

## الفصل التاسع عشر

### التنفس

التنفس العادى فى حضرة أوكسيجين الجوى المطلق — التنفس الهوائى من العمليات الفسيولوجية المعروفة التى تقوم بها الحيوانات عملية التنفس الذى يحدث فى أثناءه تبادل دائم فى الغازات بين جسم الحيوان والهواء المحيط به .

فيشهى الأوكسيجين فى الرئة ويزفر ثانى أوكسيد الكربون فى الجوى وما دامت الحياة موجودة فالتنفس مستمر ومن ثم كان من علامات الموت المحقق انقطاع هذه العملية .

على أن التنفس غير مقصور على الحيوانات بل هو أمر تقوم به كل النباتات العادية وهو ضرورى لبقائها كما هو ضرورى للحيوانات .

ومقدار التنفس وسرعته فى الحيوانات فى العادة أكثر بكثير منه فى النباتات ولكن العملية فى جوهرها واحدة فى هذين الفرقين من الكائنات العضوية ولا يخفى أن الحيوانات تموت إذا انقطع عنها مدد من الهواء النقى وكذلك الأمر فى النباتات فانها فى مثل هذه الظروف تلوح عليها علامات ضعف الصحة . وفى مزارع الحقول والبساتين العادية يحصل ما فوق الأرض من أجزاء النبات على ما يكفيه من الأوكسيجين لسد حاجاته جميعا ، ولكن يغلب فى الجذور أن يصيبها شديد الأذى من حاجتها الى مدد كاف من الهواء

النقى فى التربة ولذا كان مظهر عدم الصحة فى النباتات المغرقة بالماء ، فى أص  
أو فى مغل مزروع فى أرض سيئة الصرف ، راجعا على الأخص الى عدم كفاية  
مدد الأوكسيجين لجذورها . والبزور التى تدفن فى الأرض على مسافة بعيدة  
لا تحصل على هواء نقى كاف لصحة التنفس فاما أن لا تنبت وإما أن تنبت  
على حالة لا يرتاح لها .

وكل خلية حية فى جسم النبات تنفس ، وذلك أن الأوكسيجين اللازم  
لهذه العملية يمدّها به الهواء الذى يدخل من ثغور الأوراق ومن العديسات  
ويتخلل جسم النبات فى الخلال الخلوية .

وحواصل التنفس فى الظروف الطبيعية فى كل النباتات الراقية هى ثانى  
أوكسيد الكربون والماء . وبما أن كل كربون ثانى أوكسيد الكربون مشتق  
من المركبات الكائنة فى جسم النبات فظاهر أن عملية التنفس هى عملية  
اتلافية لا بد أن تؤدى الى نقص فى المادة الصلبة من النبات . وبوادر الغلال  
وكثير غيرها من أنواع النباتات تفقد ما يقرب من نصف مادتها الصلبة اذا  
هى تركت فى الظلام أسبوعين أو ثلاثة .

وعلى هذه الاعتبارات كان التنفس فى جوهره نقيض "عملية التمثيل" التى  
يجدث فيها تثبيت للكربون وزيادة فى مقدار المادة الصلبة فى النبات . وفضلا  
عن ذلك فإن التنفس يجرى فى كل الخلايا الحية سواء كانت فى ظلام أو  
فى نوراما "تثبيت الكربون" فأنما تقوم به الخلايا التى تشتمل على  
كلوروبلاستات اذا كانت متعرضة للضوء ويستهلك الأوكسيجين أثناء هذه  
العملية وينطلق ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء ولكن عملية تثبيت الكربون  
تستهلك فى النباتات الخضراء المعرضة للضوء من ثانى أوكسيد الكربون قدر

ما تنتجه عملية التنفس في الوقت نفسه عشرين أو ثلاثين مرة ولذلك يحدث أثناء سير العمليتين نقص في ثاني أكسيد الكربون وزيادة في أوكسيجين الجو ولا تظهر عملية التنفس واضحة إلا في الليل أو في الظلام . على أن التنفس سريع التبين في كل وقت فيما كان غير أخضر من أجزاء النبات كالجذور والأزهار والبرور النابتة .

