الفصل الثانى عشر

تركيب النباتات

تتمة

١ — مكونات النباتات الأولية — قد دل التحليل الكيمياوى على أن العناصر الآتيـة موجودة دائما فى المركبات التى تكون الجسم من النبات الأخضر السليم البنيـة . تلك هى الكربون والايدروجين والأوكسجين والنتروجين والسليكون والكبريت والفسفور والكلورين والبوتاسيوم والصوديوم والكلسيوم والمجنيزيوم والحديد .

وفى أعشاب البحر يوجد البرومين والأيودين عادة وقد اكتشفت عناصر أخرى كثيرة مثـل الألومينيوم والخـرصين والنحاس بمقادير صغيرة فى بعض أنواع النباتات .

اذا أحرقت المـادّة الصلبة من النبات انطلق الكربون والايدروجين والأوكسيجين والنتروجين منها الى الهواء على صورة ماء وثانى أكسيد الكربون وعلى صور نتروجين مطلق وغير ذلك من المركبات الطيارة . فأما بقية العناصر المذكورة فتبقى فيما يسمى بالرماد .

على أنه ان كان التحليل الكيماوى يساعدنا على تعيين العناصر الخاصـة التى يتركب منها جسم النبات فانه لايمدنا بواسطة تعيننا على معرفة كم من هذه العناصر يلزم لبقاء النبات وأيها ألزم لذلك .

وبمـا أن أكثر النباتات لايشتمل فى تركيبه على خرصين ولا قصدير ولا رصاص فظاهر أن هذه العناصر وغيرها مما تكون فى النبات أحيانا ليست

ضرورية لنمو النبات . أما أن الكربون والايدوجين والاوكسيجين والنتروجين هى عناصر جوهرية لازمة ، فأمر يمكن استنتاجه من أن هذه العناصر هى جوهرية فى تركيب المركبات العضوية التى تبنى بها جدران الخلايا و بروتوبلازمها على أنه لا يترتب على هـذا القول أن العناصر التى توجد فى النبـاتات دائمـا هى كذلك جوهرية اللزوم لحياة النبات .

ولكى نعين بالدقة أى العناصر لا يمكن الاستغناء عنه فى صحة تغذية النبات ونموه ، يجب اجراء تجارب زراعية فى التربة أو غيرها من البيئات المعروفة التركيب بالدقة والتى يمكن تعديلها وجعلها تحت اشراف المباشر . وخير ما يكون ذلك بواسطة الزراعة المـائية أو الزراعة الرملية التى هى انمـاء النباتات فى ماء نقى أو فى رمل خالص أضيف اليه مركبات من مختلف العناصر التى يراد درس تأثيرها . بواسطة هذه التجارب أمكن اثبات أن عشرة عناصر فقط هى حقيقة جوهرية لنمو النباتات الخضراء وهـذه العناصر هى الكربون والايدروجين والأوكسيجين والنتروجين والكبريت والفسفور والبوتاسـيوم والمغنيسيوم والكلسيوم والحديد وربمـا وجب اضافة الكلورين اليها .

كل المجهودات التى عملت لانماء النباتات فى التربة (أو الماء) التى استخرج منها عنصر أو أكثر من هذه العناصر قد انتهت بالحبوط . أما بقية العناصر التى توجد أحيانا فى رماد النبات فهى نافلة حتى أن الصـوديوم والسليكون اللذين هما موجودان فى كل النباتات الباقية فى الأراضى العادية ليسا مما لا يمكن الاستغناء عنه اذ يمكن تربية نماذج صحيحة من النباتات قادرة على اعطاء بزور بدونها .

تج ٨٩ : الزراعة المـائية — لتنمية النباتات فى محاليل مغـذية تستعمل اسطوانات زجاجية أو قنينات واسعة الرقبة تسع ٦٠٠ أو ٧٠٠ سـ م م ويجب قبل استعمال الاسطوانة أن تنظف بحامض النتريك ثم تغسل بعد ذلك بالماء المقطر غسلا جيدا . ويجب أن تسد بغطاء فلى خرق فيه ثقبان أحدهما لخروج ساق النبات المراد تنميته والآخر تنزل فيه أنبوبة قصيرة تصب الماء فى الأسطوانة بدل

