

الفصل الثاني عشر

تركيب النباتات

ثمة

١ — مكونات النباتات الأولية — قد دل التحليل الكيميائي على أن العناصر الآتية موجودة دائماً في المركبات التي تتكون الجسم من النبات الأخضر السليم البنية . تلك هي الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين والسليكون والكبريت والفسفور والكلورين والبوتاسيوم والصوديوم والكالسيوم والمغنيزيوم والحديد .

وفي أعشاب البحر يوجد البرومين والأبدين عادة وقد اكتشفت عناصر أخرى كثيرة مثل الألومنيوم والحريصين والنحاس بمقادير صغيرة في بعض أنواع النباتات .

إذا أحرقت المادة الصلبة من النبات انطلق الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين منها إلى الهواء على صورة ماء وثاني أكسيد الكربون وعلى صور نيتروجين مطلق وغير ذلك من المركبات الطيارة ، فأما بقية العناصر المذكورة فتبقى فيما يسمى بالرماد .

على أنه إن كان التحليل الكيميائي يساعدنا على تعيين العناصر الخاصة التي يتركب منها جسم النبات فإنه لا يمدنا بواسطة تعييننا على معرفة كم من هذه العناصر يلزم لبقاء النبات وأياً ألزم لذلك .

وبما أن أكثر النباتات لا يشتمل في تركيبه على خريصين ولا قصدير ولا رصاص فظاهر أن هذه العناصر وغيرها مما تكون في النبات أحياناً ليست

ضرورية لنمو النبات . أما أن الكربون والاييدوجين والاكسيجين والنروجين هي عناصر جوهريّة لازمة ، فأمر يمكن استدجاه من أن هذه العناصر هي جوهريّة في تركيب المركبات العضوية التي تبنى بها جدران الخلايا وبروتوبلازمها على أنه لا يترتب على هذا القول أن العناصر التي توجد في النباتات دائماً هي كذلك جوهريّة اللزوم لحياة النبات .

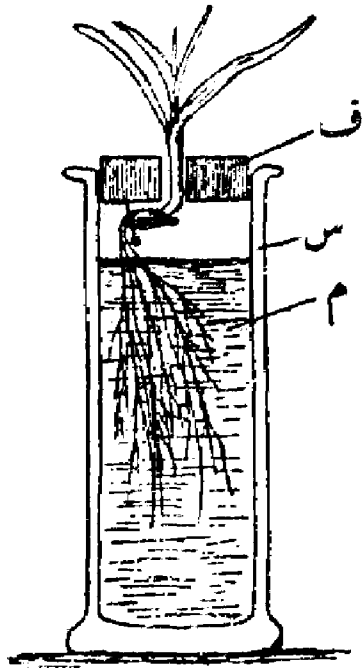
ولكى نعين بالدقة أى العناصر لا يمكن الاستغناء عنه في صحة تغذية النبات ونموه ، يجب اجراء تجارب زراعية في التربة أو غيرها من البيئات المعروفة التركيب بالدقة والتي يمكن تعديلها وجعلها تحت اشراف المباشر . وخير ما يكون ذلك بواسطة الزراعة المائية أو الزراعة الرملية التي هي انماء النباتات في ماء نقي أو في رمل خالص أضيف اليه مركبات من مختلف العناصر التي يراد درس تأثيرها . بواسطة هذه التجارب أمكن اثبات أن عشرة عناصر فقط هي حقيقة جوهريّة لنمو النباتات الخضراء وهذه العناصر هي الكربون والاييدوجين والاكسيجين والنروجين والكبريت والفسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكلسيوم والحديد وربما وجب اضافة الكلورين اليها .

