فسلجة نبات
قسم البستنة وهندسة الحدائق د.اياد وليد عبدالله

فقد الماء Loss of water

90-98% من الماء المُمتص بواسطة الجذور تفقده النباتات بعدة طرق أهمها النتح Transpiration **ويبقى 1-10% تستخدمه النباتات في عملياتها الأيضية المختلفة، ويتم فقدان الماء بعدة طرق منها بالإضافة للنتح، ظاهرة الادماع** Guttation **والأفراز** Secretion **والأدماء** bleeding**.**

بالنسبة للأفراز فما هو إلا عملية فقد الماء على صورة محاليل من الغدد glands **ومن الغدد الرحيقية** Nectaires**، أما الأدماء فهو فقد الماء عن طريق الجروح التي قد تصاب بها النباتات، وكمية الماء المفقودة بهاتين الطريقتين تعتبر بسيطة جداً ولا قيمة لها، أما ظاهرتي الإدماع والنتح فهما الأهم وخصوصاً الأخيرة منها.**

اولا : الأدماع: Guttation

هي ظاهرة يتم من خلالها اجبار الماء على الفقد من اطراف القمم النامية ونهاية العروق الرئيسة للاوراق

الية حصول الادماع

في اليل عندما تكون الظروف المناخية باردة حيث يكون الليل بارد يعقبه النهار حار ورطب تضخ العناصر الغذائية الى المسافات البينية المحيطة بالاوعية والقصبات الخشبية وكنتيجة لذلك ينخفض الجهد المائي لعناصر الخشب فيدخل الماء اليها من الخلايا المجاورة وفي غياب النتح ليلا (ارتفاع الرطوبة) سوف يكون ضغطا في الاوعية الخشبية التي يجبر فيها الماء للخروج عبر الفتحات المائية الموجودة في نهاية الاوراق الرئيسة للاوراق .

القطرات الماء التي تخرج بعملية الادماع تشبه قطرات الندى Dew **الا ان الندى هو عبارة عن ماء متكثف في الهواء بينما الادماع يخرج جبرا بواسطة الضغط الجذري كما يعتقد وعندما تجف هذه القطرات تترك بقايا املاح ومواد عضوية .**

العوامل التي تحفز الأدماع هي:-

- الامتصاص العالي للماء.

- الضغط الجذري المرتفع.

- انخفاض أو انعدام النتح لظرف ما.

وبمعنى آخر أنه تحت هذه الظروف الثلاثة فإن امتصاص الماء يفوق عملية النتح التي تعتبر العملية الأساسية والرئيسية لفقدان الماء، ويتم فقدان الماء بواسطة الأدماع عن طريق تراكيب متخصصة تسمى الثغور المائية Hydrothodes **توجد أعلى قمم الورقة.**

ثانيا : النتح Transpiration

تعتبر ظاهرة النتح الطريقة الأساسية التي يتم من خلالها فقدان معظم الماء الذي يمتصه النبات وعملية الفقد هذه تتم بصورة أساسية على شكل بخار، ويتم فقد الماء بهذه الطريقة عن طريق الفتحات أو الثغور التي تغطي سطح الأوراق النباتية وهذه الفتحات تسمى Stoma.

بالإضافة للنتح الثغري فإن النبات يفقد الماء مباشرة عن طريق التبخر عن سطح الأوراق والسيقان ولكن فقد الماء بهذه الطرق يعتبر شيئاً لا يذكر حيث أن الكمية تكون قليلة جداً وذلك بسبب وجود طبقة الأدمة التي تغطي الأوراق وهي مادة شمعية cutine **والتي تعتبر غير منفذة للماء ولكن في بعض النباتات وعندما تكون هذه الطبقة رقيقة فإنه يمكن عن طريقها فقد كميات قليلة جداً من الماء.**

الكميات الفعلية التي يفقدها النبات خلال عملية النتح تعتبر كبيرة جداً فبعض النباتات العشبية يمكنها أن تفقد أو تستبدل كل الماء الموجود بها خلال يوم واحد وقد تم قياس ما تفقده شجرة واحدة طولها حوالي 15 متر في الخلاء فوجد أنه يقارب 263 لتر خلال ساعة واحدة.

