تبلغ نسبة ك١٢ بالجو ٠,٠٣ - ٠,٠٤٪ . وبرغم هذه النسبة المنخفضة ، فإن كمية ك١٢ الموجودة بالغلاف الجوى تقدر بنحو ٦٠٠ بليون طن ، تستعمل منها النباتات نحو ٧٠ بليون طن سنويًا . وبرغم الكمية الكبيرة التى تستهلكها النباتات ، فإن نسبة ك١٢ الجوى تظل ثابتة لانطلاق الغاز بصورة دائمة ، نتيجة تنفس الكائنات الحية ، نباتية كانت أم حيوانية ، وكذلك نتيجة احتراق المواد العضوية . وتعتبر الكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة هى المنتج الأساسى لغاز ك١٢

هذا .. وتستفيد النباتات من زيادة نسبة ك١٢ صناعيًا فى جو الصوبات (البيوت الزجاجية والبلاستيكية) إلى أن يصبح عاملًا آخر محددًا للنمو ، مثل شدة الإضاءة ، أو درجة الحرارة . وللتفاصيل الخاصة بهذا الموضوع يراجع الفصل الثالث والعشرون .

٩ - ١ - ٢ : الأيدروجين

يحصل النبات على حاجته من الأيدروجين من ماء الرى . أما الأكسجين الموجود فى الماء ، فإنه ينطلق إلى الجو أثناء عملية البناء الضوئى .

٩ - ١ - ٣ : الأكسجين

كما سبق الذكر .. فإن النبات يحصل على حاجته من الكربون والأكسجين من غاز ثانى أكسيد الكربون . وقد أوضحت الدراسات التى استخدم فيها الماء المحتوى على النظير O^{18} - وهو ليس بنظير مشع - أن كل الأكسجين المنتج أثناء عملية البناء الضوئى يأتى من الماء ، وأن الأكسجين الذى يدخل فى بناء المواد العضوية يحصل عليه النبات من غاز ك١٢ الجوى .

هذا .. وتحصل الجذور على حاجتها من الأكسجين اللازم للتنفس عن طريق العديسات lenticels .

٩ - ٢ : النيتروجين

٩ - ٢ - ١ : أهمية النيتروجين للنبات

يدخل النيتروجين فى تركيب البروتين الذى يعتبر المركب الأساسى فى البروتوبلازم ، كما يدخل فى تركيب الإنزيمات ، وكلوروفيل ا ، 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 على التوالى . كما يدخل النيتروجين أيضًا فى تركيب مرافقات الإنزيمات الضرورية للعديد من الإنزيمات.هذا .. ويعمل النيتروجين الوفير على تشجيع النمو النشط ، وهى صفة مرغوبة فى الخضر الورقية .

٩ - ٢ - ٢ : أعراض نقص النيتروجين

تختلف أعراض نقص النيتروجين فى نباتات الفلقة الواحدة ، عنه فى نباتات الفلقتين ، حيث يتميز نقص النيتروجين فى ذوات الفلقة الواحدة باصفرار وسط نصل الورقة ، مع بقاء الحواف خضراء ،

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أما فى النباتات ذات الفلقتين ، فإن الورقة تصبح متجانسة بلون أخضر مصفر ، وتظهر الأعراض فى كليهما على الأوراق السفلى أولًا ؛ فتصبح الأوراق خضراء باهتة ، ثم يتحول لونها إلى الأصفر ، ويكون نمو النبات بطيئًا ومتقزمًا ، كما يكون حجم الأعضاء النباتية الأخرى أقل من الحجم الطبيعى ؛ ويصبح النبات متخشبًا (Lorenz & Maynard ١٩٨٠) .

ولا تظهر أعراض نقص النيتروجين على الأوراق الحديثة إلّا 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 جزءًا من النيتروجين ينتقل إليها من الأوراق المسنة . وفى حالات النقص الشديد تجف الأوراق السفلى وتسقط ، وتأخذ الأوراق العليا لونًا أصفر شاحبًا .

