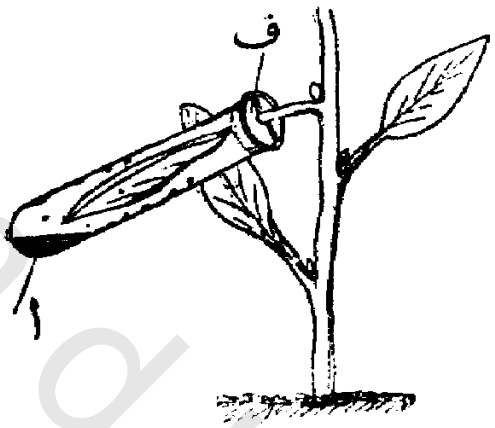
الفصل الرابع عشر

النتـــح

النتح (Transpiration) — تيار النتح (Transpiration Current)

النتح — اذا حصرت ورقة من نبات الطرطوفة النامى فى أنبوبة تجربة واســعة فى يوم ضــاح دافئ كما فى (شكل ٧٥) وسد طرف الأنبوبة بسدادة فل مشقوقة (ف) أو بشئ من القطن المندوف لوحظ أن داخل الأنبوبة يتغطى على عجل بطبقة من المـاء على شـكل نقط الندى وهذه تتساقط وتجتمع فتكوّن مقدارا ليس بضئيل كما هو مبين فى (ا) .



(شـــكل ٧٥)

من كل أجزاء نباتات الارض العادية يستمر فقد الماء فقدا خفيا على صورة بخار فاذا لم تتخذ الوسائل لجمع المـاء بطريقة ما أشبه بالطريقة السابق شرحها لم يسهل ادراك مسألة انطلاق المـاء من النباتات الى الهواء . ويسمى تصاعد المـاء على صورة بخار من النباتات الحية "بالنتح". وليس النتح مجرد عملية فوسيقية من التبخر أو الجفاف كما يحدث عند ما يتعرض الى الهواء منديل مبلل ولكنه عمليـة فيسيولوجية يضبطها بروتو بلازم النبات الى حدما وان كانت متأثرة بظروف خارجية. وتفقد أجزاء النباتات من الماء وهى ميتة أكثر مما تفقده وهى حية .

وقد وجد الأستاذ هياس (Hales) أن مقدار المـاء الذى يتنفسه نبات من عباد الشمس طوله ثلاثة أقدام ونصف يبلغ عشرين أوقية انجليزية فى اثنتى عشرة ساعة وأن مقدار الذى يصعده نبات الكرنب العادى فى مثل هذا الزمن ١٥ أوقية تقريبا وعلى ذلك فمقدار ما يخرجه فدان من الكرنب فى اليوم يبلغ ثلاثة طنات أو أربعة ولما كان المـاء المفقود من الأجزاء العليا من النباتات انما يعوضه المـاء المستمد من التربة فانه لامشاحة فى أن الأرض التى تحمل على ظهرها المغل تكون أخف من الأرض البور ..

واذا استمر النتح على نسـبة أكبر من نسبة امتصاص الجذر فان حالة الانتفاخ التى تكون عليها الخلايا تنقص كثيرا أو قليلا ويعقبها الذبول . ولا تحدث حالة الذبول هذه عادة فى التربة الجافة المشتملة على مقدار قليل جدا من المـاء فى المناخات الحارة الشديدة وهج الشمس وحدها بل لقد تحدث فى الترب العـادية حتى ولو كانت الجذور مجدة فى امتصاص مايكفى حاجة النباتات من المـاء اذا نقص الوهج وقلت درجة الحرارة وخففت الظروف التى تدعو الى فرط النتح .

ولا يتحتم أن يفيد الذبول أن المـاء لايدخل النبات . وانما هو علامة على أن المـاء الذى يفقده النبات أكثر مما يأخذه .

ويؤذى عملية امتصاص المـاء مايحدث للنبات من الأضرار الميكانيكية فى مناطق الامتصاص من الجذر عند شـتلها وكذا الاضرار التى تصيبه من غشيان الحشرات وهبوط درجة حرارة التربة تحت الدرجة التى يستطيع الجذر عندها أن يقوم بوظيفته . وزد على ذلك أن عدم كفاية مدد الهواء للجذر كما يحدث حينما يكون الجذر فى أرض مغدقة تمنع انتظام الامتصاص وربما أحدثت استرخاء وهزالا للأوراق .

