المحاضرة السادسة

علاقة الماء بالأرض

علاقات الماء بالأراضي

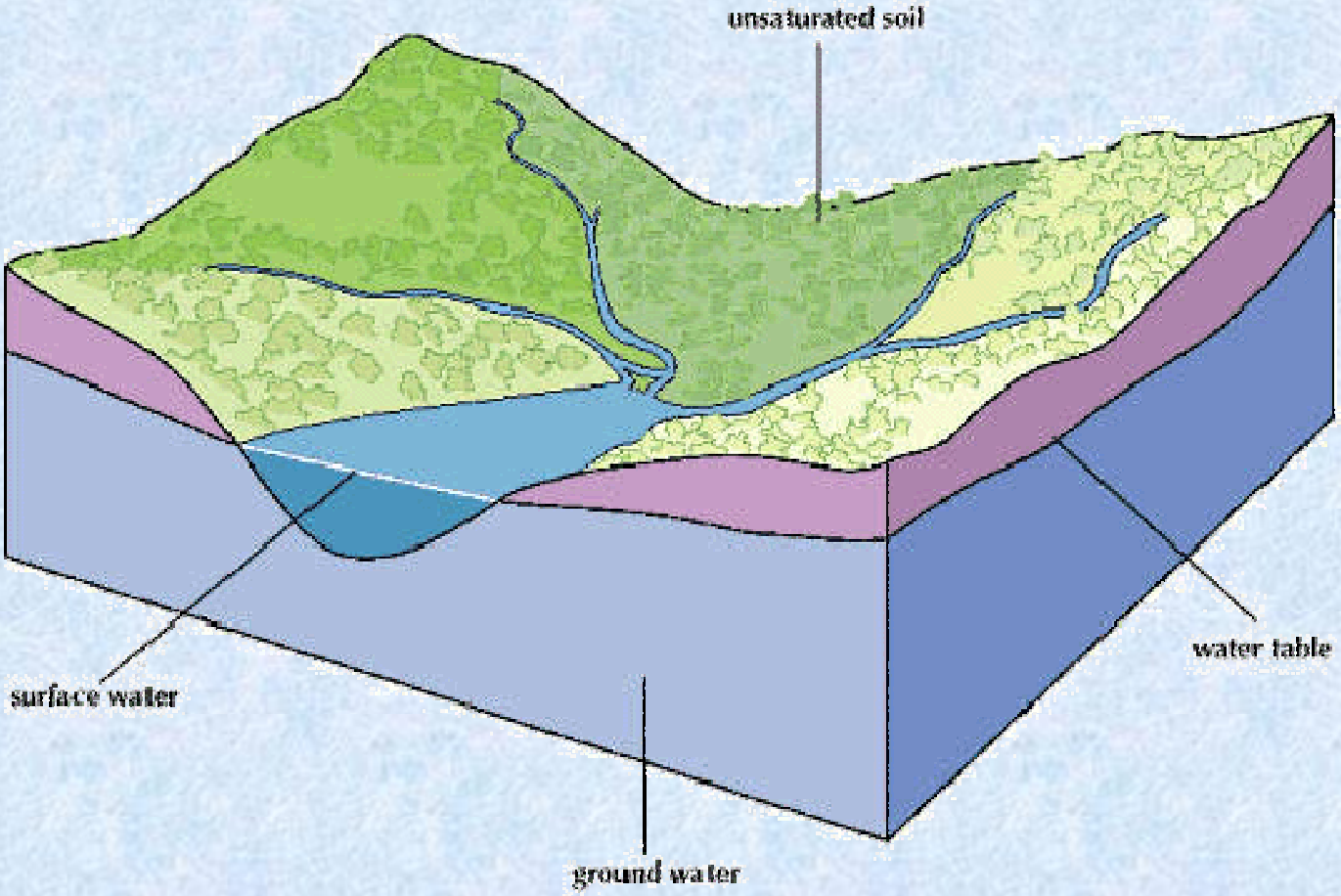
Water Relationship in soils

الماء يقوم بوظائف عديدة بالأرض حيث يعتبر أساسيا في عمليات التعرية وفي تحلل المادة العضوية وفي التفاعلات التي تمد النبات بالعناصر الغذائية اللازمة للنمو. وهذا بالإضافة إلى أنه الوسط التي تتحرك خلاله العناصر الغذائية إلى جذور النباتات. ويجب أن تحتفظ الأرض بكمية مناسبة من الماء حيث أن الزيادة الكبيرة منه تؤدي إلى فقد العناصر الغذائية بالغسيل وإلى الحد من الهواء وبالتالي الأكسجين اللازم لتنفس الجذور ونشاط الميكروبات وبالتالي ذبول النباتات وقلة النشاط الحيوي بالتربة.

وتعتبر كمية الماء المتغيرة الموجودة بوحدة الكتلة أو وحدة الحجم من الأرض وكذلك طاقة هذا الماء بالأرض هما أهم العوامل المؤثرة على نمو النباتات وكمية الماء يمكن التعبير عنها بالمحتوى الرطوبي Moisture content.

أما الطاقة المصاحبة للماء فيمكن التعبير عنها بواسطة جهد الماء Water Potentials ويلزم معرفة المحتوى الرطوبي والجهد معا حتى يمكن فهم وضع وسلوك الماء بالأرض.

How the Water Table Looks in a Cross Section of Land



© 1997 The Learning Company, Inc.

محتوى الأرض الرطوبي
Soil moisture content

ترجع أهمية قياس المحتوى الرطوبي في الآتي:

أنه بمعرفة المحتوى الرطوبي للأرض بالإضافة للخواص الأخرى يمن تقسيم تأثير الماء على نمو النبات.

أن معرفة المحتوى الرطوبي تلزم لحساب كمية ماء الري أو المطر التي يحتاجها المحصول أو لحساب عمود التسرب لكمية معلومة من الماء.

أنه عن طريق القياس المستمر للمحتوى الرطوبي لقطاع الأرض يمكن حساب البخر-نتح Evapotransportation.

والمحتوى الرطوبي للأرض هو الجزء المائي بالتربة والذي يمكن التعبير عنه على أساس الكتلة أو الحجم.