وقد يصاحب نقص النيتروجين فى بعض النباتات إنتاج النبات لصبغات أخرى غير الكلوروفيل ، ففى الطماطم مثلًا يصاحب نقص النيتروجين ظهور لون بنفسجى فى أعناق الأوراق وبالعروق ، نتيجة تكون صبغة الأنثوسيانين . ويظهر هذا اللون أحيانًا كذلك على سيقان بعض النباتات عند نقص النيتروجين (Devlin ١٩٧٥) .

٩ - ٢ - ٣ : أعراض زيادة النيتروجين

عند زيادة النيتروجين عن الحد المناسب ، يصبح لون الأوراق أخضر داكنًا ، 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 سريعًا فى الجذور والسيقان والأوراق ، ويقل تخزين الغذاء وتكوين الألياف التى تدعم النبات ، كذلك يقل الإزهار والإثمار . ومن ثم تكون السيقان رهيفة ، وجذورها رقيقة ، والمحصول قليلًا ، سواء أكان 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 ١٩٦٠) .

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 بالنمو ، وظهور بقع متحللة فى الأوراق ، وفى بعض الأحيان تموت الأوراق والأنسجة المصابة . ففى الطماطم لوحظ ظهور بقع بالساق والأوراق ، كما لم تنبت بذور الخيار فى التركيزات العالية من الأمونيوم . ومن النباتات الحساسة الأخرى : الفاصوليا ، والذرة السكرية ، والبسلة .

هذا .. وتوجد الأمونيا الحرة طبيعيًّا 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 ١٩٧٩) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هذا .. وتمتص النباتات النيتروجين فى صورتيه : النتراتية والأمونيومية ، ولكن يحدث الامتصاص فى محاصيل الخضر غالبًا فى الصورة النتراتية . فتحت الظروف المناسبة لنمو الخضروات يكون التحول سريعًا من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية ، وبالتالى يحدث معظم الامتصاص على الصورة الأخيرة .

٩ - ٢ - ٤ : تيسر النيتروجين فى التربة

يكثر النيتروجين فى الطبقات العليا ، ويقل كلما تعمقنا فى التربة ، ذلك لأن المادة العضوية تكثر فى الطبقات العليا من التربة . ويتوفر النيتروجين بين pH ٦ - ٨ ، ويقل نسبيًا فى pH ٥ - ٦ ، ٨ - ٩ ، ويصبح النقص شديدًا فى pH أقل من ٥ ، أو أعلى من ٩ ، ويكثر ظهور أعراض نقص النيتروجين فى الأراضى الفقيرة فى المادة العضوية .

٩ - ٢ - ٥ : 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 ٥٠٪ من السماد الأزوتى المضاف تحت معظم الظروف ، وأن معظم الفقد يحدث بعد تحول الأزوت فى التربة من الصورة الأمونيومية إلى الصورة النتراتية .

٩ - ٢ - ٦ : تثبيت أزوت الهواء الجوى بواسطة بكتريا العقد الجذرية

تعيش بكتريا تثبيت أزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات ، وهى تتبع الجنس ريزوبيم Rhizobium الذى يوجد منه نحو ١٨ نوعًا تتخصص على البقوليات المختلفة ، وقد يتعايش أكثر من نوع من هذه البكتريا مع محصول بقولى واحد . وفى هذه الحالة نجد اختلافًا فيما بينهم فى درجة كفاءة تثبيت أزوت الهواء الجوى .

وفيما يلى أنواع البكتريا المتخصصة على محاصيل الخضر البقولية :

البكتريا	البقوليات التى تتخصص عليها
Rhizobium leguminosarum	البسلة
R. phaseoli	الفاصوليا العادية
R. japonicum	فول الصويا
نوع لم يحدد اسمه	اللوبيا وفاصوليا الليما