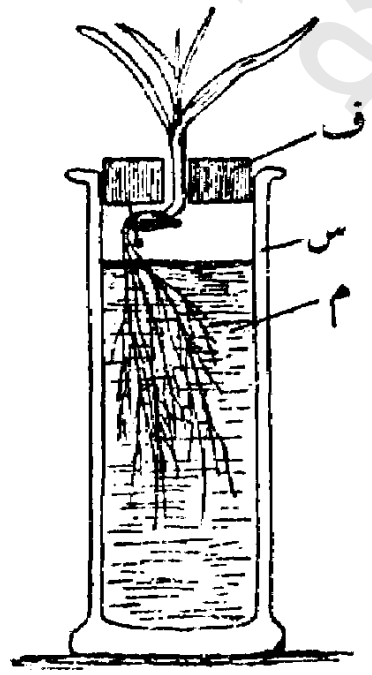
الماء الذى يفقد فى عملية النتح ويجب أن لاتشتمل المحلولات المستعملة على أزيد من مقدار يتراوح بين ٢ و٥ جرامات من أملاح ذائبة فى ١٠٠٠ جرام من الماء . فأما تركيز المحلول أكثر من ذلك فهو مضر بالنمو وزد على ذلك أنه يجب أن يكون المحلول حمضى التفاعل قليلا . أما المحاليل القلوية فهى مضرة .

وقد يختلف تركيب المحلول اذا أريد تمام تغذية النبات اختلافا كبيرا ما دامت العناصر الجوهرية موجودة فى حالة مناسبة لامتصاصها بواسطة جذور النباتات . والمحاليل التالية تشتمل على كل ما تتطلبه النباتات الخضراء . فأما الكربون الضرورى فيحصل عليه من ثانى أكسيد الكربون الجوى .

	جرام
ماء	١٥٠٠
نترات الكلسيوم	٢
كلورور البوتاسيوم	½
كبريتات المغنيسيوم	½
فوسفات البوتاسيوم الحمضى	½

بعض نقط من محلول كلورور الحديديك .

وتوصلا لاظهور هذا الأمر ظهورا بينا يزرع الشعير والذرة والفول والمنثور ، ولكن يجب قبل ذلك انبات البزور فى نشارة رطبة أو على ورقة نشاف مبللة فاذا كبرت البوادر حتى أصبحت سهلة على التناول بالاصابع وجب وضعها كما فى (شكل ٧٢) بحيث تنغمس جذورها فى المحلول المزرعى . أما سوقها فيسمح لها أن تنمو وتخرج من الثقب الموجود فى السدادة (ف) ويمكن تثبيت بوادر الشعير والفول والذرة بواسطة دبوس يغرس فى جانب البر يكارب أو غلاف البزرة حتى يصل الى الجانب الأدنى من السدادة ، أو يمكن حملها بوضع قطن فى الثقب الذى تخرج من الساق .



(شكل ٧٢)
مزرعة مائية فيها نبات شعير . س = وعاء زجاجى اسطوانى ؛ م = محلول زراعى ؛ ف = سدادة فل مثقوبة .

ومن المهم أن لا ينغمس فى المحلول إلا الجذور وحدها لأن تبلل الاندوسبرم والفلقتين والسويق السفلى الجنينية يؤدى فى الغالب الى ضعف صحة النبات ثم الى موته . ويجب تغطية جوانب الأسطوانة الزجاجية بورق مقوّى أو عدة طبقات من الورق لمنع دخول الضوء والحرارة الى المحلول . أو توضع الاسطوانة فى صندوق يشتمل على ألياف من ألياف النخل ويجتنب وضع المزرعة فى ضوء الشمس المباشر حتى يبقى المحلول الذى انغمست فيه البزور باردا وفى التجارب التى يمتد أجلها بضعة أسابيع يجب تغيير المحلول المذكور كل أسبوع . ويجب وضع النبات من آن الى آن يوما أو يومين بجذوره فى ماء مقطر أو فى ماء يشتمل على مقدار قليل من كبريتات الكلسيوم .

تج ٩٠ : هيىء مزرعة مائية كما سبق الوصف ولكن لا تضف كلورور الحديديك أو أى مركب آخر من الحديد الى المحلول وقارن نمو النبات بآخر نام فى محلول تام .