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

نح ٨٩ : الزراعة المائية — لتنمية النباتات في محاليل مغذية تستعمل اسطوانات زجاجية أو قنينات واسعة الرقبة تسع ٦٠٠ أو ٧٠٠ سم م م ويجب قبل استعمال الاسطوانة أن تنظف بحامض النريك ثم تغسل بعد ذلك بالماء المقطر غسلاً جيداً . ويجب أن تسد بغطاء فلي خرق فيه ثقبان أحدهما لخروج ساق النبات المراد نميته والآخر تنزل فيه أنبوية قصيرة نصب الماء في الاسطوانة بدل

الماء الذى يفقد فى عملية التنج ويجب أن لا تشمل المحلولات المستعملة على أزيد من مقدار يتراوح بين ٢ و ٥ جرامات من أملاح ذائبة فى ١٠٠٠ جرام من الماء . فأما تركيز المحلول أكثر من ذلك فهو مضر بالتقويز على ذلك أنه يجب أن يكون المحلول حمضى التفاعل قليلا . أما المحاليل انقلوية فهي مضره .

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 يتطلبه النباتات الخضراء . فأما الكربون الضرورى فيحصل عليه من ثانى أكسيد الكربون الجوى .



(شكل ٧٢)

مزرعة مائية فيها نبات شعير . س
= وعاء زجاجى اسطوانى ؛ م =
محلول زراعى ؛ ف = سداة
فل مثقوبة .

جرام	
ماء	١٥٠٠
نترات الكالسيوم	٢
كلورور البوتاسيوم	١/٢
كبريتات المغنسيوم	١/٢
فوسفات البوتاسيوم الحمضى	١/٢
بعض نقط من محلول كلورور الحديدك	

وتوصلا لظهور هذا الأمر ظهورا يئنا يزرع الشعير والذرة والفول والبنور ، 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 السداة (ف) ويمكن تزييت بوادر الشعير والفول والذرة بواسطة دبوس يفرس فى جانب البريكارب أو غلاف البزرة حتى يصل الى الجانب الأدنى من السداة ، أو يمكن حملها بوضع قطن فى الثقب الذى تخرج من الساق .

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

تج ٩٠ : هية مزرعة مائية كما سبق الوصف ولكن لا تضاف كلورور الحديدك 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 الآتين اللذين فقد منهما النتروجين والبوتاسيوم على التوالى :

محلول بغير بوتاسيوم	محلول بغير نيتروجين
جرام	جرام
ماء ١٠٠٠	ماء ١٠٠٠
نترات الكلسيوم ١	كبريتات الكلسيوم ١
كبريتات المغنسيوم ١/٢	فوسفات البوتاسيوم الحمضى ١/٢
فوسفات الصوديوم الحمضى ١/٢	كبريتات المغنسيوم ١/٢
كلورور الصوديوم ١/٢	كلورور البوتاسيوم ١/٢

وأضف الى كلا المحلولين بضع نقط من محلول كلورور الحديدك .

٢ - المكونات الجوهرية الأولية فى النباتات .

إليك بياناً مختصراً عن العناصر التى هى ضرورية جداً لتغذية النباتات .

(١) الكربون — مكوّن جوهري للبروتوبلازم ويدخل بكثرة في تركيب الجدر الخلوية وكذا في كثير من الغذاء النباتي المختزن . ومقداره الموجود في النباتات يبلغ في العادة ما بين ٤٠ و ٥٠ في المائة من ثقل المادّة الصلبة التي فيها . وأكبر جزء منه وارد من ثاني أكسيد الكربون الجوي ولكن في بعض الأحوال (ولعله في كلها) قد يؤخذ مقدار ما من الكربون من التربة على صورة مركبات عضوية .

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

(٢) الايدروحين والأوكسيجين — يوجدان متحدّين بالكربون وغيره من العناصر في البروتوبلازم والجدر الخلوية وأنواع السكر والدهون وغيرها من المركبات الموجودة في النبات . والايدروحين هو أحد مكوّنات الماء ويمتص على هذه الصورة من التربة . وما في المادّة الجافة من الايدروحين يتراوح بين ٥ و ٦ في المائة .