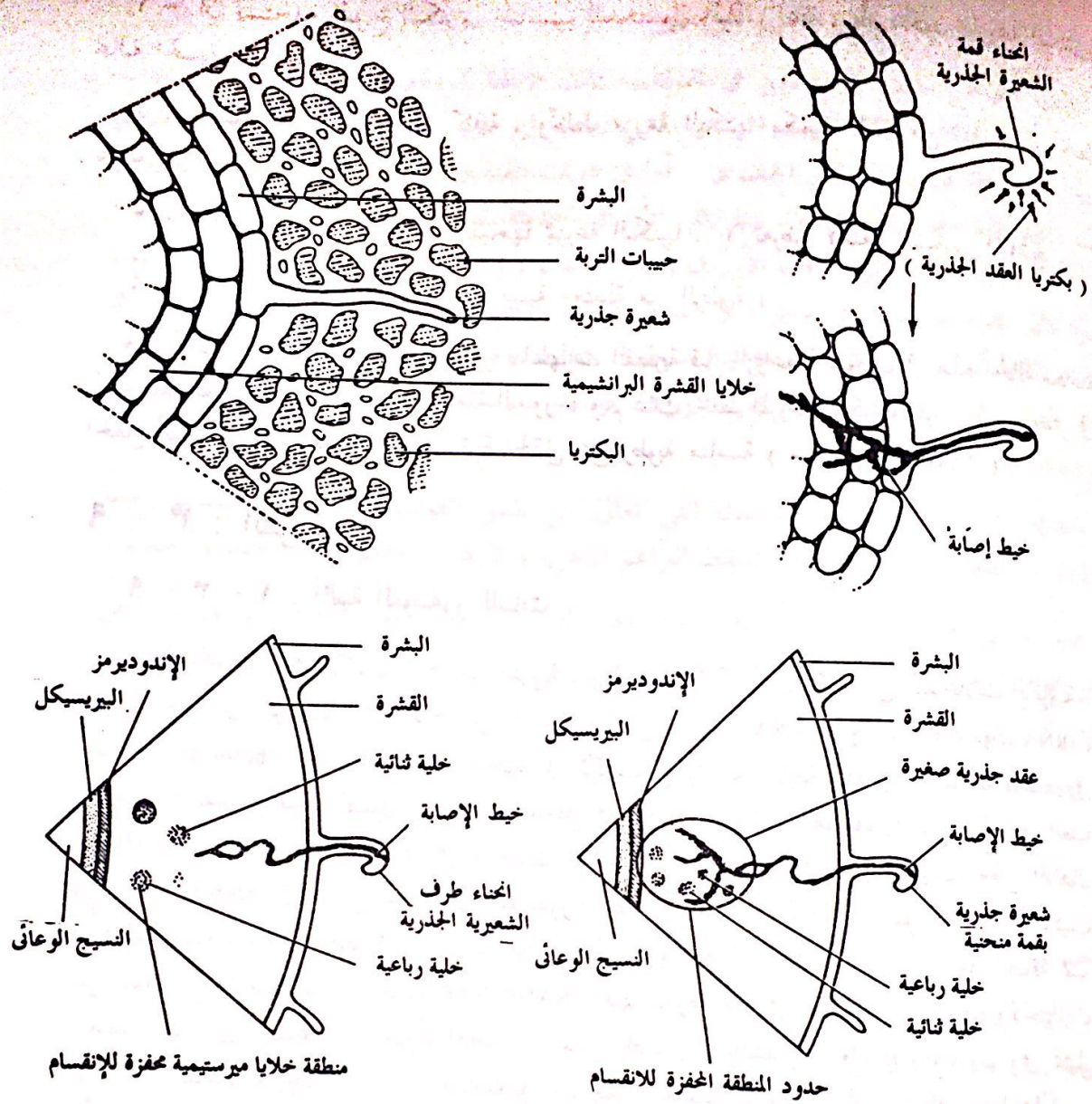
(عن Tisdale & Nelson ١٩٧٥)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ويختلف عدد العقد بالنبات الواحد من عدد قليل إلى ألف عقدة أو أكثر ، كما تختلف فى توزيعها على المجموع الجذرى وفى حجمها حسب النوع النباتى (شكل ٩ – ١) . وتستطيع بكتريا العقد الجذرية أن تعيش فى التربة فى غياب العائل مدة ١٠ – ٢٠ سنة ، ولكن زراعة العائل من آن لآخر تعمل على زيادة نشاطها . وتتراكم هذه البكتريا قريبًا من جذور النباتات البقولية ، وغالبًا ما يرجع ذلك إلى إفرازات خاصة من الجذور . هذا .. ويزداد تكون العقد تحت الظروف المناسبة للنمو الجيد للعائل . ويوضح شكل (٩ – ٢) طريقة اختراق البكتريا للشعيرات الجذرية بالبقوليات . ويلاحظ بالشكل أن الشعيرة الجذرية التى تخترقها البكتريا تنحنى عند القمة ، ويعقب ذلك تكون خيط إصابة infection thread ، ثم تظهر العقدة فى النهاية . (Millar وآخرون ١٩٦٥ ، Devlin ١٩٧٥ ، Smartt ١٩٧٦) . وتتراوح كمية النيتروجين التى تثبتها هذه البكتريا فى الجذور من ٢٢ – ٤٥ كيلو جرام بكل فدان سنويًا (مرسى والمربع ١٩٦٠) .