ويشاهد فى كل أنواع النباتات ولا سيما فى فصائلها التى تعيش فى المواقع الجافة ملاءمات متنوعة تدعو الى منع سرعة فقد المـاء .

وتؤثر طبيعة الجدر الخلوية الخارجية من مختلف أجزاء النباتات فى السرعة التى تجرى بهـا عملية النتح . وفقدان المـاء من الخلايا ذات الجدر المسوبرة (Suberised) والمكوتنـة (Cutinized) قليل وعلى ذلك فالنتح الناتج من سوق التين الشوكى والودنة ومن كثير من أنواع الفواكه كالتفاح والكمثرى ذات الاديم التامة النمو وكذا من السوق والدرنات المغطاة بنسيج فلى وقشر، والقرع والبطاطس وكثير غيرهما من أنواع التفاح المشتمل على نسـبة كبيرة من المـاء تبقى مقدارا عظيما منه مدة عدة أسابيع وربمـا طالت شهورا .

ويساعد على منع فرط النتح وجود غطاء من الشعيرات الصوفية على الأوراق وغيرها من أجزاء النبات . وانفراز طبقة شمعية على ظاهر قشرة كثير من الأوراق كأوراق الكرنب والبصل وعلى الفواكه كالبرقوق والأعناب يفعل ذلك أيضا وقد دلت التجارب على أن هـذه الطبقة الشمعية اذا مسحت عن الأوراق والفواكه كان فقد المـاء منها أكثر منها اذا لم يمس .

ومقـدار ما يسمى "بالنتح الأديمى" (Cuticular Transpiration) أو الفقد الذى يحصل من خلال الجدر الخلوية الخارجية من الاوراق والسوق والأجزاء المعرضـة للهـواء عادة هو فى كل الأحوال ضئيل إلا فى الأعضاء الصغيرة السن التى لم يتم تكوتن خلاياها القشرية .

وأهم ما يكون من انطلاق المـاء انمـا يحـدث "بالنتح الثغرى" (Diastomatic) أى بفقده من خلال فتحات الثغور وبمـا أن هذه الثغور انمـا يكثر وجودها على الأوراق لذا نعتبر الأوراق أهم آلات النتح .

والخلايا البرنشيمة الاسفنجية من الورقة (يف . شكل ٦٥) جدر غير مكوتنة تسمح بمرور بخار الماء الى المسافات المابينية ومنها ينطلق خارجا من الثغور (ث) .

والعادة أن يكون وجود الثغور أكثر على السطوح السفلى من الأوراق العادية ويمكن أن يبين (تجربة ١٠٧) أن النتح فى مثل هذه الأحوال انما يغلب فى الجوانب السفلى .

والنبات ذات الأوراق الكبيرة تنتح فى العادة وتحتاج الى مقدار عظيم من الماء لتمام نموها إلا اذا كانت سطوحها محمية بصفة خاصة بأديم كثيف وتوجد هذه الأوراق فى المواقع الرطبة التى لا تلائم العرق والتى يحتاج الأمر فيها تبعا لذلك الى سطح عارق كبير تستطيع أن تتخلص به من الماء الزائد فاما أوراق النباتات المهيأة للعيشة فى المواقع الجافة فهى فى الغالب صغيرة وضيقة وسطحها الناتح مختزل فى الغالب الى نهايته الصغرى .

وفى النتح الثغرى من ورقة ، وساق يضبط انفتاح الشق الكائن بين خليتى الثغر الحارستين وانقفاله (ا . شكل ٦٤) مقدار بخار الماء المنطلق وبانتفاخ هاتين الخليتين يستدل الناظر على انتفاخ الشق أو انقفاله . فاذا كانتا زائدتى الانتفاخ مالت احداهما عن الأخرى منحنية ولاحت الفتحة أوسع ما تكون فاذا استرختا استقامتا ونقصت الفتحة الكائنة بينهما حتى تتلامس الأطراف السائبة من الخليتين وتسد الثقب سدا .

وانتفاخ الخلايا الحارسة وامكان انطلاق البخار المائى من الورقة تبعا لذلك تؤثر فيه الظروف الداخلية والخارجية ولا يعرف عن طبيعة الظروف الحيوية الداخلية إلا قليل ، إلا أنه عند مايكون فقد الماء مفرطا بحيث لا يعوض عنه

بواسطة الامتصاص من التربة تأخذ الثغور فى الانسداد قبـل أن يلاحظ حدوث الذبول الفعلى .

وأهم الظروف الخارجية التى تؤثر فى عملية النتح هى مايلى :

(١) مقدار شدة الضوء الذى يتعرض له النبات .