تج ٩١ : لاحظ الفروقات الموجودة بين النباتات النامية فى محاليل تامة كما سبق الوصف وغيرها من النامية فى المحلولين الآتيين اللذين فقد منهما النتروجين والبوتاسيوم على التوالى :

محلول بغير نيتروجين		محلول بغير بوتاسيوم	
	جرام		جرام
ماء	١٠٠٠	ماء	١٠٠٠
كبريتات الكلسيوم	١	نيترات الكلسيوم	١
فوسفات البوتاسيوم الحمضى ...	½	كبريتات المغنيسيوم	½
كبريتات المغنيسيوم	½	فوسفات الصوديوم الحمضى	½
كلورور البوتاسيوم	½	كلورور الصوديوم	½

وأضف الى كلا المحلولين بضع نقط من محلول كلورور الحديديك .

٢ ــ المكونات الجوهرية الأولية فى النباتات .

البك بيانا مختصرا عن العناصر التى هى ضرورية جدا لتغذية النباتات .

(١) الكربون — مكون جوهرى للبروتوبلازم ويدخل بكثرة فى تركيب الجدر الخلوية وكذا فى كثير من الغذاء النباتى المختزن . ومقداره الموجود فى النباتات يبلغ فى العادة ما بين ٤٠ و ٥٠ فى المائة من ثقل المادة الصلبة التى فيها . وأكبر جزء منه وارد من ثانى أكسيد الكربون الجوى ولكن فى بعض الأحوال (ولعله فى كلها) قد يؤخذ مقدار ما من الكربون من التربة على صورة مركبات عضوية .

والفطر من النباتات الدنيئة والحامول (كوسكوتا) والهالوك (أورو بانكى) من النباتات الراقية تحصل على كربونها على صورة مركبات كربونية عضوية من الحيوانات والنباتات الحية أو من البقايا المنحلة من هذه الأعضاء .

(٢) الايدروچين والأوكسيچين — يوجدان متحدين بالكربون وغيره من العناصر فى البروتوبلازم والجدر الخلوية وأنواع السكر والدهون وغيرها من المركبات الموجودة فى النبات . والايدروچين هو أحد مكونات الماء ويمتص على هذه الصورة من التربة . وما فى المادة الجافة من الايدروچين يتراوح بين ٥ و ٦ فى المائة .

ومتوسط مقدار الأوكسيچين الموجود فى المادة الجافة من النباتات يتراوح بين ٣٥ و ٤٥ فى المائة . ويمتص من الهواء (الذى يوجد فيه سائبا) فى عملية التنفس ويؤخذ أيضا من التربة فى النترات والسلفات والكربونات والفوسفات .

(٣) النيتروچين — هذا العنصر يدخل فى تركيب البروتيد أو المواد الزلالية والأميدات وغيرها من المواد العضوية التى هى أقل من تلك أهمية . وهو يوجد أيضا فى أملاح النترات غير العضوية التى توجد غالبا بمقادير صغيرة فى العصارة الخلوية من النباتات .

ومقدار النتروجين الموجود هو على الأخص كبير فى بزور النباتات القرنية فهو فى البازلاء بمقـدار ٤,٨ فى المـائة وفى الفول بمقدار ٥ ٪ وفى الترمس الأصفر بمقدار ٧ ٪ من المـادة الجافة . وفى حبوب الغلال النشوية مثل القمح والشعير والذرة يكون مقداره فى العادة أقل من ٢ ٪ .

والأجزاء الخضراوية من النباتات القرنية هى فى العادة أكثر اشتمالا على نيتروجين منها فى النباتات الأخرى فمقداره مثلا فى البرسيم الحجازى الذى قطع وقت ازهاره يتراوح بين ٢ و ٢ ½ فى المـائة أما فى النجيليات فان مقـداره المتوسط يبلغ ١ ¾ فى المـائة تقريبا من المـادة الجافة .