والمركبات الكربونية التي تختفي أثناء سير هذه العملية هي الكربوايدرات كالنشأ وأنواع السكر والدهون . وأكسدة هذه المواد لا تحدث على درجة الحرارة العادية خارج النبات . والطريقة التي تستخدم هي بها داخل أنسجة النبات أثناء عملية التنفس لا تزال غير معروفة . والأكسدة تتوقف على البروتو بلازم وعليه ضبطها . إذ أنها تبطل إذا انقطعت الحياة . ومقدار التغيرات الكيماوية التي تجرى وكذا طبيعتها لا تتغير سواء بنقص مقدار الأوكسيجين في الجو المحيط نقصا شديدا أو بزيادته زيادة عظيمة .

وامتصاص الأوكسيجين وما يعقبه من اطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون هو المبدأ والنهاية لسلسلة طويلة من تغيرات كيماوية لا تزال أطوارها الوسطى غير معروفة . واختفاء النشأ وأنواع السكر والدهون وغيرها من المركبات العضوية أثناء التنفس ليس مسببا عن أكسدة بسيطة مباشرة ، فربما كان الأوكسيجين المتمص يؤكسد البروتو بلازم نفسه مباشرة فيستعمل المركبات الكربونية لتعويض ما فقد .

وتتوقف نسبة الأوكسيجين المتمص الى غاز ثاني أكسيد الكربون المخرج على قوة النمو وعلى المواد المستهلكة أثناء التنفس . وقد وجد في بعض النباتات أن هذه النسبة : حجم من ثاني أكسيد الكربون الناتج من حجم الأوكسيجين

المستهلك : كانت من القلة بحيث لم تبلغ إلا ٣,٠ في حين أنها بلغت في غيرها من العلو ١,٢

وحجم الأوكسيجين المأخوذ من الهواء أثناء تنفس طبيعى نشط في البزور الثابتة والدرنات والبصلات المشتملة على نشا وسكر وفي غالب النباتات الزهرية يساوى حجم ثانى أوكسيد الكربون الخارج ولكن حجم الأوكسيجين المستهلك في عملية التنفس التى تجرى أثناء انبات البزور التى تشتمل على دهون وزيوت أكبر من حجم ثانى أوكسيد الكربون الخارج اذ يظهر أن بعض الأوكسيجين الذى تمصه هذه البزور يستعمل فى أكسدة الدهون الى نوع ما من المواد الكربوايدراتية .

ولا يستطيع النبات أن يحتفظ بقواه الحيوية إلا بواسطة القوة التى تتولد من أكسدة المركبات فى عملية التنفس . والقوة الحيوية فى الحيوانات تنشأ شبيهة بتلك . فاذا امتنعت الأكسدة الفيسيولوجية امتنع النمو ووقفت حركة تيار البروتو بلازم فى الخلايا وعلقت حركات الأوراق والجذور وغيرها من آلات النبات .

وتتولد الحرارة فى كل الأحوال أثناء التنفس ويمكن ملاحظتها بسهولة فى ذوات الدم الساخن من الحيوانات . والأكسدة فى النباتات أقل تنشطا فى العادة بكثير منها فى الحيوانات . والحرارة المتولدة من القلة بحيث لا يمكن تبيين فرق فى درجة الحرارة بين النباتات الخضراء وبين درجة حرارة الهواء المحيط بها وفضلا عن ذلك فان تأثير التنفس المرطب فى النباتات الخضراء العادية المعرضة للهواء يخفى أى ارتفاع قليل فى درجة الحرارة المسببة عن التنفس . على أنه اذا كومت بزور أخذت فى الانبات حثيثا أو كومت أزهار أو براعم مسرعة

في التفتح فقد يلاحظ ارتفاع درجتين أو ثلاث عن درجة حرارة الجوف بواسطة وضع فقاعة مقياس الحرارة في خلالها .

ويتوقف مقدار التنفس على ظروف خارجية وداخلية بل أن نشاط العملية في مختلف أجزاء نبات واحد ليس سواء ففي كل الأجزاء الصغيرة الوافرة البروتوبلازم النامية نموا نشطا مثل البزور النابتة والبراعم والازهار المتفتحة تجرى عملية التنفس عنيفة ويلاحظ مثل ذلك في الأجزاء المقطوعة من النباتات. وفي البصلات الساكنة وكذلك الدرناات والبراعم الساكنة لا يلاحظ من التنفس إلا قليل وقد لا يلاحظ شيء بته . وفي البزور الجافة يبدو التنفس كأنما هو واقف وقد أمكن حفظ كثير منها اثني عشر شهرا في فراغ وفي تروجين وغيره من الغازات في ظروف تجعل التنفس مستحيلا ولكنها بعد تلك المعالجة أنبتت بسهولة .