(٢) المحتوى المـائى (water-content) الذى فى الجو المحيط .

(٣) درجة حرارة الهواء والتربة .

(٤) حركة الهـــواء .

(٥) المحتوى المائى فى التربة وتركز (Concentration) المواد الموجودة فى المحاليل التى يمتصها النبات وكذا الطبيعة الكيماوية لهذه المواد .

(١) فى الليل وفى الغرف التى يحدث فيها الظلام تنتح النباتات قليلا . فأما اذا كانت فى منتشر ضوء النهار فانه يلاحظ زيادة فى النتح ولكنها اذا تعرضت الى وهج نور الشمس كان مقدار المـاء المنطلق عظيما . وقد وجد فى احدى تجارب ويزنر (Weisner) أن ١٠٠ سـ م م من السطح الورقى لنبات ذرة مستوفى الانبات أطلقت فى الظلام ٩٧ ملليجراما من الماء فى الساعة وفى منتشر ضوء النهار ١١٤ ملليجراما وفى ضوء الشمس ٧٨٥ .

والعادة أن انتفاخ الخلايا الحارسة يزداد بتأثير الضوء فينفتح الثقب الثغرى وبذا يستطيع البخار المـائى أن ينطلق حرا من الورقة . وأثر الضوء فى النتح مستقل عن تأثير الحرارة التى تصحبه عادة على أنه ليس متصلا مجرد اتصال بازدياد انفتاح الثغور الواقعة تحت تأثيره اذ تلاحظ مثل هذه الزيادة من النتح اذا تعرض الفطر الذى ليس له ثغور للضوء المفرط فى شدته . فالضوء كما

يظهر انما يعمل كمؤثر مباشر فى البروتوبلازم يجعله أقبل لنفوذ ماء العصارة الخلوية منه. هذا ولا بد من ملاحظة أن النور يؤثر فى عملية النتح تأثيرا غير مباشر بواسطة تنويع بناء الأنسجة وتركيب الجدران الخلوية إذ النباتات النامية فى المواقع المعرضة للنور تعرضا تاما ، يزداد فيها نمو الأديم وتنقص المسافات الخلالية الكائنة فى باطن الأوراق عما هو الحال فى النباتات النامية فى المواقع المظللة ويكون نتح الماء من الأولى أقل منه فى الثانية .

(٢) اذا كان الهواء مشبعا كما يكون فى اليوم الغائم أو الصوبات (Green Houses) الرطبة يكاد النتح يمتنع امتناعا كليا. فأما اذا كان الجو جافا فانه يدعو الى فقد الماء حتى ولو كان الجو باردا . وربما كان الضرر الذى يحدث للأوراق الغضيضة ، وغيرها من الأجزاء التى هى قريبة العهد بالانبساط ، على درجات الحرارة الواطئة من زمن الربيع انما يحدث من جفاف الجو كما يحدث من برودته .

(٣) قد وجد أن بعض النباتات تنتح قليلا على درجات تحت درجة التجمد فاذا رفعت الدرجة بين حدود معلومة ازدادت سرعة انفتاح الثغور بل لقد يزداد النتح فى أجزاء ليس بها هذه الثغور .

(٤) النباتات التى تتعرض لتيارات قوية من الهواء تفقد من مائها مقادير عظيمة حتى ولو كانت الثغور مقفلة .

(٥) اذا حدث نقص كبير فى ماء التربة التى زرع فيها نبات ، ترتب على ذلك نقص فى نتحه .

وقد وجد ساكس (Sacks) وغيره أن المقادير القليلة من القلويات والبوتاسا والصودا والنوشادر تدعو الى زيادة النتح . أما الأحماض فتنقصه .

تج ١٠٤ : اجمع الماء الذى يخرج من ورقة عباد الشمس فى أنبوبة على الصفة المشروحة فى شكل (٧٥) .

