



١٤٣٨/٣/١٨

# انتقال النسغ الناقص

## التقرير

جامعة دمشق  
كلية الهندسة المعلوماتية

## بسم الله الرحمن الرحيم

❖ الأستاذ المشرف: م. مضر عباس

❖ الطلاب:

١. عماد الدين محمد نبيل جحا
٢. عبد الله تركي البرهو
٣. عمر أحمد داود آغا
٤. عمران خليل علاء الدين

❖ المراد تنفيذه:

محاكاة حركة النسغ الناقص ضمن النبات بتأثير جملة من المؤثرات على هذه الحركة (تركيز المواد و الأملاح المعدنية ,درجة الحرارة ,الخاصية الشعرية ,قوى التماسك و التلاصق في النسغ ,معدل النتح ).

## ❖ الدراسة الفيزيائية:

### ١. حركة النسغ الناقص ضمن النبات:

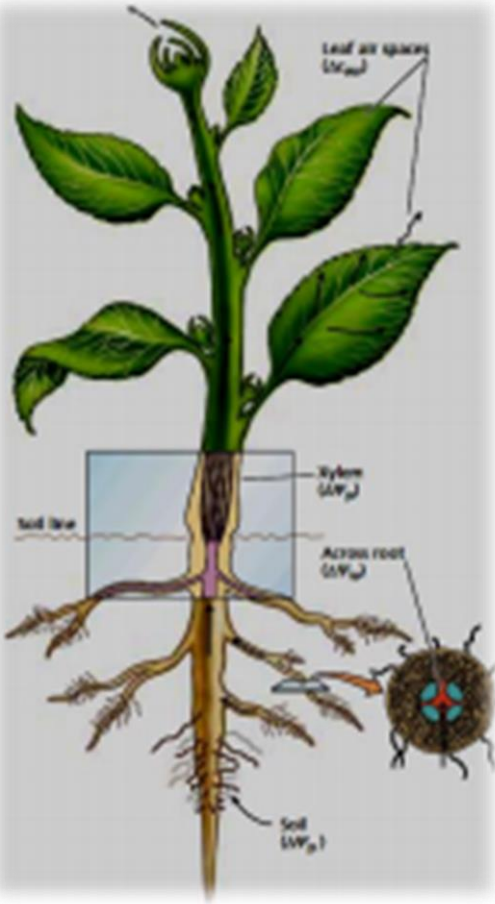
- **النسغ الناقص:** هو مجموعة الماء والأملاح التي يمتصها النبات لكي يحافظ على بقاءه ويؤمن حاجاته اليومية.

- إن مسلك الماء من التربة الى أعلى النبات يتم من خلال خلايا البشرة والشعيرات الجذرية , و التي تمتص الماء والمواد الذائبة بطريقة الانتشار (Diffusion).

- ثم يمر الماء عرضيا من خلال القشرة الحشوية غير المتراسة عبر أوساط مختلفة (الجدار الخلوي , القنوات البروتينية الخاصة ضمن الغشاء السيتوبلازمي , الفراغات البينية الهوائية) حتى الوصول الى القشرة الداخلية (endodermis) , والمرتبة خلاياها بشكل اسطواني والحاوية على طبقة شريطية هي الشريط الكاسبري , الذي يوصف بأنه صلب غير قابل للنفوذ يحتوي السوبرين , ولهذا يصبح لازاما على المواد المارة ان تتدفق بكميات أكبر عبر القنوات المتخصصة بنقل جزيئات الماء ضمن الغشاء السيتوبلازمي (القنوات هي عبارة عن بروتينات مرتبطة بالغشاء) , ثم تأتي الاسطوانة المركزية في الجذر (Stele) واولها الدائرة المحيطية.

- بعدها يصل الماء والمغذيات الى الاوعية الخشبية (القسيبات) في الساق , و يتحرك عموديا للأعلى بسبب قوى التماسك والتلاصق و الضغط الجذري وبمساعدة قوة سحب النتج حتى خشب الفروع , ثم شبكة الفروع الناقلة , واخيرا إلى العروق الدقيقة في الأوراق.

**الانتشار :** حركة جزيئات الماء من المناطق التي يكون فيها تركيزها مرتفع (أكثر إتاحة للماء) إلى المواقع التي يكون فيها تركيزها منخفض (أقل إتاحة للماء).



مساهمة أجزاء النبات في نقل الماء (١)

- في الاوراق ,تتم عملية النتح حيث يتبخر قسم من الماء ,وتغلق الثغور و ينتج هرمون نباتي يعرف بحمض الأبسيسيك ,يشجع على دخول أملاح البوتاسيوم  $K^+$  إلى خلايا البشرة ,فيرفع من سلبية الجهد المائي في الورقة,و يُسحب الماء من الساق إلى خلايا الورقة ومنها إلى خلايا البشرة و تفتح الخلايا الحارسة من جديد فاتحة المجال لتبخر الماء.
- تكون هذه العملية مستمرة (امتصاص -> جذر -> ساق -> أوراق -> نتح) حتى يحصل النبات على حاجته ,فتنخفض معدلات الامتصاص و النتح ,و أي اختلال في عملي النتح و الامتصاص يؤدي إلى مشاكل نباتية<sup>١</sup>.

---

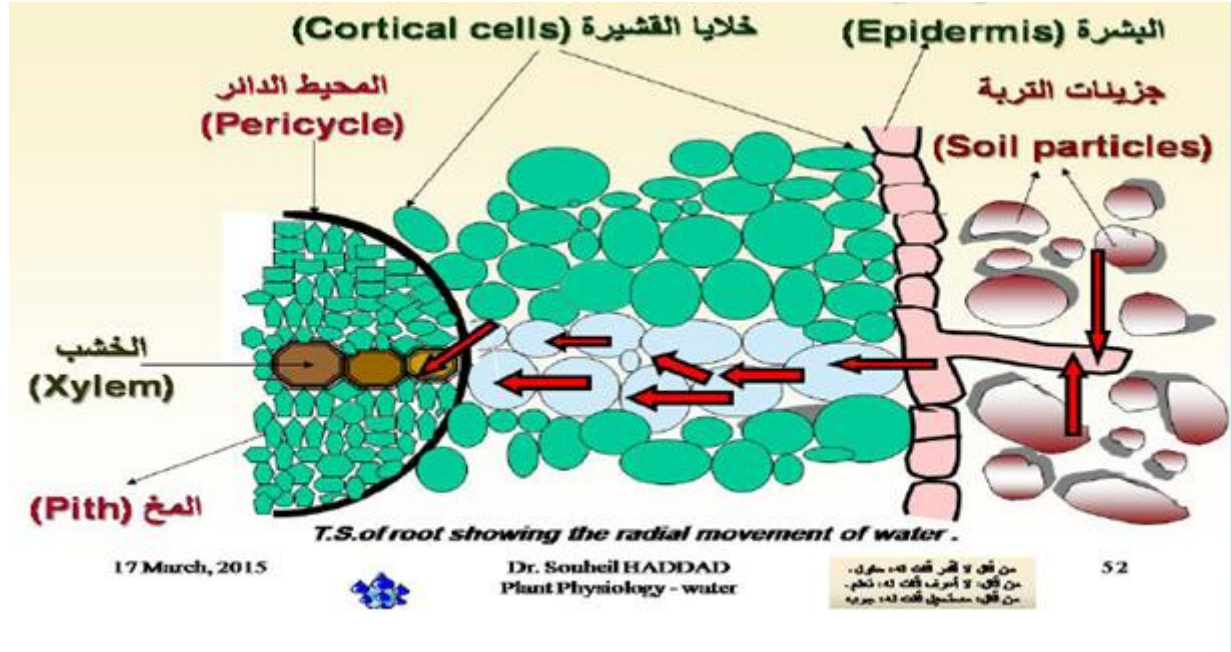
**قياس الضغط الجذري:** يمكن قياسه لأغلب النباتات باستعمال جهاز المانوميتر, حيث يقطع ساق النبات قرب التربة و يوصل بأنبوب مطاط ,يندفع الماء داخل الأنبوب فيرتفع الزئبق داخل الأنبوبة ,و من حساب الفرق بين عمودي الزئبق يحسب الضغط الجذري.