المحتوى الرطوبي كتلة = كتلة الماء ÷ كتلة التربة الجافة تماما

$$\theta m = Mw / Ms$$

المحتوى الرطوبي حجما = حجم الماء ÷ حجم الأرض الكلي

$$\theta v = Vw / Vt$$

ويمكن التعبير عن المحتوى الرطوبي على أساس عمق الماء (ارتفاع عمود الماء) Depth of water (De) **وهو عادة ما يستخدم في حسابات الري أو حسابات عمق التسرب لكمية معروفة من الماء.**

$$De = Vw / A$$

حيث: Vw **هي حجم الماء** A **هي وحدة مساحة سطح التربة**

$$De = (\theta mf - \theta mi)\ (\rho b / \rho w)\ D$$

$$De = (\theta vf - \theta vi)\ D$$

حيث:

θf **المحتوى الرطوبي النهائي المراد الوصول إليه.**

θi **المحتوى الرطوبي الإبتدائي (الفعلي)**

m **تشير إلى أساس الكتلة** ، v **تشير إلى أساس الحجم.**

ρw **كثافة الماء = ١٠٠٠كجم م$^{-٣}$**

ρb **الكثافة الظاهرية للأرض.**

D **العمق.**

نظام حركة المياه في أنواع التربة المختلفة

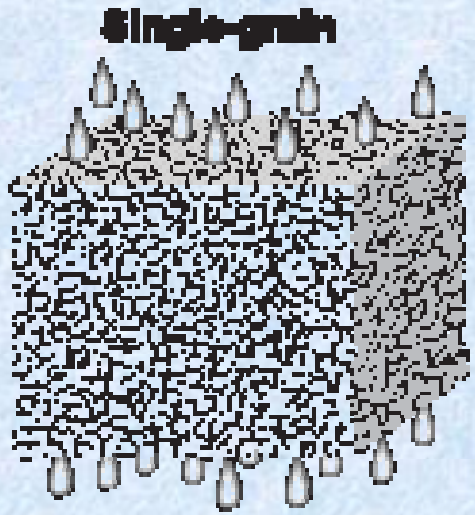
من الأمور التي يجب معرفتها قبل البدء بعملية تصميم شبكة الري تحديد معدل تسرب الماء لداخل كتلة التربة لتعويض النقص الحاصل في منطقة نمو الجذور من الرطوبة ، ويعرف معدل تسرب الماء لداخل التربة بأنه أقصى معدل يدخل فيه الماء إلي كتله التربة خلال سطحها في وحدة زمنية معينة وتؤثر عليه عوامل كثيرة منها بناء لتربة وقوامها وزمن الابتلال ويوضحها الشكل التالي (أ، ب).

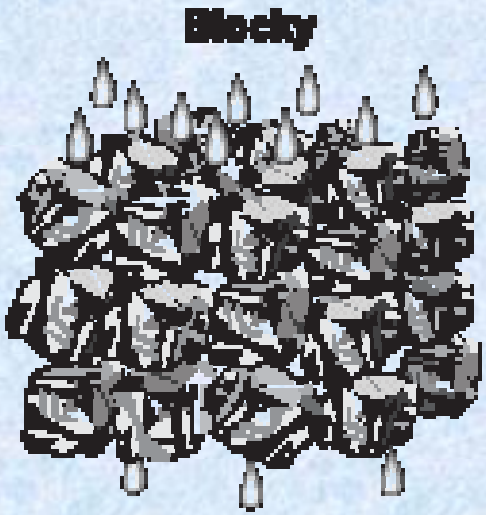
فكلما زاد وقت الابتلال زاد عمق الترطيب وقل معدل تسرب الماء مع مرور الوقت وتناقصة باستمرار وقت الري حتى تصل إلي فترة زمنية يثبت فيها معدل تسرب الماء لداخل التربة وقد يكون هذا المعدل في الترب الطينية صفراً والمعادلة المستخدمة بقياس التسرب هي :

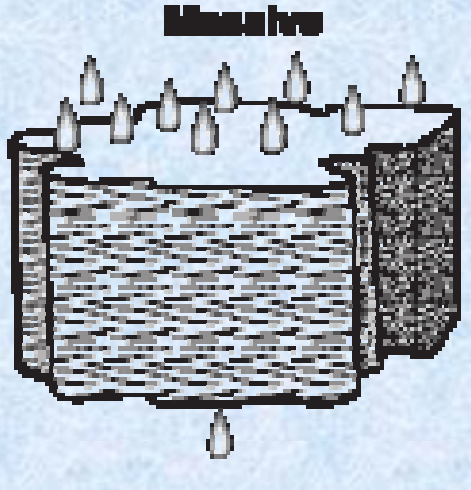
$$I = (At^{n} + b) \ldots\ldots 43$$

حيث إن :