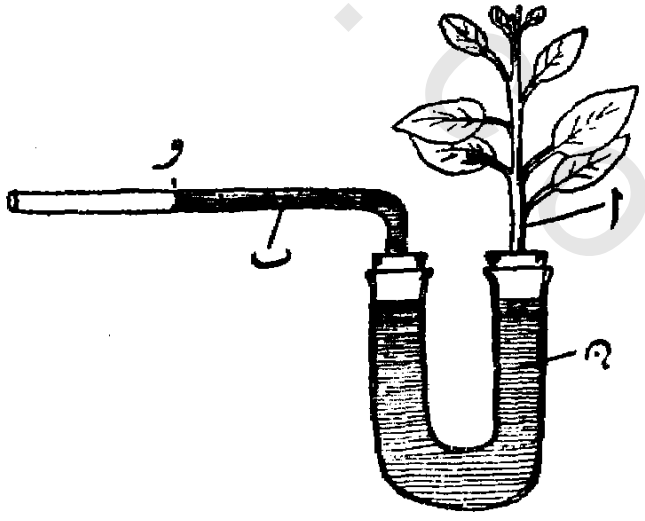
تج ١٠٥ : (ا) خذ ثلاثة دوارق يسع كل منها ١٠٠ أو ١٥٠ سم م وصب فى كل منها ماء حتى تمتلىء ثلاثة أرباعها .

واقطع فرعين متساويين من شجرة تفاح طول كل فرع قدمان وأزل الأوراق عن أحدهما وضع الفرعين فى دورقين منفصلين وبعد تعليم حد الماء فى كل منهما بقطعة من الورق المصمغ عرّض الدوارق الثلاثة فى نافذة معرضة للضوء جيدا أو خارج المكان . واصبر عليها ست ساعات ثم انظر مقدار ما فقد من الماء فى كل . وانظر أى الفروع نتح أكثر .

(ب) لامكان معرفة المفقود من الماء معرفة أدق من السابقة زن كل دورق على حدة وزن الفروع كذلك عند بدأ التجربة وبعدها مباشرة . هنا يلاحظ أن الماء الذى أخذه الفرع المورق لايمتص فى مادته فقط بل تنتحه الأوراق بعد ذلك إذ أن وزنه فى أول العملية ونهايتها واحد تقريبا ، وان كان وزن الماء المفقود من الدورق عظيما .

(حـ) أعد التجربة وضع الجهاز فى غرفة مظلمة .

تج ١٠٦ : يمكن اظهار النتح من فرخ ما بواسطة تهيئته كما فى شكل (٧٦) . ادفع الفرخ الشحم المقطوع (ا) فى سدادة فل مثقوبة . ويجب أن يكون الفرخ بحيث يملا الثقب ملأ وأن يتدلى منه قليلا . واملا الأنبوبة المتوازية (U) (ن) بالماء ملأ كاملا ثم ضع السدادة والفرخ فى أحد طرفى الأنبوبة ولاحظ أن يكون الطرف الثانى مملوءا بالماء ملا كاملا ثم ضع فيه سدادة بأنبوبة ملوية (ب) هنا يندفع بعض الماء على استطالة الأنبوبة الملوية الى نقطة (و) فتعلم بورقة مصمغة . وهيء الجهاز حتى تكون الأنبوبة (ب) أفقية وعرضة لنور مشرق هنا يحدث نتح من أوراق الفرخ يؤدى فى الحال الى تراجع الماء على استطالة الأنبوبة (ب) .



(شـــكل ٧٦)

ولا بدأن تكون مفاصل الجهاز محكمة لاينفذ منها الهواء كما أنه يجب أن لايبقى فى الأنبوبة (ب) أى شئ من الفقاعات الهوائية .

تج ١٠٧ : يمكن بيان الفرق فى النتح الحادث من سطحى الورقة حيث يكون فى أحد السطحين من المسام عدد أكثر بكثير مما فى الثانى بوضع الورقة بين ورق نقع فى محلول كلورور الكوبالت وجفف .

اعمل محلولا قوته ثلاثة فى المائة من كلورور الكوبالت وانقع فيه بعض قطع من ورق النشاف أو من ورق الترشيح المدور . ثم اترك هـذا الورق يجف فى الهواء . والعادة فى كلورور الكوبالت أنه اذا كان رطبا كان قرنفلى اللون فى الورقة ولكنه اذا جفف كان أزرق زاهيا . فاذا تشرب قليلا من المـاء من الهواء أوغيره عاد قرنفليا كما كان .

ضع ورقة من الفاصوليا (Scarlet Runner) بين قطعتين من ورق كلورور الكوبالت الأزرق أى الجاف . وضع الكل بين لوحين من الزجاج . لمنع امتصاص المـاء من الهواء وبعد ربع ساعة افحص الأوراق ولاحظ أى الورقتين أكثر احمرارا وأين هى من الورقة النباتية .

أعد التجربة بأوراق الزنبق (Lilac) والكمثرى والبرقوق وغير ذلك من النباتات .