واذا استثنينا النباتات القرنية التى يحصل على أغلب نتروجينها من النتروجين الجوى السائب فان النباتات الخضراء تأخذ هذا العنصر من التربة على صورة أملاح نتراتية عادة . وقد أثبت بواسطة المزارع المـائية أنها قادرة أيضا على امتصاص النتروجين الموجود فى المركبات النوشادرية واستعماله ولكن لمـا كانت المركبات النوشادرية اذا ألقيت فى الأرض تتحول الى نترات فى عملية النترجة (Nitrification) فانه ممكن أن يقال ان النترات هى المصادر الطبيعية المهمة التى يؤخذ منها النتروجين اللازم للنباتات الخضراء . هذا وأنه وان كان قد بيّن أن أغلب النباتات تستطيع النمو نموا حسنا اذا أمدّت بنتروجين على صورة أملاح نوشادرية كما اذا أمدّت بنترات ، فقـد وجد العالم مازيه أن المحاليل التى تستعمل من الأملاح النوشادرية اذا كانت مركزة بأكثر من نصـف جرام فى الألف تتلف النباتات .

أما الأضرار التى تنجم عن النترات فلا ترى حتى يشتمل المحلول الذى يهيأ للجذور على ٢ فى الألف من المـاء .

واذا أعطى النتروجين للنباتات بمقدار كبير فانه يزيد أوراقها ترعرعا والسوق نضرة وكذلك الأعضاء الخضراوية . مثل هذه النباتات تكون خضراء قاتمة ولا تدل إذ ذاك على استعداد الى توليد أعضاء تناسلية وبزور .

(٤) الفسفور — هومكوّن لكثير من المركبات البروتيدية وأكثر مايكون فى بروتيد نواة الخلايا النباتية .

وهو فضلا عن أنه يوجد كعنصر مكوّن للمركبات العضوية يوجد أحيانا على صورة فوسفات غير عضوية . والفسفور يكوّن مقدارا كبيرا من رماد البزور . بغير اعطاء النبات مقدارا مناسبا من هـذا العنصر لايتم تكوّن البزور ولا نموّها بحالة مرضية ومقدار الفسفور المحتسب كحامض فوسفوريك فى رماد حبوب القمح يتراوح متوسطه بين ٤٥ فى المائة و ٥٠ وفى الفول ٤٠ ٪ وفى رماد الأجزاء الخضراوية يكون مقداره أقل من ذلك جدا فهو فى قش القمح بمقدار ٥ ٪ تقريبا وفى اللفت ٧ ٪ وفى درنات البطاطس ١٧ ٪ .

والفسفور تمتصه النباتات من التربة على صورة فوسفات البوتاسيوم والكالسيوم .

(٥) الكبريت — يدخل الكبريت فى تركيب البروتيدات وان كان مقداره إذ ذاك قليلا يندر أن يزيد على ٢ ٪ وهو أحد مكوّنات "زيت الخردل" الذى يحصل عليه من كثير من النباتات الصليبية ، ويوجد على صورة سلفات غير عضوية ويمتص على هذه الصفة من التربة .

(٦) البوتاسيوم — هـذا العنصر يكثر على الأخص فى رماد الأجزاء الحديثة السن من النباتات النامية بتنشط حيث يجرى انقسام الخلايا وقد يكون البوتاسيوم مكوّنا أساسيا لبروتوبلازم كل أنواع الخلايا . ويوجد

أيضا متحدا بحوامض الطرطريك والأوكساليك والماليك وغيرها من الحوامض العضوية وغيرالعضوية فى العصارة الخلوية . والأنسجة التى تشتمل على مقادير كبيرة مختزنة من المواد الكربوايدراتية هى فى العادة غنية بهذا العنصر مثل درنات البطاطس فان ٢,٣ ٪ من مادتها الجافة هو بوتاسا (بو ١) ويوجد فى العنب ٣ ٪ منه .

ويؤخذ من التربة على صورة نترات وكلورو وكربونات وكبريتات وفوسفات على الأخص والعمل الذى للبوتاسيوم فى حياة النبات غير معروف بالتحقيق على أن أملاحه فى رأى العالم "دوفريز" (De Vries) مخصوصة ببقاء حالة الانتفاخ فى الخلايا ، وبما أن هذه الحالة ضرورية لنمو النبات فان فى هذا القول شرحا موجزا لما يرى من وفرة هذا العنصر فى الأنسجة النامية . وقد لوحظ أن تثبيت الكربون فى الأنسجة الخضراء يقف عند فقدان البوتاسيوم ، والغلال والبازلاء التى تزرع بغير مدد كاف من البوتاسيوم تنتج حبوبا وبزورا صغيرة الحجم نحيلة الجسم . ومكانة البوتاسيوم فى تدبير النبات لايمكن أن يشغلها غيره من العناصر التى من الطائفة المتصلة به مثل الصوديوم والليثيوم .

