح النقص شديداً فى PH 7.5 – 8.5 ، إلا أن البورون الميسر يزداد مرة أخرى فى الأراضى التى يزيد الـــ PH فيها عن 8.5 .

تظهر أعراض نقص العنصر بصفة خاصة فى الأراضى الرملية التى تزرع سنوياً ، وكذلك فى الأراضى القلوية والعضوية .

ويعتبر تركيز البورون فى المحلول الأرضى منخفضاً جداً ، ويقل بدرجة أكبر فى الأراضى القلوية وأفضل تركيز للبورون فى محلول التربة هو 0.1 – 1 جزءاً فى المليون ، وتظهر غالباً أعراض التسمم بالعنصر إذ زاد تركيزه عن ذلك المستوى ، كما تؤدى زيادة التسميد بالبورون إلى ظهور أعراض التسمم ، ويحدث ذلك غالباً فى الأراضى الحامضية الرملية الفقيرة فى المادة العضوية ، عنه فى الأراضى المتعادلة ، أو الصفراء ، أو الطينية ، أو الغنية بالمادة العضوية ، ومع ذلك .. فيوجد من الخضر ما لا ينمو جيداً إلا إذا كان تركيز البورون فى المحلول الأرضى من 10 – 15 جزء فى المليون ، كالهليون .

وتعتبر نسبة البورون فى الماء من العوامل المحددة لصلاحيتها للرى حيث بزيادة تركيز البورون فيها عن (2 PPM) جزء فى المليون لا ينصح باستخدامها .

ويعالج نقص البورون بالتسميد بأحد المركبات الآتية :ـ

1. البوراكس Borax ($Na_2B_4O_7, 10H_2O$) يحوى 10.6٪ بورون ، يستعمل بمعدل 5 – 12 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز 0.9 – 2.25 كجم/400 لتر ماء ، وفى حالة البنجر المزروع فى الأراضى الرملية القلوية تزداد الكمية المضافة للتربة إلى 22 كجم/فدان .
2. السوليوبور Solubor ($Na_2 B_4O_7.5 H_2o$ and $Na_2 B_{10} O_{16}. 10H_2o$) يحوى 20.5٪ بورون ، ويستعمل بمعدل 2.5 – 5 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز 0.45 – 0.700 كجم/400 لتر ماء .
3. خامس بورات الصوديوم Sodium Pentaborate($Na_2 B_{10}O_{16}.10H_2o$) يحوى 18.1 ٪ بورون ، ويستعمل بمعدل 2.5 – 7.5 كجم/فدان للتربة أو رشاً بمعدل 0.45 – 1.35 كجم/400 لتر ماء .
4. تترابورات – بنتاهيدرات الصوديوم Sodium tetraborate pentahydrate ($Na_2B_4 O_7 5H_2O$) يحوى 13.7٪ بورون ، ويستعمل بمعدل 3.5 – 9 كجم/فدان للتربة ، أو رشاً بتركيز 0.45 – 1.8 كجم/100 لتر ماء .
5. حمض بوريك (بوريك أسيد) يحتوى على 17٪ بورون يستخدم رشاً بمعدل 0.15 – 0.75 جم/لتر .

✍ المولبيدنم : (Mo)

أ. دور المولبيدنم فى النبات :

يلعب دوراً هاماً فى تركيب أحد الإنزيمات المسئولة عن اختزال النترات فى النبات إلى أمونيا ، وهو جزء من التركيب الجزيئى لإنزيم ريبوبروتينيز riboproteinase الضرورى لاختزال نيتروجين الهواء الجوى فى كل من البكتريا ***Azotobacter*** و ***Rhizobium*** (Edmond وآخرون 1975) ، وقد لوحظ أن نقص المولبيدنم يتبعه دائماً نقص فى تركيز حامض الأسكوربيك فى النبات ، وهو الذى يحمى الكلوربلاستيدات من أى تغير فى تركيبها ، ويبدو أن للمولبيدنم دوراً فى ميتابولزم الفوسفور فى النبات .

ب. أعراض نقص المولبيدنم :

تتميز أعراض نقص المولبيدنم بصورة عامة بظهور بقع مصفرة غير منتظمة الشكل والتوزيع وتشوه الأوراق الحديثة ، وموت البرعم الطرفى ، ولا ينمو نصل الورقة بمعدله الطبيعى ، وقد لا ينمو كلية ، ويبقى العرق الوسطى فقط ، كما يكون النمو بطيئاً ، والنباتات متقزمة ، ويصاحب ذلك نقص فى كمية ونوعية المحصول ، ومن أعراض نقص المولبيدنم فى الطماطم والخيار والفاصوليا : التفاف حواف الأوراق ، وتلونها باللون الأصفر أو البنى ، وفى القنبيط : يكون القرص صغيراً ومفككاً ، والأوراق ضيقة ، وحواف النصل متآكلة ، وتسمى هذه الحالة بمرض طرف السوط Whibtail ، ويظهر تبقع أصفر فى أوراق الموالح وتتقزم النباتات ويقل نشاط الأوراق وتصبح هشة ملتفة تأخذ شكل الفنجان .

وأكثر الخضراوات احتياجاً للتسميد بالمولبيدنم هى : الخس ، والفاصوليا ، والقنبيط ، والبروكولى ، والطماطم ، والخيار ، والبصل ، والسبانخ .

جـ. تيسر المولبيدنم فى التربة :

يتوفر المولبيدنم فى الأراضى التى يزيد فيها الـ PH عن 7 ، ويقل نسبياً فى PH من 5.5 – 7 ، ويصبح النقص شديداً عند انخفاض الـ PH عن 5.5 ، وذلك بعكس كل العناصر الدقيقة الأخرى .

ويوجد المولبيدنم فى التربة فى صوره الثلاث : المثبتة كجزء من معادن التربة ومن المادة العضوية ، والمدمصة على سطح غرويات الطين ، والذائبة فى محلول التربة ، كأيون مولبيدات مو أ$_4^{--}$ ، أو يد مو أ$_4^{-}$ ، ويتراوح تركيز المولبيدات الذائبة فى التربة من 0.3 – 3.9 أجزاء فى المليون من التربة الجافة ، ويدمص أيون المولبيدنم بطريقة التبادل الأنيونى ، كما فى حالة أنيونات الكبريتات والفوسفات .

هذا .. ويكفى نحو 0.01 جزء فى المليون للتغلب على نقص العنصر فى المحاليل المغذية ، ويعالج نقص المولبيدنم فى التربة باستعمال أحد الأسمدة التالية :-

1. مولبيدات الأمونيوم Ammonium molybdate ، وتحوى 48.9٪ مولبيدنم ، وتركيبها : $(NH_4)_2$ Mo $^{o}4$ ، وتستعمل بمعدل 150 جم مولبيدات أمونيوم/400 لتر ماء رشاً .

2. مولبيدات الصوديوم Sodium molybdate وتحتوى (39.7٪ مولبيدنم) ، وتركيبها : ($Na_2 Mo_4 . 2H_2o$) وتستعمل بمعدل 100 جم مولبيدات أمونيوم/ 400 لتر ماء رشاً.
3. حمض الموليبديك بمعدل 200 جم/للفدان رشاً .