تج ١٠٨ : لابانة تأثير غطاء من الفـل فى منع فقد المـاء بواسطة النتح خذ بطاطستين متسـاويتى الحجم ما أمكن . قشر احداهما وزن كل منهما على حدة واتركهما معرضتين للهواء مدة ساعتين وزنهما بعد ذلك لمعرفة أيتهما قد فقدت من مائها أكثر .

بين بالطريقة المذكورة أنه عند ما تزال قشرة تفاحة يحدث فقد المـاء أكثر وأسرع مما اذا أبقيت القشرة .

تيار النتح — فرط فقد المـاء من النباتات بواسطة العرق ينتهى على عجل باسترخاء الأوراق وموتها اذا لم يمتص ماء أكثر من المفقود ليعوض عن المـاء الذى أطلق والامتصاص اللازم يحدث فى الجذور بالطريقة التى سبق شرحها وتوجد بين الشعيرات الجـذرية حيث يدخل المـاء وبين الأوراق حيث يخرج أكثره الى الهواء حركة تيار من المـاء مستمرة الى أعلى فى خلال الجذر والساق من النبات الحى ويسمى هذا التيار من المـاء "بتيار النتح" .

بواسطة هذا التيار تبقى حالة انتفاخ الخلايا الحية فى أجزاء النبات الحية ومهمة هذا التيار حمل مدد دائم من المواد الغذائية من التربة . والماء الممتص بواسطة الجذر يشتمل على مواد شتى جوهرية لتغذية النبات وهذه الأوراق تنتقل الى خلايا الأوراق وغيرها من الأعضاء حيث تترك غير مستعملة ولا ينطلق إلا الماء النقى فى عملية النتح . وزد على ذلك أنه يلاحظ أن الشرائط التى تدعو الى تنشط النتح وسرعة حركة الماء أى ارتفاع درجة الحرارة والتعرض لضوء النهار هى الشرائط الجوهرية اللازمة لتكوين المواد العضوية من المواد الزادية . ولاستعمال الزاد فى عملية التغذية التى يقوم بها النبات .

وانتقال الماء فى كل أجزاء النباتات من خلية الى خلية بواسطة الانتشار الغشائى البسيط هو من البطء الشديد بحيث لا ينفع فى مدّ الأجزاء العليا من النباتات ، حيث يحدث فقد الماء بسرعة بالمدد الكافى . أما تيار النتح فيسير أسرع من ذلك كثيرا . فقد وجد انه يسير فى النباتات العشبية بسرعة خمس أقدام الى ست فى الساعة عند ملاءمة شرائط النتح وفى أكثر النباتات يكون أقل من ذلك . أما السبيل الذى يسلكه الماء فى النبات فهو زيلمه . فأما كونه لا يحمله نخاع الشجرة فظاهر من أن كثيرا من الأشجار تقوم بوظائفها بعد ازالة نخاعها وصيرورة مركزها خاليا متحللا .

كما أنه من السهل اثبات أن القلف واللحاء لا يوصلان هذا التيار السريع الى أعلى إذ أنه بعد ازالة قطعة حلقية الشكل من الأنسجة ضيقة الى حد الكامبيوم من دائر الفرع لا تذبل الأوراق الكائنة فوق الموضع الذى أزيل عنه القلف والفلويم .

وقد أثبت بتجارب عدّة أن التيار يسير فى أصغر الحلقات السنوية أى الخارجية من السوق الخشبية . وعلى أكثر ما يكون فى فراغات الأوعية

والقصيبات ان لم يكن سيره مقصورا عليهما . أما خشب القلب فلا يوصل الماء وإنما يقوم مقام مسند ميكانيكى للشجر .

وبوضع السوق المقطوعة من النباتات العشبية والأعناق والأوراق فى محاليل ملونة من بعض الأصباغ ثم عمل قطاعات من السوق بعد ذلك فى فترات متعددة وتعريضها للضوء يلاحظ أن المحاليل تسير فى الحزم الوعائية اذ تنصبغ . فأما بقية الأنسجة فتبقى بلا لون مدة ما بعد إذ تتلون الحزم .

