

النتح Transpiration

هو عملية فقدان الماء من النباتات بهيئة بخار ماء. وهو يختلف عن التبخر الطبيعي. ولكي تحافظ النباتات على محتواها من الماء فيلزمها ان تمتض كميات من الماء اكثراً قليلاً مما تفقد لاحتفظ بالفرق لبناء الأنسجة الجديدة.

أنواع النتح

1. النتح الشعري Stomatal Transpiration اهم انواع النتح ويصل مجموع الماء المفقود عن هذا الطريق 95%.
 2. النتح الادمي Cuticular Transpiration انتشار بخار الماء عن طريق الكيوتكل. يختلف هذا النتح باختلاف الاصناف و عمر النبات. يكون أكثر في الاوراق الصغيرة وبشرة السيقان الفتية.
 3. النتح العديسي Lenticular Transpiration فقد بخار الماء عن طريق عديسات السيقان والفروع. والعديسات هي فتحات موجودة في النسيج الفليني. أقل أهمية من النتحين الآخرين الا انه يزداد اهمية في حالة سقوط الاوراق في الشتاء. العامل الذي يحدد النتح الشعري هو حالة التغور حيث يتضمن النتح الشعري عمليتين هما تبخر الماء من جدران الخلايا المبطنة للفسحة الهوائية والثانية هي خروج بخار الماء المتكون في هذه الفسحة عن طريق فتحات التغور. أما النتح الادمي فالعامل الأساس الذي يحدده هو نفاذية الادمة او البشرة.
- معدل النتح لبعض النباتات علي جداً لدرجة انه يجب استبدال جميع الماء الموجود داخل بعض النباتات في يوم واحد. فقد وجد ان كمية النتح خلال موسم نمو واحد باللتر لنبات اللوبيا هو 52 لتر وللبطاطا والحنطة 100 لتر وللنذرة 216 لتر.
- قياس معدل النتح

1. طريقة Potometer تستند على فرضية ان معدل امتصاص الماء مساوياً لمعدل النتح وتتلخص بادخال فقاوة في الانبوبة الشعرية للبوتوميتر وملاحظة مسافة ترك الفقاوة والتي تعد مؤشراً لمعدل النتح.
 2. طريقة ورق كلوريك الكوبيلت وتتضمن تحول لون ورقة الكوبيلت من الازرق الى اللون الوردي بتأثير الماء المتاخر من سطح الورقة النباتية وان معدل التغيير في اللون هو مؤشر لمعدل النتح. لاتصلح الطريقة للتقدير الكمي للنتح.
 3. طريقة الوزن وتتلخص بوزن النبات المزروع في سندان معزولة عن محيطها عدة مرات ويسجل مقدار الفقد بالوزن كمؤشر لكمية الماء المفقود من النبات.
 4. طريقة جمع وزن بخار الماء المفقود في عملية النتح وفيها يوضع النبات داخل اناناء زجاجي لاجل جمع بخار الماء الناتج ووزنه حيث يدخل هواء معلوم الرطوبة الى النبات ويخرج ليمر على مادة ماصة للرطوبة مثل كلوريك الكالسيوم اللامائي وبعد مقدار الفرق بالوزن لكلوريك الكالسيوم الممتص لهواء مار على النبات وذلك الممتص لهواء مار بالجهاز فقط دون وجود النبات هو مقياس للنتح.
- يقياس النتح في الحقل باستخدام Lysimeter ويستخدم لقياس النتح من سطح التربة ومن النبات بنفس الوقت والذي يسمى Evapotranspiration المائية للمحاصيل المختلفة.

النتح النسبي Relative Transpiration

نسبة وزن الماء المفقود بالنتح من سطح نباتي الى وزن الماء المتاخر من سطح مائي مساوٍ له في المساحة ويستخدم لهذا الغرض اجهزة تسمى المبخرات Atomometer او Evaporimeter

$$Rt = W_t / W_e$$

حيث Rt يمثل النتح النسبي
 W_t يمثل وزن الماء المنتوج من النبات/ 100 سم³/ ساعة
 W_e يمثل وزن الماء المتاخر من الجهاز/ 100 سم³/ ساعة

