المحاضرات النظرية

المحاضرة الثالثة: **فقد الماء Loss of water**

90-98% من الماء المُمتص بواسطة الجذور تفقده النباتات بعدة طرق أهمها النتح Transpiration ويتبقى منه 2-10% تستخدمه النباتات في عملياتها الأيضية المختلفة، ويتم فقدان الماء بعدة طرق منها فضلاً عن النتح، ظاهرة الأدماع Guttation والأفراز Secretion والأدماء bleeding.

أولاً: النتح Transpiration

تعريف النتح: هو فقد النبات للماء علي صورة بخار من أي جزء من سطح النبات المعرض للهواء علي الأخص الأوراق (الساق الحديثة ، الأزهار والثمار)

أما صور فقد النبات للماء فتكون علي:

١ – الصورة البخارية عن طريق النتح.

٢ – علي صورة سائلة عن طريق الإدماع والادماء والافراز.

انواع النتح

تنقسم عملية النتح إلى ثلاثة أقسام :

١ – النتح الثغري stomatal Transpiration

هو فقدان معظم الماء عن طريق الثغور وهو اسهل الطرق لمرور بخار الماء والغازات (الاوكسجين وثاني اوكسيد الكاربون) .

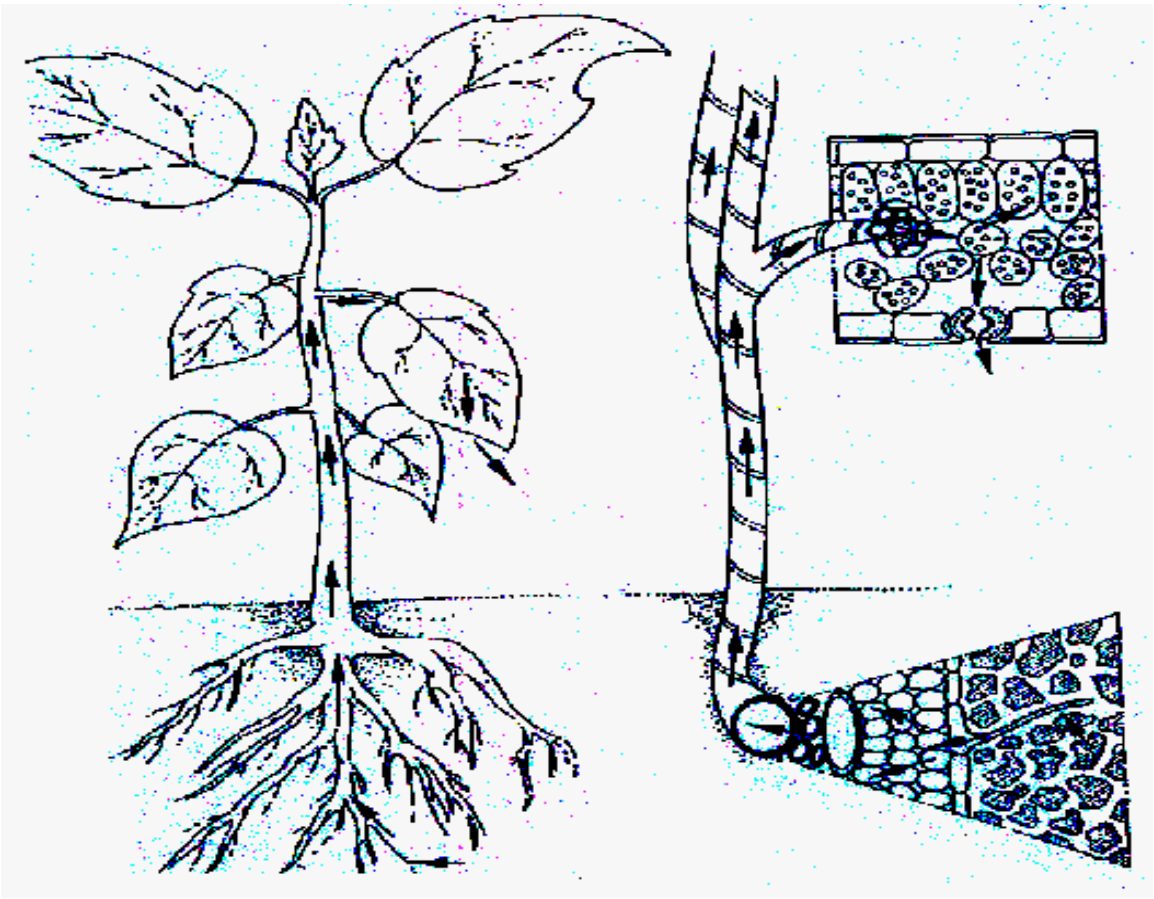
٢ – النتح العديسي Lenticular Transpiration