I = معدل التسرب مقيس بملم / ساعة



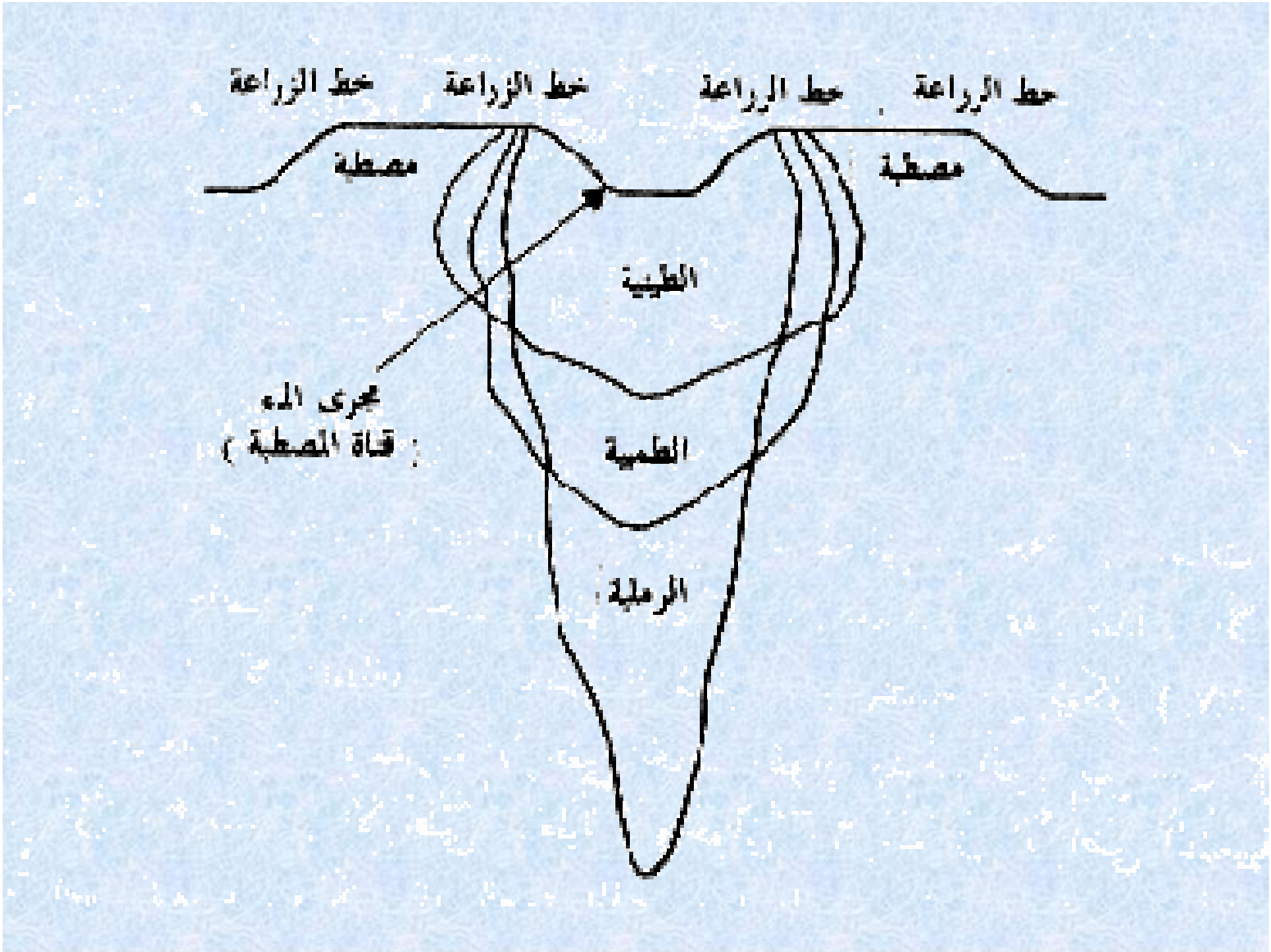




Source: USDA, 1951.

إن معدل التسرب يتغير خلال موسم الري ، حيث أن مرور الماء فوق سطح التربة يؤدي إلي انتقال المواد الغرينية والطين إلي داخل مسام التربة مؤدياً بذلك إلي انسداد بعض مسامات التربة . كما وإن انضغاط التربة بفعل العمليات الزراعية يؤدي إلي سد بعض مسام التربة إلا أن تغلغل جذور النباتات في الطبقات السطحية من التربة يحسن معدل تسرب الماء لداخل التربة . وكذلك اضافة المواد العضوية إلي التربة الرملية تساعد علي تكوين تجمعات حبيبات التربة ومن بعد يؤدي إلي انخفاض معدل تسرب الماء لداخل التربة . بينما تعمل المواد العضوية علي تحسين التربة الطينية وزيادة معدل تسرب الماء إليها .

هذا .. ولا يكون توزيع الماء في الحقل متساويا عند الري بهذه الطريقة. ويوضح الشكل التالي المقطع الذي تصل إليه مياه الري في الأراضي المختلفة القوام. يتضح من الشكل أن المقطع يكون أعرض وأقل عمقاً في الأراضي الطينية ، عنه في الأراضي الرملية ، وتكون الأراضي الطميية وسطاً بينهما . ويتضح من الشكل أيضاً أن ماء الري لا يبل وسط المصاطب ، خاصة في الأراضي الخفيفة، أو عندما يزيد عرض المصطبة عن ٩٠ سم. ويعني ذلك أن التربة تجف تدريجياً وسط المصاطب ، ولا تستفيد منها جذور النباتات (Knott ١٩٥٧)


خط الزراعة
خط الزراعة
خط الزراعة
خط الزراعة
مصطبة
مصطبة
الطينية
مجرى الماء
(قناة المصطبة)
الطمية
الرملية

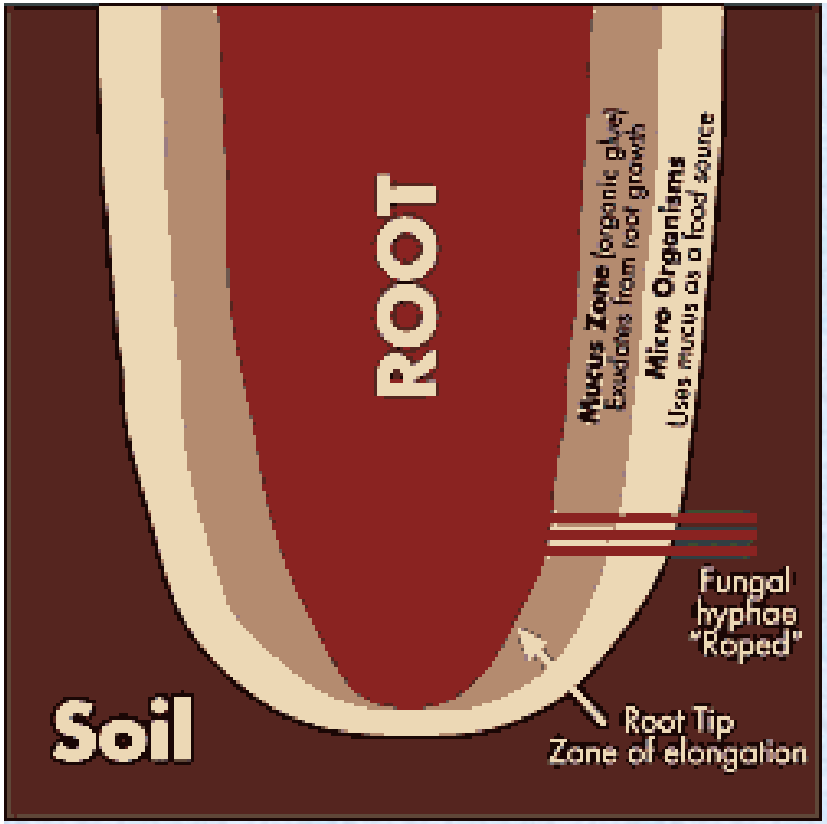
امتصاص الماء Absorption of water

حركة المياه في النبات ثم فقدها عن طريق النتح والبخر إلى الجو:

يعتبر الجذر هو النسيج النباتي المتخصص لامتصاص الماء من التربة وهذا بالطبع لا يمنع امتصاص النبات للماء بواسطة أنسجة أخرى هوائية بجانب الامتصاص الجذري . ومن هذه الأنسجة الأوراق النبات والجذور الهوائية أو جميع أسطح النبات في حالة النباتات المائية المغمورة تحت سطح الماء . كما أن للجذور وظيفة أساسية أخرى للنبات وهي تدعيم جسم النبات وتثبيته في التربة .

