النتح Transpiration

هو عملية فقدان الماء من النباتات بهيئة بخار ماء. وهو يختلف عن التبخرالطبيعي. ولكي تحافظ النباتات على محتواها من الماء فيلزمها ان تمتص كميات من الماء اكثر قليلا مما تفقد لتحتفظ بالفرق لبناء الانسجة الجديدة.

انواع النتح

1. النتح الثغري Stomatal Transpiration اهم انواع النتح ويصل مجموع ألماء ألمفقود عن هذا الطريق 95%.
2. النتح الادمي Cuticular Transpiration انتشار بخار الماء عن طريق الكيوتكل. يختلف هذا النتح بأختلاف الاصناف وعمر النبات. يكون أكثر في ألاوراق الصغيرة وبشرة السيقان الفتية.
3. النتح ألعديسي lenticular Transpiration فقد بخار الماء عن طريق عديسات السيقان والفروع.

والعديسات هي فتحات موجودة في النسيج الفليني. أقل أهمية من النتحين ألاخرين الا انه يزداد اهمية في حالة سقوط ألاوراق في الشتاء.

معدل النتح لبعض النباتات عالي جدا لدرجة انه يجب استبدال جميع ا لماء الموجود داخل بعض النباتات في يوم واحد. فقد وجد ان كمية االنتح خلال موسم نمو واحد باللتر لنبات اللوبيا هو 52 لتر وللبطاطا والحنطة 100 لتر وللذرة 216 لتر.

قياس معدل النتح

1. طريقة Potometer تستند على فرضية ان معدل امتصاص الماء مساويا لمعدل النتح وتتلخص بادخال فقاعة في الانبوبة الشعرية للبوتوميتر وملاحظة مسافة تحرك الفقاعة والتي تعد مؤشرا لمعدل النتح.
2. طريقة ورق كلوريد الكوبلت وتتضمن تحول لون ورقة الكوبلت من الازرق الى اللون الوردي بتأثير الماء المتبخر 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 كمؤشرلكمية الماء المفقود من النبات.
4. طريقة جمع ووزن بخار الماء المفقود في عملية النتح وفيها يوضع النبات داخل اناء زجاجي لاجل جمع بخار الماء الناتج ووزنه حيث يدخل هواء معلوم الرطوبة الى النبات ويخرج ليمر على مادة ماصة للرطوبة مثل كلوريد الكالسيوم اللامائي ويعد مقدار الفرق بالوزن لكلوريد الكالسيوم الممتص لهواء مار على النبات وذلك الممتص لهواء مار بالجهاز فقط دون وجود النبات هو مقياس للنتح.

يقاس النتح في الحقل باستخدام Lysimeter ويستخدم لقياس النتح من سطح التربة ومن النبات بنفس الوقت والذي يسمى Evapotranspiration أي ان العملية هي مقياس للنتح الكلي وتفيد في حساب الاحتياجات المائية او مايسمى المقننات المائية للمحاصيل المختلفة.

النتح النسبي Relative Transpiration

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

معامل النتح او الاحتياج المائي للنبات Transpiration Coefficient

مقدار الماء الذي يفقده النبات بالنتح (لتر) لبناء كغم واحد من المادة الجافة للنبات. يقدر النتح الكلي للنبات طوال حياته ويقدر وزنه الجاف بعد تجفيفه على درجة 105c ويحسب معامل النتح

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

توزيع الثغور

غالبا توجد الثغور على السطح السفلي للورقة وهناك نباتات كثيرة توجد فيها الثغورعلى السطح العلوي ومجموعة ثالثة توجد الثغور فيها في السطح السفلي اكثر من العلوي ومجموعة رابعة فيها الثغور موزعة بالتساوي على السطح السفلي والعلوي.

متوسط عدد الثغور لكل سم^3 من السطح الورقي لذوات الفلقتين هو 10000ثغرة اما في النجيليات او ذوات الفلقة هو 1000-2000 ثغرة.