يفقد النبات الخشبي الماء خلال القلف وايضاً من خلال الشقوق التي تحدث في الانسجة الفلينية الواقية لبشرة النبات ولكن اهم طريق يفقد منه النبات الماء خلال القلف هو العديسات المنتشرة على سيقان النبات.

٣– النتح الأدمي Cuticalar Transpiration

وهو الماء المفقود عبر الأدمة من خلال بشرة الاوراق والسيقان . والادمة هي طبقة غير منفذة للماء تغطي السطوح الخارجية لخلايا البشرة وهي تعمل على منع فقدان الماء خلال البشرة بدرجة كبيرة ولكنها غير تامة بسبب ما قد يوجد فيها من شقوق وفتحات بالاضافة الى انها ليست عديمة النفاذية تماماً . والماء المفقود من خلال الأدمة والعديسات يعتبر ضئيلاً جداً إذا ما قورن بعملية النتح الثغري .

- **أهمية النتح للنبات:**
- النتح عامل رئيسي في العلاقات المائية للنبات علي الرغم من أن البعض يعتقد بأن النتح شر لابد منه للنبات حيث تفتح الثغور أساسا في الضوء لكي يدخل ك أ٢ ويفقد الماء منها. إلا أن النتح له فوائد هامة للنبات منها.
- فوائد النتح:
- (١) تبريد الأوراق وخفض درجة حرارة أسطح النبات المعرض للجو ووقاية النبات من أخطار الحر الشديد حيث أن تبخر الماء يحتاج إلي حرارة يستمدها من حرارة الورقة فيسبب لها برودة.
- (٢) يسبب رفع العصارة وامتصاص الماء وانتقال كميات كبيرة من الماء والذائبات من الجذور إلي الأوراق وتوزيعها في النبات.
- (٣) يعمل النتح على تقليل النمو الخضري مما يعطي فرصة للنمو التكاثري اي عملية تكوين الازهار والثمار وبالتالي يؤدي الى نضج النبات.
- **أضرار النتح:**
- زيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص الماء من التربة يؤدي ذبول النباتات ووقف النمو حيث تزداد لزوجة السيتوبلازم وتقل نفاذيته ويتدهور الكلوروفيل ويقل البناء الضوئي ويزداد تحلل البروتين ويقل انتقال الكربوهيدرات وتحولاتها وبالتالي يتوقف نمو النباتات بل ويتحدد زراعة النباتات. حيث يسبب تغيرات سيئة للنباتات ويكون هو المسبب الرئيسي في عدم زراعة الكثير من المحاصيل بشكل اقتصادي في المناطق الصحراوية وعلي أساس النتح توضع السياسات المائية للعمليات الزراعية. كمية الماء التي يفقدها النبات كبيرة جداً حيث أنه يفقد٩٥% من الماء الممتص ويستخدم ١% في العمليات الحيوية المختلفة من ٥% المتبقية.
- **١- معدل النتح (جم ماء/سم٢/ساعة):**
- لتر / هكتار /سنة وهذا يدل علي الكميات الهائلة من الماء التي تفقدها النباتات عن طريق النتح.