وأهم منطقة في الجذر وهي منطقة الشعيرات الجذرية فمعظم الماء الممتص يكون عن طريقها ويسلك الماء الممتص المسار التالي عند امتصاصه حتى يصل إلي أوعية الخشب :

- منطقة الشعيرات الجذرية والطبقة الخارجية .
- القشرة وهي من الخلايا البارانشيمية .
- الأندودرمس وهذه الطبقة لا تمثل مشكلة في جذور ذوات الفلقتين ، أما في ذوات الفلقة الواحدة فمعظم خلايا الإندودرمس غير منفذة لتغليظ جدرها الداخلية وأحيانا الخارجية والداخلية بمادة السوبرين وتوجد فقط خلايا مرور في اتجاه واحد فقط.
- البريسيكل وخلاياه منفذه للماء وهي صف واحد فقط.
- أوعية الخشب وهي أوعية مغلظة بمادة اللجنين المنفذة للماء وأوعية الخشب ممتدة ومتصلة ببعضها طوليا في الجذر والساق والأوراق .



القــوة التـــي تســـبب امتصاص النبـات للمـاء ورفع العصارة:

يمكن تقسيم القوى التى تساعد في امتصاص النبـات للماء إلي :-

١) قوة الضغط الجذري .

٢) القوة السالبة (النتح) .

٣) نظرية الشد المتماسك

أولا قوة الضغط الجذري :

وهذه القوة هي إحدى القوى المسئولة عن امتصاص الماء بواسطة الجذر والامتصاص عن طريق قوة الضغط الجذري يكون فعالا عندما يكون التركيز الأسموزي لمحلول التربة لا يتعدي ١-٣ ض،جـ وتتألف قوة الضغط الجذري من عدة قوى أخري منها :

قوة التشرب :

قوة الامتصاص الأسموزية :

الطاقة الناتجة عن التنفس :

الظواهر المترتبة علي الضغط الجذري

أ) ظاهرة الادماء : التي تحدث عن تقليم اشجار العنب وهذه الظاهرة Blecding هي خروج قطرات مائية من الاسطح المقطوعة من الساق بعد التقليم.

ب) ظاهرة الادماع : وهي خروج قطرات مائية من أطراف أوراق Guttation بعض النباتات وخاصة النجيليات في الصباح الباكر في الجو الدافيء وعند توفر الرطوبة وسببها هو اندفاع الماء في الاوعية الخشبية بقوة الضغط الجذري بينما الثغور مقفلة اثناء الليل وبذا لايجد الماء سبيلا الي الخروج من انسجة النبات الا عن طريق فتحات في اطراف الاوراق تعرف بالثغور المائية .

ثانيا : القوة السالبة (القوة الناشئة عن النتج) :

يتصح أن فقد الماء من نسيج الورقة نتيجة لعملية النتج يقلل من درجة انتفاخ الخلايا أي نقص كمية الضغط الجداري او ضغط الامتلاء . كمت تن عملية البناء الضوئي التي تتم في نسيج الورقة ايضا من شأنه ان يزيد تركيز السكريات في خلايا الورقة أي زيادة بالتالي في قيمة الضغط الاسموزي لعصير هذه الخلايا .

وبتطبيق المعادلة ص = ض – ت وحيث تميل ص للزيادة ، ت تميل الي النقصان ، اذ لابد ان تكون قيمة ص لنسيج الورقة (الميزوفيل) عالي جدا في امتصاص وصعود العصارة النباتية .

ثالثا : نظرية الشد المتماسك :

Cohesion – Tension Theory

كي نقيم المقصود بهذه النظرية لابد وان نتفهم صفات الماء التماسكية Cohesive **واللاصقة** Adesive **. تتماسك جزئيات بعضها البعض وفي نفس الوقت تتماسك مع جدار الانبوبة الزجاجية (عند مرور الماء في انبوبة شعرية) . لذلك لا ينقطع عمود الماء ما لم تتغلب قوي الجذب داخل العمود علي قوي التماسك والالتصاق في العمود او انقطاع العمود بالهواء .**

وهذه القوي الطبيعية وهي قوي التماسك Cohesion وقوي تماسك جزئيات الماء ببعضها لا يمكن ملاحظتها بصورة واضحة الا في الأنابيب الشعرية ، فعند جذب الماء من قمة هذه الانابيب فتن هذا يحدث تخلخلا في عمود الماء كله ويتعرض عمود الماء لعملية شد متصلة هي في الواقع قوة التماسك بين جزيئات الماء بجدران الانبوبة Adhsion وبهذا تعمل اوعية الماء اعمدة الماء في الاوعية الخشبية كما لو كانت خيوط متصلة ببعضها . عند سحبها من القمة ينتقل الفعل التاثيري للشد لبقية العمود المائي علي طول الوعاء الخشبي .

العوامل التي تؤثر علي امتصاص الجذر للماء

١) كمية الماء الصالحة للامتصاص في التربة :

٢) حرارة التربة :

أ)درجة الحرارة المرتفعة :

بـ) درجة الحرارة المنخفضة :