المشاكل الناتجة عن زيادة العناصر المعدنية (التسمم المعدنى)

كل نبات يحتاج إلى عناصر أساسية بكميات مثلى لإعطاء نمو سليم ولكن إذا وجدت هذه العناصر بكميات كافية وزائدة عن حاجتها فإن النبات يمكن أن يمتصها وتتراكم بكميات سامة ولهذا فإن التوازن النسبى بين عديد من هذه العناصر له تأثير وأهمية حيوية فى حياة النبات ، إن الزيادة الكبيرة مثل النقص الكبير لكثير من العناصر المعدنية حيث أنهما يعملان (الزيادة والنقص) على إحداث خللاً فى التوازن النسبى بين العناصر الغذائية وهذا يؤدى إلى تكشف غير طبيعى فى النبات ويحدث سمية ، فإن زيادة العناصر للنبات تؤدى إلى ظهور أعراض مرضية مثل نقص العناصر وبالتالى فإن دراسة الزيادة المعدنية فى التربة أو فى النبات هامة جداً لتلافى آثارها .

وتختلف مقدرة النبات على تحمل الزيادة من العناصر المعدنية باختلاق الاحتياجات الغذائية للنوع النباتى ومدى تحمله الوراثى وقدرته على امتصاص وتراكم أيونات مختلفة ، ويعتمد هذا أيضاً على نسبة العناصر المختلفة فى التربة كل بالنسبة للآخر ، بينما المتطلبات الغذائية تعتمد بشكل كبير على الصفات الوراثية للنوع النباتى إلا أن الامتصاص الغذائى وتراكم العناصر يعتمد أيضاً على نوع التربة .

كما أن النسبة بين العناصر المختلفة الموجودة فى التربة تؤثر على سميتها ، فزيادة بعض المغذيات المعدنية تؤدى إلى نقص العناصر الأخرى وزيادة النيتروجين مثلاً يمكن أن تؤدى إلى نقص المغنيسيوم أو الكالسيوم كما أن زيادة النيتروجين أو الفوسفور قد تسبب نقص البوتاسيوم وزيادة البوتاسيوم تسبب نقص المغنيسيوم أو الكالسيوم ، زيادة المغنيسيوم أو الصوديوم قد تؤدى إلى نقص الكالسيوم ووجد أن بعض العناصر الأخرى خاصة العناصر النادرة وأيونات معدنية مغايرة يمكن أن تشجع النقص أو السمية المباشرة ، إن زيادة الكروم ، الكوبالت ، النحاس ، المنجنيز ، النيكل أو الزنك يمكن أن تسبب نقص الحديد بالإضافة إلى السمية المباشرة لمثل هذه العناصر .

ويلاحظ أن التركيزات العالية من أملاح ، الكالسيوم ، المغنيسيوم ، والصوديوم ، قد تغير من الضغط الأسموزى فى محلول التربة إلى درجة تكون سامة للنبات وتؤدى إلى تثبيط نمو واحتراق الأوراق وتلفها .

تأثير زيادة النيتروجين **Excesses of Nitrogen**

إن وجود كمية زائدة عن حاجة النبات من النيتروجين فى التربة يسبب أضراراً واضحة على النبات ويمكن توضيحها كالآتى :-

1) تعمل زيادة النيتروجين على **تأخير نضج المحصول** وذلك لأن النيتروجين يشجع النمو الخضرى وعدا عن ذلك فإن **النموات الخضرية الزائدة تعرض النبات لأضرار التجمد أو لأضرار الشتاء** ، كذلك ينخفض مستوى العصير وصفاته فى قصب السكر والطماطم وتتخزن فى جذور بنجر السكر مركبات نيتروجينية ضارة وتنخفض نسبة السكر ، أما فى الموالح فتكون الثمرة صغيرة وسميكة القشرة ويبقى لونها أخضر وفى التفاح تكون الثمار صغيرة وتتساقط وأحياناً تتأخر فى النضج ويكون تلونها غير منتظم وغير طبيعى .
2) زيادة النيتروجين وامتصاصه من قبل كثير من المحاصيل عن الحد المناسب (تسبب الرقاد) فى محاصيل الحبوب ، وتحدث زيادة كبيرة فى طول النبات وزيادة طول السلاميات مع ضعف الساق وثقل السنبلة يؤدى إلى الرقاد حيث لا يستطيع الساق أن يحمل السنبلة ويحدث الرقاد .
3) زيادة النيتروجين فى التربة عن الحد المناسب يجعل النبات ذو إنتاجية سيئة النوعية والجودة أو ذات نوعية منخفضة كما يحدث فى بعض الحبوب والثمار مثل الشعير والخوخ والطماطم كذلك فإن قدرة الثمار والخضراوات على تحمل الشحن والتخزين تكون ضعيفة حيث تقل الصلابة .
4) زيادة امتصاص النيتروجين من قبل النبات عن الحد المناسب تجعل النبات ذو مجموع خضرى عصارى غض وجدر الخلايا ضعيفة وبالتالى يقلل من مقاومة النبات للأمراض الطفيلية ، ومن ناحية ميكانيكية فإن النيتروجين يؤثر على بعض العمليات الفسيولوجية فى النبات تجعله أكثر حساسية للإصابة بالطفيليات المرضية خصوصاً الأمراض الفطرية والبكتيرية .
5) زيادة النيتروجين عن الحد المناسب يقلل من نمو المجموع الجذرى حيث زيادة المجموع الخضرى .
6) زيادة التسميد الأزوتى تزيد من النمو الخضرى وتؤخر ظهور مرحلة الإزهار والإثمار .
7) زيادة التسميد الأزوتى عن الحد المناسب تزيد من سهولة تأثر النباتات بالظروف البيئية السيئة كالجفاف والحرارة والصقيع علاوة على أنها تصبح أكثر عرضة للإصابة بالأمراض الفطرية والبكتيرية وكذلك الحشرية .
8) زيادة استعمال الأسمدة النيتروجينية عن الحد المناسب يمكن أن يؤدى إلى بعض التصمغ وموت القمم فى الموالح والحسليات ولهذا يجب الحرص عند استخدام الأسمدة النيتروجينية ومراعاة أن يتم التسميد مع الترشيد وأن نوفى الاحتياجات السمادية النيتروجينية للنبات فقط دون زيادة ولا نتمادى فى التسميد النيتروجينى لإعطاء نموات خضرية كبيرة حتى لا نتعرض للأخطاء السابقة كما تم ذكرها .

أعراض زيادة النيتروجين **Excess of Nitrogen**

عند زيادة النيتروجين عن الحد المناسب ، يصبح لون الأوراق أخضر داكناً ، ويزداد محتواها من الكلوروفيل ، وتتبع ذلك زيادة فى معدل التمثيل الضوئى ، لكن نتيجة لتوفر الأزوت ، فإن الغذاء المجهز يستعمل فى بناء أنسجة جديدة ، ومن ثم يكون النمو سريعاً فى الجذور والسيقان والأوراق ، ويقل تخزين الغذاء وتكوين الألياف التى تدعم النبات ، كذلك يقل الإزهار والإثمار ، ومن ثم تكون السيقان رهيفة ، وجدرها رقيقة ، والمحصول قليلاً ، سواء كان ذلك محصول ثمار أم بذور أم فى صورة أعضاء التخزين الخضرية ، ويصاحب زيادة النيتروجين تأخير النضج ، نتيجة تشجيعه للنمو الزائد ، ونقص صفات الجودة ، كما قد تشجع زيادة النيتروجين عن الحد المناسب على زيادة الإصابة بالأمراض (Buckman & Brady, 1960) .