تشريح الجهاز الثغري

يتكون الجهاز الثغري من الخلايا الحارسة والفتحات الثغرية والغرفة الهوائية. الخلايا الحارسة في ذوات الفلقتين ذات شكل كلوي 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 الثغراثخن 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 لآحتوائها على البلاستيدات.

توجد غرفة صغيرة مملؤة بالهواء وبخار الماء وموجودة تحت فتحة الثغرتسمى بالفسحة او الغرفة الهوائية.

ميكانيكية تنظيم الجهاز الثغري

اعتقد بادئ الامر ان حركة الثغور هي استجابة مباشرة لزيادة او نقصان المحتويات الازموزية للخلايا الحارسة. وان أي تغيير في الطاقة الكامنة للماء او ψ_w الناتج عن تغيير المحتويات الازموزية يسبب حركة الماء من والى الخلايا الحارسة. وضعت عدة تفسيرات لتعليل ميكانيكية تنظيم الجهاز الثغري اهمها:

اولا: الضوء. تفتح الثغور في الضوء عموما وتغلق في الظلام. ووجد ان فتح الثغور يستغرق ساعة بينما غلقها يستغرق اقل من ساعة وتشذ عن هذه القاعدة النباتات العصارية **Succulents**.

كلما ازداد الضوء الذي تمتصه الاوراق زادت فتحة الثغر اتساعا. اما شدة الاضاءة فقد وجد انه يجب ان يتوفر ما لايقل عن 100-600 شمعة قدم وهذا يقارب نقطة التعويض **Compensation Point** أي شدة الضوء التي تسمح بتثبيت CO_2 (التركيب الضوئي) لكي تعوض عن كمية CO_2 المفقودة من النبات بعملية التنفس. كما ان شدة الاضاءة لاتؤثر على معدل فتح الثغور بل على الحجم النهائي للفتحات. كذلك لوحظ ان الكلوروفيل في الخلايا الحارسة يكون مهما لفتح الثغور استجابة للضوء.

الضوء يلعب احد الادوار التالية في فتح وغلق الثغور:

1. يسبب الضوء تقليل تركيز CO_2 لاستعماله في التركيب الضوئي ← يزداد تكوين السكر← تزداد المحتويات الازموزية للخلايا الحارسة ← تمتص الماء وتنتفخ الخلايا الحارسة وينفتح الثغر. المشكلة في هذا التفسير ان كمية السكر المتكون غير كافية لاحداث عملية فتح الثغر.

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

فالضوء يسبب تجمع ايونات K^{+1} في الخلايا الحارسة كما ان الهواء الخالي من CO_2 يسبب تجمع K^{+1} وعند وضع الاوراق في الظلام فأن ايونات البوتاسيوم تخرج من الخلايا الحارسة وتغلق الثغور.

ماهي ميكانيكية حركة ايونات البوتاسيوم؟

يرى البعض ان امتصاص الايونات من قبل االخلايا الحارسة هي عملية حيوية ويؤيد ذلك هو ان فتح الثغور يقل عند استعمال مثبطات للفعاليات الحيوية.

3. التغير في النشأ الى سكر

نظرية كلاسيكية وضعت من قبل **Sayre** عام 1923 وتنص على ان CO_2 المتجمع في الخلايا الحارسة ليلا يسبب انخفاض PH وعند حلول النهار فان CO_2 يثبت بالتركيب الضوئي فيرتفع الـ PH ويعمل انزيم **Phosphorylase** على تحليل النشأ الى سكر وتزداد المحتويات الازموزية للخلايا االحارسة. وفي الظلام

فأن CO_2 الناتج من تنفس الخلايا يتراكم وينخفض PH ويتحول السكر الى نشأ وتقل المحتويات الازموزية للخلايا الحارسة وتغلق الثغور.

ثانيا: التغيير في النفاذية

اقترح البعض ان تغيير حموضة السايتوبلازم يؤدي الى تغيير في نفاذية الاغشية. فعند زيادة النفاذية فأن الذائبات تخرج من الخلية الحارسة وبذلك يقل الضغط الازموزي ويكون الـ Ψ اقل سالبية ويخرج الماء من الخلايا الحارسة وتغلق الثغور.