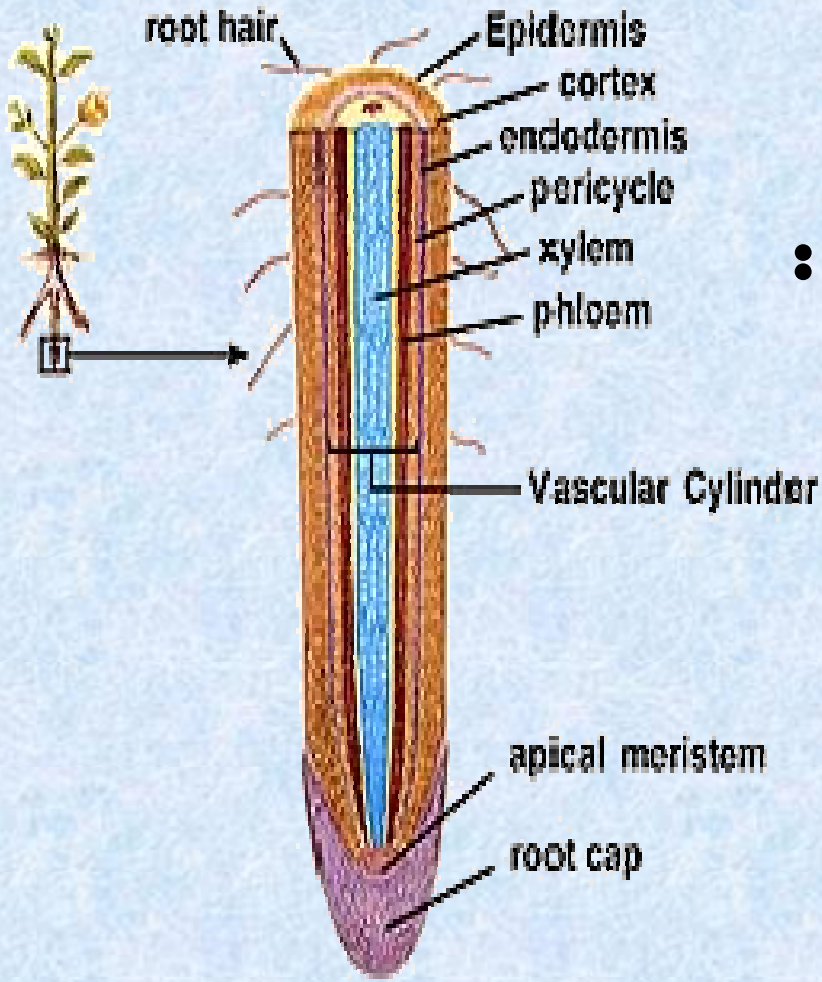
٣) تركيز محلول التربة :

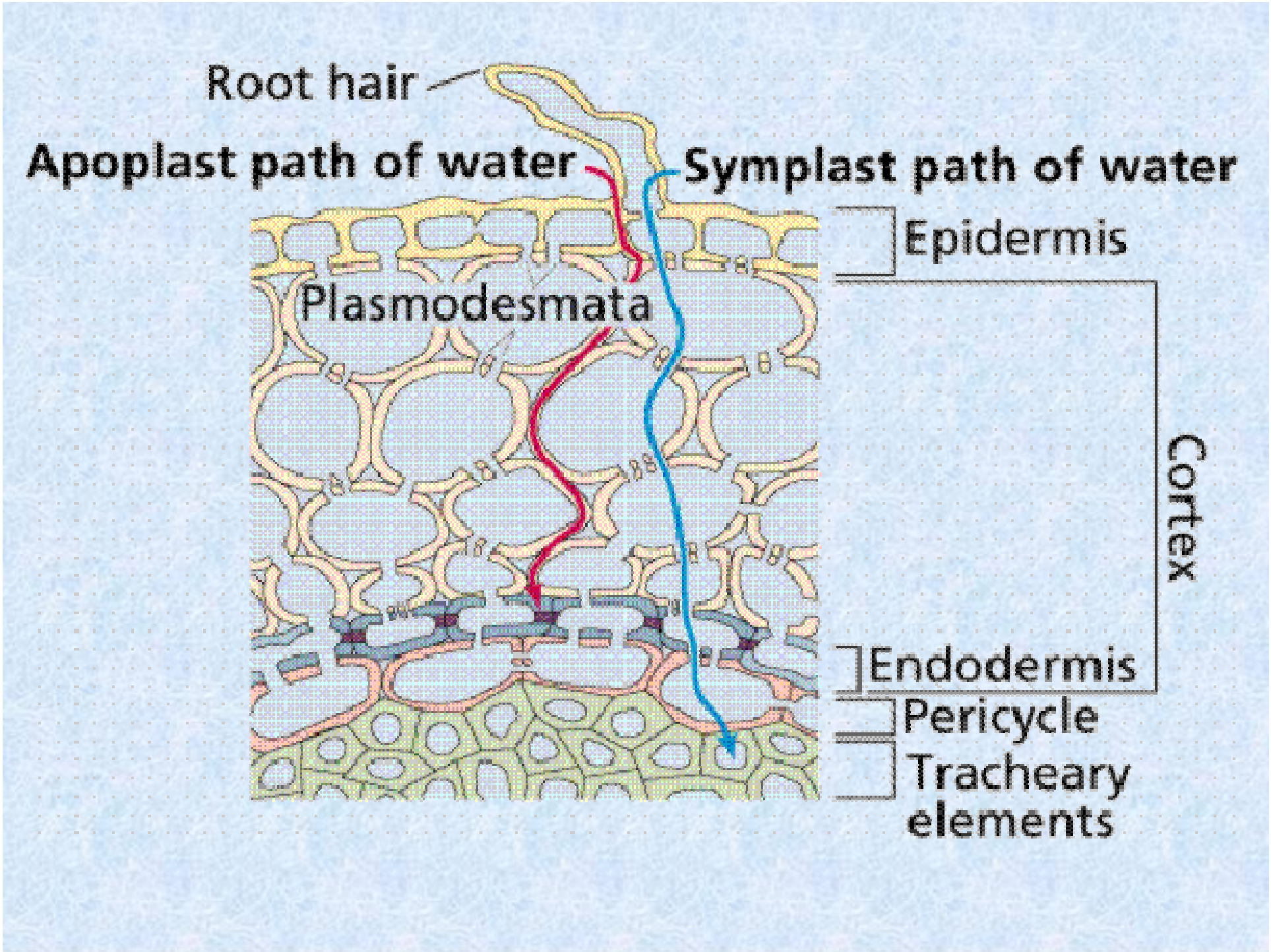
٤) التهوية :