---

تبلغ نسبة الشعيرات الماصة 60% من مساحة الجذر ,فيما تشكل الجزء المتبقي أدمة كارهة للمياه.

---

## ضمن الجذر:



### الحركة الأفقية للماء في الجذر (٢)

العملية الأولى تتم في الجذر حيث يمتص الجذر الماء والأملاح وفق الخاصية الأسموزية حيث تمكن الجذور من امتصاص الماء بما فيه من مواد مغذية ذائبة من التربة , فيخضع الماء و الأملاح لقوة فرق الجهد بين التربة (الوسط الأول) و الجذر (الوسط الثاني).

• فرق الجهد:

$$\Delta\gamma_w = \gamma_{big} - \gamma_{small}$$

**الأسموزية** : فرق الجهد المائي بين وسطين حيث ينتقل الماء والأملاح من الوسط ذي الجهد الأقل سلباً للوسط الأكثر سلباً.

تعمل الذائبات (المعدنية و العضوية) على شد جزيئات الماء , مقللةً بذلك من عدد جزيئات الماء الحرة، ما يؤدي إلى انخفاض قيمة الجهد المائي , لأنّ قيمة الجهد المائي للماء المقطر الخالي تماماً من الذائبات تساوي الصفر.

- الجهد المائي للتربة ( $\gamma_{soil}$ ) معرف بالقانون<sup>٢</sup>:

$$\gamma_{soil} = \gamma_s + \gamma_p$$

حيث:  $\gamma_s$  الجهد الحلولي للنسغ, و يمثل تأثير الذائبات المنحلة في الجهد المائي وحدته  $jol$ .

$\gamma_p$  جهد الامتلاء وحدته  $jol$ .

تركيز الأملاح في

التربة المشبعة بالأملاح:  $0.0821 \text{ mol l}^{-1}$

التربة متوسطة الإشباع:  $0.0410509 \text{ mol l}^{-1}$

التربة قليلة الإشباع:  $0.00821 \text{ mol l}^{-1}$

a. نحسب  $\gamma_s$ :

يقدّر الجهد الحلولي بالمعادلة المقترحة من قبل Vant Hoff:

ياكوبس فانت هوف: كيميائي و فيزيائي هولندي ولد

١٨٥٢ و توفي عام ١٩١١ و تخصص في الكيمياء

العضوية و الكيمياء الفيزيائية.

حصل على جائزة نوبل في الكيمياء عام ١٩٠١ لعمله

على التناضح.

للمواد المتأينة:  $\gamma_s = - R T C_\sigma N$

للمواد الغير متأينة:  $\gamma_s = - R T C_\sigma$

$R$  ثابت الغازات و يساوي  $0.00832 \text{ Jmol}^{-1}$ .

$T$  الحرارة المطلقة وحدتها كلفن  $K$ .

$C_\sigma$  تركيز الذائب في المحلول  $\text{mol l}^{-1}$ .

$N$  عدد الجزيئات المتأينة.

تشير الإشارة السالبة إلى أنّ

الذائبات المنحلة تقلل من الجهد

المائي للمحلول بالمقارنة مع الجهد

المائي للماء النقي.

<sup>٢</sup> فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري) (كلية الزراعة-جامعة دمشق) (Al-awdeh، ٢٠١٤)

جدول لتراكيز أهم الأملاح في بعض الأسمدة<sup>٣</sup> :

المادة	N نيتروجين	P فسفور	K بوتاسيوم
زبل البقر الطارج مع الفرش	0.5	0.3	0.5
زبل الدجاج الخاف بدون فرش	4	3	3
زبل الأرانب	2.4	6	0.05
زبل الخراف الطارج	1	0.4	0.2
زبل الخيول الطارج	0.4	0.2	0.4
الدم	15	1.3	0.7
العظام المطحونة	4	21	0.2
بذور القطن	3.2	1.3	1.2
زبل الخنازير	4	1	قليل جدا

b. نحسب  $\gamma_p$  :

الضغط (pressure) : يطلق عليه اصطلاحاً جهد الامتلاء، و هو الضغط الناتج عن انتفاخ الخلايا، تزيد القيم الموجبة منه الجهد المائي، في حين تقلل القيم السالبة من الجهد المائي، وعادةً ما يكون ضغط الامتلاء ضمن الخلايا النباتية موجباً .

فرق $\gamma$	$\gamma_p$	
-١,٥	-٠,٥	Soil water
-٣,٠	-٢,٠	Root
-١٠	-٥,٠	Stem
-٩٨٥	-١٥,٠	Leaf

<sup>٣</sup> موقع : مقاتل الصحراء.

و تحسب بالجهاز  
"Tensiometer" (مقياس الشد)

Air	-1000	
-----	-------	--

و يبين الجدول التالي فرق الـ  $\gamma_p$  في النبات<sup>٤</sup> :

الجدول عند:

الرطوبة النسبية 50%

22C محتويات النسغ من الأملاح تبلغ : 5 g/l

محتويات النسغ من المواد العضوية : 1 %

• الجهد المائي للنسغ في النبات  
معرف بالقانون<sup>٥</sup>:

$$\gamma_{water} = \gamma_s + \gamma_p + \gamma_g$$

حيث:  $\gamma_s$  الجهد الحلولي للنسغ ,  $\gamma_p$  جهد الامتلاء وحدته  $jol, \gamma_g$  جهد الجاذبية (مهمل).

a.  $\gamma_s$  مر معنا سابقا.

b. نحسب  $\gamma_p$  :

	$\gamma_p$	فرق $\gamma$
Soil water	-0,5	-1,5
Root	-2,0	-3,0
Stem	-5,0	-10

<sup>٤</sup> (G.Pallardy, ٢٠٠٧) PHILOSOPHY AND THE TREE OF LIFE  
<sup>٥</sup> فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري) (كلية الزراعة-جامعة دمشق-سوريا)



Leaf	-١٥,٠	-٩٨٥
Air	-١٠,٠٠	

الجدول عند:

الرطوبة النسبية 50%

درجة الحرارة 22C

c.  $\gamma_g$ :

عند الحديث عن حركة الماء على مستوى الخلية النباتية فغالباً ما يهمل مكون جهد الجاذبية، لأنّ قيمته قليلة جداً ومهملة بالنسبة إلى قيمة الجهد الحلولي وجهد الامتلاء.

نتيجة فرق الجهد ينتقل النسغ إلى داخل الجذر حتى يصل إلى الأسطوانة المركزية بالجذر وتزداد كمية الماء كلما زاد فرق الجهد.

فرق الجهد:

$$\Delta\gamma_w = \gamma_{soil} - \gamma_{water}$$

• نحسب كمية الماء المتدفق من خلال:

$$\Delta\gamma = \gamma_{water} - \gamma_{soil} = w \rightarrow g * (p * v) \quad (6)$$

$$\rightarrow p * v = (\gamma_{water} - \gamma_{soil})/g$$

- أما معدل نقل الماء عبر الأغشية السيتوبلاسمية فتعطى حسب القانون <sup>٧</sup>:

$$J_v = LP (\Delta\gamma_w)$$

$LP$  : التوصيل المائي للغشاء السيتوبلاسمي تساوي  $10^{-6}$  وحدته:  $m/Mpa * s$

$(\Delta\gamma_w)$  : فرق الجهد المائي وحدته:  $Mpa$

- و نتيجة انتقال النسغ الى داخل النبات ينخفض الجهد الحلولي و يتغير حتى يتساوى الجهدان (داخل و خارج النبات ) و يصبح الفرق معدوما و يحصل الجذر على كفايته بعد زمن يتناقص بشكل أسي مع كل عملية امتصاص <sup>٨</sup>:

$$T_{1/2} = \frac{(0.693)V}{A(LP)(\epsilon - \gamma_s)}$$

$A$  : مساحة الخلية النباتية و يعطى بالعلاقة :  $A = l * l * 6$  حيث  $l$  طول ضلع الخلية.