معامل النتح او الاحتياج المائي للنبات Transpiration Coefficient مقدار الماء الذي يفقد النبات بالنتح (لتر) لبناء كغم واحد من المادة الجافة للنبات. يقدر النتح الكلي للنبات طوال حياته ويقدر وزنه الجاف بعد تجفيفه على درجة 105°C ويحسب معامل النتح

$$T.C = T / D_w$$

حيث $T.C$ معامل النتح و T النتح الكلي غم / سم³ و D_w الوزن الجاف

يتراوح معامل النتح للنبات الواحد في معظم المحاصيل 300-500 غرام ماء / غرام مادة جافة خلال حياة النبات. ذرة صفراء= 3049 الكتان= 763 ذرة بيضاء= 277

توزيع التغور

غالباً يوجد التغور على السطح السفلي للورقة وهناك نباتات كثيرة توجد فيها التغور على السطح العلوي ومجموعة ثلاثة توجد التغور فيها في السطح السفلي اكثراً من العلوي ومجموعة رابعة فيها التغور موزعة بالتساوي على السطح السفلي والعلوي.

متوسط عدد الشغور لكل سـ³ من السطح الورقي لذوات الفلقتين هو 10000 ثغرة اما في النجيليات او ذوات الفلقة هو 1000-2000 ثغرة.

تشريح الجهاز التغري

يتكون الجهاز التغري من الخلايا الحارسة والفتحات التغوية والغرفة الهوائية. الخلايا الحارسة في ذوات الفلقتين ذات شكل كلوى وفي ذوات الفلقة الواحدة يكون الشكل دمبلي. تختلف الخلايا الحارسة عن خلايا البشرة بكون جدرانها ذات قابلية للحركة لغرض فتح وغلق الثغور. ويكون جدار الخلية الحارسة المجاور لفتحة التغرياخن واقل مرونة من ذلك المجاور لخلية البشرة. الخلايا الحارسة لبعض الانواع النباتية تكون مجاورة لما يسمى بالخلايا المساعدة Subsidiary Cells والتي تلعب دورا في فتح وغلق الثغور وذلك كونها تضغط على الخلايا الحارسة عندما تكون ممتلئة بالماء فتزيد من غلق الخلايا الحارسة. الخلايا الحارسة تقوم بعملية التركيب الضوئي لاحتواها على البلاستيدات. توجد غرفة صغيرة مملوءة بالهواء وبخار الماء موجودة تحت فتحة التغرسى بالفسحة او الغرفة الهوائية.

ميكانيكية تنظيم الجهاز التغري

اعتقد بادئ الامر ان حركة الثغور هي استجابة مباشرة لزيادة او نقصان المحتويات الازمزية للخلايا الحارسة. وان اي تغير في الطاقة الكامنة للماء او w_v الناتج عن تغيير المحتويات الازمزية يسبب حركة الماء من والى الخلايا الحارسة. وضعطعة عدة تفسيرات لتعديل ميكانيكية تنظيم الجهاز التغري اهمها:

اولا: الضوء. فتح الثغور في الضوء عموما وتغلق في الظلام. وووجد ان فتح الثغور يستغرق ساعة بينما غلقها يستغرق اقل من ساعة وتشد عن هذه القاعدة النباتات العصارية Succulents.

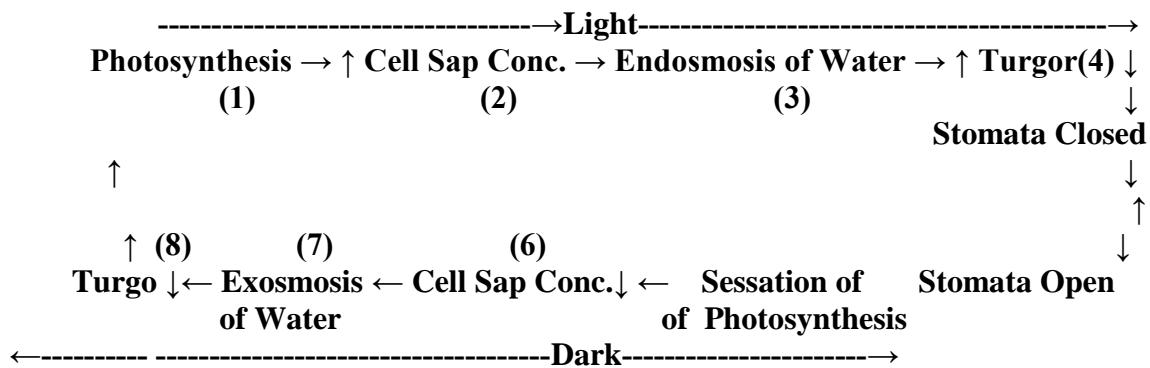
كلما ازداد الضوء الذي تمتصه الاوراق زادت فتحة الثغ اتساعا. اما شدة الاضاءة فقد وجد انه يجب ان يتتوفر ما لا يقل عن 600-100 شمعة قدم وهذا يقارب نقطة التعويض Compensation Point أي شدة الضوء التي تسمح بتبثبيت CO_2 (التركيب الضوئي) لكي تعيش عن كمية CO_2 المفقودة من النبات بعملية التنفس. كما ان شدة الاضاءة لا توثر على معدل فتح الثغور بل على الحجم النهائي للفتحات. اما نوعية الضوء فقد وجد ان الضوء الاحمر (650 ملليميكرون) والضوء الازرق (440 ملليميكرون) يؤثران على حركة الثغور وكذلك على عملية التركيب الضوئي. كذلك لوحظ ان الكلوروفيل في الخلايا الحارسة يكون مهمانيا لفتح الثغور استجابة للضوء.