شكل ٩ – ١ : العقد الجذرية المحتوية على بكتريا تثبيت آزوت الهواء الجوى من جنس Rhizobium بجذور نبات فول الصويا (عن Galston ١٩٦٤) .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل ٩ – ٢ : طريقة إختراق بكتريا الجنس Rhizobium للشعيرات الجذرية بالبقوليات ، ثم تكوين العقد الجذرية root nodules (عن Devlin ١٩٧٥) .

تلقيح بذور البقوليات ببكتريا العقد الجذرية

نظرًا لأن العقد الجذرية لا تتكون عند زراعة محصول بقولى فى أرض لم تسبق زراعتها بهذا المحصول ، لذا يجب تلقيح التربة بالبكتريا المناسبة لهذا المحصول . ويتم ذلك إما بإضافة كمية من التربة المحتوية على نوع البكتريا المناسب إلى الحقل المراد زراعته بمعدل ٥ – ١٠ م٣/ للفدان ، إلّا أن هذه العملية شاقة ؛ أو يتم بواسطة تلقيح بذور المحصول البقولى بالبكتريا المناسبة ، وتلك طريقة أسهل بكثير ومضمونة النجاح إذا أُجريت بالشروط اللازمة ، وهى كما يلى :

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

١ – أن يستخدم النوع البكتيرى المناسب للمحصول المراد زراعته ، وأن تكون المزرعة البكتيرية عالية الحيوية .

٢ – استخدام الملقح بكمية كافية ، وتخلط مزرعة البكتريا بكمية قليلة من الماء ، ثم تخلط بالبذور .

٣ – زراعة البذور مباشرة بعد تلقيحها بمزرعة البكتريا ، ولا تعرض لأشعة الشمس المباشرة .

٤ – أن تكون الزراعة فى أرض بها نسبة معتدلة من الرطوبة .

وإذا كان من الضرورى معاملة البذور بالمطهرات الفطرية قبل الزراعة ، فيجب فى هذه الحالة معاملة التربة بالمزرعة البكتيرية ، بدلًا من معاملة البذور ، ويتم ذلك بخلط المزرعة البكتيرية بتربة رطبة ، وتنثر فى الحقل أثناء الحرث ، على أن تحتوى تربة الحقل على رطوبة مناسبة (مرسى والمربع ١٩٦٠) .

٩ – ٣ : الفوسفور

٩ – ٣ – ١ : أهمية الفوسفور للنبات

يدخل الفوسفور فى تركيب الأحماض النووية ، ويلعب دورًا كبيرًا 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 الفوسفورية 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 ، ومالها 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 جزءًا هامًا من الأغشية الخلوية .

ويوجد الفوسفور بتركيزات عالية فى المناطق المرستيمية التى يكون فيها النمو نشيطًا ، 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 وآخرون ١٩٦٠ ، استينو وآخرون ١٩٦٣) .

ويمكن الرجوع إلى الندوة العلمية لجمعية علوم البساتين الأمريكية (Amer. Soc. Hort. Sci. ١٩٦٩) للتفاصيل الخاصة بأهمية الفوسفور لنمو النبات ، ودورة البيولوجى ، وطريقة امتصاصه وتحركه فى النبات .

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner