الفصل التاسع عشر

التنفس

التنفس العادى فى حضرة أوكسيجين الجو المطلق — التنفس الهوائى

من العمليات الفسيولوچية المعروفة التى تقوم بها الحيوانات عملية التنفس الذى يحدث فى أثنائه تبادل دائم فى الغازات بين جسم الحيوان والهواء المحيط به .

فيشهق الأوكسيچين فى الرئة و يزفر ثانى أوكسيد الكربون فى الجو 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 الفرقتين من الكائنات العضوية ولا يخفى أن الحيوانات تموت اذا انقطع عنها مدد من الهواء النقى وكذلك الأمر فى النباتات فانها فى مثل هـــذه الظروف تلوح عليها علامات ضعف الصحة . وفى مزارع الحقول والبساتين العادية يحصل ما فوق الأرض من أجزاء النبات على ما يكفيه من الأوكسيچين لسدّ حاجاته جميعا ، ولكن يغلب فى الجذور أن يصيبها شديد الأذى من حاجتها الى مدد كاف من الهواء

النق فى التربة ولذا كان مظهر عدم الصحة فى النباتات المغرقة بالمـاء ، 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 بعيـدة 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 تتنفس ، وذلك أن الأوكسيجين اللازم لهذه العملية يمدها به الهواء الذى يدخل من ثغور الأوراق ومن العديسات ويتخلل جسم النبات فى الخلال الخلوية .

وحواصل التنفس فى الظروف الطبيعية فى كل النباتات الراقيـة هى ثانى أوكسيد الكربون والمـاء . وبمـا أن كل كربون ثانى أوكسيد الكربون مشتق من المركبات الكائنـــة 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 الصـلبة اذا هى تركت فى الظلام أسبوعين أو ثلاثة .

وعلى هذه الاعتبارات كان التنفس فى جوهره نقيض "عملية التمثيل" التى يحدث فيها تثبيت للكربون وزيادة فى مقدار المـادة الصلبة فى النبات . وفضلا عن ذلك فان التنفس يجـرى فى كل الخلايا الحية ســواء كانت فى ظلام أو فى نور اما "تثبيت الكربون" فانمـا تقوم به الخلايا التى تشـتمل على كلوروبلاستات اذا كانت متعرضة للضوء ويستهلك الأوكسيجين أثنـاء هذه العملية وينطلق ثانى أوكسيد الكربون فى الهواء ولكن عملية تثبيت الكربون تستهلك فى النباتات الخضراء المعرضـة للضوء من ثانى أوكسيد الكربون قدر

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

والمركبات الكربونية التى تختفى أثناء سير هذه العملية هى الكربوايدراتات كالنشا وأنواع السكر والدهون . وأكسدة هذه المواد لا تحدث على درجة الحرارة العادية خارج النبات . والطريقة التى تستخدم هى بها داخل أنسجة النبات أثنـاء عمليـة التنفس لا تزال غير معروفة . والأكسدة تتوقف على البروتوبلازم وعليه ضـبطها . اذ أنها تبطل اذا انقطعت الحياة . ومقـدار التغـيرات الكيماوية التى تجرى وكذا طبيعتها لا تتغير سـواء بنقص مقدار الأوكسيجين فى الجو المحيط نقصا شديدا أو بزيادته زيادة عظيمة .

وامتصاص الأوكسيجين وما يعقبه من اطلاق غاز ثانى أوكسيد الكربون هو المبدأ والنهاية لسلسلة طويلة من تغيرات كيماوية لا تزال أطوارها الوسطى غير معروفة . واختفاء النشا وأنواع السكر والدهون وغيرها من المركبات العضوية أثناء التنفس ليس مسببا عن أكسدة بسيطة مباشرة ؛ فربمـا كان الأوكسيجين الممتص يؤكسد البروتوبلازم نفسه مبـاشرة فيستعمل المركبات الكربونية لتعويض ما فقد .

وتتوقف نسبة الأوكسيجين الممتص الى غاز ثانى أوكسيد الكربون المخرج على قوة النمو وعلى المواد المستهلكة أثناء التنفس . وقد وجد فى بعض النباتات أن هذه النسبة : حجم من ثانى أوكسد الكربون الناتج من حجم الأوكسيجين

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

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

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 الفيسيولوچية امتنع النمو ووقفت حركة تيار البروتوپلازم 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 تبين 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

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

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

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

ويظهر أن ليس للضوء تأثير مباشر فى التنفس . اذ أنه يستمر فى الظلام كما فى النور .

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

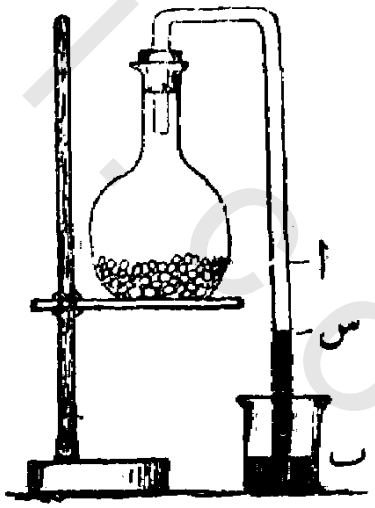
تج ١٢٩ : انقع حفنة أو اثنتين من بزور البازلاء أو الشعير فى الماء مدة اثنتى عشرة ساعة ثم انشلها من الماء ودعها تنبت على ورقة نشاف مبللة مدة اثنتى عشرة ساعة أخرى . ثم ضعها

فى قنينة واسعة الرقبة وسدها بفل وضعها فى غرفة مظلمة دافئة . ثم احضر زجاجة مثلها ولا تضع فيها شيئا وسدها ثم اتركها الى جانبها واتركهما اثنتى عشرة ساعة ثم ابحث بعد ذلك عن وجود ثانى أوكسيد الكربون بواسطة ادخال عود ثقاب ملتهب أو غير ذلك فى كل من الزجاجتين . فاذا كان هناك غاز ثانى أوكسيد الكربون انطفأ عود الثقاب . وهي تجربة أخرى مشابهة لتلك واختبر عن وجود ثانى أوكسيد الكربون بواسطة ماء الجير ثم صب ماء الجير هذا وهز الزجاجتين . فاذا كان هناك غاز ثانى اوكسيد الكربون انقلب ماء الجير لبنيا .

تج ١٣٠ : املأ بعض زجاجة واسعة الفم برؤوس من الجعضيض (Sonchus) والمنتانون (Montanon) تكون صغيرة السن وتفتحت نصف تفتح . سد الزجاجة واتركها اثنتى عشرة ساعة وبعدها ابحث عن وجود غاز ثانى أوكسيد الكربون كما سبق .

تج ١٣١ : أعد العملية السابقة واستعمل فراخا مورقة خضراء وبراعم متفتحة وبصلات ودرنات وغيرها من أجزاء النباتات .

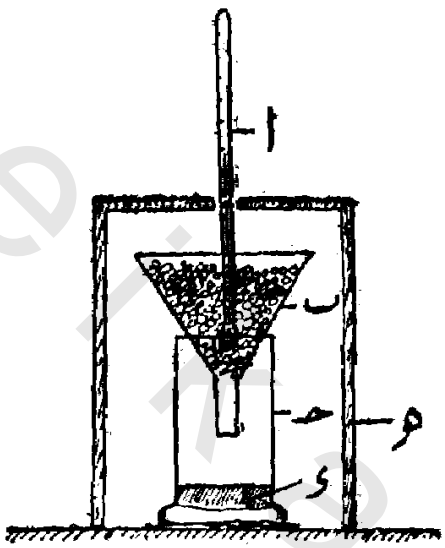
تج ١٣٢ : انقع بعض بزور من البازلاء مدة اثنتى عشرة ساعة وبعد نشلها من الماء اتركها تنبت على ورقة نشاف مبللة بضع ساعات ثم ضعها فى دورق مهيأ على محمل من محامل الأنابيق وفى الفم سدادة كاوتشوك محكمة وأنبوبة زجاجية منعطفة . أدفئ الدورق بيديك واغمس الطرف المفتوح من الانبوبة فى كوبة ملئت من الزئبق ثم اترك الجهاز مدة عشر دقائق أو عشرين والصق قطعة من الورق المصمغ على الأنبوبة (ا) عند نقطة سه التى يرتفع اليها الزئبق فى الأنبوبة واحفظ الجهاز بأجمعه فى غرفة حرارتها واحدة مدة عشر ساعات أو اثنتى عشرة ولاحظ ارتفاع الزئبق بعد انتهاء هذا الوقت . فاذا كان حجم الأوكسيجين الممتص مساويا لحجم ثانى أوكسيد الكربون المصعد بق الزئبق عند نفس النقطة التى كان عندها فى الأنبوبة (شكل ٧٩) .



(شـــكل ٧٩)

أعد التجربة ببزور زيتية مثل بزور الكتان واللفت . مع هذه البزور يرتفع الزئبق فى الأنبوبة اذ إن حجم الأوكسيجين الذى تمتصه هذه البزور أكبر من حجم ثانى أوكسيد الكربون المصعد .

تج ١٣٣ : أبن أن الحرارة تتولد أثناء تنفس البزور النابتة . انقع بعض بزور من البازلاء أو الشعير فى الماء مدة بضع ساعات ثم اتركها تبدأ فى الانبات على ورقة نشاف مبللة . ضع هـذه البزور فى قمع زجاجى كبير (ب) محمولة فى كوبة أو أنبوبة زجاجية (حـ) تشتمل على مقدار قليل من محلول قوى من البوتاسا (ى) كما فى (شكل ٨٠) واغمس فى البزور رفقاعة مقياس الحرارة (ا) على درجة نصف سنتيجراد . وغط الجميع غطاء غير محكم بلوحة من الورق المقوى (هـ) تاركا فيها ثقبا للقياس المذكور وللمقارنة هيىء جهازا مماثلا لذلك الى جانب الأول وضـع فى القمع كرات من النشاف المنقوع فى الماء بدلا من البزور وقارن ما يصل اليه الزئبق فى الترمومترين فى كل منهما على ثلاثة أيام متوالية .



(شـــكل ٨٠)

التنفس الأناروبى (Anærobic) أو التنفس البـينى الجـزيئى (Intramolecular) — اذاوضعت النباتات الحية أوأجزاء منها فى جو خال من الأوكسيچين السائب استمرت على اعطاء غاز ثانى أوكسيد الكربون مدة ما قبل حدوث الموت . وتولد هذا الغاز أو اصعاده بواسطة الكائنات الحية فى غياب الأوكسيچين السائب يسمى "تنفس أناروبى" أو "تنفس بينى جزيئى" وتتوقف المدة التى تعيش فيها النباتات فى مثل هذه الظروف على نوع النبات ودرجة الشدة فى نموه . وبوادر الذرة المتنشطة فى نموها تعيش وتستمر على اعطاء ثانى أوكسيد الكربون فى غياب الأوكسيچين مدة اثنتى عشرة ساعة أو أربع عشرة على درجات الحرارة العادية : أما الفواكه الناضجة مثل الكمثرى والتفاح فانها تعيش عدة شهور فى مثل هذه الظروف .

وفى غالب الأحوال يكون مقدار ثانى أوكسيد الكربون المتولد على هـذه الصورة أقل بكثير من ثانى أوكسيد الكربون الذى يخرجه نفس النبات اذاهو تعرّض للهواء . على أن بوادر الفول وغيرها من النبـاتات تخرج نفس مقدار ثانى أوكسيد الكربون أو أكثر منه اذا هى وضعت فى جوّ خال من الأوكسيچين كما تفعل وهى نامية نموّا طبيعيا فى تربة مكشوفة للهواء .

وأثنـاء عملية التنفس البينى الجزيئى تختفى المواد الكربوايدراتية والدهون من أنسجة النباتات كما يحدث فى عملية التنفس العادى فى وفرة من الأوكسيچين ولكن تولد ثانى أوكسـيد الكربون يصحبه تكوّن كؤول وغيره من المركبات وقد بلغ مقدار الكؤول الناتج أثناء التنفس الأناروبى فى الشليك الناضج فى احدى تجارب العالم بريفلد (Brefeld) أكثر من ٢ فى المـائة وفى بوادر البازلاء أكثر من ٥ فى المـائة من وزنها وهى صابحة .

وفى حين أن النباتات الراقيـة غير قادرة على الاحتفاظ بحيويتها فى غياب الأوكسيچين السائب أكثر من مدة قصيرة نجـد أن كثيرا من صور النباتات الدنيئة مثل نبات اليستـه والبكتيريا مستقلة غير متوقفة الحياة على الأوكسيچين السائب بل تستمر على البقاء والتكاثر بدونه .

الفصل العشرون

النمـــو

١ — النمو — قد رأينا فى فصل سابق أنه يوجد عند قمة الساق أو الجذر من النبات الأخضر العـادى منطقة تكوينيـــة (Formative Region)