- طرق تقليل النتح:

- ١- طرق طبيعية (طرق التربية)
- - استعمال مضادات النتح Antitranspiration

فسيولوجيا الثغور Stomatal physiology

- الثغور هي فتحات ميكروسكوبية دقيقة توجد في بشرة الأوراق والسوق ويفقد النبات حوالي ٩٥% من الماء عن طريقها (بالنتح).
- من أهم الصفات الفسيولوجية للنباتات هي تبادل الغازات بين الأوراق والجو المحيط. ومن أهم الغازات التي يتم تبادلها هي الأوكسجين وثاني أكسيد الكربون وأيضا من هذه الصفات فقد الماء في صورة بخار عن طريق الثغور إلي خارج النبات في عملية النتح لكي يحدث الاتزان المائي داخل النبات.
- الثغور ثقوب صغيرة في الأوراق والسوق الحديثة تسمي (stomata) ثغور ومفردها ثغر(stoma) تقوم بدور بارز جداً في فسيولوجيا النبات حيث تعمل علي تنظيم عملية تبادل الغازات:

- **وجودها:** توجد في جميع نباتات المملكة النباتية عدا الطحالب والفطريات وتوجد في جميع أجزاء النبات عدا الجذور.
- **عدد وتوزيع الثغور:** يختلف عدد الثغور باختلاف النبات ونوعه والبيئة التي يعيش فيها.

الجهاز الثغري Stomatal apparatus

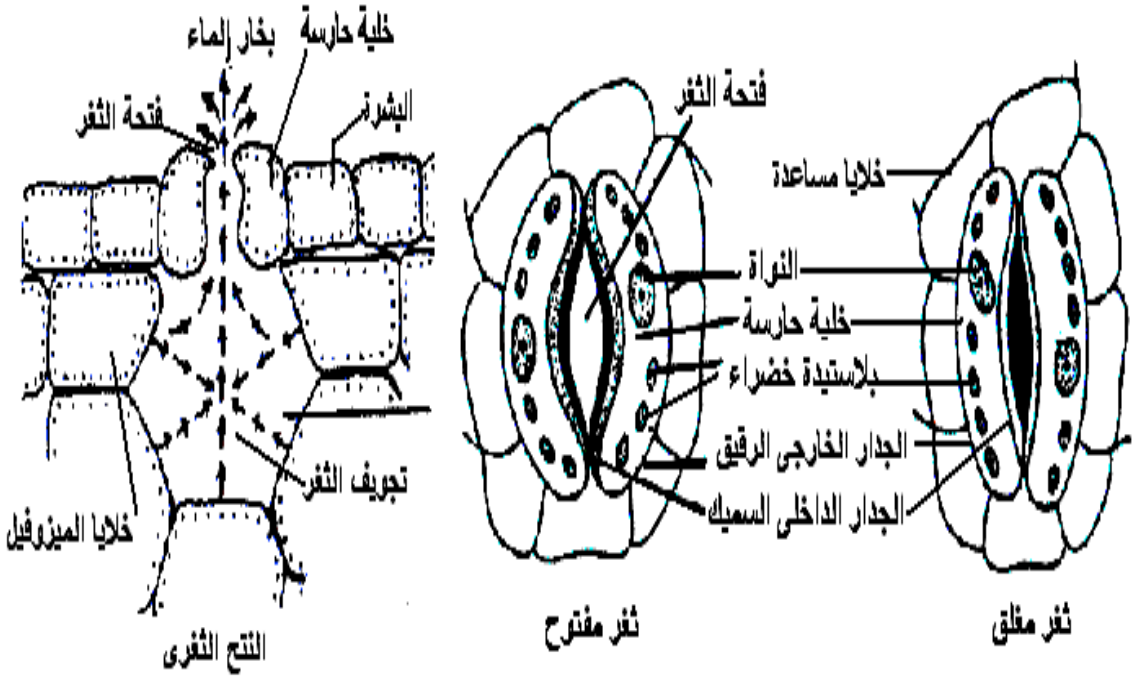
- يتكون الجهاز الثغري من
- ١- خليتين حارستين Guard cells
- ٢- غرفة تحت الثغر substomatal chamber
- ٣- فتحة الثغر (Stomatal aperture) تحاط بالخليتين الحارستين