ثالثا: المحتوى المائي للنبات والاوراق

عندما يقل المحتوى المائي للنبات يقل ψ ويزداد مايسمى Water Stress وعندها تغلق الثغور. واذا كان النتح شديدا بسبب الظروف البيئية فان الثغور تغلق حتى في منتصف النهار.

رابعا: الحرارة

تغلق الثغور قريبة من درجة الانجماد وتزداد الثغور اتساعا حتى تصل الى 30^oc. درجة الحرارة اكثر من 30 لها تأثيرين متضادين على حركة الثغور. عندما تكون شدة الاضاءة واحدة فأن ارتفاع الحرارة الى 30-35 فأن الثغور تغلق في حالة وتفتح في حالة اخرى. تغلق بسبب زيادة تركيز CO_2 وبالتالي زيادة حموضة العصير الخلوي للخلايا الحارسة وبالتالي يتحول السكر الى نشأ وتقل قوة امتصاص الخلايا الحارسة للماء وتغلق الثغور. أما فتح الثغور فيعود الى ان درجة ذوبان CO_2 المتكون في المسافات البينية تقل في العصير الخلوي ويتبع ذلك تغيير اتجاه سير الماء فينتقل الماء من الخلايا المساعدة الى الحارسة وتفتح الثغور.

خامسا: الرياح تسبب غلق الثغور بسبب فقد الخلايا الحارسة لمائها بطريقة النتح.

سادسا: المواد المخدرة تؤثر في الاغشية البلازمية وتفقدها التحكم في النفاذية.

سابعا: الهرمونات النباتية مثل Abscisic Acid حيث المعاملة تركيز واطئ منه $10^{-6}M$ يسبب غلق الثغور حيث يسبب حركة الماء من الخلايا الحارسة وغلق الثغور.

العوامل المؤثرة على النتح

اولا: العوامل البيئية

1. الرطوبة الجوية. يزداد فقد بخار الماء الخارج من الثغور كلما كان الفرق بين الضغط البخاري في الغرف الهوائيه والضغط البخاري للهواء الخارجي عاليا. او يزداد النتح من الورقة النباتية كلما زاد نقص التشبع للهواء الخارجي لأن هواء الغرفة الهوائية في الجهاز الثغري مشبع تماما.

نقص التشبع Saturation Deficit هو الفرق بين كمية البخار التي يحملها الهواء فعلا وبين الكمية اللازمة لاشباعه

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

3.الرياح. وجد ان النتح يزداد في بادئ 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 تغييرا 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 كيمياوية تستعمل لضخ الايونات الى الخلايا الحارسة وبالتالي زيادة امتصاصها لماء 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 الورقة. كلما زادت مساحة الورقة زادت عملية فقدان الماء بسبب النتح. وعلى اساس وحدة المساحة في الاوراق وجد ان معدل النتح في النباتات الصغيرة هو اكثر 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 يمتص بعملية حرة او سالبة نتيجة لامتصاص الماء. وعندما يصل الماء والاملاح المذابة فيه الى مجرى الخشب في الجذور عندئذ 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 المنتوح.**

3. التاثير 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 الأمثل 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.

الجفاف الفسيولوجي Physiological Drought

عندما يقل الماء الممتص عن الماء المفقود بالنتح فأن النباتات تتعرض للجفاف 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 الجفاف عند كثرة الاملاح في التربة فأن ذلك سيؤدي الى اختلال العملية الازموزية وينجم عن ذلك خروج الماء من الجذور الى التربة وتدعى هذه الحالات بالجفاف الفسيولوجي.

حالة الماء في االنبات قد تقاس بتعيين الـ Ψ للنسيج النباتي.

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

1. التاثير على النتح وفتح الثغور. فتح وغلق الثغور يتأثر بشدة بنقص الماء.
2. التأثير في التركيب الضوئي. تختلف الانواع النباتية بتأثرها بنقص الماء فيما يخص التركيب الضوئي ولكن يبدوا 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.