ومتوسط مقدار الأوكسيجين الموجود في المادّة الجافة من النباتات يتراوح بين ٣٥ و ٤٥ في المائة . ويمتص من الهواء (الذي يوجد فيه سائبا) في عملية التنفس ويؤخذ أيضا من التربة في النتراّت والسلفاّت والكربونات والفوسفاّت .

(٣) النيتروحين — هذا العنصر يدخل في تركيب البروتين أو المواد الزلاّلية والأميدات وغيرها من المواد العضوية التي هي أقل من تلك أهمية . وهو يوجد أيضا في أملاح النتراّت غير العضوية التي توجد غالبا بمقادير صغيرة في العصارة الخلوية من النباتات .

ومقدار النتروجين الموجود هو على الأخص كبير فى بزور النباتات القرنية فهو فى البازلاء بمقدار ٨,٤ فى المائة وفى الفول بمقدار ٥ ٪ وفى الترمس الأصفر بمقدار ٧ ٪ من المادّة 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 المائة أما فى النجيليات فإن مقداره المتوسط يبلغ ٣ ٪ فى المائة تقريبا من المادّة الجافة .

وإذا استثنينا النباتات القرنية التى يحصل على أغلب نتروجينها من النتروجين الجوى السائب فإن النباتات الخضراء تأخذ هذا العنصر من التربة على صورة أملاح نتراتية عادة . وقد أثبت بواسطة المزارع المائية أنها قادرة أيضا على امتصاص النتروجين الموجود فى المركبات النوشادرية واستعماله ولكن لما كانت المركبات النوشادرية إذا أُلقيت فى الأرض تتحوّل الى نترات فى عملية النترجة (Nitrification) فإنه ممكن أن يقال ان النترات هى المصادر الطبيعية المهمة التى يؤخذ منها النتروجين اللازم للنباتات الخضراء . هذا وأنه وإن كان قد بين أن أغلب النباتات تستطيع النمو نموا حسنا إذا أمدت بنيتروجين على صورة أملاح نوشادرية كما إذا أمدت بنترات ، فقد وجد العالم مازيه أن المحاليل التى تستعمل من الأملاح النوشادرية إذا كانت مركزة بأكثر من نصف جرام فى الألف تتلف النباتات .

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

وإذا أعطى النروحين للنباتات بمقدار كبير فانه يزيد أوراقها ترعرا والسوق نضرة وكذلك الأعضاء الخضراوية. مثل هذه النباتات تكون خضراء قائمة ولا تدل إذ ذاك على استعداد الى توليد أعضاء تناسلية وبزور.

(٤) الفسفور — هو مكوّن لكثير من المركبات البروتينية وأكثر ما يكون في بروتيد نواة الخلايا النباتية.

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

والفسفور تمتصه النباتات من التربة على صورة فوسفات البوتاسيوم والكالسيوم.

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

(٦) البوتاسيوم — هذا العنصر يكثر على الأخص في رماد الأجزاء الحديثة السن من النباتات النامية بتنشط حيث يجري انقسام الخلايا وقد يكون البوتاسيوم مكوّنا أساسيا لبروتين بلازم كل أنواع الخلايا، ويوجد

أيضاً متحداً بجوامض الطرطريك والأوكساليك والماليك وغيرها من الحوامض العضوية وغير العضوية فى العصارة الخلوية . والأنسجة التى تشمل على مقادير كبيرة مخترنة من المواد الكربوايدراتية هى فى العادة غنية بهذا العنصر مثل درنات البطاطس فإن 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 فإن فى هذا القول شرحاً موجزاً 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 حبواً وبزوراً صغيرة الحجم نحيلة الجسم . ومكانة البوتاسيوم فى تدبير النبات لا يمكن 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 لا يوجد مطلقاً فى تلك الأجزاء زمنياً فلا ينشأ عن فقدانه ضرر ظاهر . وأكثر ما يوجد الكالسيوم فى الأجزاء الكبيرة السن من النبات كالأوراق التامة النمو والمشرقة على الموت والقشرة والنخاع فيكون على صورة أملاح

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

هذا والبوادر وإن كانت تستمر في النمو مدة شهر أو شهرين بغير كالسيوم فإنها تلوح ضئيلة وتبدو عليها علائم ضعف الصحة . فإذا استمر في منع الكالسيوم عنها ماتت . وللكالسيوم كـ بعض العناصر الأساسية شأن متعدد الوجوه في التغذية النباتية .