ميكانيكية فتح وغلق الثغور

Mechanism of stomatal opening and closing

- **عملية فتح وغلق الثغور:**

هي أحد الصفات الفسيولوجية الهامة للثغور حيث تفتح في الضوء وتغلق في الظلام في جميع النباتات عدا بعض النباتات العصارية. وعملية فتح وغلق الثغور تتم تبعا للتغير في ضغط انتفاخ الخلايا الحارسة. إذ أن عملية فتح الثغر تكون نتيجة انتفاخ الخلايا الحارسة بالماء. وأما غلق الثغور نتيجة ارتخائها وفقدها للماء. إذا كيف يتم فتح وغلق الثغر؟



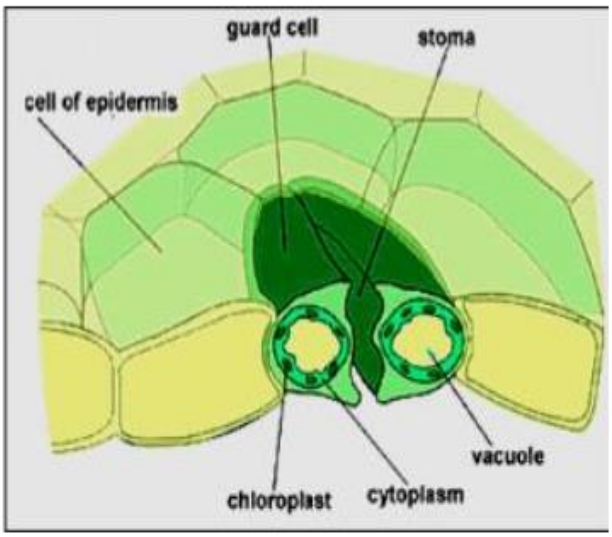
أهم النظريات المقترحة لميكانيكية فتح وغلق الثغور

- توجد عدة نظريات لتفسير ميكانيكية فتح وغلق الثغور في وجود الضوء وغلقها في الظلام... وتفسير أسباب انتفاخ الخلايا الحارسة وارتخائها
- **أ- النظريات القديمة**
- **١- زيادة تركيز السكريات في الخلايا الحارسة عن طريق البناء الضوئي:**
- **٢- نظرية تحويل النشا إلي سكريات Change in starch to sugars theory**
- **أو تأثير الحموضة علي فتح الثغور**
- **ب- النظرية الحديثة:**
- **٣- نظرية دور أيون البوتاسيوم والأحماض العضوية في فتح الثغور.**

The starch-sugar hypothesis نظرية Scarth أو نظرية نشأ- سكر

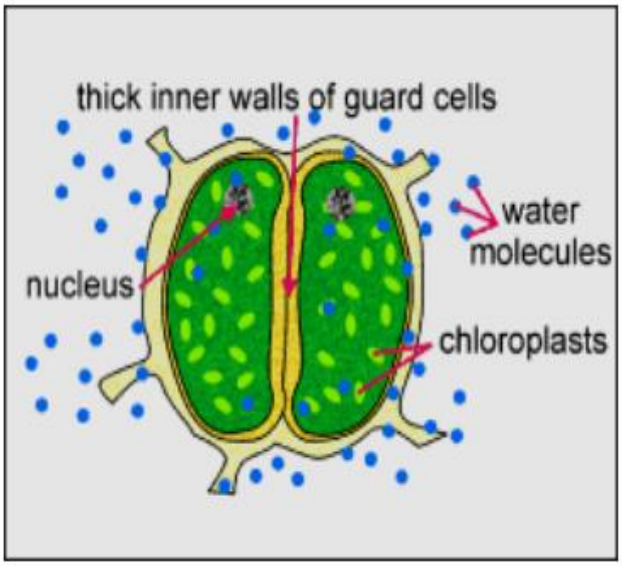
أُعتمدت هذه النظرية بعد ان لاحظ الباحثين ان نسبة النشا تكون مرتفعة في الخلايا الحارسة في الظلام وتكون منخفضة في وجود الضوء في النهار. كما ان ذلك يقترن مع ارتفاع pH عندما تكون