اللوبيا	*Phaseolus vulgaris*	**58 لتر/ خلال موسم النمو**
الطماطم	*Lycopersicum esculentum*	**155 لتر/ خلال موسم النمو**

ويمثل النتح الطريق الرئيسى لفقد الماء من النبات .والنتح أساساً عملية بخر إلا أنه يختلف عنه بعض المظاهر الطبيعية وذلك ناتج عن تركيب النبات وسلوك الثغر .ويتم النتح عامة فى المرحلتين الآتيتين: تبخر الماء من جدر الخلايا الرطبة فى المسافات البينية . إنتشارها من المسافات البينية إلى الجو الخارجى . ويفقد معظم الماء المتبخر خلال الثغر ولكن بعض منها ينتشر للخارج من خلال خلايا البشرة والكيوتيكل. كما ويتم خروج بخار الماء من العديسات وذلك فى النباتات الخشبية .ومن أنواع النتح الثغرى ، النتح العديسى ، النتح عن طريق الكيوتكل الأدمى.

انواع النتح

1 النتح العديسى Lenticular transpiration

فقد يحدث فقد الماء من خلال قلف الأشجار الخشبية ولكنه يخرج بصفة خاصة من العديسات .والنتح العديسى لا ينتج عنه نقصاً معنوياً فى الماء فقد قدر العلماء الفقد الناتج من العديسات بحوالى ١.٠ % من الماء المفقود من قمة الشجرة.

2 **. النتح الأدمى** circular transpiration

فقد الماء من أسطح خلايا بشرة الأوراق والسوق العشبية يطلق عليه النتح الكيوتكل لأن هذه الأسطح مغطاة عادة بطبقة شمعية من الكيوتيكل مختلفة السمك .ويقلل الكيوتين فقد الماء بدرجة كبيرة.

3. النتح الثغرى Stomatal transpiration

يفقد الماء من خلال الثغور فى حالة النتح الثغرى وذلك لأنها الطريقة الأقل مقاومة لإنتشار بخار الماء. والثغور عبارة عن فتحات بالبشرة محاطة بزوج من خلال البشرة تعرف بالخلايا الحارسة وهى التى تتحكم فى حجم فتحاتها.

ويتراوح عدد الثغور مثلا من ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ لكل سم ٢ فى النجيليات وهذه الثغور عند تمام إنفتاحها تشغل ١ - ٢ %من سطح الورقة الكلى عادة ما تكون عدد الثغور أكثر فى أوراق النباتات المشمسة الجافة عن تلك النامية فى الأماكن الظليلة الرطبة .وتوجد الثغور على السطح السفلى فقط للأوراق فى العديد من أنواع مثل النباتات الخشبية ولكن فى أنواع كثيرة أخرى توجد على كلا السطحين .ويمثل الجدول التالى عدد الثغور فى سم ٢ من سطح الورقة.

تتحكم حركة الخلايا الحارسة فى فتحة الثغر والتى تعتمد عادة على إنتفاخها ويوجد عديد من أنواع الخلايا الحارسة فى المملكة النباتية .فزيادة إنتفاخ الخلايا الحارسة تسبب إنكماش جدرها المرنة

تغير فى المحتويات ← تغير الإنتفاخ ← تغير الحجم ← حركة الخلايا الحارسة

وسبب التغير فى الإنتفاخ يرجع إلى التغير فى الضغط الإسموزى للخلايا الحارسة نتيجة للتغير فى كمية النشا والسكر بالإضافة إلى عوامل أخرى .ويتم فتح الثغر نتيجة لإنتفاخ الخلايا الحارسة.

أهمية النتح:

1. التبخير :أى التحول من السائل إلى البخار مما يؤدى إلى تبريد السطح الذى يتم عنده التبخير .
2. حركة الماء فى الجذور وخلال الأنسجة الناقلة إلى الأوراق.
3. إستمرار النتح يساعد على إنتقال الأملاح خلال أوعية الخشب وإنتقالها وتوزيعها فى النبات

الثغور : تتكون نتيجة انقسام احد خلايا البشرة الى خليتين كلاهما كلوي الشكل تسمان بالخلايا الحارسة Guard cells **هتان الخليتان تسيطران على عملية فتح وغلق الثغور**