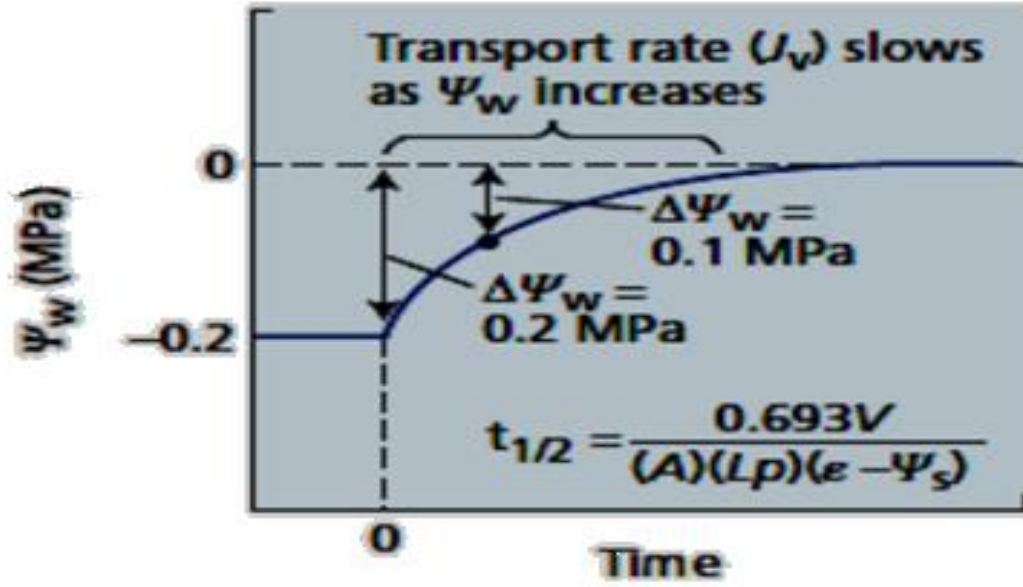
$V$  : حجم الخلية النباتية و يعطى بالعلاقة:  $V = l * l * l$  حيث  $l$  طول ضلع الخلية.

$\gamma_s$  : الجهد الحلولي للتربة.

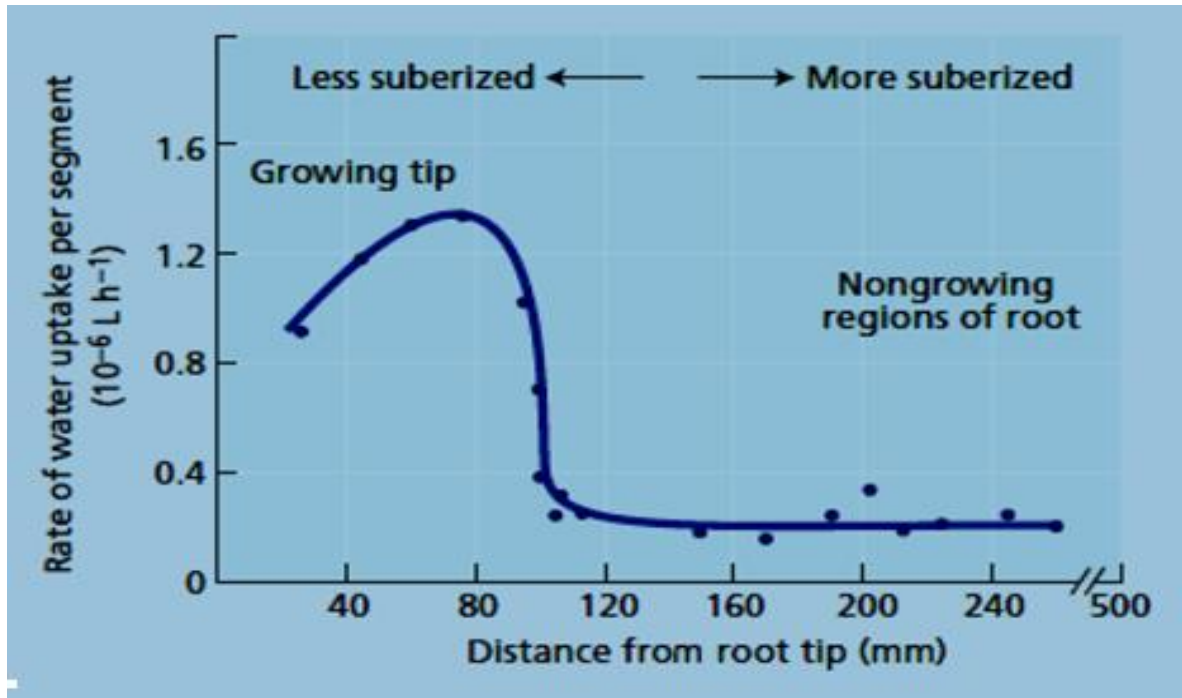
<sup>٦</sup> دراسة الجهد المائي و مكوناته (المدرسة العليا للأساتذة-جامعة القبة-الجزائر) (دليلة، وآخرون)  
<sup>٧</sup> فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري) (كلية الزراعة-جامعة دمشق-سوريا) (Al-awdeh، ٢٠١٤)  
<sup>٨</sup> فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية (الجزء النظري) (كلية الزراعة-جامعة دمشق-سوريا)

$\epsilon$  : درجة الصلابة النسبية لجدران الخلايا النباتية وحدته  $pa$  يعطى بالعلاقة:

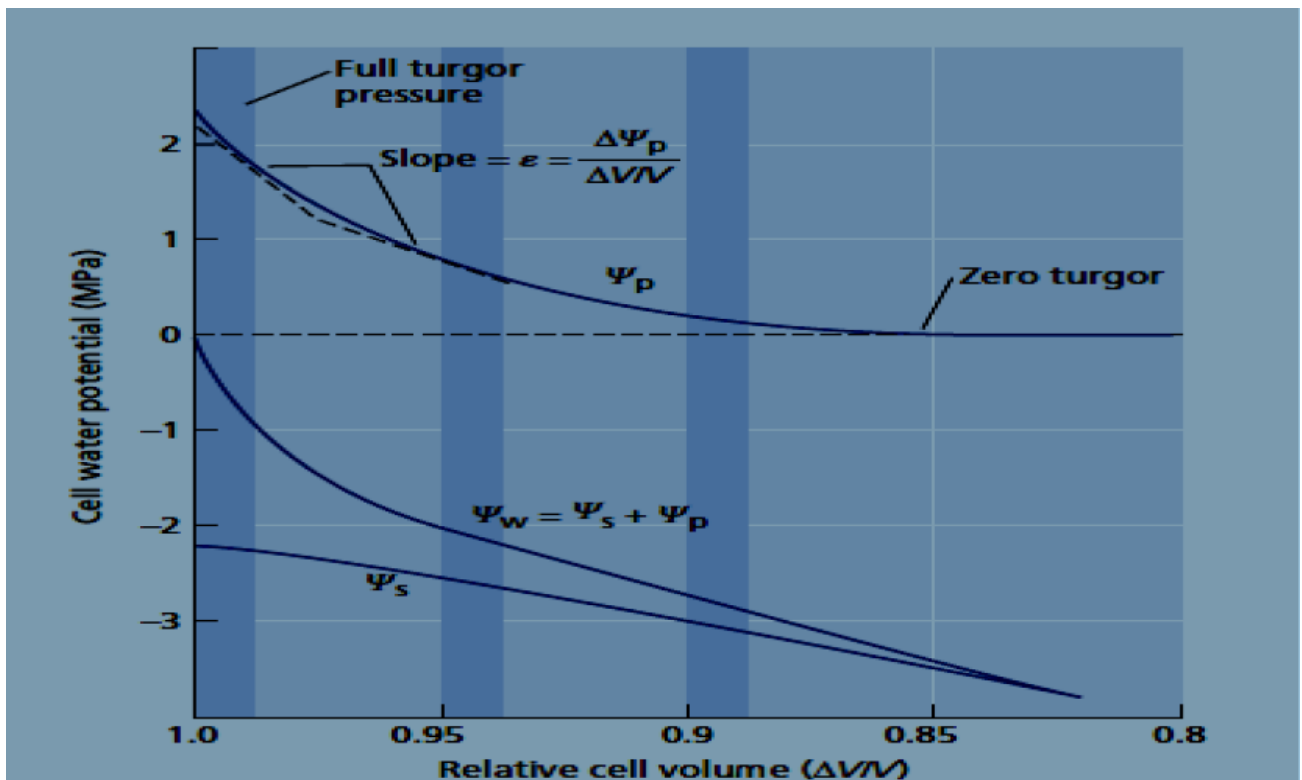
$$\epsilon = \frac{\Delta \gamma p}{\Delta v / v}$$