وفى حالة زيادة الأسمدة النشادرية ، وهى الأسمدة التى يوجد فيها النيتروجين فى صورة أمونيا (ن يد$_4^+$) فإنه قد تظهر أعراض التسمم النباتى بالأمونيا ، وتختلف الأنواع النباتية فى درجة تحملها لزيادة تركيز أيون الأمونيوم ، وفى معظم النباتات يؤدى التعرض للتركيزات العالية من الأمونيوم إلى حدوث اصفرار بالأوراق ، وتوقف النمو ، وظهور بقع متحللة فى الأوراق ، وفى بعض الأحيان تموت الأوراق والأنسجة المصابة .

هذا .. وتوجد الأمونيا الحرة طبيعياً فى الخلايا النباتية تحت الظروف العادية ، ولكن مع زيادة كمية السماد الأمونيومى يتأثر ميتابوليزم النبات ، حيث يستنفذ النبات مخزون المواد الكربوهيدراتية ليحول أيونات الأمونيا الحرة إلى صور غير سامة على حساب التحولات الحيوية الأخرى (Mills & Jones, 1979) .

تأثير زيادة البوتاسيوم **Excess of Potash**

إن تواجد البوتاسيوم بكميات كبيرة وزائدة فى التربة بحيث تسبب التسمم هى قليلة الحدوث ولكن يمكن أن تنشأ من كثرة وطول مدة استعمال الأسمدة البوتاسية أو النيتروجينية وهو ما يعرف بالاستهلاك الترفى (Luxury consumption) ، إن المستوى المرتفع من البوتاسيوم ليس ساماً مباشرة ولكن التأثيرات الأساسية هى حدوث نقصاً فى الأيونات الأخرى مثل ، كالسيوم ، مغنيسيوم أو الحديد ، وبالتالى فإن أعراض زيادة البوتاسيوم يمكن أن تشابه أعراض نقص تلك العناصر ، إن البقع الشاحبة أو الصفراء البرتقالية وخفض النمو تميز زيادة البوتاسيوم وانخفاض المغنيسيوم .

كذلك فإن زيادة البوتاسيوم تسبب شحوب باهت مصفر مع لون مغاير أخضر فى العروق وهذا مشابهاً لنقص الحديد حيث قد تكون هذه الأضرار الحقيقية لزيادة البوتاسيوم راجعة لنقص الحديد.

نظراً لأن البوتاسيوم قلوى مثل الصوديوم وبالتالى فإن التركيزات العالية التى تزيد عن 3٪ فى الأوراق يمكن أن يكون لها تأثيراً ضاراً مشابه أضرار القلوية ، يمكن أن يعمل البوتاسيوم مع الصوديوم أو يكون بديلاً له وبالتالى يحدث عدم توازن فى نسبة الصوديوم إلى الكالسيوم ، إذا

كانت نسبة الصوديوم (أو البوتاسيوم) إلى الكالسيوم عالية جداً فإن هذا يسبب حدوث أعراض نقص الكالسيوم ، لذلك فإن البوتاسيوم المرتفع يضعف امتصاص الكالسيوم ويثبط تكشف النبات ويسبب نقص الكالسيوم ، وتعتبر هذه العملية نادرة الحدوث نظراً لأن الأراضى المصرية قليلة فى البوتاسيوم .

تأثير زيادة الصوديوم والكالسيوم
Excess of Sodium and Calicum

التركيزات العالية من الصوديوم أو الكالسيوم يمكن أن تسبب أضراراً مباشرة للنبات ، ولكن غالباً ما تكون الأضرار متعلقة بالملوحة و/أو الصفات القلوية التى تضيفها هذه العناصر إلى التربة على حسب معامل الملوحة للسماد ودرجة الـــ PH له بينما فى كثير من الحالات يحدثا مع بعضهما البعض .

وتعتبر التربة ملحية عندما يكون مجموع محتواها من الأملاح الذائبة عالياً أى عندما يكون هناك أملاحاً كافية لإحداث تأثيراً عكسياً على النبات ويصبح نمو النباتات الحساسة ضعيفاً عندما يزيد محتوى التربة من الملح عن 0.1٪ يمكن أن يقال بأن التربة ملحية عندما يكون للمحلول المستخلص من عجينة التربة المشبعة قيمة توصيل كهربائية (EC: Electrical Conductivity) تساوى mmho (4) لكل سنتيمتر من مستخلص التربة ، إذا كانت قيمة التوصيل الكهربائى أقل من 2 (mmho) فإن تأثير الأملاح حتى على النباتات الحساسة يكون مهملاً ، إذا كان التوصيل فوق (16 mmho) فإن عدداً قليلاً جداً من النباتات المتحكمة للملوحة تبقى حية وتعطى إنتاجاً . انظر الجدول رقم ( )

إن الأملاح المختلفة التى منها الصوديوم ، الكالسيوم ، المغنيسيوم أكثر شيوعاً فى المشاركة فى الملوحة ، كذلك فإن المستويات العالية من الأسمدة أيضاً تشارك فى تجمع الأملاح ويمكن أن تكون فعالة أو ذات كفاءة فى تحديد الحالة الزراعية فى المنطقة ، وعليه فإنه من الأهمية دراسة ومعرفة معامل الملوحة salt index لكل سماد قبل استخدامه وكلما كان منخفض كان أفضل .

وتحتوى الأراضى القلوية على كميات كبيرة من الصوديوم القابل للامتصاص ولكن ليس بالضرورة أن يكون هناك ارتفاعاً فى الأملاح الكلية ، يقال أن الصوديوم مرتفعاً عندما تكون النسبة المئوية للصوديوم المتبادل تزيد عن 15٪ يعتبر الصوديوم ضاراً عندما تكون كمية الصوديوم القابل للتبادل بحدود 5٪ ، وهذا أعلى مستوى من الصوديوم تكون عنده الأراضى القلوية ضارة للنبات .

تتجمع بعض الأيونات بصفة خاصة والتى قد تأتى من المياه أو الأرض أو التسميد الزائد لبعض المحاصيل الحساسة وتصل إلى تركيزات عالية بدرجة كافية لإحداث ضرر أو تلف للنبات وبالتالى نقص فى المحصول ، وتتوقف درجة الضرر أو التلف على حساسية النبات ومدى امتصاصه للعنصر الضار .