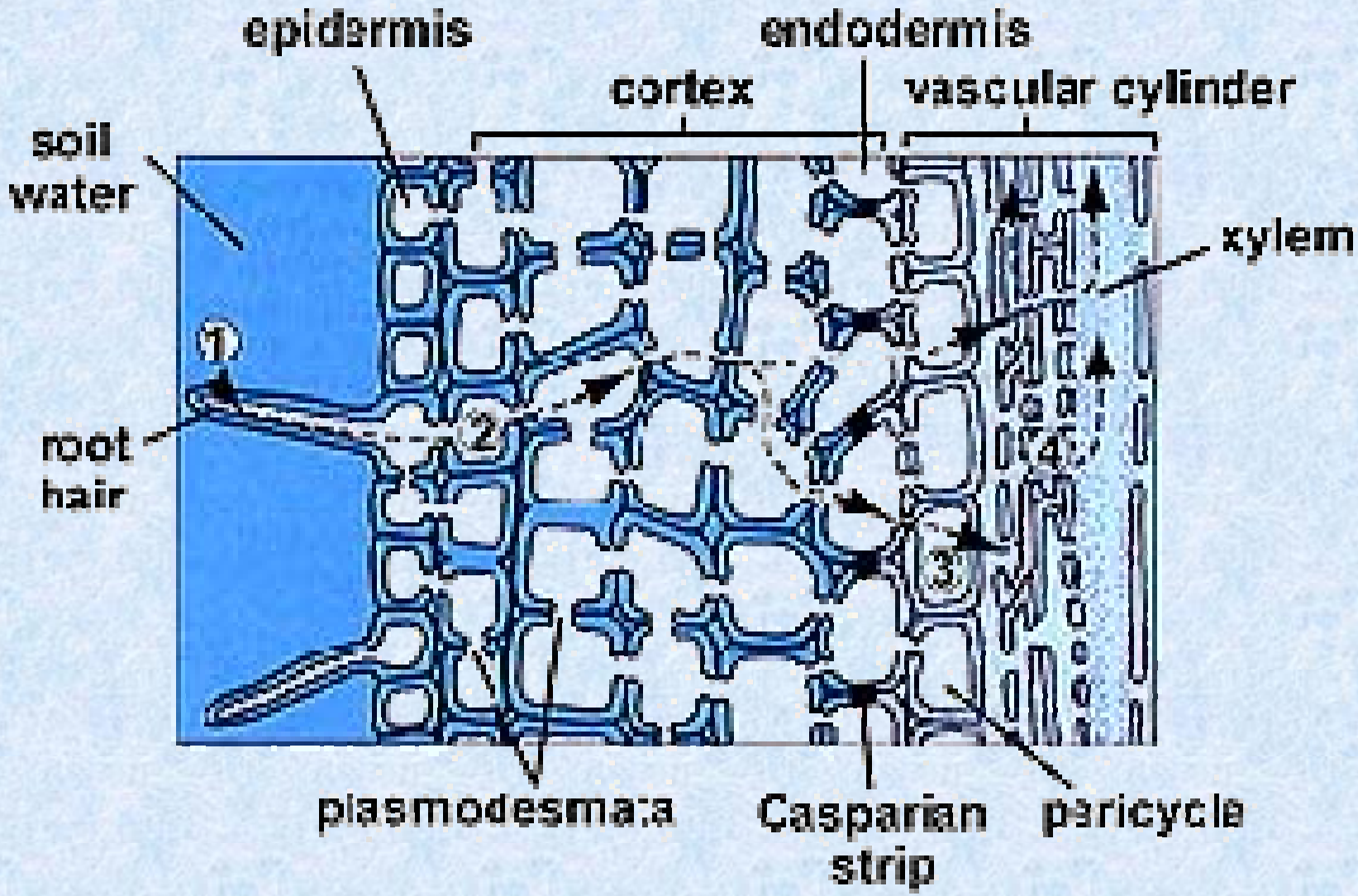
٥) تركيز CO_2 :

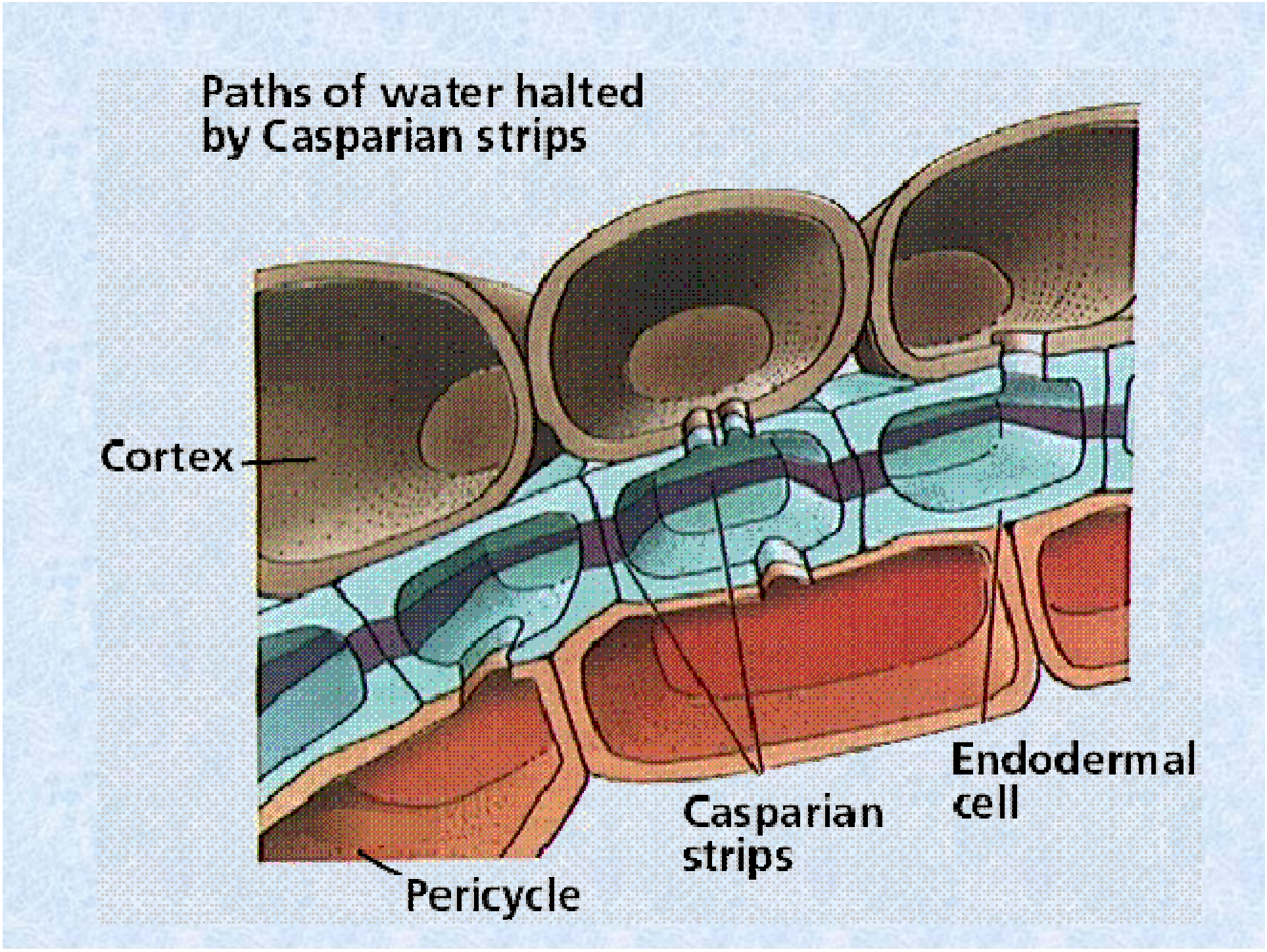
٦) كفاءة النظام الماص :