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 pH الذي ينشط انزيمات تحويل النشا الى سكر الذي يعني زيادة سالبية الجهد الأزموزي للخلايا الحارسة.
ارتفاع **pH** في الضوء ناتج عن خفض نسبة ثاني اكسيد الكربون الذي يستعمل او يمتص في عملية التمثيل الضوئي اثناء النهار أو بوجود الضوء مما يؤدي الى نقص في الحموضة. اما في الليل فيحدث العكس إذ يتم اطلاق كميات كبيرة من CO_2 بسبب توقف عملية التمثيل الضوئي وكذلك بسبب اطلاقة عن طريق عملية التنفس وهذا الأرتفاع يؤدي الى خفض **pH** أي زيادة الحموضة وهذا ما يعمل على تحول السكر الى نشأ عن طريق تنشيط انزيمات مثل **Phosphorylase**.



الثغور (stoma) التي توجد بشكل اساسي على السطح السفلي للورقة وللسيقان الغضة تكون مفتوحه بشكل بسيط.
كل ثغر محاط بخليتين حارستين تحتويان على كمية كبيرة من الكلوروبلاست. الجدار الداخلي المواجة للفتحة لكل خلية يكون اكثر سمكا من طرفة البعيد عن الفتحة.
اذا للثغر تركيب مناسب إذ يستطيع التحكم في عملية النتح, فعندما يكون مغلقا لايوجد نتح وعندما ينفتح يتم النتح.

السؤال هو كيف تتم العملية؟

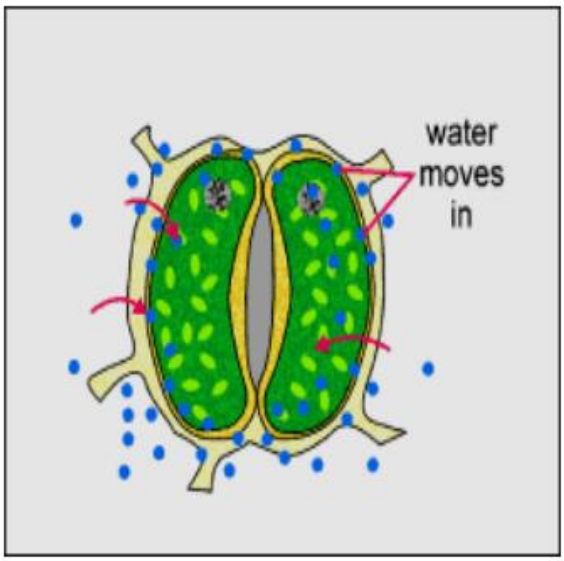


عمليتي الفتح والغلق يتم التحكم بهما بواسطة التغير في الضغط الأزموزي داخل الخلايا الحارسة:

اثناء النهار:

يقوم النبات بعملية التمثيل الضوئي في البلاستيدات الخضراء للخلايا الحارسة, إذ يتكون السكر اثناء النهار, وهذا السكر المتكون يعمل على خفض الجهد المائي في الخلايا الحارسة ونسبة CO_2 تنخفض نتيجة لامتصاصه واستعماله في عملية التمثيل الضوئي وهذا الانخفاض يعمل على خفض حموضة الخلايا الحارسة او ارتفاع pH أي يصبح وسط الخلايا الحارسة اكثر قاعدية.