وبالنسبة للأشجار فإن الأشجار مستديمة الخضرة تكون أكثر حساسية ويحدث الضرر عادة عند تركيزات منخفضة من العنصر الضار ، ويظهر هذا الضرر عادة عندما يظهر على صورة احتراق لحواف الأوراق واصفرار ما بين العروق فى الورقة ، وإذا ما حدث تجمع لهذا العنصر بدرجة كافية فإنه يؤثر على المحصول ، عادة ما تكون المحاصيل الحولية متحملة (غير حساسة للتركيزات المنخفضة) وتصاب كل المحاصيل تقريباً بالضرر والتلف وقد تموت إذا زادت التركيزات بدرجة كافية ، وأهم الأيونات التى تحدث ضرراً نوعياً شائعاً هى أيونات الكلوريد والصوديوم والبورون .

وعلى أية حال فإن أعراض التسمم قد تظهر على أى محصول تقريباً إذا كانت التركيزات عالية بدرجة كافية ، وعادة ما يصاحب السمية أو يتداخل معها تأثير الملوحة أو مشاكل الرشح إلا أنها قد تظهر مع وجود مستويات منخفضة من الملوحة .

وقد تمتص التركيزات السامة من الصوديوم والكلوريد وتدخل النبات مباشرة من الأوراق خلال الرى بالرش ، ويحدث هذا أساساً خلال الفترات الحارة مع ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض الرطوبة الجوية وقد يزيد امتصاص الأوراق من سرعة تجمع الأيونات السامة وتصبح المصدر الأول للسمية ، كذلك فإن العديد من العناصر الدقيقة Trace elements بالإضافة للصوديوم والكلوريد والبورون قد تكون سامة للنباتات عند تركيزات منخفضة جداً ، إلا أنه من حسن الحظ أن معظم مياه الرى لا تحتوى إلا تركيزات ضئيلة من هذه العناصر ولا تشكل هذه العناصر فى العادة مشكلة ما .

وكلما زادت الملوحة ينخفض نمو النباتات (غير المتحملة للملوحة) ويقل إنتاجها ، إن خفض النمو يكون أحياناً متبوعاً بأضرار فى الورقة ، تصبح الأوراق أصغر ذات لون أخضر مزرق داكن أكثر منه فى الحالة الطبيعية ، تصبح قمة الورقة أو الحواف بيضاء ، ذات لون أحمر أو مائل للبنى حسب نسبة درجات الملوحة ، يمكن أن تصبح الأوراق ذات لون برنزى وتسقط مبكراً وهذه تكون صفات كثيرة الحدوث شكل ( ) إن الأضرار التى تحدث للورقة يمكن أن تكون أكثر الأعراض المرئية حدوثاً فى الأراضى الملحية ولكنها ليست ذات درجة أهمية تساوى أهمية خفض الإنتاج ووقف النمو .

تحمل المحاصيل للملوحة Crop Tolerance to Salinity

تختلف النباتات أو المحاصيل فى حساسيتها للأملاح ، فبعضها ينمو وينتج محصولاً كاملاً تحت ظروف ملوحة أكبر كثيراً من البعض الآخر ، وهنا يجب اختيار المحاصيل المناسبة لظروف الملوحة الموجودة للحصول على إنتاج اقتصادى إذا ما تعذر خفض مستوى الأملاح إلى الحد الذى يسمح بزراعة محصول محدد ، والواقع أن هناك مدى واسع لتحمل المحاصيل الزراعية للأملاح وهو الأمر الذى يسمح باستخدام مياه للرى ذات ملوحة متوسطة والتى أعتقد إنها لا تصلح للرى .

وقد اصبح معروفاً الآن التحمل النسبى للأملاح لمعظم المحاصيل الزراعية للدرجة التى يمكن الاعتماد عليها فى وضع بدائل للمحاصيل التى يمكن زراعتها ويوضح جدول (1) تحمل الملوحة النسبى لمحاصيل الحقل والخضر والأعلاف والأشجار المختلفة كما يوضح جدول (2) التحمل النسبى للمحاصيل المختلفة للملوحة .

وقد تختلف درجة تحمل المحاصيل للملوحة فى طور الإنبات ومراحل النمو الأولى عن المراحل التالية ، وعموماً يمكن القول أن الإنبات يتأثر إذا زادت درجة ملوحة الطبقة السطحية للأرض عن 4 دس/م حيث تتأخر عملية الإنبات مما يؤثر على إنتاجية المحصول وفى هذه الحالة فإن نزول المطر أو رى الأرض قبل الزراعة يساعد غالباً على خفض الملوحة وتلافى الأضرار الناجمة عنها فى هذه المرحلة ، ويوضح جدول ( ) يوضح التحمل النسبى للمحاصيل المختلفة للملوحة فى طور الإنبات .

كذلك تختلف أصناف المحصول الواحد بعضها فى درجة تحملها للملوحة لاختلاف تركيبها الوراثى وتزداد الاختلافات بين سلالات المحاصيل المقاومة للملوحة فيكون بعضها أكثر أو أقل تحملاً للملوحة بدرجة كبيرة ، لذلك يجب العناية باختيار الأصناف المراد زراعتها إذا كانت ملوحة مياه الرى عاملاً محدداً .

ويؤثر المناخ على تحمل النباتات للملوحة والجفاف وبصفة عامة فإن المحاصيل التى تزرع فى مناطق باردة أو فى الفصول الباردة من السنة تتحمل الملوحة بدرجة أعلى من مثيلتها فى المناطق الدافئة ، ففى الفترات التى ترتفع فيها درجة الحرارة يزداد النتح والبخر ويصبح امتصاص جذور النبات للماء غير كاف إلى جانب زيادة ملوحة الأرض حول الجذور ويزداد ذلك مع زيادة سرعة الرياح وانخفاض الرطوبة النسبية ويؤثر المناخ على النباتات الحساسة بدرجة أكبر من النباتات التى تتحمل الملوحة .

وتشير غالبية النتائج إلى أن تأثير التسميد على تحمل المحاصيل للملوحة يكون قليلاً ، ويلاحظ أن الأسمدة فى غالبيتها هى أملاح ذائبة يجب الانتباه إلى طريقة وموعد وضع السماد فى الأرض حيث يؤدى اتباع أساليب غير مناسبة فى ذلك إلى زيادة مشاكل الملوحة .

جدول (1) تحمل المحاصيل لملوحة مياه الرى (EC_w) وملوحة الأرض (EC_e) وتأثير الملوحة على الإنتاجية

أ. المحاصيل الحقلية

المحصول	الإنتاجية النسبية من المحصول الأعظم									
	٪100		٪90		٪75		٪50		صفر ٪	
	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w	EC_e	EC_w
الشعير	8.0	5.3	10.0	6.7	13.0	8.7	18.0	12.0	28.0	19.0
القطن	7.7	5.1	9.6	6.4	13.0	8.4	17.0	12.0	27.0	18.0
بنجر السكر	7.0	4.7	8.7	5.8	11.0	7.5	15.0	10.0	24.0	16.0
السورجم	6.8	4.5	7.4	5.0	8.4	5.6	9.9	6.7	13.0	8.7
القمح	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.3	13.0	8.7	20.0	13.0
فول صويا	5.0	3.3	5.5	3.7	6.3	4.2	7.5	5.0	10.0	6.7
اللوبيا	4.9	3.3	7.5	3.8	7.0	4.7	9.1	6.0	13.0	8.8
فول سودانى	3.2	2.1	3.5	2.4	4.1	2.7	4.9	3.3	6.6	4.4
الأرز	3.0	2.0	3.8	2.6	5.1	3.4	7.2	4.8	11.0	7.6
قصب سكر	1.7	1.1	3.4	2.3	5.9	4.0	10.0	6.8	19.0	12.0
الذرة	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0	6.7
الكتان	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0	6.7
الفول البلدى	1.5	1.1	2.6	1.8	4.3	2.0	6.8	4.5	12.0	8.0
الفاصوليا	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2