ميكانيكية فتح وغلق الثغور

النظرية الاولى: هذه النظرية هي نظرية العالم سكارث Scarth **والتي يطلق عليها اسم** The starch-sugar hypothesis

وقد تم اعتمادهذه النظرية بعد ان لوحظ ان نسبة النشا تكون مرتفعة في الخلايا الحارسة في الظلام وتكون منخفضة في وجود الضوء في النهار. كما ان ذلك يقترن مع ارتفاع للpH **عندما تكون الثغور مفتوحة حيث يصل الى 6-7 بينما تنخفض هذه النسبة عند غلق الثغور الى 4-5. من هذه الملاحظات تم الاستنتاج ان فتح الثغور في الضوء ناتج من ارتفاع في ال** pH **الذي ينشط انزيمات تحويل النشا الى سكر خافضا جهد الخلايا الحارسة.**

ارتفاع ال pH **في الضوء ناتج عن خفض نسبة ثاني اكسيد الكربون الذي يستعمل او يمتص في عملية التمثيل الضوئي خلال النهار اوخلال وجود الضوء مما يؤدي الى نقص في تكوين الاحماض. اما في الليل فيحدث العكس حيث يتم اطلاق كميات كبيرة من ثاني اكسيد الكربون الذي يؤدي الى خفض ال** pH **أي زيادة الحموضة وهذا ما يعمل على تحول السكر الى نشاء عن طريق تنشيط انزيمات مثل** Phosphorylase.

النظرية الحديثة:

يتعلق بمفهوم النظرية الأولى ولكن تعتمد أساساً على أيونات البوتاسيوم K^+ **والكلوريد** Cl^- **والهيدروجين** H^+ **وكذلك الأحماض العضوية**

الموجات الضوئية الزرقاء تمتص بواسطة صبغة zeaxanthin **وهي عبارة عن** carotenoid pigment **(هذا يؤدي الى تنشيط مضخة البروتونات** proton pump **في اغشية الخلايا الحارسة مما يعمل على ضخ البروتونات خارج سيتوبلازم الخلايا الحارسة مما يعمل تغيرات كبيرة في (رفع) ال** pH **هذا يسمح**

بالتدفق السلبي لايونات البوتاسيوم الموجبة الى داخل الخلايا الحارسة لكي يعادل خروج البروتونات. يتم ايضا دخول ايونات الكلوريد السالبة عن طريق تزاوجها (coupled) مع بعض البروتونات العائدة عبر القنوات هذا التراكم الايوني يعمل على خفض الجهد داخل الخلايا الحارسة مؤديا الى انتفاخ الخلايا الحارسة وبالتالي فتح الثغور. هذا التراكم الايوني وانخفاض الجهد داخل الخلايا الحارسة يزداد مع تقدم النهارعن طريق تكوين السكر الناتج من بدء نشاط عملية التمثيل الضوئي وكذلك ايضا فإن الضوء الازرق يعمل على تحلل النشا إلى سكر. خلال عملية تحلل النشا يتم تكوين حمض الفسفواينول بيروفيك (PEP) الذي يتحد مع CO_2 مكونا حمض الاكزالو استك الذي يتحول بدورة الى حمض الماليك ويعتقد ان البروتونات H^+ المستعملة في عملية الضخ البروتوني ناتجة حمض الماليك.

ويعتقد ان التغيرات في الفتح والغلق نتيجة الاجهاد البيئي كالجفاف تنتج هرمون وحمض الابسيسيك