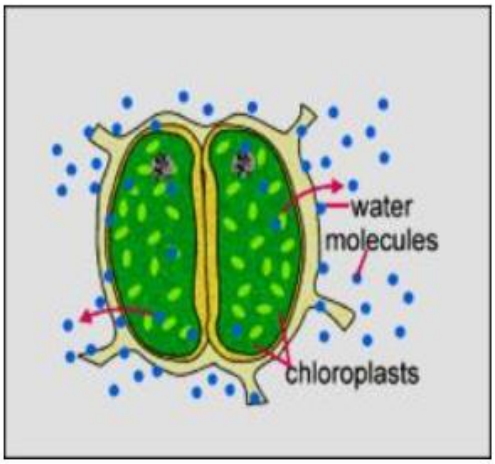
هذا الوسط القاعدي يشجع **تحول النشاء الى سكر** عن طريق تثبيط انزيم Phosphprylase, هذا الانزيم حساس جدا للتغير في pH .
إذا زيادة السكر من عملية التمثيل الضوئي مباشرة رغم قلة كميتها وكذلك تحول النشاء الى سكر عن طريق خفض CO_2 وزيادة **pH** يعمل على نقص في تركيز الماء داخل الخلية, وهذا النقص في تركيز الماء يعمل على **انخفاض في الجهد المائي للخلايا الحارسة** مما يعمل على اندفاع الماء للداخل عن طريق امتصاصها للماء من خلايا البشرة المحيطة بها.
امتلاء الخلايا الحارسة يعمل على انتفاخها وزيادة ضغط الامتلاء وتصبح الخلايا صلبة. فهذا الامتلاء يعمل على تقوس الجدار الرقيق البعيد عن الفتحة للخارج جاذبا معة الغشاء السميك المواجة للثغر الذي ينحني للداخل وهذا يسبب **فتح الثغر**.

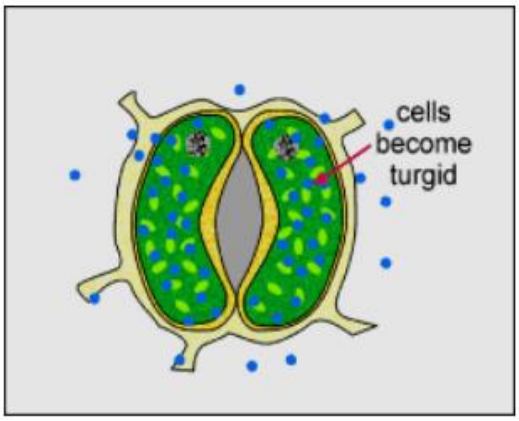


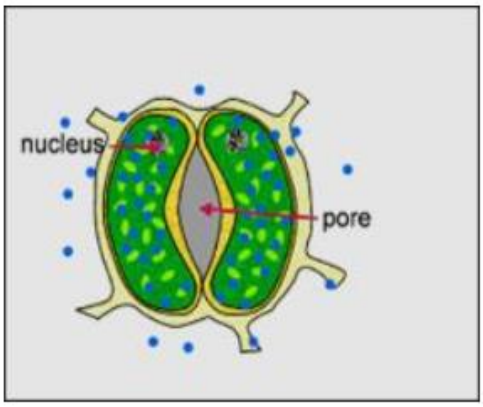
اثناء الليل:

التمثيل الضوئي يتوقف **وتكوين السكر يتوقف** وبالتالي سحب ثنائي اوكسيد الكاربون يتوقف ويستمر التنفس الخلوي وبالتالي نسبة ثنائي اوكسيد الكربون تزداد في محيط الخلايا الحارسة.

هذة الزيادة تسبب انخفاض pH أي ان الوسط يصبح اكثر حموضة وهذا يسبب **تحول السكر الى نشاء** في الخلايا الحارسة وبما ان النشاء لايذوب في الماء فسيسبب هذا ارتفاع الجهد المائي للخلايا الحارسة مقارنة مع جهد الخلايا المساعدة او خلايا البشرة المحيطة وهذا الارتفاع يدفع بالماء خارج الخلايا الحارسة فينخفض الضغط على الجدار الخلوي فيعود الى مكانة فيغلق الثغر.