ب. محاصيل الخضر

المحصول	الإنتاجية النسبية من المحصول الأعظم									
	100٪		90٪		75٪		50٪		صفر ٪	
	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W
الكوسة	4.7	3.1	5.8	3.8	7.4	4.9	10.0	6.7	15.0	10.0
البنجر	4.0	2.7	5.1	3.4	6.8	4.5	9.6	6.4	15.0	10.0
البروكلى	2.8	1.9	3.9	2.6	5.5	3.7	8.2	5.5	14.0	9.1
الطماطم	2.5	1.7	3.5	2.3	5.0	3.4	7.6	5.0	13.0	8.4
الخيار	2.5	1.7	3.3	2.2	4.4	2.9	6.3	4.2	10.0	6.8
السبانخ	2.0	1.3	3.3	2.2	5.3	3.5	8.6	5.7	15.0	10.0
الكرفس	1.8	1.2	3.4	2.3	5.8	3.9	9.9	6.6	18.0	12.0
الكرنب	1.8	1.2	2.8	1.9	4.4	2.9	7.0	4.6	12.0	8.1
البطاطس	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0	6.7
ذرة	1.7	1.1	2.5	1.7	3.8	2.5	5.9	3.9	10.0	6.7
البطاطا	1.5	1.0	2.4	1.6	3.8	2.5	6.0	4.0	11.0	7.1
الفلفل	1.5	1.0	2.2	1.5	3.3	2.2	5.1	3.4	8.6	5.8
الخس	1.3	0.9	2.1	1.4	3.2	2.1	5.1	3.4	9.0	6.0
الفجل	1.2	0.8	2.0	1.3	3.1	2.1	5.1	3.4	8.9	5.9
البصل	1.2	0.8	1.8	1.2	2.8	1.8	4.3	2.9	7.4	5.0
الجزر	1.0	0.7	1.7	1.1	2.8	1.9	4.6	3.0	8.1	5.4
الفاصوليا	1.0	0.7	1.5	1.0	2.3	1.5	3.6	2.4	6.3	4.2
اللفت	0.9	0.6	2.0	1.3	3.7	2.5	6.5	4.3	12.0	8.0

جـ. محاصيل العلف

المحصول	الإنتاجية النسبية من المحصول الأعظم									
	٪100		٪90		٪75		٪50		صفر ٪	
	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W
حشيشة القمح	7.5	5.0	9.0	6.0	11.0	7.4	15.0	9.8	22.0	15.0
حشيشة برمودا	6.9	4.6	8.5	5.6	11.0	7.2	15.0	9.8	23.0	15.0
شعير علف	6.0	4.0	7.4	4.9	9.5	6.4	13.0	8.7	20.0	13.0
حشيشة الراى		3.7	6.9	4.6	8.9	5.9	12.0	8.1	19.0	13.0
حشيشة الوران	2.8	1.9	5.1	3.4	8.6	5.7	14.0	9.6	26.0	17.0
لوبيا العلف	2.5	1.7	3.4	2.3	4.8	3.2	7.1	4.8	12.0	7.8
السسبان	2.3	1.5	3.7	2.5	5.9	3.9	9.4	6.3	17.0	11.0
برسيم حجازى	2.0	1.3	3.4	2.2	5.4	3.6	8.8	5.9	16.0	10.0
ذرة علف	1.8	1.2	3.2	2.1	5.2	3.5	8.6	5.7	15.0	10.0
البرسيم	1.5	1.0	3.2	2.2	5.9	2.9	10.0	6.8	19.0	13.0
برسيم أحمر	1.5	1.0	2.3	1.6	3.6	2.4	5.7	3.8	9.8	6.6

د. أشجار الفاكهة

المحصول	الإنتاجية النسبية من المحصول الأعظم									
	٪100		٪90		٪75		٪50		صفر ٪	
	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W	EC_e	EC_W
نخيل البلح	4.0	2.7	6.8	4.5	11.0	7.3	18.0	12.0	32.0	21.0
جريب	1.8	1.2	3.4	1.6	3.4	2.2	4.9	3.3	8.0	5.4
البرتقال	1.7	1.1	2.3	1.6	3.3	2.2	4.8	3.2	8.0	5.3
الخوخ	1.7	1.1	2.2	1.5	2.9	1.9	4.1	2.7	6.5	4.3
المشمش	1.6	1.1	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5	5.8	3.8
العنب	1.5	1.0	2.5	1.7	4.1	2.7	6.7	4.5	12.0	7.9
اللوز	1.5	1.0	2.0	1.4	2.8	1.9	4.1	2.8	6.8	4.5
الكمثرى	1.5	1.0	2.1	1.4	2.9	1.9	4.3	2.9	7.0	4.7
الكريز	1.5	1.0	2.0	1.3	2.6	1.8	3.7	2.5	6.0	4.0
الفراولة	1.0	0.7	1.3	0.9	1.8	1.2	2.5	1.7	4.0	2.7

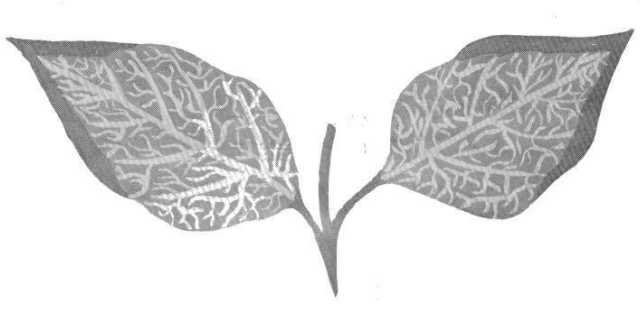
جدول (4) التحمل النسبى للملوحة للمحاصيل المختلفة

المحصول	متحملة للملوحة	متوسط التحمل للملوحة	متوسط الحساسية	حساسية للأملاح
الألياف والحبوب والسكر	الشعير – القطن – الهوهوبا – بنجر السكر	لوبيا العلف الشوفان – الراى السورجم – فول الصويا – قمح	الفول – الخروع – الذرة – الفول السودانى – الأرز – قصب السكر – عباد الشمس	الفاصوليا السمسم
الأعلاف والحشائش	حشيش البرمودا – الحشائش الصحراوية – حشيشة الراى	الشعير (علف) – البرسيم – ذرة (أعلاف) – لوبيا العلف – النجيل – السسبان	برسيم حجازى – البرسيم – ذرة (أعلاف) – لوبيا العلف – النجيل السسبان	
الخضر	الاسبرجس	البنجر – الكوسة	البروكلى – الكرنب – القنبيط – الكرفس – الخيار – الباذنجان – أبو ركبة – الخس – الفلفل – البطاطس – القرع العسلى – الفجل – البسلة – الكوسة – البطاطا – الطماطم – البطيخ	الفاصوليا الجزر
أشجار الفاكهة	نخيل البلح	التين – الزيتون – الأناناس – الباباظ – الرمان	العنب	اللوز – التفاح – المشمش – الأفوكادو – الكريز – الموالح – المانجو – الكمثرى – الخوخ – البرقوق – التوت