الضوء يلعب احد الادوار التالية في فتح وغلق الثغور:

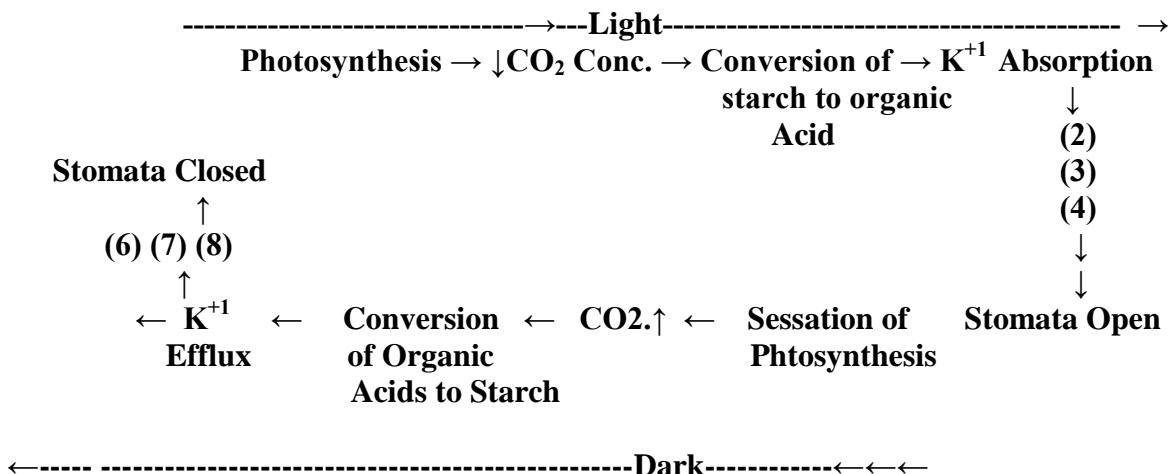
1. يسبب الضوء تقليل تركيز CO_2 لاستعماله في التركيب الضوئي \rightarrow بزداد تكوين السكر \rightarrow تزداد المحتويات الازمزية للخلايا الحارسة \leftarrow تمتص الماء وتنتفع الخلايا الحارسة وينفتح الثغ. المشكلة في هذا التفسير ان كمية السكر المتكون غير كافية لاحادث عملية فتح الثغ.

2. يتراجع ان الطاقة الضوئية تحول الى طاقة كيميائية (ATP) تستعمل لضم ايونات مثل K^{+1} من الخلايا المجاورة للخلايا الحارسة الى داخل الخلايا الحارسة مما يؤدي الى زيادة المحتوى الازمزى للخلايا الحارسة وبالتالي سحبها للماء.

فالضوء يسبب تجمع ايونات K^{+1} في الخلايا الحارسة كما ان الهواء الحالي من CO_2 يسبب تجمع K^{+1} وعند وضع الاوراق في الظلام فأن ايونات البوتاسيوم تخرج من الخلايا الحارسة وتغلق الثغور.
ما هي ميكانيكية حركة ايونات البوتاسيوم؟
يرى البعض ان امتصاص الايونات من قبل الخلايا الحارسة هي عملية حيوية ويؤيد ذلك هو ان فتح الثغور يقل عند استعمال مثبتات لفعاليات الحيوية.