وحامض الأوكساليك وأملاح الأوكسالات القابلة للذوبان تتكون في بعض النباتات . وإذا وجدت بزيادة خفيفة أضرت بالنواة وغيرها من محتويات الخلية ، ولكن اجتماع هذين وفعلهما السام إذا وجدت الأملاح الكالسيومية يمنع بتكون أوكسالات الكالسيوم غير القابل للذوبان .

والكالسيوم على كل حال لا يستعمل كله لمعادلة الحامض الأوكساليك إذ يوجد كثير من النباتات خال من الحامض الأوكساليك بتاتا ولكن وجد أن مثل هذه النباتات لا تزال تحتاج إلى هذا العنصر لتنام نموها .

أما فرض أن أوكسالات الكالسيوم هو حاصل حثالي (Waste) فلا يظهر أنه فرض صحيح في كل حالة إذ يوجد ما يدل على أنه قد يذوب ثانياً ويستعمل كمخزن من الكالسيوم .

(٨) المغنسيوم — يوجد في رماد كل أجزاء النبات ولا سيما في رماد البزور ويشتمل رماد حبوب القمح على ١٢ ٪ تقريباً 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 لا تزال غامضة .

(٩) الحديد — مقدار الحديد الموجود فى النباتات الخضراء هو فى العادة قليل يندر أنه يزيد على ٠,٢ ٪ من الرماد . على أنه ضرورى جدا لتغذيتها إذ لا يمكن بغيره أن يتكوّن الغضير أى الكلور وفيل . ويوجد فى البزور مقدار كاف من الحديد لانتاج مقدار ما من الغضير، ولذلك فإن 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 الجوهري 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 جوهري 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 جوهريّة" 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 $\frac{1}{4}$ 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 في النباتات ذات المحاصيل الراقدة يشتمل في العادة على سليكون أكثر من قش النباتات القاتمة السوق وأنه أهش منها .

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

ويوجد الصوديوم على صورة كلورور شائعا في كل النباتات وأكثر مقدار منه يمتصه النباتات الهلوفيتية (Halophytic) التي تكثر في المستنقعات المالحة بالقرب من شواطئ البحار أو في الأراضي 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 الأتريپلكس (Atriplex) تتبع العائلة الرمرامية أو (Chenopodiaceae). وكثير من أنواع الفصيلة الصليبية مثل الكرنب إنما هو نسل من رتبة الهلوفيت. والهلليون هو مثل آخر من الرتبة المذكورة.

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

والعادة فى النباتات التى كالغلال وغيرها مما لا يزرع عادة بالقرب من البحر أن تقتلها المحاليل التى تشتمل على أكثر من ١ أو $\frac{1}{4}$ فى المائة من الملح . أما بنجر البحر وبعض أنواع الأترابكس فلا تتأثر بالمحاليل التى تشتمل على ٣ أو ٤ فى المائة من الملح .

الفصل الثالث عشر

الانتشار الغشائى (Osmosis) — امتصاص الماء

الانتشار الغشائى — إذا ربطت مثانة مائت بمحلول سكرى ، من فتحتها بخيط ثم وضعت فى إناء ملى 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 تمزق 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 المنوب فى المحلول السكرى وعلى درجة الحرارة التى تمرى فيها التجربة أيضا . فإذا كان المحلول مركزا حدث ضغط أعظم منه إذا استعمل محلول غير مركز وإذا كانت درجة الحرارة عالية كان الضغط أشد منه إذا كان المحلول على درجة واطئة .