معدل نقل الماء عبر الأغشية السيتوبلاسمية (٣)



معدل امتصاص الماء عند مواقع مختلفة من الجذر (٤)



العلاقة بين الجهد المائي و مكوناته في الخلية (٥)

٢. حركة النسيج الناقص ضمن الساق:

تفسر الخاصية الشعرية (الأسموزية) طريقة نقل المواد الغذائية والماء في الساق، كما يتأثر السائل في الساق بالضغط الجذري "القادم من الجذر" الذي يدفع بالماء (نفس الكمية الممتصة من

التربة) الى الساق مغيرا بذلك التركيز ووزن عمود السائل وارتفاعه , لكن قوة السحب الناتجة عن النتح هي العامل الأساسي في رفع الماء ضمن الساق.

تؤثر على ارتفاع السائل في الساق عدة قوى هي:

١. قوى التماسك والتلاصق (قوة التوتر السطحي).
٢. ثقل عمود السائل.
٣. قوة السحب نتيجة النتح.
٤. قوة الضغط الجذري(مهملة).

حيث :

$$\sum f_{shark} = f + w + f_{leaf} + p_{root}$$

قوة التوتر السطحي: ظاهرة تنشأ عن قوى التماسك المؤثرة في جزئيات سطح السائل , مما يجعل سطح السائل يعمل كغشاء رقيق مرن مشدود , وتعرف قوى الشد السطحي لهذا الغشاء بقوى التوتر السطحي.

لذا فان قوة التوتر السطحي هي القوة المطبقة على واحدة الطول أو الطاقة المخزنة في واحدة السطوح.

● قوة التوتر السطحي:

إذا كانت قوة التلاصق بين جدار الانبوبة وجزئيات السائل أكبر من قوة التماسك كما في حالة الماء , فان محصلة هاتين القوتين يكون اتجاهها الى الأعلى , ويرتفع سطح الماء في الانبوبة , و اذا كانت قوة التلاصق بين جدار الانبوبة وجزئيات السائل أصغر من قوة التماسك كما في حالة الزئبق فان المحصلة ستؤثر الى الأسفل , مما ينتج عنه انخفاض السائل في الانبوبة.

ولإيجاد العلاقة بين ارتفاع السائل في الانبوبة والتوتر السطحي نعرف ما يسمى بزاوية التماس , وهي الزاوية المحصورة بين اتجاه المماس لسطح السائل عند النقطة التي يمس فيها السائل سطح الانبوبة , وتكون مركبة قوة التوتر السطحي المؤثرة في اتجاه جدار الانبوبة<sup>٩</sup> :

$$f = (2\pi r)\gamma \cos\theta$$

حيث:

<sup>٩</sup> xylem structure and the ascent of sap (zimmerman)

$r$ : نصف قطر الانبوبة الشعرية وحدتها  $m$ .

$\gamma$ : معامل التوتر السطحي للسائل  $N/m$ .

وتكون محصلة أشعة النقاط هي قوة تتجه شعاعها الى الأعلى.

• قوة الثقل  $W$  :

وزن عمود السائل وهي القوة المؤثرة في الانبوبة الشعرية الى الأسفل <sup>١٠</sup>:

$$w = \rho \pi r^2 g h$$

$\rho$  : كثافة السائل  $kg/m^3$

$h$ : ارتفاع السائل في الانبوبة :  $m$ .

عندما يصل السائل لمرحلة التوازن تكون القوتين متساويتين (الثقل و التوتر السطحي):

$$2\pi r \gamma \cos\theta = \rho \pi r^2 g h$$

ومنه يمكن حساب قيمة ارتفاع السائل في الانبوبة

$$h = \frac{2\gamma \cos\theta}{\rho g r}$$

كذلك يمكن حساب الكتلة  $m$  :

$$m = \frac{2\gamma \cos\theta}{g}$$

ويمكن حساب معامل قيمة التوتر السطحي:

---

<sup>١٠</sup> موقع: المدرسة العربية

$$\gamma = \frac{\rho g h r}{2 \cos \theta}$$

السائل	الجدار	زاوية التماس
الماء	زجاج	0 درجة
الماء	فضة	90 درجة
الماء	بارفين	107 درجة
زئبق	زجاج	140 درجة

زوايا التماس بين بعض المواد

قيم التوتر السطحي لبعض السوائل		
واجهة التلامس	درجة الحرارة	$\gamma$ in (mN·m <sup>-1</sup> )
ماء-هواء	20 °C	72.86±0.05
ماء-هواء	21.5 °C	72.75
ماء-هواء	25 °C	71.99±0.05

قيم

التوتر السطحي لبعض السوائل

•  $f_{root}$  : مهمة و تحسب بجهاز باستعمال جهاز المانوميتر.

### ٣. الورقة:

ينتقل النسغ من الساق إلى الأوراق من خلال قوة فرق الجهد بين الساق و الأوراق , لكن اللاعب الأساسي هي عملية النتح التي تقوم بفتح الماء الزائد عن حاجة النبات إلى خارج النبات , مما يؤدي إلى تغير التركيز و القيم الحيوية الأخرى في الأوراق , فتزداد سلبية الجهد المائي للأوراق و تعاود الأوراق عملية رفع النسغ بعد أن انتقل من التربة فالجذر ثم الساق , و تتكرر العملية حتى يشبع النبات بالماء و العناصر المعدنية (العملية مستمرة لكن تختلف كمية الامتصاص في كل مرة).

### النتح: Transpiration

**تعريف النتح<sup>١١</sup>:** هو فقد النبات للماء على صورة بخار من أي جزء من سطح النبات المعرض للهواء على الأخص الأوراق (الساق الحديثة , الأزهار و الثمار), يفقد النبات معظم الماء من خلال الثغور تقريبا ما يعادل ٩٥٪ مما يمتصه.

#### • أنواع النتح:

- النتح الثغري : من خلال ثغور الأوراق و منه يتبخر ما نسبته ٩٥٪ من الماء.
- النتح الأدمى : يتم فقد الماء مباشرة من خلال القشيرة.
- النتح العديسي : عبر عديسات السوق المتخشبة.