(٧) الكالسيوم — يظهر أن الفطر قادر على الاستغناء عن الكالسيوم ولكنه عنصر أساسى لتكوين النباتات الخضراء وهو يمتص من التربة كنيترات أو فوسفات أو كبريتات .

ويوجد الكالسيوم فى الأجزاء الحديثة السن من النباتات عادة بمقادير صغيرة وقد لايوجد مطلقا فى تلك الأجزاء زمنا ما فلا ينشأ عن فقدانه ضرر ظاهر . وأكثر ما يوجد الكالسيوم فى الأجزاء الكبيرة السن من النبات كالأوراق التامة النمو والمشرفة على الموت والقشرة والنخاع فيكون على صورة أملاح

عضوية وغير عضوية ولا سيما الأوكسالات منها والكربونات ومقدار الجير (كل ١) الموجود فى رماد قش الشعير والقمح هو فى العادة ٧ ٪ .

هذا والبوادر وان كانت تستمر فى النمو مدّة شهر أو شهرين بغير كالسيوم فانها تلوح ضئيلة وتبدو عليها علائم ضعف الصحة . فاذا استمر فى منع الكلسيوم عنها ماتت . وللكلسيوم كبعض العناصر الأساسية شأن متعدد الوجوه فى التغذية النباتية .

وحامض الأوكساليك وأملاح الأوكسالات القابلة للذوبان تتكوّن فى بعض النباتات . واذا وجدت بزيادة خفيفة أضرت بالنواة وغيرها من محتويات الخلية ، ولكن اجتماع هذين وفعلهما السام اذا وجدت الأملاح الكلسيومية يمتنع بتكوّن أوكسالات الكلسيوم غير القابل للذوبان .

والكلسيوم على كل حال لايستعمل كله لمعادلة الحامض الأوكساليك اذ يوجد كثير من النباتات خال من الحامض الأوكساليك بتاتا ولكن وجد أن مثل هذه النباتات لاتزال تحتاج الى هذا العنصر لتمام نموّها .

أما فرض أن أوكسالات الكلسيوم هو حاصل حثالى (Waste) فلا يظهر أنه فرض صحيح فى كل حالة اذ يوجد ما يدل على أنه قد يذوب ثانيا ويستعمل كمختزن من الكلسيوم .

(٨) المغنسيوم — يوجد فى رماد كل أجزاء النبات ولا سيما فى رماد البزور ويشتمل رماد حبوب القمح على ١٢ ٪ تقريبا من المغنيسيا (مغ ١) . أما رماد القش والأجزاء الخضرية (Vegetative) فتشتمل على أقل من ٢ ٪ ويؤخذ المغنسيوم من التربة ككربونات وكبريتات على الأخص ولكن فائدته للنبات لاتزال غامضة .

(٩) الحديد — مقدار الحديد الموجود فى النباتات الخضراء هو فى العادة قليل يندر أنه يزيد على ٢ر٠ ٪ من الرماد . على أنه ضرورى جدا لتغذيتها إذ لا يمكن بغيره أن يتكون الغضير أى الكلور وفيل . ويوجد فى البزور مقدار كاف من الحديد لانتاج مقدار ما من الغضير، ولذلك فان بضع الأوراق الأولى التى تنمو فى محاليل مزرعية خالية من الحديد تكون خضراء بسبب ذلك. فأما الأوراق التى تتلو هذه فتكون باهتة اللون وغير قادرة على استعمال الكربون .

٣ — غير الجوهرى من المكونات الأولى للنبات — من العناصر ما قد يوجد فى النباتات وجودا نادرا غير طبيعى فلا يحتاج أمره والحالة هذه الى الذكر . ومنها ما ان كان غير جوهرى لنمو النباتات الخضراء — كالسليكون والصوديوم والكلورين — يرى فى رمادها . فهو جدير أن يلم به باختصار .