جدول (4) دليل تفسير نتائج التحليل المعملى لتقييم صلاحية المياه للرى

المعايير المقاسية	الوحدات	درجة التحفظ على الاستخدام فى الرى		
		لا تحفظ	بسيط إلى متوسط	تحفظ شديد [1]
1- **الملوحة** [2] EC_w	*dS/m*	1 >	2.7 – 1.0	2.7 <
2- **السمية** :				
الصوديوم [3] Na^+	*me/l*	20 >	–	–
الكلوريد [3] Cl	*me/l*	4 >	15.0 – 4.0	15 <
البورون B	*mg/l*	1 >	3.0 – 1.0	3 <
3- **معايير متنوعة** :				
البيكربونات [4] HCO_3^-	*me/l*	1.5 >	7.5 – 1.5	7.5 <
النترات NO_3^--N	*mg/l*	5 >	30.0 – 5.0	30 <

1) للإنتاج المقبول يحتاج استخدام هذه المياه إلى إدارة وأسلوب زراعة خاص وظروف أرض جيدة ومناسبة .
2) مع افتراض إضافة 15٪ احتياجات غسيلية .
3) إذا زادت تركيزات الصوديوم أو الكلوريد عن 3 ملليمكافئ / لتر تحت ظروف الرى بالرش والحرارة الشديدة والجفاف فإنه قد ينعكس فى امتصاص أكثر بواسطة الأوراق مما يؤدى إلى احتراقها والضرر الشديد بالمحصول .
4) زيادة البيكربونات فى مياه الرى تحت نظام الرى بالرش قد تترسب على هيئة رواسب بيضاء على ثمار الفاكهة مما يقلل من تسويقها وإن كانت غير سامة للنبات .



شكل رقم ( ) يوضح تأثير زيادة الملوحة فى التربة وأعراض الأضرار على أوراق التفاح لاحظ احتراق حواف الأوراق

المصدر : أمراض النبات غير الطفيلية (**1994**) أبو عرقوب – محمود موسى .

ومن ضمن مظاهر الملوحة الشديدة :

القمة البيضاء فى الحبوب **White Tip of Grains** :

هذا المرض شائعاً فى كثير من مناطق زراعة الحبوب التى تعانى من ارتفاع نسبة الصوديوم فى الأراضى القلوية تظهر الأعراض على قمة الورقة بأن تتحول إلى اللون الأبيض أو الأبيض المخضر ، يلتف نصل الورقة ، تفشل السنابل فى أن تخرج من أغمادها كاملة ويمكن أن تكون الحبوب مشوهة ، يمكن أن تكون النباتات متقزمة ويتوقف تكوين السنابل ، من المعتقد أن القلوية تمنع النباتات من الحصول على كميات كافية من الحديد ومن المحتمل من عناصر أخرى ، يمكن تحسين الظروف فى التربة وذلك بإضافة الجبس الزراعى أو الكبريت الزراعى للتربة .

ومن مظاهر الملوحة احتراق القمة أو احتراق الصوديوم **Tip Burn or Sodium Scorch :**

تمتص النباتات الصوديوم أو الكلور بسرعة سواء عن طريق التربة أو خلال الأوراق وبناء على ذلك فإن رش النموات الخضرية بالماء المالح يمكن أن يكون ساماً جداً ، كلما كان امتصاص النبات سريعاً لهذه الكيماويات كلما توقعنا ضرراً أكثر للنبات ، إن التركيزات السامة من كل من الصوديوم والكلور يمكن أن يتراكما فى الأشجار المروية بالرش أو التنقيط إذا كان محتوى الماء عال من الأملاح ، إن أهم ما يميز الأعراض الناشئة عن مرض احتراق القمة أنها كثيراً ما تكون على الأشجار المثمرة ، كالمانجو والعنب والموالح والأشجار الخشبية ونباتات الزينة ، يظهر ابيضاض وموت وتحلل على حواف المجموع الخضرى تتكشف عندما يتراكم فى الأوراق أكثر من 0.25 صوديوم أو 0.5٪ كلور على أساس الوزن الجاف تزداد شدة الضرر بالنسبة لزيادة مستوى الصوديوم أو الكلور وذلك بظهور بقع متحللة فى/على طول قمة الورقة ، تتسع هذه البقع لتشكل بقعاً كبيرة بين العروق ومحددة بالعروق الثانوية كثيراً ما يكون احتراق الصوديوم موجوداً ومتحداً مع احتراق الكلور ، عندما تظهر البقع المحترقة فإن محتوى المجموع الخضرى من الصوديوم يكون عادة أكثر من 0.4٪ .

إن بعض الأنواع النباتية وخاصة الموالح وبعض الشجيرات يظهر عليها لون برنزى على الورقة وسقوط الأوراق مبكراً أكثر منه احتراق للأوراق ، إن موت أنسجة الورقة مباشرة يحدد نمو وإنتاج النبات وذلك حسب نسبة الأجزاء المتحللة والميتة ولكن إذا كانت النباتات حساسة للملوحة فإن تأثير الاحتراق يمكن أن يكون مهملاً بالمقارنة مع تأثير الملوحة على ميتابولزم النبات .

ويعتبر تشخيص أعراض التسمم بالصوديوم أصعب منه فى حالة الكلوريد ، وعموماً فإن أعراض التسمم بالصوديوم تبدأ باحتراق الحواف الخارجية للأوراق وموت أنسجة الأوراق فى حين تبدأ هذه الأعراض فى حالة تسمم الكلوريد من قمة الورقة ، وعادة ما يستغرق تجمع الأملاح عدة أيام أو أسابيع حتى يصل التركيز إلى مستوى السمية وتظهر الأعراض أولاً على الأوراق القديمة (المسنة) بادئة على الحواف الخارجية ومع زيادة الضرر تتحرك هذه الأعراض بين عروق الورقة وفى اتجاه مركز الورقة ، وتشمل المحاصيل الحساسة الفواكه متساقطة

الأوراق وأشجار النقل nuts والموالح والأفوكادو وغيرها ، وتظهر أعراض التسمم على الأشجار إذا زادت نسبة الصوديوم فى الأوراق عن 0.25 – 0.5٪ (على أساس الوزن الجاف) وعادة ما يجرى تحليل كيماوى لأنسجة الأوراق للتأكد من أعراض التسمم بالصوديوم وذلك بجانب تحليل الأرض والماء والنبات للحصول على تشخيص صحيح .

وتقل أعراض التسمم بوجود الكالسيوم بكميات مناسبة وعليه فإن سمية الصوديوم تتداخل مع نقص الكالسيوم ، فقد تكون فعلاً زيادة من الصوديوم أو أن هناك تعقيداً للصورة إذا كان هناك نقصاً فى الكالسيوم وكثيراً ما يتم تحسين حالة النباتات إذا أضيف الكالسيوم فى صورة جبس أو نترات الكالسيوم إذا كان السبب هو نقص الكالسيوم ويعطى جدول (3) دليل حدود السمية بالصوديوم باستعمال نسبة الصوديوم المدمص فى الأرض ESP وهى قيمة تقارب الـــ SAR للماء المستخدم.