ويجب الإشارة هنا إلى أن العوامل البيئية وبعض المركبات لها تأثير مباشر على عملية انفتاح وإغلاق الثغور هذه النظرية تعد غير كافية لتفسير فتح وغلق معظم الثغور وذلك نظراً للآتي:-

1- الخلايا الحارسة في البصل لا تحتوي على نشاء مطلقاً والثغور تفتح وتغلق أيضاً.
2- إن التغير في تركيز CO_2 غير كافي لاحداث التغيرات المذكورة في درجة الحموضة للخلايا الحارسة ولا يتناسب مع التغير الفعلي في درجة الحموضة من **5 الى7** أي وحدتين والذي أمكن قياسه في أثناء انتفاخ الخلايا الحارسة.
3- إن التحول الداخلي للنشاء إلى سكر يعد بطيء جدا قياسا بسرعة استجابة الثغور وعملية الفتح.
4- لا توجد في هذه النظرية أي دلالة على تأثير الضوء الأزرق في فتح الثغور والذي ثبت انه يلعب دورا رئيسا في عملية الفتح والغلق.

العوامل التي تؤثر في معدل النتح : Factors Affecting Transpiration Rate

أولاً . عوامل داخلية : Plant Factors

تتأثر سرعة النتح ببعض العوامل الداخلية التي ترجع إلى النبات وطبيعة تكوينه ، وأهم هذه العوامل : شكل الورقة وتركيبها . Leaf State and Structure

ووضعها بالنسبة لمحور الساق فالأوراق ذات الوضع الأفقي المتعامد مع الساق والتي تعترض كمية اكبر من اشعة الشمس والضوء بحيث ترتفع درجة حرارة الورقة والتي تؤدى الى زيادة معدل النتح ،كما ان لسمك الاوراق تأثير على معدل النتح ،فزيادة سمك الاوراق تقلل من عملية النتح .

١. **المساحة الورقية . Leaf Area**

يزداد النتح بزيادة مساحة سطح الورقة.

٢. **وجود أغطية شمعية تغطي سطح الاوراق وربما أجزاء أخرى من النبات وهذه الطبقة تمكن النبتات من الاحتفاظ بالماء وتقليل نسبة فقد الماء ففي نباتات فول الصويا تعمل النباتات على تقليل فقد الماء عن طريق انثناء الأوراق من الخارج الى الداخل مما يعمل على تعريض السطح السفلى للورقة والذى يحتوى على شعيرات شفافة لامعة للشمس وهذه الشعيرات يمكنها أن تعكس كمية من الضوء ،وبالتالى تقليل معدل النتح .**

٣. **نسبة المجموع الجذري إلى المجموع الخضري Root/Shoot Ratio: حيث يزداد النتح كلما زادت هذه النسبة نتيجة لازدياد معدل الامتصاص.**