وقد يرى التنفس على درجة التجمد المائي أو على درجة أو اثنتين تحتها حيث يقف النمو فاذا ارتفعت الدرجة زاد التنفس مطردا الى الدرجة التي يحدث فيها الموت وتقف العملية فجأة .

ويظهر أن ليس للضوء تأثير مباشر في التنفس . إذ أنه يستمر في الظلام كما في النور .

هذا وقد وجد بالتجربة أن عملية التنفس تحدث حدوثا طبيعيا حتى ولو كانت نسبة الأوكسيجين الموجود في الجوف قد نقصت الى ما دون نصف نسبه في الهواء .

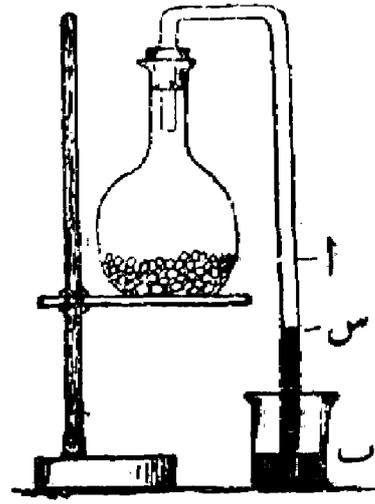
تج ١٢٩ : انقع حفنة أو اثنتين من بزور البازلاء أو الشعير في الماء مدة اثني عشرة ساعة ثم انسلها من الماء ودعها تنبت على ورقة نشاف مبللة مدة اثني عشرة ساعة أخرى . ثم ضعها

في قنينة واسعة الرقبة وسدها بفل وضعها في غرفة مظلمة داكنة . ثم احضر زجاجة مثلها ولا تضع فيها شيئاً وسدها ثم اتركها الى جانبها واتركهما اثنتي عشرة ساعة ثم ابحث بعد ذلك عن وجود ثاني أكسيد الكربون بواسطة ادخال عود ثقاب ملتهب أو غير ذلك في كل من الزجاجتين . فاذا كان هنالك غاز ثاني أكسيد الكربون انطلقاً عند الثقاب . وهي تجربة أخرى مشابهة لتلك واختبر عن وجود ثاني أكسيد الكربون بواسطة ماء الجير ثم صب ماء الجير هذا وهز الزجاجتين . فاذا كان هناك غاز ثاني أكسيد الكربون انقلب ماء الجير لبنياً .

تج ١٢٠ : املاً بعض زجاجة واسعة القم برزوس من الجعضيض (Sonchus) والمنتانون (Montanon) تكون صغيرة السن وتفتحت نصف تفتح . سد الزجاجة واتركها اثنتي عشرة ساعة وبعدها ابحث عن وجود غاز ثاني أكسيد الكربون كما سبق .

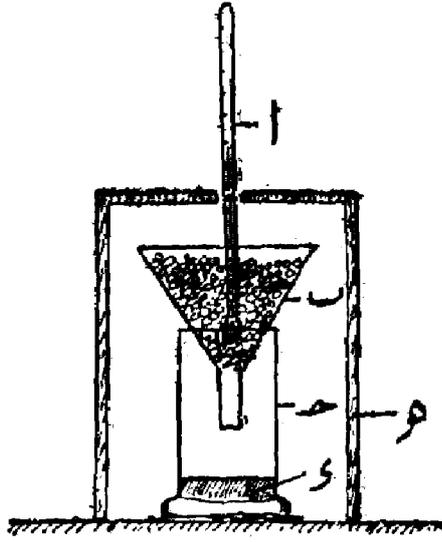
تج ١٣١ : أعد العناية السابقة واستعمل فراخاً مورقة خضراء وبراعم متفتحة وبصلات ودرينات وغيرها من أجزاء النباتات .

تج ١٣٢ : انقع بعض بزور من البازلاء مدة اثنتي عشرة ساعة وبعد غسلها من الماء اتركها تثبت على ورقة نشاف . بليلة بضع ساعات ثم ضعها في دورق مهيأ على محمل من محامل الأنابيق وفي القم سدادة كاوتشوك محكمة وأنبوبة زجاجية منعطفة . أدنى الدورق بيديك وأغمس الطرف المفتوح من الأنبوبة في كوبية ملئت من الزيت ثم اترك الجهاز مدة عشر دقائق أو عشرين والصق قطعة من الورق المصمغ على الأنبوبة (أ) عند نقطة سه التي يرتفع اليها الزيت في الأنبوبة واحفظ الجهاز بأجمعه في غرفة حرارتها واحدة مدة عشر ساعات أو اثنتي عشرة ولاحظ ارتفاع الزيت بعد انتهاء هذا الوقت . فاذا كان حجم الأوكسيجين المنتص مساوياً لحجم ثاني أكسيد الكربون المصعد بق الزيت عند نفس النقطة التي كان عندها في الأنبوبة (شكل ٧٩) .