جدول (3) التحمل النسبى للعديد من المحاصيل للصوديوم المتبادل

محاصيل حساسة **ESP** أقل من **15**	محاصيل متوسطة التحمل **40 – 15 – ESP**	محاصيل متحملة **ESP** أكبر من **40**
أفوكادر	الجزر	البرسيم الحجازى
الفواكه متساقطة الأوراق	الخس	الشعير
الفاصوليا	قصب السكر	البنجر
القطن	البرسيم	بنجر السكر
الذرة	البصل	حشيشة البرمودا
البسلة	الفجل	القطن
الجريب فروت	الأرز	
البرتقال	الراى	
الخوخ	السورجم	
العدس	السبانخ	
الفول السودانى	الطماطم	
لوبيا العلف	القمح	

تأثير زيادة الكلور **Excess of Chlorine**

إن تواجد الكلور بكمية كبيرة تكون موجودة دائماً مرافقة للصوديوم أو الكالسيوم ، فإن التركيزات السامة من الكلور يمكن أن توجد فى التربة أو ماء الرى فى غياب زيادة الصوديوم أو الكالسيوم ، إن أعراض السمية تشابه كثيراً لتلك الأعراض المذكورة لسمية الأملاح ، إن الأضرار الكبيرة التى عُزيت إلى الأملاح يمكن أن تكون حقيقة بسبب الكلور لوحدة ، وبشكل عام فإن الأعراض تتكون من شحوب ، موت ، تحلل ثم تدهور .

والكلور هو أكثر الأيونات شيوعاً فى إحداث سمية من مياه الرى ، فالكلوريد لا يمدمص ولا يمسك فى الأرض ولهذا فهو ذائب متحرك دائماً مع الماء الأرضى ويمتص بواسطة النبات ويسير فى تيار الماء للبخر ويتجمع فى الأوراق ، فإذا ما زاد تركيزه عن قدرة النبات على التحمل تظهر أعراض ضرره مثل احتراق الأوراق أو جفاف الأنسجة الورقية وعادة ما يظهر الضرر على النبات أولاً على قمة الورقة (وهى شائعة لتسمم الكلوريد) ثم تتقدم من القمة إلى الحواف مع تزايد شدة التسمم ، وعادة ما يؤدى زيادة تأثير التسمم إلى سقوط مبكر للأوراق أى ظاهرة defoliation (تساقط الأوراق وتصبح الشجرة جرداء) وفى النباتات الحساسة تظهر هذه الأعراض عندما يصل تركيز الكلوريد بالأوراق إلى 0.3 – 1.0٪ كلوريد على أساس الوزن الجاف ولكن تتباين الحساسية فى هذه المجموعة من النباتات كما يبدى العديد من الأشجار هذه الأعراض إذا زاد التركيز عن 0.3٪ كلوريد (على أساس الوزن الجاف) وعادة ما تؤكد التحاليل الكيميائية للأنسجة النباتية تسمم الكلوريد ويختلف الجزء النباتى المأخوذ للتحليل من محصول لآخر على أساس الأوراق الموجودة والتى ستؤخذ معياراً لحد التسمم ، وفى الغالب ما يستعمل نصل الورقة للتحليل وأحياناً يستخدم عنق ورق النبات لبعض المحاصيل (مثل العنب) بدلاً من الأوراق .

ولا يتوقف امتصاص الكلوريد على محتوى مياه الرى فقط ولكن على الكلوريد فى الأرض والذى يحكمه مقدار الغسيل وكذا مقدرة النبات على استثناء الكلوريد من الامتصاص ، وحدود تحمل النبات للكلوريد ليست محددة تماماً ومسجله مثل تحملها للأملاح ، ويعطى جدول (4) قيم تحمل العديد من المحاصيل لمستوى الكلوريد فى عجينة الأرض المشبعة أو فى المياه المستخدمة وعموماً فهذه النباتات تحتاج إلى معالجة خاصة بالأراضى المصرية حيث أن المستويات فيها قد تغير من حدود الأضرار الناتجة عن التسمم .. هذا وقد تحدث السمية بالكلوريد إذا امتص مباشرة عن طريق الأوراق فى حالة الرى بالرش .

جدول (**4**) تحمل الأصول وشتلات بعض أشجار الفاكهة لتركيز الكلوريد فى مياه الرى ومستخلص العجينة المشبعة

المحصول	الأصول أو الشتلات	أقصى تركيز مسموح لا يحدث إضرار للأوراق	
		فى منطقة الجذور Cl_e(me/l)	**فى مياه الرى** Cl_w(me/l)
الأصول ***Rootstocks***			
افوكادو Avocado (Persea americana)	West Indian	7.0	5.0
	Guatemalan	6.0	4.1
	Mexican	5.0	3.0
الموالح Citrus (Citrus spp)	Sunki Mandarins Grapfrut Rangpur Lime	25.0	16.6
	Rough lemon Sour Orange Pokan mandarin	15.0	10.0
	Trifoliate Orange Calamondin Sweet Orange	10.0	6.7
العنب Graps (Vitis spp)	Solt Dog Ridge	40.0 30.0	27.0 20.0
الفواكه ذات النواة الحجرية Stone Fruits (Prunus spp)	Marianna Lovell Shalit Yunnan	25.0 10.0 7.5	17.0 6.7 5.0
الشتلات ***Cultivars***			
العنب Graps (Vitis spp)	Thompson seedles	20.0	13.3
	Berlette	20.0	13.3
	Cardinal	10.0	6.7
	Black Rose	10.0	6.7
الفراولة Strawberry (Fragaria spp)	Lassen	7.5	5.0
	Shasta	5.0	3.3

وعموماً تكون أضرار الكلور أكثر شدة عندما تكون درجات الحرارة عالية والتبخر سريعاً ، تحت هذه الظروف فإن امتصاص وتراكم الكلور يكون أعلى ولا يلبث أن يصل تركيز الكلور إلى درجة التسمم ، إن نسبة الكلور التى توجد فى المجموع الخضرى والتى تلزم لظهور حالة الموت والتحلل تتراوح من 0.5 – 1٪ من الوزن الجاف للورقة .

تأثير زيادة المنجنيز **Excess of Manganese**

تعتمد درجة السمية والضرر الذى يحدثه المنجنيز على الكفاءة الوراثية فى مقدرة النوع النباتى على امتصاص أو استبعاد المنجنيز ، إن مقدرة بعض النباتات مثل الشوفان والفراولة على النمو فى الأراضى ذات المستوى العالى من المنجنيز يعزى إلى انخفاض امتصاصها والاستبعاد الاختيارى للمنجنيز وانخفاض كفاءة النبات فى نقل المنجنيز من الجذور إلى المجموع الخضرى ، ونلاحظ أنها نادرة الحدوث فى مصر نظراً لعدم توافره بصورة ميسرة بمعظم الأراضى المصرية كما أنها تميل للقلوية .