#### • كيف ينتح النبات:

أثناء النهار يقوم النبات بعملية البناء الضوئي والتي يترتب عليها استهلاك  $CO_2$  في تفاعلات الظلام وبالتالي يتحول PH العصير الخلوي إلى قلوي ومعه يتحول النشاء المتراكم أثناء الليل إلى سكر , فيتغير الضغط الاسموزي للعصير الخلوي للخلايا الحارسة مما يترتب عليه جذب الماء من الخلايا المساعدة فتمتلئ بالماء ويفتح الثغر و بعد تبخر الماء ترتخي الخلايا الحارسة و تغلق. أثناء الليل يقل استهلاك  $CO_2$  مما يترتب عليه ذوبانه في الماء في المسافات البينية ليكون حمض الكربونيك عندها يتكاثف السكر إلى نشاء مما يترتب عليه انخفاض قوة امتصاص الخلايا الحارسة بسبب انخفاض الضغط الاسموزي للخلايا الحارسة فيرتخي الثغر ويغلق.

#### • فوائد النتح:

- (١) تبريد الأوراق وخفض درجة حرارة أسطح النبات المعرض للجو , ووقاية النبات من أضرار الحر الشديد , حيث إن تبخر الماء يحتاج إلى حرارة يستمدّها من حرارة الورقة فيسبب لها برودة.
- (٢) يسبب رفع العصارة وامتصاص الماء انتقال كميات كبيرة من الماء والذائبات إلى الأوراق , وتوزيعها في النبات , و يرتبط النتح مع عملية رفع العصارة بعلاقة طردية.

<sup>١١</sup> (G.Pallardy, ٢٠٠٧) Physiology of Woody Plants



## • إضرار النتح:

زيادة معدل النتح عن معدل الامتصاص الماء من التربة يؤدي ذبول النباتات ووقف النمو , حيث تزداد لزوجة السيتوبلازم وتقل نفاذيته , ويتدهور الكلورفيل في الصانعات الخضراء , ويقل البناء الضوئي ويزداد تحلل البروتين ويقل انتقال الكربوهيدرات وتحولاتها , وبالتالي يتوقف نمو النباتات , لذا و اعتمادا على أساس النتح توضع السياسات المادية للعمليات الزراعية.

## • العوامل البيئة التي تؤثر في معدل النتح<sup>١٢</sup>:

### a. العوامل الخارجية:

١. كمية الأشعة الشمسية الساقطة على الأرض:

يتناسب النتح طردا مع كمية الأشعة الشمسية قصيرة الموجة الساقطة على الأرض , و التي تتعلق بعدة عوامل منها: بعد الأرض عن الشمس , زاوية ميل الأشعة الشمسية , عدد ساعات السطوع , مدى توهين الغلاف الغازي.

٢. كمية الأشعة طويلة الموجة المشعة من الغلاف الجوي:

تأثير هذه الأشعة أقل من تأثير الأشعة الشمسية , لأنها تنطلق من أجسام أقل حرارة من الشمس , و كمية هذه الحرارة تعطى بالعلاقة<sup>١٣</sup>:

$$L^4 = \epsilon \sigma T$$

$L$ : الإشعاع الحراري الواصل للأرض من الغلاف.

$\epsilon$ : أشعاعية الغلاف الجوي نسبة مئوية : 23 % .

$\sigma$ : ثابت ستيفان يساوي  $5.67 * 10^4$ .

$T$ : درجة الحرارة المطلقة وحدته : K.

٣. انعكاسية السطح و اشعاعيته :

لا تستخدم كامل الطاقة الواصلة للأرض (الأشعة الشمسية) في عملية التبخر , إذ أن جزءا من الأشعة تنعكس من على السطح , و تعتمد هذه النسبة على خصائص السطح (تعرف النسبة بمعامل الانعكاس) .

<sup>١٢</sup> موقع مقاتل الصحراء--الموسوعة الجغرافية

<sup>١٣</sup> موقع مقاتل الصحراء--الموسوعة الجغرافية

#### ٤. الرطوبة الجوية:

تتناسب معدلات النتح عكسيا مع الرطوبة النسبية للهواء (ضغط بخار الماء الفعلي بالنسبة لضغط الماء الإشباعي) , حيث تحدث عملية انتشار لجزيئات الماء عند سطح التبخر إلى بقية جزيئات الماء كلما وصلت لحالة الإشباع , ما يؤدي إلى تغير تركيز الماء في الجو المحيط بـ سطح التبخر و تنتشط عملية النتح.

#### ٥. حرارة الهواء:

يزداد محل النتح بزيادة درجة حرارة الهواء عن طريق زيادة كمية الطاقة المنقولة بالتوصيل من الهواء إلى سطح التبخر , فتزداد سرعة عملية انتشار جزيئات الماء بعيدا عن سطوح التبخر , ما يغير من تركيز الماء في الجو المحيط و ينشط عملية التبخر.

#### ٦. سرعة الرياح:

تؤثر الرياح في معدلات التبخر والنتح عن طريق تحريك الهواء الملامس لسطوح التبخر و النتح , و الذي قد ارتفع بخار الماء فيه بعيدا عن هذه السطوح , و إحلال هواء جاف مكانه ما يسرع عملية انتشار جزيئات الماء.

#### b. العوامل الداخلية:

١. الثغور حجمها وتوزيعها ومستواها على سطح الورقة.

٢. مساحة الورقة (حجم وشكل و سطح الورقة).

٣. نسبة المجموع الجذر إلى المجموع الخضري.

٤. التحولات التركيبية للأوراق.

- القوى المؤثرة بالنسغ ضمن الأوراق فرق الضغط الأسموزي حيث:

$$\Delta\gamma_w = f_{shark} - \gamma_{leaf}$$

حيث:

$$\gamma_{leaf} = \gamma_s + \gamma_p + \gamma_g$$

a. نحسب  $\gamma_s$  :

يقدّر الجهد الحولي بالمعادلة المقترحة من قبل Vant Hoff :

$$\gamma_s = - R T C_\sigma N \quad \text{للمواد المتأينة:}$$

$$\gamma_s = - R T C_\sigma \quad \text{للمواد الغير متأينة:}$$

$R$  ثابت الغازات و يساوي  $0.00832 \text{ Jmol}^{-1}$

تشير الإشارة السالبة إلى أنّ  
الذائبات المنحلة تقلل من الجهد  
المائي للمحلول بالمقارنة مع الجهد  
المائي للماء النقي.

$T$  الحرارة المطلقة وحدتها كلفن  $K$  .  
 $C_\sigma$  تركيز الذائب في المحلول  $\text{mol l}^{-1}$  .  
 $N$  عدد الجزيئات المتأينة .

b. نحسب  $\gamma_p$  :

الضغط (pressure) : و هو الضغط الناتج عن انتفاخ الخلايا , مر معنا سابقا .

و تحسب بالجهاز "Tensiometer" (مقياس الشد) و يبين الجدول التالي فرق الـ  $\gamma_p$  في النبات<sup>١٤</sup> :

	$\gamma_p$	فرق $\gamma$
Soil water	-٠,٥	-١,٥
Root	-٢,٠	-٣,٠
Stem	-٥,٠	-١٠
Leaf	-١٥,٠	-٩٨٥
Air	-١٠٠٠	

الجدول عند:

الرطوبة النسبية 50%

درجة الحرارة 22C

c.  $\gamma_g$  :

في الورقة تكون الجاذبية مؤثرة و قيمتها  $0.1 \text{ mpa}$  .

• معدل النتح<sup>١٥</sup>:

يقاس النتح بطرق عدة، منها: الطرق الوزنية، الطرق الحجمية، قياس الفقد في بخار الماء، طريقة الجزء الخصري المقطوع، وسرعة جريان العصارة النباتية، البوتومتر.

تعد معادلة "بنمان موننتيث" من أفضل المعادلات لتحديد معدل النتح بدقة، آخذة بعين الاعتبار الأشعة الشمسية و درجة الحرارة و سرعة الرياح و الرطوبة النسبية و تأخذ الصيغة التالية:

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + Y \left( \frac{900}{(T + 273)} \right) U_2(e_a - e_d)}{\Delta + Y(L + 0.34U_2)}$$

حيث:

$ET_0$  : معدل التبخر الإمكانى وحدته :  $mm/day$ .