ثانياً . عوامل خارجية : Environmental Factors

أ- **شدة الضوء . Light**

ب- **درجة حرارة الهواء . Air Temperature**

ت- **الرطوبة النسبية . Relative Humidity**

ث- **الرياح . Winds**

ج- سرعة امتصاص الماء من التربة . Availability of Soil Water Absorption

- شدة الضوء : الضوء من أهم العوامل البيئية المؤثرة على سرعة النتح فالثغور تفتح في الضوء وتغلق في الظلام . وعندما تفتح الثغور يزداد النتح بسرعة لأن الثغور تمثل المنفذ الرئيسي لخروج الماء . أيضاً فإن الضوء يزيد من حرارة الأوراق وهذا يؤدي إلى سرعة النتح وذلك لأن الحرارة تزيد من حركة جزيئات الماء .
- درجة حرارة الهواء : تزيد درجة حرارة الهواء من قدرة التشبع البخاري للهواء أي أن درجة الحرارة تزيد من قدرة الهواء على حمل كميات أكبر من بخار الماء كذلك فإن زيادة درجة حرارة الهواء تؤدي إلى زيادة فرق الجهد بين الهواء الخارجي والداخلي للورقة وهذا يؤدي إلى سرعة النتح كما أن درجة حرارة الهواء تؤثر على حرارة الورقة حيث أن ارتفاع حرارة الوراقة يسبب زيادة حركة جزيئات الماء والتأثير على حركة الثغور .
- الرطوبة النسبية : على العموم كلما زادت الرطوبة النسبية للهواء المحيط بالنبات إدا ذلك إلى تقليل معدل النتح والعكس صحيح .
- الرياح : تأثير الرياح في سرعة النتح يتداخل مع عوامل أخرى وعموماً تؤدي الرياح إلى زيادة النتح، والواقع فإن زيادة سرعة الرياح عن الحدود المعقولة يؤدي إلى فقدان الماء بسرعة من الأوراق وهذه بدوره يسبب غلق الثغور مما يقلل من سرعة النتح .
- سرعة امتصاص الماء من التربة : تتأثر سرعة النتح بسرعة تزويد الماء إلى أجزاء النبات الخضرية فإن كان امتصاص الماء سريعاً يتحكم بالنتح العوامل البيئية المحيطة بالجزء الخضري أما إذا كانت سرعة الامتصاص محدودة تحكمت بالنتح ظروف التربة وتتأثر سرعة الامتصاص بالعوامل الآتية :

١. توفر ماء التربة .
٢. حرارة التربة .
٣. تهوية التربة .
٤. تركيز محلول التربة أو جهدها الأسموزي .

- جميع عوامل التربة الأخرى تؤثر في سرعة النتح بصورة غير مباشرة .

- **الإدماع Guttation**[١] أو عرق النبات هو **عملية فقدان** النبات للماء على صورة سائل عن طريق ثغور متحورة تعرف بالثغور المائية الموجودة على أطراف ألاوراق وتتم هذه العملية عند الليل والصباح الباكر لان الثغور تكون مغلقة إذ يحدث نتح قيل جدا. من قبل بعض النباتات الوعائية مثل الحبوب كالحنطة والشعير والحشائش ولايمكن ملاحظة هذه الظاهرة في الاشجار العالية.

- **العوامل التي تحفز عملية الإدماع:**

الامتصاص العالي للماء، الضغط الجذري العالي، انخفاض او انعدام عملية النتح

الفرق بين النتح والإدماع

معظم العمليات الحيوية التي تحدث في النباتات تتعلق بالماء كونه من المواد الضرورية لبقائها على قيد الحياة تمامًا كما عمليتا الإدماع والنتح، واللتان غالبًا ما يخلط الكثيرون بينهما رغم وجود اختلافاتٍ واضحةٍ نذكر منها:

١- تبقى مسامات الأوراق مغلقةً أثناء الإدماع بينما تكون مفتوحةً خلال النتح

٢- يحدث الإدماع في الليل وفي ساعات الصباح الباكر عندما تكون الأجواء رطبةً وباردةً، بينما يحدث النتح خلال النهار حيث الأجواء الحارة الجافة

٣- يتخلص النبات من الماء خلال النتح على شكل بخارٍ من خلال الثغور او الكيوتكل او العديسات أما في الإدماع فيتخلص النبات من الماء بشكل سائلًا من خلال الثغور المائية

٤- يحتوي الماء المفقود خلال الإدماع على نسبةٍ عاليةٍ من المعادن بينما يكون الماء نقيًّا خلال النتح

٥- تتحكم النباتات بعملية النتح لكنها غير قادرةٍ على ذلك بما يخص الإدماع.

س/ ماهو الفرق بين عمليتي النتح والادماءBleeding