٧) النتح




Root hair
Apoplast path of water
Symplast path of water
Plasmodesmata
Epidermis
Cortex
Endodermis
Pericycle
Tracheary elements


epidermis
endodermis
cortex
vascular cylinder
soil water
xylem
root hair
1
2
3
4
plasmodesmata
Casparian strip
pericycle


Paths of water halted
by Casparian strips
Cortex
Endodermal
cell
Casparian
strips
Pericycle

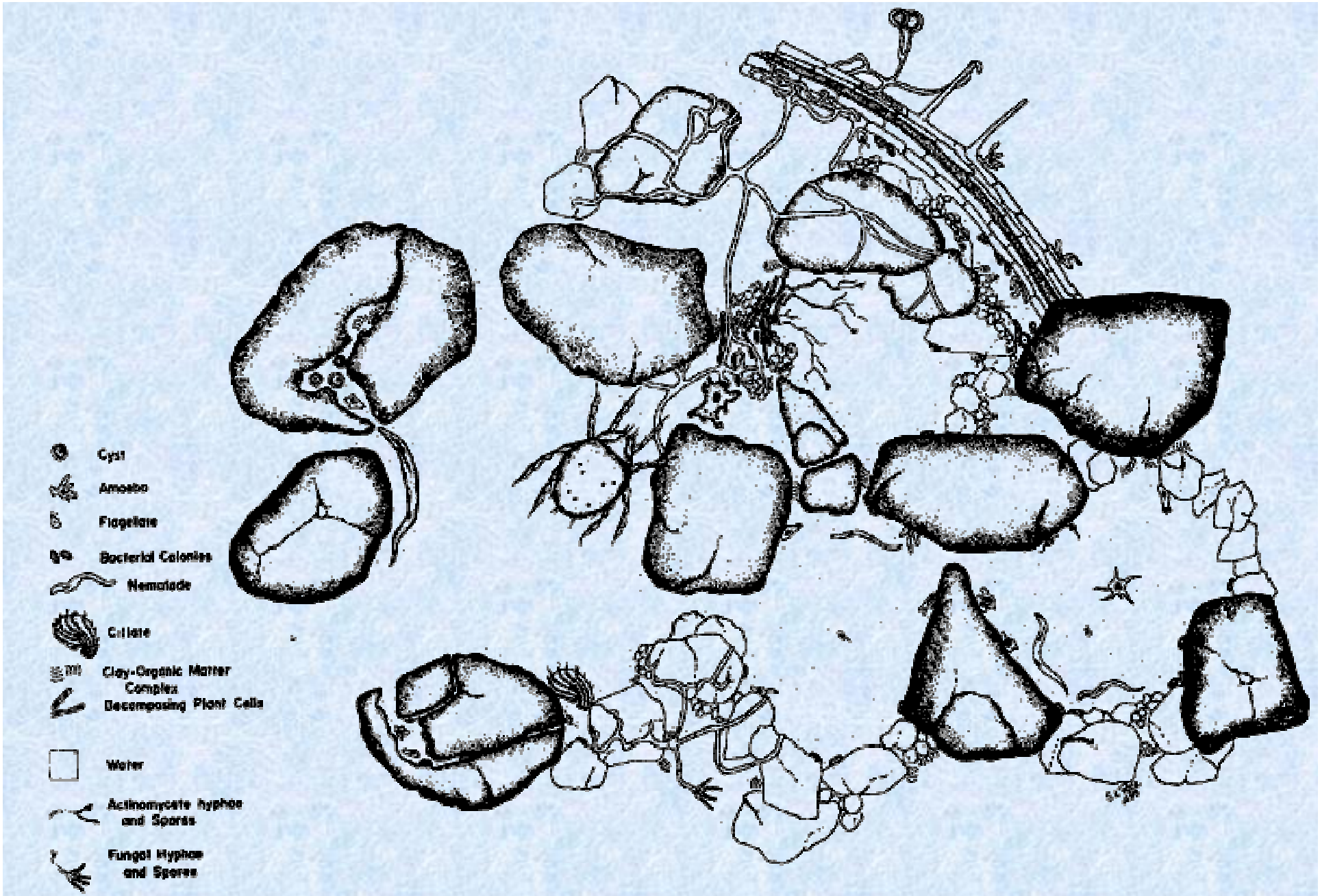


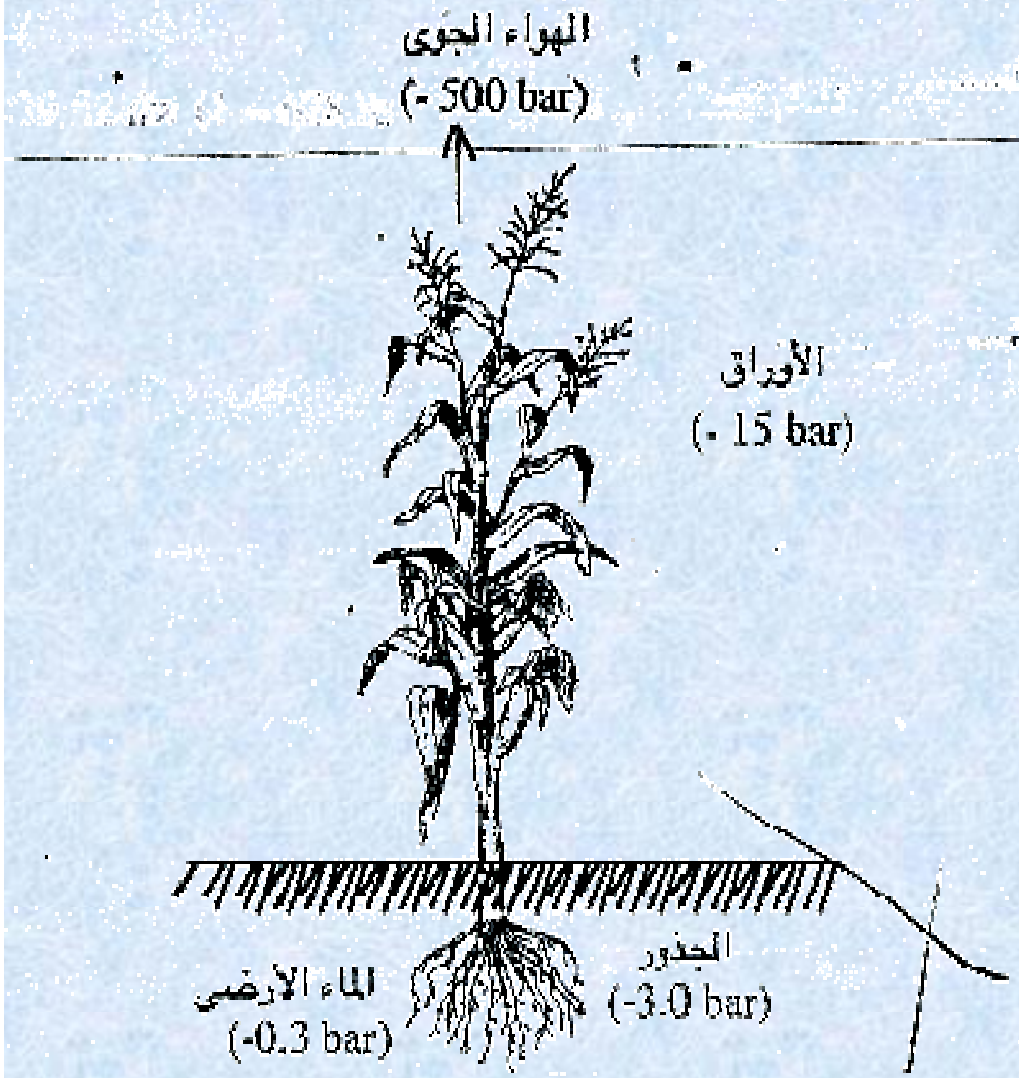
Fig. 4. Horizontal cross section (1 cm^2) of a highly structured and biologically active microsite in the short grass prairie. It depicts how the different classes of pore space and the distribution of water within pores influence the feeding and habitat relationships among the different groups of soil organisms. Illustration by S. L. Rose.