$R_n$  : صافي الأشعة الشمسية الطويلة و القصيرة عند سطح المحصول وحدته :  $MJ/day m^2$ .

يساوي : 260  $MJ/day m^2$ .

$L$  : كمية الأشعة طويلة الموجة المشعة من الغلاف الجوي  $MJ/day m^2$ .

$G$  : كمية الطاقة المفقودة بالتربة وحدته :  $MJ/day m^2$ .

يساوي : 250  $MJ/day m^2$ .

$U_2$  : سرعة الرياح مقيسة على ارتفاع مترين وحدته :  $m/sec$ .

<sup>١٥</sup> موقع مقاتل الصحراء--الموسوعة الجغرافية

$(e_a - e_d)$  : عجز ضغط بخار الماء بين وسطي الورقة و سطحها :  $Kpa$  و يعطى بالقانون:

$$e = 61.1 * (T * s) / (c + R)$$

حيث:

T : درجة الحرارة المئوية , وحدته  $^{\circ}C$  .

S : ثابت يساوي 7.5 من أجل الماء و 9.5 من أجل الجليد.

R : ثابت يساوي 237.3 من أجل الماء و 265.5 من أجل الجليد.

$\Delta$  : مقدار انحناء منحنى ضغط بخار الماء كدالة من درجة الحرارة :  $Kpa/^{\circ}C$  .

Y : ثابت سايكو متري : 0.000665  $Kpa/^{\circ}C$  .

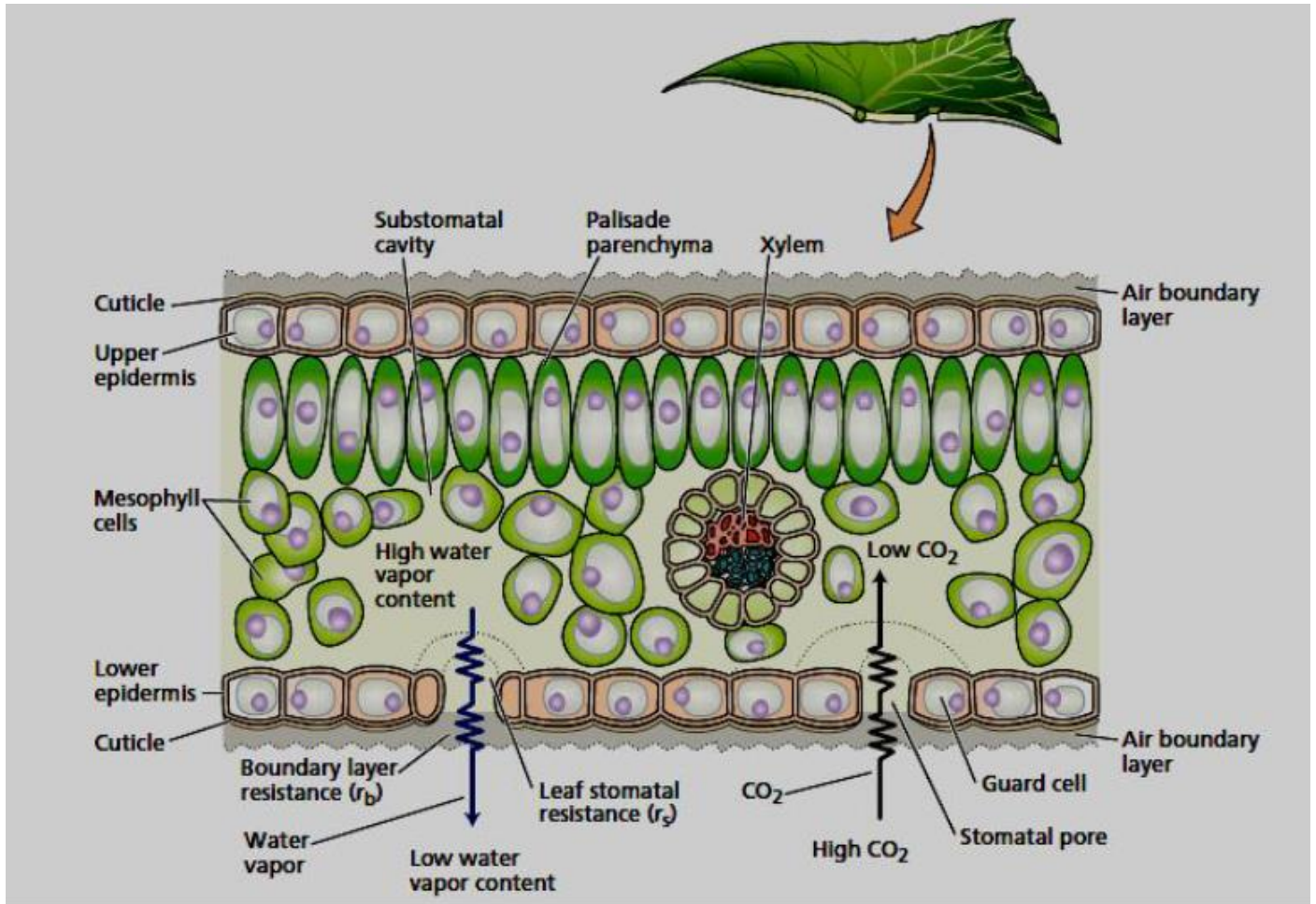
جدول			
تغيير ضغط بخار الماء الإشباعي، مع تغيير درجة حرارة الهواء			
ضغط بخار الماء الإشباعي بالمليبار	حرارة الهواء بالدرجة المئوية	ضغط بخار الماء الإشباعي بالمليبار	حرارة الهواء بالدرجة المئوية
24.86722	21	6.1078	0
26.4362	22	6.566849	1
28.09097	23	7.056124	2
29.83546	24	7.577321	3
31.67372	25	8.13221	4
33.60998	26	8.722644	5
35.64859	27	9.350557	6
37.79408	28	10.01797	7
40.0511	29	10.72699	8
42.4245	30	11.47981	9
44.91926	31	12.27873	10
47.54055	32	13.12613	11
50.29369	33	14.0245	12
53.18419	34	14.97644	13
56.21774	35	15.98463	14
59.40021	36	17.05189	15
62.73763	37	18.18112	16
66.23626	38	19.37536	17
69.90254	39	20.63776	18
73.74308	40	21.97158	19
77.76474	41	23.38023	20

قيم ضغط بخار الماء حسب الحرارة (٧)

نستنتج كمية الماء المتبخر في متر واحد من الورقة خلال ثانية من العلاقة <sup>١٦</sup> :

$$m = \frac{ET_0}{24 * 60 * 60} \rightarrow$$

بعد تبخر الماء يتناقص الجهد و تتغير قيم الجهد و الكتلة , و تعود الورقة لسحب كمية جديدة من الماء إليها.



### عملية التركيب الضوئي(٨)

## ❖ الدراسة التحليلية:

١. Class Root : يعالج عملية الامتصاص في الجذر و يغير قيم الجذر بما يتناسب عم الكمية الممتصة من النسغ

### ● المتحولات:

```
define R 0.00832  
float T,l,e;  
float old_mass,res_soils,res_root,  
C_soil, C_root,Tlme;
```

R : ثابت الغازات المثالي

T : درجة الحرارة المطلقة

L : طول ضلع الخلية

e : الصلابة النسبية لجدران الخلايا

time : الزمن

C\_soil : تركيز المواد في التربة

C\_root : تركيز المواد في الجذر

Res\_root : جهد الجذر

Res\_soil : جهد الجذر

Mass\_root : كتلة الماء الممتص



\*\*\*\\*\*\*

```
Root::Root()
{
    ifstream input;    // تعريف متحول من نمط ifstream

    input.open("C:\\Users\\AMRAN
ALAA\\Desktop\\PROJECT\\loader and
3DS\\taleb\\model\\model\\omar.txt");

    if (input.fail())
        exit(1);    // إذا كانت هناك مشاكل بفتح الملف

    double a[10];

    for (int i = 0; i < 9; i++)
        input >> a[i];

    T = a[0]+273;    // إدخال القيم
    l = a[1];
    C_root = a[3];
    C_soil = a[2];
}
```

يقوم: قراءة القيم من ملف.