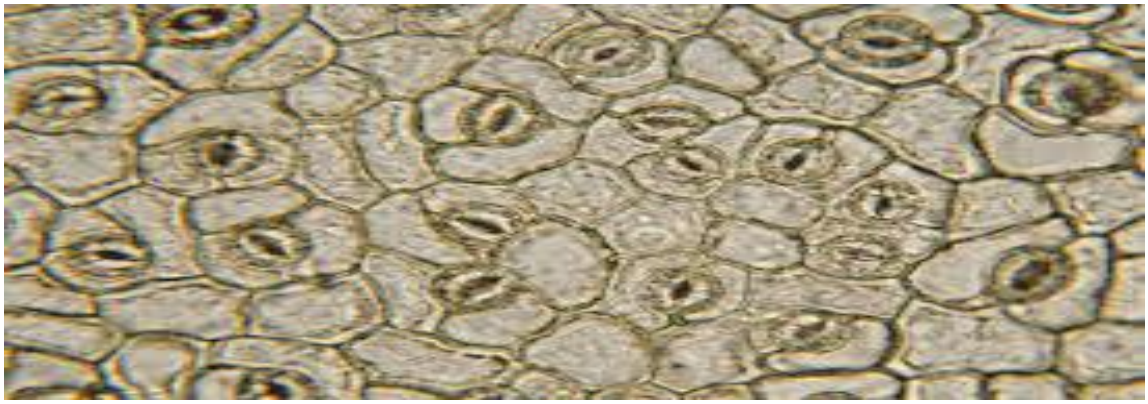
يؤدي حمض الابسبسبك ABAإلى إغلاق الثغورنتيجة ايقاف ضخ ايون H^+ الى خارج الخلايا الحارسة والذي يمنع دخول ايون البوتاسيوم الى داخل الخلايا الحارسة مسبب فقد الماء من الخلايا الحارسة مسبب غلق الثغور .

- **في النباتات الصحراوية الجافة وشبه الجافة تكون الثغور غائرة في الاوراق وعددها اقل محاطة بشعيرات وزغب وفتحاتها صغيرة مما تقلل من فقد الماء**
- **في المناطق الباردة يلاحظ انها تمتلك ثغور صغيرة ايضا للمحافضة على الماء بسبب الانجماد والبرودة يقل امتصاص الماء**
- **في النباتات المائية لاتحتوي على فتحات ثغرية على الاسطح المغمورة في الماء**

ثالثا : النزف Bleeding

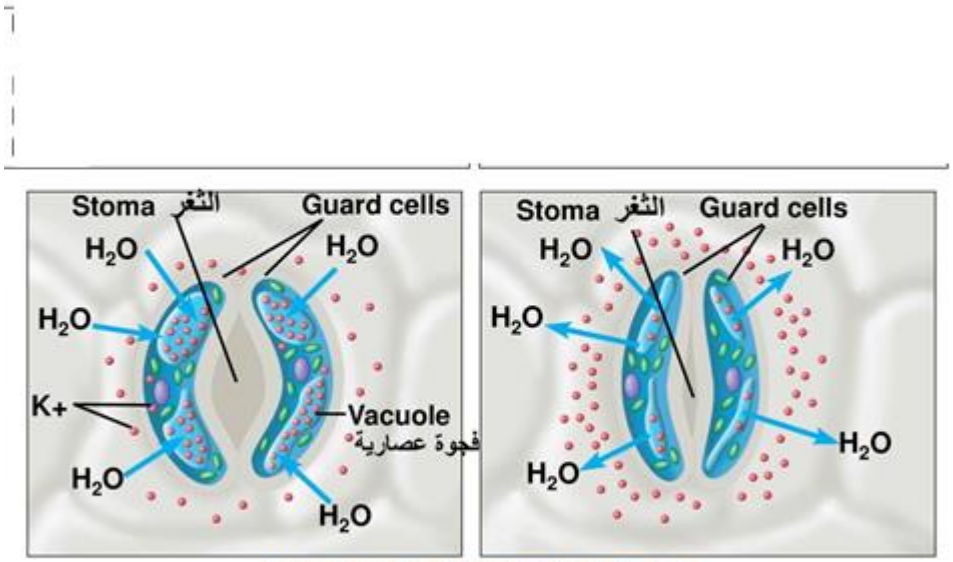
هي ظاهرة تدفق العصارة النباتية خارج الاوعية الناقلة في الربيع من خلال تركيب العديسات وقبل تكوين الاوراق الحديثة وسببها ربما يعزى الى قوة الضغط الجذري والذي يرفع الماء في اوعية الخشب الى الساق حيث تتواجد هذه الفتحات حيث يخرج السائل والعصارة تمتاز بارتفاع تركيز السكريات فيها شجرة العنب تفقد 1 لتر تقريبا في اليوم عن طريق النزف في الربيع قبل تفتح الاوراق

فسلجة نبات
قسم البستنة وهندسة الحدائق
د.اياد وليد عبدالله



Stoma opening الثغر مفتوح

Stoma closing الثغر مغلق



How guard cells control stomata

كيف تتحكم الخلايا الحارسة في الثغور