والنباتات الصحيحة البنية وان استطاعت أن تنمو مع فقدان كثير من العناصر التى تشاهد فى رماد النبات فان تلك العناصر التى تسمى "مكونات غير جوهرية" قد تكون فائدتها تنبيه أو تقليل حركة الوظائف التى تقوم بها النباتات فالسليكون يكثر على الأخص فى الجدر الخلوية من الأجزاء الخارجية من السوق والأوراق من الشعير ، والقمح والنجيليات على الاجمال . ويشتمل أكثر من ½ رماد الغلال على سليكا وكان يظن أن تراكم السليكون فى الجدر الخلوية يسبب صلابة القش التام النمو وكان رقود محاصيل الغلال يعزى الى فقدان ذلك المركب منها على أن هذا الرقود مسبب على الأخص من قلة النور المناسب لنموها الطبيعى . وقد زرعت الذرة وغيرها من الغلال فى مزارع مائية بغير وجود السليكون فكانت قوية القش تامة النمو، وزد على

ذلك أن التحليل قد أظهر أن القش فى النباتات ذات المحاصيل الراقدة يشتمل فى العادة على سليكون أكثر من قش النباتات القائمة السوق وأنه أهش منها .

وقد أمكن العالم "چودين" (Jodin) أن يزرع أربع نسائل من الذرة من غير سليكون. ويمتص السليكون من التربة على صورة سلكات قابلة للذوبان ويظهر أن قواعدها التى تتصل بها ينتفع بها فى عمليات التغذية .

ويوجد الصوديوم على صورة كلورور شائعا فى كل النباتات وأكثر مقدار منه يمتصه النباتات الهلوفيتية (Halophytic) التى تكثر فى المستنقعات المالحة بالقرب من شواطئ البحار أو فى الأراضى المجاورة للبحيرات حيث يكون الملح أكثر مما تحتمله النباتات العادية .

وكثير من النباتات الهلوفيتية مثل الجلاسورتس (Glassworts) (ليكورنيا هرباشياسا) والسولتورت (Saltwort) (سالسولا كالى) والبنجر وأنواع نبات الأتريبلكس (Atriplex) تتبع العائلة الرمراميـة أو (Chenopodiaceae). وكثير من أنواع الفصيلة الصليبية مثل الكرنب انما هو نسل من رتبة الهلوفيت . والهليون هو مثل آخر من الرتبة المذكورة .

وقد دلت التجارب المزرعية على أنه يمكن زرع أخص أنواع الهلوفيت بلا ملح على أنها اذا امدت بالملح لاحت فى مظهر مخالف لحالتها الأولى وكانت لها صفات فيسيولوچية مخالفة للنباتات المحرومة من هذا المركب . والأعضاء الخضراوية تصبح تحت تأثير وفرة الملح أسمن وأكثر لحما وأزيد عصارة وأقل عرقا منها اذا هى زرعت بغير ملح كثير .

والعادة فى النباتات التى كالغلال وغيرها مما لايزرع عادة بالقرب من البحر أن تقتلها المحاليل التى تشتمل على أكثر من ١ أو ½ ١ فى المائة من الملح . أما بنجر البحر وبعض أنواع الأتربلكس فلا تتلفها المحاليل التى تشتمل على ٣ أو ٤ فى المائة من الملح .

الفصل الثالث عشر

الانتشار الغشائى (Osmosis) — امتصاص الماء

الانتشار الغشائى — اذا ربطت مثانة مائت بمحلول سكرى ، من فتحتها بخيط ثم وضعت فى إناء ملئ ماء نقيا وجد أن مقدارا عظيما من هذا الماء يمر مسرعا الى باطن المثانة من جدرانها ويختلط بالمحلول السكرى بالرغم من أنه لا ترى فتحات يكون الماء قد نفذ منها .

وتظهر نتيجة انتقال الماء الى الباطن فى الضغط الذى يحدث داخل المثانة وظهور التمدد فيها شيئا فشيئا كما يحدث لو أكره فيها الماء أو الهواء بطريقة ميكانيكية . ويتوقف مقدار الضغط الباطنى المحدث تحت هذه الظروف على مقدار السكر المذوب فى المحلول السكرى وعلى درجة الحرارة التى تجرى فيها التجربة أيضا . فاذا كان المحلول مركزا حدث ضغط أعظم منه اذا استعمل محلول غير مركز واذا كانت درجة الحرارة عالية كان الضغط أشد منه اذا كان المحلول على درجة واطئة .