الفرضية المعتمدة على زيادة تركيز العصير الخلوي في الضوء بسبب التركيب الضوئي



الفرضية المعتمدة على تحول النشا إلى الأحماض العضوية والسكر في الظلام

3. التغير في النشا إلى سكر

نظريّة كلاسيكيّة وُضعت من قبل Sayre عام 1923 وتنص على أن CO_2 المتجمع في الخلايا الحارسة ليلاً يسبّب انخفاض PH وعند حلول النهار فإن CO_2 يثبت بالتركيب الضوئي فيرتفع الـ PH ويُعمل إنزيم Phosphorylase على تحليل النشا إلى سكر وتزداد المحتويات الأزموزية للخلايا الحارسة. وفي الظلام فإن CO_2 الناتج من تنفس الخلايا يتراكم وينخفض PH ويتحول السكر إلى نشاً وتنقل المحتويات الأزموزية للخلايا الحارسة وتغلق الثغور.

ثانياً : التغير في النفاذية

اقتصر البعض أن تغيير حموضة السيتوبلازم يؤدي إلى تغيير في نفاذية الأغشية . فعند زيادة النفاذية فإن الذانبات تخرج من الخلية الحارسة وبذلك يقل الضغط الأزموزي ويكون الـ Ψ أقل سالبية ويخرج الماء من الخلية الحارسة وتغلق الثغور.

ثالثاً: المحتوى المائي للنبات والأوراق

عندما يقل المحتوى المائي للنبات يقل الـ Water Stress وعندها تغلق الثغور. وإذا كان النتح شديداً بسبب الظروف البيئية فإن الثغور تغلق حتى في منتصف النهار.

رابعاً : الحرارة

تغلق الثغور قريبة من درجة الانجماد وتزداد الثغور اتساعاً حتى تصل إلى 30°C . درجة الحرارة أكثر من 30 لها ثأثيرين متضادين على حركة الثغور. عندما تكون شدة الإضاعة واحدة فإن ارتفاع الحرارة إلى 30-35 فإن الثغور تغلق في حالة وفتح في حالة أخرى. تغلق بسبب زيادة تركيز CO_2 وبالتالي زيادة حموضة العصير الخلوي للخلايا الحارسة وبالتالي يتحول السكر إلى نشاً وتغلق قوة امتصاص الخلايا الحارسة للماء وتغلق الثغور. أما فتح الثغور فيعود إلى أن درجة ذوبان CO_2 المكون في المسافات البينية تقل في العصير الخلوي ويبيّن ذلك تغيير اتجاه سير الماء فينتقل الماء من الخلية المساعدة إلى الحارسة وتفتح الثغور.

خامساً : الرياح تسبب غلق الثغور بسبب فقد الخلايا الحارسة لمانها بطريقة النتح.

سادساً : المواد المخدرة تؤثر في الأغشية البلازمية وتتفقداً التحكم في النفاذية.

سابعاً : الهرمونات النباتية مثل Abscisic Acid حيث المعاملة تركيز واطي منه $M^{-6} \cdot 10^{-6}$ يسبب غلق الثغور حيث يسبب حرقة الماء من الخلية الحارسة وغلق الثغور.

العوامل المؤثرة على النتح

أولاً: العوامل البيئية

1. الرطوبة الجوية. يزداد فقد بخار الماء الخارج من الثغور كلما كان الفرق بين الضغط البخاري في الغرف الهوائية والضغط البخاري للهواء الخارجي عاليًا. أو يزداد النتح من الورقة النباتية كلما زاد نقص التنشيع للهواء الخارجي لأن هواء الغرفة الهوائية في الجهاز التغري مشبع تماماً.

نقص التنشيع Saturation Deficit هو الفرق بين كمية البخار التي يحملها الهواء فعلاً وبين الكمية اللازمة لاشباعه

2. درجة حرارة الهواء. ارتفاع درجة الحرارة ضمن الحدود الفسيولوجية يؤدي الى زيادة معدل النتح بسبب تأثير الحرارة على فرق الضغط البخاري.

3. الرياح. وجد ان النتح يزداد في بادى الامر عند تعرض النبات للرياح ثم يأخذ النتح بالنقصان.

4. توفر ماء التربة. توفر ماء التربة وكفاءة امتصاصه من قبل النبات يؤثر على معدل النتح.