أعد التجربة بزور زيتية مثل بزور الكتان واللفت . مع هذه البزور يرتفع الزيت في الأنبوبة اذ إن حجم الأوكسيجين الذي تمتصه هذه البزور أكبر من حجم ثاني أكسيد الكربون المصعد .

نح ١٣٣ : أين أن الحرارة تتولد أثناء تنفس البزور النابتة . انقع بعض بزور من البازلاء أو الشعير في الماء مدة بضع ساعات ثم اتركها تبدأ في الانبات على ورقة نشاف مبللة . ضع هذه



(شكل ٨٠)

البزور في قمع زجاجي كبير (ب) مغمورة في كوبة أو أنبوبة زجاجية (ج) تشمل على مقدار قليل من محلول قوى من البوتاسا (s) كما في (شكل ٨٠) واعمس في البزور فقاعة مقياس الحرارة (ا) على درجة نصف سنتيجراد . وغط الجميع غطاء غير محكم بلوحة من الورق المقوى (هـ) تاركاً فيها ثقباً للمقياس المذكور وللمقارنة هيء جهازاً مماثلاً لذلك الى جانب الأول وضع في القمع كرات من النشاف المتسوع في الماء بدلاً من البزور وقارن ما يصل اليه الزئبق في الترمومترين في كل منهما على ثلاثة أيام متوالية .

التنفس الأناروبي (Anærobic) أو التنفس البيني الجزيئي (Intramolecular) - اذا وضعت النباتات الحية أو أجزاء منها في جو خال من الأوكسيجين السائب استمرت على اعطاء غاز ثاني أوكسيد الكربون مدة ما قبل حدوث الموت . وتولد هذا الغاز أو اصعاده بواسطة الكائنات الحية في غياب الأوكسيجين السائب يسمى "تنفس أناروبي" أو "تنفس بيني جزيئي" وتتوقف المدة التي تعيش فيها النباتات في مثل هذه الظروف على نوع النبات ودرجة الشدة في نموه . وبوادر الذرة المنشطة في نموها تعيش وتستمر على اعطاء ثاني أوكسيد الكربون في غياب الأوكسيجين مدة اثنتي عشرة ساعة أو أربع عشرة على درجات الحرارة العادية : أما الفواكه الناضجة مثل الكلمري والتفاح فاتها تعيش عدة شهور في مثل هذه الظروف .

وفى غالب الأحوال يكون مقدار ثانى أوكسيد الكربون المتولد على هذه الصورة أقل بكثير من ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرج من النبات اذا هو تعرّض للهواء . على أن بوادر الفول وغيرها من النباتات تخرج نفس مقدار ثانى أوكسيد الكربون أو أكثر منه اذا هي وضعت فى جوّ خال من الأوكسيجين كما تفعل وهي نامية نمواً طبيعياً فى تربة مكشوفة للهواء .

وأثناء عملية التنفس البنى الجزئى تختفى المواد الكربوايدراتية والدهون من أنسجة النباتات كما يحدث فى عملية التنفس العادى فى وفرة من الأوكسيجين ولكن تولد ثانى أوكسيد الكربون يصحبه تكون كحول وغيره من المركبات وقد بلغ مقدار الكحول الناتج أثناء التنفس الأناروبى فى الشليك الناضج فى احدى تجارب العالم بريفلد (Brefeld) أكثر من ٢ فى المائة وفى بوادر البازلأ أكثر من ٥ فى المائة من وزنها وهي صابحة .

وفى حين أن النباتات الراقية غير قادرة على الاحتفاظ بمحويتها فى غياب الأوكسيجين السائب أكثر من مدة قصيرة نجد أن كثيرا من صور النباتات الدنيئة مثل نبات اليبسته والبكتيريا مستقلة غير متوقفة الحياة على الأوكسيجين السائب بل تستمر على البقاء والتكاثر بدونه .

## الفصل العشرون

### النمو

١ - النمو - قد رأينا فى فصل سابق أنه يوجد عند قمة الساق أو الجذر من النبات الأخضر العادى منطقة تكوينية (Formative Region)