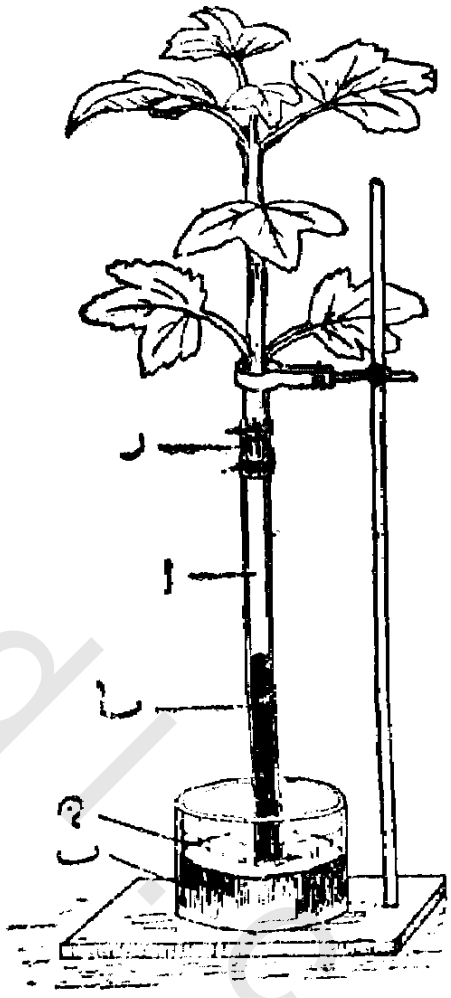
أما سبب تحرك الماء خلال النبات أو القوة التى تدفع تيار النتح فقد كان موضوع بحث طويل مدة نيف وقرن . على أنه لا يمكن أن يعطى تفسير يلم بوقائع الحال فان القوة الانتشارية فى الخلايا الحية من الجذر والساق ، تلك القوة التى تؤدى الى حدوث الضغط الادمائى ، والجذب الانتشارى من المواد الموجودة فى خلايا الورق البرنشيمية ذلك الجذب الذى يؤدى الى نشوء قوة ماصة تسحب الماء من الحزم الوعائية ، يساعدان على احداث حركة سريعة لسير الماء فى النبات وقد تكون هاتان القوتان المعتمدتان على تنشط الخلايا الحية فى النباتات العصيرية كافية للابانة عن حركة تيار النتح ولكن إيصال الماء الى قمة الأشجار العالية جدا لا يمكن تفسيره فى هذا المقام تفسيرا مرضيا .

تج ١٠٩ : (أ) اغمس عنق ورقة من نبات جرانيوم الحدائق فى محلول يوسين مخفف أو محلول مداد أحمر وضع الجميع فى مكان ضاح . وبعد ساعة ارفع الورقة فى النور وافحصها بالعين المجردة أو بعدسة جيب . هنا يرى أن المحلول قد امتص منه وسار فى الحزم الوعائية وهذه تشاهد مصبوغة حمراء . اقطع شرائح رقيقة من العنق وانظر اليها بعدسة ولاحظ أن المحلول لم ينتشر فى الأنسجة المحيطة بالحزم الوعائية كثيرا .

(ب) أعد التجربة على أوراق أخرى وعلى سوق عشبية ورقية أخرى .

(ج) أغمس الحوامل الزهرية من زهرات كرنبة وبجلة وداتورة وغيرذلك من حوامل الأزهار فى المحلول ولاحظ أن الحزم الوعائية الرقيقة فى البتلات تنصبغ حمراء .

تج ١١٠ : أزل حلقة عرضها نصف بوصة من فرع شجرة فى الصيف ولاحظ أن الأوراق الموجودة فوق القطع لا تذبل .



(شـــكل ٧٧)

تج ١١١ : لاباتة أن للفرخ المفرط فى النتح قوة امتصاص عظيمة هيئ فرخ جميز أو طرطوفة كما فى شكل (٧٧) وخذ قطعة من أنبوبة صمغية مرنة (ر) طولها بوصتان تقريبا وثبت طرفا منها فى طرف الفرخ وضع الثانى فى أنبوبة زجاجية (ا) واربط الأنبوبة الصمغية بالفرخ ربطا محكما بخيط . واسمح للفرخ بالتعلق مدلى فيها واملأ الأنبوبة ماء . واطرق بلطف على هذه الأنبوبة واعصر الأنبوبة الصمغية حتى تتخلص من فقاقيع الهواء كلها . فاذا امتلأت الأنبوبة بالماء فسد طرفها بالابهام وهيئ الجهاز كله على الصورة المبينة فى شكل (٧٧) وضع طرف الأنبوبة تحت الماء (ن) والزئبق (ب) فى الصحن الزجاجى . وأقم الفرخ بواسطة ملقط وعرض الكل لنور نافذة ضاح . هنا يؤخذ الماء الموجود فى الأنبوبة ثم تنتحه أوراق الفرخ ويرتفع مقدار عظيم من الزئبق فى الأنبوبة كما هو مبين فى (ب ا) .