5. الضوء. عند تعرض الثغور للضوء فأنها تنفتح مؤدية للنتح والعكس بالعكس وان تأثير الضوء على زيادة معدل النتح له اسبابه:

A. قد يسبب الضوء رفع درجة حرارة انسجة الورق

B. قد يسبب الضوء تحول بعض جزيئات الماء الى البخار بأعطائها الطاقة اللازمة

C. قد يحدث الضوء تغيرا في نفاذية الخلايا للماء وتصبح الخلايا اكثر نفاذية للماء

D. حدوث التركيب الضوئي وتكون السكر وزيادة المحتوى الازموزي للخلايا الحارسة

E. تحول الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية تستعمل لضم الايونات الى الخلايا الحارسة وبالتالي زيادة امتصاصها للماء وتفتح الثغور

ثانيا: العوامل النباتية

1. نسبة الجذر الى الساق. وجد بعض الباحثين بأن النتح يزداد بزيادة نسبة الجذور الى الاوراق ويعود ذلك الى وفرة تجهيز الماء

2. مساحة الورق. كلما زادت مساحة الورقة زادت عملية فقدان الماء بسبب النتح. وعلى اساس وحدة المساحة في الاوراق وجد ان معدل النتح في النباتات الصغيرة هو اكثرا مما في النباتات الكبيرة

3. تركيب الاوراق. النباتات التي تعيش في الظروف الجافة تقلل النتح بسبب غلق الثغور. كما ان توفر الماء الكافي للنباتات الصحراوية يؤدي الى زيادة معدل النتح فيها مقارنة بنباتات المناطق المعتدلة ويرجع السبب الى امتلاك النباتات الصحراوية عددا اكبر من الثغور بوحدة المساحة وتطور نسيج الميزوفيل.

دور النتح في نمو وتطور النبات

1. امتصاص العناصر المغذية من التربة ونقلها في مجرى النتح. افترض قديما ان امتصاص ايونات العناصر الغذائية من محلول التربة وصعودها داخل جسم النبات يحدث نتيجة لفعل النتح ولكن حديثا دلت التجارب على ان امتصاص ايونات العناصر المغذية يحدث بعملية حيوية وان قسما قليلا جدا من الاملاح قد يتمتص بعملية حرة او سالبة نتيجة لامتصاص الماء. وعندما يصل الماء والاملاح المذابة فيه الى مجرى الخشب في الجذور عندها يؤثر النتح في سحب الماء والاملاح الى اعلى النبات.

2. تأثير النتح في تبريد الورقة النباتية. وجد ان النتح يزيل كمية معينة من حرارة الورقة بحوالي 600 سعرة حرارية للغرام الواحد من الماء المنتوج.

3. التأثير في نمو وتطور النبات. زيادة معدل النتح عن معدل امتصاص الماء يؤثر سلبيا على معدل نمو النبات وقد يتعرض النبات للذبول في حالة النقص الشديد للماء. كما وجد ان الفعاليات الحيوية للاحماض الامينية والبروتينات تتأثر بظروف نقص الماء.

4. المحافظة على انتفاخ الخلايا الامثل Optimum Turgidity. كل نبات يمتلك مدى معين من Ψ كي يستطيع امتصاص الماء والذائبات وتكون خلايا النبات في حالة انتفاخ مثلى لكي تقوم بمعظم الفعاليات الحيوية.

الجافف الفسيولوجي Physiological Drought

عندما يقل الماء الممتص عن الماء المفقود بالنتح فأن النباتات تتعرض للجافف وتحدث هذه الحالة لعدة اسباب منها كون التربة مغمورة بالماء ومشبعة به ولكن لايمتص الماء منها بسبب تكوين CO_2 بكثرة مما يسبب نقص النفاذية وكذلك قلة O_2 وانخفاض التنفس تبعا لذلك. او قد يحدث الجافف عند كثرة الاملاح في التربة فأن ذلك سيؤدي الى اختلال العملية الازموزية وينجم عن ذلك خروج الماء من الجذور الى التربة وتدفع هذه الحالات بالجافف الفسيولوجي. حالة الماء في النباتات قد تقامس بتعين Ψ للنسيج النباتي.

اتفق على ان نقص الماء يؤثر على العمليات الفسيولوجية للنبات مثل:

1. التأثير على النتح وفتح الثغور. فتح وغلق الثغور يتاثر بشدة بنقص الماء.

2. التأثير في التركيب الضوئي. تختلف الانواع النباتية بتاثيرها بنقص الماء فيما يخص التركيب الضوئي ولكن يبدو ان تأثير نقص الماء على التركيب الضوئي غير مباشر وناتج عن تأثير نقص الماء على فتح وغلق الثغور.

3. نقص الماء يقلل من التنفس.

4. يؤثر نقص الماء على العمليات الحيوية المتعلقة بالنتروجين والبروتينات.