\*\*\*\*\*2\*\*\*

```
float Root::power_Ys(float C)
{
    return (-1 * R*T*C);
}

يرد : قيمة الجهد للجذر و التربة (حسب التركيز المدخل) .
```

\*\*\*\*3\*\*\*\*

```
float Root::power_Yw(float Yp, float Ys)
{
    return Yp + Ys;
}
```

يرد : مجموع جهد الضغط ز الجهد الأسموزي .

\*\*\*\*4\*\*\*\*

```
float Root::sub()
{ // حساب الجهد الأسموزي في التربة و الماء
    res_soils = this->power_Yw(-0.2*0.001, this->power_Ys(C_soil));
    res_root = this->power_Yw(-0.4*0.001, this->power_Ys(C_root));
    // حساب ثابت الصلابة حسب قيمة الجهد في الجذر
    if (res_root >= -1.3)
        e = 2.3;
    else if (res_root <= -1.3 && res_root >= -1.8)
        e = 1.7;
    else if (res_root <= -1.8 && res_root >= -2.1)
        e = 1.4;
    else if (res_root <= -2.1 && res_root >= -2.18)
        e = 0.8;
    else if (res_root <= -2.18 && res_root >= -2.5)
        e = 0.5;
    else if (res_root <= -2.5 && res_root >= -2.8)
        e = 0.3;
    else if (res_root <= -2.8 && res_root >= -3.06)
        e = 0.12;
    else if (res_root <= -3.06 && res_root <= -
3.4)
```

```

        e = 0.06;
    else if (res_root <= -3.4)
        e = 0;

    return res_soils - res_root;
}

```

يرد: قيمة فرق الجهد المائي بين التربة و الجذر.

\*\*\*\*5\*\*\*\*

```

float Root::speed_water()
{
    return (0.000001*0.001) * (res_soils -
res_root);
}

```

يرد: معدل تدفق الماء .

```

float Root::Time()
{
    TIme = (0.693 * (1*1*1)) / (0.000001*(1*1 * 6)
* (e - this->power_Ys(C_root)));
    return TIme;
}

```

يرد: الزمن اللازم لاكتفاء الجذر و توقف الامتصاص .

٢. Class Shark :

• المتحولات:

```
float r, y_shark, o, mass_shark, c_shark, p,  
      f_shark, h_shark, h_all;
```

mass_shark : كتلة السائل بالساق	r : نصف قطر الأنبوب الخشبي
f_shark : محصلة القوى بالساق	o : زاوية التماس بين السائل و الأنبوب
h_shark : ارتفاع السائل في الأنبوب الخشبي	p : كثافة السائل الممتص
y_shark : التوتر السطحي للسائل	h_all : ارتفاع الأنبوب الخشبي

• التوابع:

\*\*\*\*\\*\*\*\*

```
Shark::Shark()  
{  
    ifstream input;  
    // تعريف متحول من نمط ifstream لقراءة القيم  
  
    input.open("C:\\Users\\AMRAN  
ALAA\\Desktop\\PROJECT\\loader and  
3DS\\taleb\\model\\model\\omar.txt");  
    if (input.fail())  
        exit(1); // يرد خطأ في حال لم يستطع فتح الملف  
  
    double a[10];
```

```
for (int i = 0; i < 9; i++)
    input >> a[i];
```

```
r = a[4];           // إدخال القيم
p = a[5];
h_all = a[6];
}
```

\*\*\*\*\*2\*\*\*\*\*

```
float Shark::f_power(float y_shark, float o)
```

{ الدخل: زاوية التماس بين الماء و الأنبوب و قيمة التوتر السطحي للسائل ضمن  
// الأنبوب

```
return 2 * 3.14*r*y_shark*cos(o);
}
```

يرد: محصلة قوى التماسك و التلاصق في الأنبوب الخشبي.

\*\*\*\*\*3\*\*\*\*\*

```
float Shark::w_power(float h)
```

{ الدخل: ارتفاع السائل في الأنبوب//

```
return (p*((3.14*r*r)*h))*9.8;
}
```

يرد: قوة ثقل عمود الماء في الأنبوب.

\*\*\*\*\*5\*\*\*\*\*

```
float Shark::power()
{
f_shark = f_power(72.75, 45) -
w_power(h_shark);
return f_shark;}
}
```

يرد: قيمة القوة في الساق التي تعمل على رفع السائل ضمن الأنبوب.

\*\*\*\*6\*\*\*\*

```
float Shark::new_value(float set_mass_root)
```

```
{الدخل : كتلة النسغ في الجذر//
```

```
float new_mass_shark;
```

```
//إذا الكمية المسحوبة أقل من الكمية الموجودة فأسندها لقيمة السحب.
```

```
if ((f_shark / 9.8)<set_mass_root)
```

```
new_mass_shark = (f_shark / 9.8);
```

```
else
```

```
//إلا أسند لقيمة السحب كتلة النسغ بالجذر.
```

```
new_mass_shark = set_mass_root;
```

```
غير قيم الكتلة و التركيز و الارتفاع ضمن الساق بما يتناسب مع القيمة المسحوبة//
```

```
mass_shark = mass_shark + new_mass_shark;
```

```
c_shark = c_shark + (0.015*new_mass_shark);
```

```
h_shark = mass_shark / ((p*3.14*r*r) *
```

```
30000);//number of path in shark
```

```
return new_mass_shark;
```

```
}يرد: قيمة كمية النسغ المسحوبة من الجذر إلى الساق.
```

٣. Class Leaf :

• المتحولات:

```
float f_leaf, c_leaf,  
mass_leaf, vap_mass,  
U, number;
```

U: سرعة الرياح عند ارتفاع مترين.  
c\_leaf: تركيز المواد بالورقة.  
f\_leaf: محصلة القوى  
بالورقة.  
number : المساحة الكلية لثغور الشجرة.  
Mass\_leaf : كتلة النسغ بالورقة.  
Vap\_mass : كتلة الماء المتبخر.

• التوابع:

\*\*\*\*\*1\*\*\*\*\*

```
Leaf::Leaf()  
{  
    ifstream input;  
    // تعريف متحول من نمط ifstream لقراءة القيم  
  
    input.open("C:\\Users\\AMRAN  
ALAA\\Desktop\\PROJECT\\loader and  
3DS\\taleb\\model\\model\\omar.txt");  
    if (input.fail())  
        exit(1); // يرد خطأ في حال لم يستطع فتح الملف  
  
    double a[10];
```

```
for (int i = 0; i < 9; i++)
    input >> a[i];
```

```
U = a[7];
number = a[8];
```

إدخال القيم //

```
}
```

\*\*\*\*\*2\*\*\*\*\*

```
float Leaf::power_Ys(float C)
```

```
{
```

```
    return (-1 * R*T*C);
```

```
}
```

يرد : قيمة الجهد للجذر و التربة (حسب التركيز المدخل) .

\*\*\*\*\*3\*\*\*

```
float Leaf::power_Yw(float Yp, float Ys, float Yg)
```

```
{
```

```
    return Yp + Ys+ Yg;
```

```
}
```

يرد : مجموع جهد الضغط و الجهد الأسموزي و الجهد الأرضي.

\*\*\*\*\*4\*\*\*\*\*

```
float Leaf::power(float c_shark, float t)
```

{الدخل: درجة الحرارة و تركيز المواد في التربة//}



```

f_leaf = power_Yw(-2.0*0.001, power_Ys(c_shark,
t), 0) - power_Yw(-0.8*0.001, power_Ys(c_leaf,
t), 0.1) + (vap_mass*9.8);
return f_leaf;
}

```

يرد: قيمة القوة في الورقة.