تختلف أعراض سمية المنجنيز حسب النوع النباتى ، ولكن بشكل عام تظهر الأعراض على شكل تبرقش أو تجعد فى حواف الورقة والحد ومن نمو تلك الحواف والذى يجعل الورقة تأخذ شكل الفنجان ، نظراً لأن حواف الورقة يتجمع فيها كميات كبيرة من المنجنيز فإنها تصبح شاحبة إلى بيضاء ، يظهر فى القنبيط واللفت بقع بنية داكنة إلى ارجوانية متحللة تتكشف فى المناطق الشاحبة ، أما فى البطاطس فإن الأعراض المبكرة تتكون من بقع كثيفة دقيقة سوداء متحللة والتى تتكشف على طول الأعناق على السطح السفلى للورقة وتمتد فوق الساق ، لا تلبث هذه البقع أن تتحد مع بعضها تدريجياً وتشكل خطوط متحللة على الساق ، تظهر سمية المنجنيز على فول الصويا على شكل بقع ميتة متحللة وشحوب على الأوراق ولكن على الفول يظهر الشحوب بين العروق ويظهر بقع ميتة متحللة .

وعادةً لا تحدث مثل هذه التأثيرات نظراً لعدم توافر عنصر المنجنيز بصورة ميسرة بالتربة حيث أن معظم الأراضى تميل إلى القلوية ، ولكنه يمكن أن يحدث نتيجة للتسميد بالرش بتركيزات عالية جداً خاطئة .

وتظهر أعراض السمية على فول الصويا وتتميز بأن يصبح العرق الوسطى للورقة أحمر وتبدأ تتجعد الأوراق إلى أسفل وتصبح الوريقات الحديثة شاحبة وتتركز صبغات محمرة فى الورقة وتموت القمة النامية للأفرع .

تأثير زيادة البورون **Excess of Boron**

يختلف البورون عن الصوديوم فى أن البورون أحد العناصر الضرورية لنمو النبات (الكلوريد أيضاً عنصر ضرورى لنمو النبات ولكنه يحتاج إليه بكميات صغيرة وكثيراً ما يصنف على إنه غير ضرورى) وتحتاج المحاصيل إلى البورون بكميات ضئيلة إلا أنه إذا زادت كمياته فى

الأرض بدرجة معتبرة يصبح ساماً ، فبعض المحاصيل يناسبها 0.2 ملليجرام / لتر فى المياه وزيادتها إلى 1 أو 2 ملليجرام/لتر قد تصبح سامة .

ونادراً ما يوجد البورون بتركيزات خطرة فى المياه السطحية إلا أنه فى مياه الآبار يتواجد بتركيزات سامة أحياناً ، كذلك فوجود البورون بتركيز ضار ينشأ بنسبة أكثر من مياه الآبار عن الأراضى نفسها ، وتظهر معظم أعراض التسمم بالبورون إذا وصلت تركيزاته إلى 250 – 300 ملليجرام/كيلو جرام فى نصل الورق (وزن جاف) ولكن ليست كل المحاصيل الحساسة للبورون تركز وتجمع البورون فى أوراقها ، فمثلاً الفاكهة ذات النواة الحجرية (الخوخ والبلخ وغيرها) وفاكهة الـــ Pome (التفاح – الكمثرى وغيرها) تصاب بأضرار البورون ولكنها لا تجمعه بدرجة واضحة فى الأوراق وعليه فإن تحليل أنسجة الورق لا تؤكد الضرر الناشئ عن تسمم البورون ، ويوضح جدول (5) درجة حساسية المحاصيل المختلفة للبورون .

جدول (5) التحمل النسبى لبعض المحاصيل للبورون

1- محاصيل حساسة جداً : (أقل من 0.50 ملليجرام/لتر)	الليمون
2- محاصيل حساسة للبورون : (0.50 – 0.75 ملليجرام/لتر)	افوكادو – جريب فروت – برتقال – مشمش – خوخ – كريز – برقوق – تين – عنب – بيكان – لوبيا العلف – بصل
3- محاصيل حساسة للبورون : (0.75 – 1.0 ملليجرام/لتر)	ثوم – بطاطا – قمح – شعير – عباد الشمس – فول – سمسم – ترمس – فراولة – خرشوف – فول سودانى
4- محاصيل متوسطة الحساسية : (1.00 – 2.00 ملليجرام/لتر)	فلفل – بسلة – جزر – بصل – بطاطس – خيار
5- محاصيل متوسطة التحمل : (2.00 – 4.00 ملليجرام/لتر)	خس – كرنب – كرفس – لفت – شوفان – ذرة – خرشوف – برسيم – كوسة – شمام
6- محاصيل متحملة للبورون : (4.00 – 6.00 ملليجرام/لتر)	سورجم – طماطم – برسيم حجازى – بقدونس – بنجر مائدة – بنجر السكر
7- محاصيل متحملة جداً : (6.00 – 15.00 ملليجرام/لتر)	القطن – الاسبرجس

(تذكر أن : ملليجرام/لتر – ملليجرام/كيلو جرام = جزء فى المليون ppm)

إن تأثير سمية البورون على إنتاج الثمار يكون بشكل غير مباشر وذلك بسبب تحطم أنسجة الورقة ، نظراً لأن نسبة موت نسيج الورقة تكون قليلة فبالتالى يكون خفض إنتاج الثمار قليلاً فى بعض الحالات يمكن أن تتأثر الثمار مباشرة ، أما أعراض سمية البورون على ثمار الخوخ فتكون عبارة عن بقع خشبية بنية داكنة والتى تمتد إلى النخاع .

يعتبر البورون ذو تأثير عندما يكون تركيزه عالياً ويؤثر على الأنواع النباتية الحساسة إذا زاد تركيز عن 0.5 جزء فى المليون فى الماء أو أكثر من 190 جزء فى المليون فى أنسجة الورقة.

زيادة النحاس **Excess of Copper**

تعتبر الكميات الكبيرة من النحاس ضارة للنباتات الراقية فهى تخفض تكشف الجذور الليفية وتخفض الإنتاج النباتى ، عندما يزيد تركيز النحاس عن 0.5 جزء فى المليون فى الماء فإن نمو النبات ينخفض ، أما الارتفاع الطفيف فى تركيز النحاس عن 0.5 جزء فى المليون يسبب شحوباً للنبات مثل الشحوب المتسبب عن نقص الحديد ، إن الميكانيكية التى يسبب بها النحاس الأضرار وسمية النبات هى عن طريق تداخله فى تفاعلات البناء والهدم وبشكل أساسى فى تعطيل تفاعلات إنزيمية متخصصة والتى تحتاج إلى حديد وعليه فإن زيادة النحاس تؤدى إلى قلة امتصاص الحديد ، ولتقليل سمية النحاس يتم إضافة الجبس الزراعى للتربة .

إن زيادة النحاس تسبب توقف نمو الجذور ويزداد سمك الجذر ، وفى بعض النباتات مثل الموالح يظهر ع ليها أعراض تشبه نقص النيتروجين ، وتحدث هذه الأضرار نتيجة لاستخدام تركيزات عالية من السماد المحتوى على النحاس دون الأخذ فى الاعتبار التركيز .