\*\*\*\*5\*\*\*\*

```

float Leaf::sating_compress(float t1)
{ // درجة حرارة الوسط قبل التبخر
return 6.11*((7.5*(t1 + 273)) / (237.7 + (t1 +
273))) * 10;
}

```

يرد: ضغط الاشباع.

\*\*\*\*6\*\*\*\*

```

float Leaf::L_power(float t)
{
    // الدخل: درجة الحرارة.
return sqrt(sqrt(t * 576 * pow(10,
4)*(0.23)))/E %
}

```

كمية الأشعة طويلة الموجة المشعة من الغلاف الجوي.

\*\*\*\*7\*\*\*\*

```

float Leaf::delta(float t1, float t2)
{ // الدخل : درجتى حرارة الورقة لقبل و بعد التبخر.
return (sating_compress(t1) -
sating_compress(t2)) / (t1 - t2);
}

```

يرد : قيمة  $\Delta$  الموجودة في علاقة معدل النتح.

\*\*\*\*8\*\*\*\*

```
float Leaf::T2(float t1)
```

```
{// درجة حرارة الورقة قبل التبخر.
```

```
return t1 - (vap_mass * 2257);  
}
```

يرد : درجة حرارة الورقة بعد عملية النتج لحساب ضغط الاشباع.

\*\*\*\*9\*\*\*\*

```
float Leaf::vap_power(float U, float T)
```

```
{  
return ((0.408*delta(T, T2(T))*(260 - 250)) +  
(0.000665*(900 / (T +  
273))*U*(sating_compress(T) -  
sating_compress(T2(T))))) / (delta(T, T2(T)) +  
0.000665*(L_power(T) + 0.34*U));  
}
```

يرد : معدل النتج.

\*\*\*\*10\*\*\*\*

```
float Leaf::new_value(float T, float  
set_mass_shark)
```

```
{الدخل :درجة الحرارة و كتلة النسغ بالجذر//
```

```
float new_mass_leaf;
```

```
if ((f_leaf / 9.8)<set_mass_shark)  
new_mass_leaf = (f_leaf / 9.8);
```

إذا قيمة النسغ المسحوبة أقل من القيمة الموجودة بالساق فأسندها//

```

else
    new_mass_leaf = set_mass_shark;
    //إلا: أسند قيمة النسغ الموجود بالساق للقيمة المسحوبة//

    //غير قيمة الكتلة و التركيز بالأوراق حسب القيمة الممتصة//
    c_leaf = c_leaf + (new_mass_leaf*.015);
    mass_leaf = mass_leaf + new_mass_leaf;

    //احسب كمية الماء المتبخر//
    vap_mass = (vap_power(U, T)*number) / (24 * 60
    * 60);

    //إذا أقل من كمية الماء بالأوراق//
    if (vap_mass < mass_leaf)
    {
        mass_leaf = mass_leaf - vap_mass;
        c_leaf = c_leaf - (vap_mass*0.015);
    }

    //إلا أسند خذ قيم افتراضية//
    else
    {
        mass_leaf = 0.666;//
        c_leaf = 0.01;
    }
    return new_mass_leaf;
}

```

يرجع :كمية الماء المسحوبة من الساق.

٤. Main() :

```
الجذر يحوي مواد عضوية و أملاح//
if(root.C_soil>0.005)
//
{
    إذا التربة غير مملحة//
    if (root.C_root<root.C_soil)
//the operator is continue but we stop it.
    {cout << "the soil is poor . . . . .
. . . . .";?????
    }
Else
    إذا التربة مشبعة//
    if (root.C_root == root.C_soil)
//the operator is continue but we stop it.
    {cout << "the tree is enough . . .
. . . . .";??????
    }else
    {
//ROOT:
احسب الكتلة الممتصة و الكتلة الجديدة و التركيز
لجذر و التربة و زمن و معدل التدفق//
float mass_root = (root.sub() /
9.8);
root.old_mass = root.old_mass +
mass_root;
root.Time();
root.speed_water();

root.C_root = root.C_root +
(0.015*mass_root);
root.C_soil = root.C_soil -
(0.015*mass_root);
```

```

//SHARK :
// إذا القوة في الساق موجبة
if (shark.power(>0)
{
    احسب كمية النسغ المسحوب من الجذر و
    كمية و تركيز النسغ الجديدين في الساق//
    غير تركيز و كتلة النسغ بالجذر//
    float op_mass =
shark.new_value(root.old_mass);

    root.old_mass = root.old_mass - op_mass;

    root.C_root = root.C_root - (0.015*op_mass);

    إذا سحبنا كل الكمية فأسند القيم الافتراضية لمتحولات الجذر//
    if (root.old_mass<0)
    {
        root.old_mass = 0.0001;
        root.C_root =
root.old_mass*0.015;
    }

//leaf:
// إذا وصل النسغ لأعلى الساق//
if (shark.h_shark >= shark.h_all)
{
    احسب كمية النسغ المسحوب من الساق و كمية و تركيز النسغ الجديدين في الساق و
    الأوراق//

    float op_mass_leaf = leaf.new_value(root.T,
shark.mass_shark);
    shark.mass_shark = shark.mass_shark -
op_mass_leaf;

```

```
shark.c_shark = shark.c_shark -  
                (0.015*op_mass_leaf);
```

//إذا سحبنا كامل النسغ من الساق فأسند لمتحولات الساق قيم افتراضية

```
if (shark.mass_shark<0)  
    {  
        shark.mass_shark = 0.0001;  
        shark.c_shark = shark.mass_shark*0.015;  
    }
```

//احسب ارتفاع النسغ الجديد ضمن الساق

```
shark.h_shark = -op_mass_leaf /  
                ((shark.p*3.14*shark.r*shark.r) * 30000);
```

//احسب القوة الجديدة بالأوراق

```
leaf.power(shark.c_shark, root.T);  
    }  
    }  
}
```

```
}
```

```
//Finsh Main();
```

## ❖ الدراسات المرجعية :

- [PHILOSOPHY AND THE TREE OF LIFE](#) (PALLARDY) .
- [أساسيات فسلجة النبات](#) (Abbas).
- [xylem structure and the acent of sap](#) (zimmerman) .
- [Physiology of Woody Plants](#) (G.Pallardy, 2007).
- [فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية \(الجزء النظري\)](#) ، (٢٠١٤) Al-awdeh )
- [دراسة الجهد المائي و مكوناته](#) (دليلة، وآخرون)
- [موقع مقاتل الصحراء--الموسوعة الجغرافية](#)
- [موقع المدرسة العربية](#)

❖ البيئة المستخدمة : OpenGL :

المكتبة سريعة سهولة وتتعامل مع أغلب لغات البرمجة .

❖ اللغة المستخدمة : C++ :

اللغة سهلة الاستخدام و غرضية التوجه.

❖ الواجهة المستخدمة : C# .

## --- الفهرس ---

٣	حركة النسغ الناقص
	(الدراسة الفيزيائية)
٤	حركة النسغ الناقص ضمن الجذر
٤	الجهد المائي للتربة
٧	الجهد المائي للنسغ
٩	معدل نقل الماء عبر الأغشية السيتوبلاسمية
١١	حركة النسغ النقص ضمن الساق
١١	حساب التوتر السطحي $\gamma$
١٢	ارتفاع الماء بالأنبوب الخشبي
١٤	النتح
١٤	فوائد النتح
١٥	أضرار النتح
١٥	عوامل النتح
١٦	معدل النتح
	(الدراسة التحليلية)
٢٠	المتحولات
٢١	التوابع
٢٨	الدراسات المرجعية
٢٨	البيئة المستخدمة
٢٩	الفهرس

\*\*\*\*\*انتهى\*\*\*\*\*