البخر نتح وديناميكية الرطوبة في الأراضي

Evapotranspiration and Water Dynamics in Soils

من الواضح أن الحقل المزروع يمثل نظاما فيزيائيا ديناميكيا متكاملا يشمل التربة والنبات والماء والجو، ومكونات النظام هذه ترتبك ببعضها نتيجة لانتشار الماء فيها وانتقاله فيما بينهما، هذا الانتقال للماء يحدث بسبب التدرج في الجهد المائي أو الشد الرطوبي بين أجزاء هذا النظام، أو بمعني آخر أن الماء يتحرك في التربة والنبات والجو (أو البيوجيوأتموسفير)نتيجة لفرق الطاقة داخل وفيما بين الأجزاء المختلفة المكونة لهذا النظام كما يوضحها الشكل التالي وإذا كانت الطاقة تسمي بالشد الرطوبي في التربة فإنها تسمي بعجز ضغط الانتشار

Diffusion Pressure Deficit في النبات والضغط البخاري أو الرطوبة النسبية في الجو.



نظام البيوجيو أتموسفير

وديناميكية الرطوبة بين مكونات هذا النظام (أي الأرض والنبات والجو) في مساحة ما يمكن دراستها من خلال التوازن المائي بين كمية الماء الوارد للمنطقة والماء الخارج منها وحساب كميات المياه التي تفقد بالبخر و النتح والتي تمثل العنصر الأساسي في حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل.

طرق حساب معدلات البخر نتح

تقدير البخر نتج من الإشعاع الشمسي:

Estimating evapotranspiration from Solar radiation

طريقة بنمان

Penman's Combination method :

طريقة بلاني وكريدل:

Blaney – Criddle equation

طريقة أوعية البخر

Evaporation Pans

طريقة دراسات الرطوبة الأرضية

Soil moisture studies

التبخر – نتح Evapotranspirtion

التبخر والنتح عمليتان فيزياويتان فالتبخر Evaporation يقصد به عملية تحويل الماء من الحالة السائلة إلى الحالة البخارية ثم انتقاله من التربة أو السطح المائى الحر في الجو والنتح Transpiration هو عملية تبخر من السطوح النباتية ومن الصعب قياس التبخر بمعزل عن النتح في المناطق الزراعية ، لذلك أطلق على العمليتين معاً اصطلاح التبخر – نتج evapotranspiration

وعملية التبخر – نتح من العمليات المهمة المحدودة للإنتاج الزراعي لارتباطها بكثير من العمليات الحيوية التى تجرى في التربة والنبات . ومن معرفة التبخر – نتج تستطيع وضع خطط تصميم شبكات الري وتحديد كميات الماء المخزون في التربة والكميات التى تفقد منها خلال عملية الري ، وكذلك تحدد المساحة التي يمكن زراعتها وفق الحصة المائية التى تحددها دراسة عمليات التبخر – نتح .

العوامل التى تؤثر على عملية التبخر – نتح

١– عوامل المناخ Climate factors:

٢– العوامل النباتية Vegetation factors:

٣. عوامل التربة Soil factors:

تأثير العمليات الفسيولوجية بالاتزان المائي

أهمية الماء وعلاقته بحياة الخلية:

الماء أساسي في تكوين البروتوبلازم في جميع الخلايا الحية ، وتصل نسبته في الأعضاء الغضة مثل الأوراق إلى ٩٥٪ من الوزن الرطب ، ومن ٤٥٪ إلى ٥٥٪ في الأعضاء الخشبية كالسيقان ، ومن ٥٪ إلى ١٠٪ في البذور الكامنة.

التغيرات الفسيولوجية المصاحبة للتغيرات المائية:

نوجز فيما يلى الحالة الفسيولوجية التى تكون عليها النباتات في المستويات المختلفة من الرطوبة الأرضية:

أولاً : عندما تكون الرطوبة الأرضية مناسبة :

عندما تكون الرطوبة الأرضية في المجال المناسب يتساوى معدل النتح مع معدل امتصاص الماء من التربة (في الواقع أن معدل النتح يكون أعلى قليلاً من معدل امتصاص الماء ، ابتداء من الثامنة صباحاً ، حتى الخامسة بعد الظهر ، وأقل قليلاً من معدل امتصاص الماء من الخامسة بعد الظهر حتى الثامنة صباحاً) ، ويتبع ذلك ما يلي:

- تكون الخلايا الحارسة منتفخة Turgid.
- تكون الثغور مفتوحة.
- ينفذ ثاني أكسيد الكربون بسرعة إلى الأوراق.
- يكون معدل التمثيل الضوئي عالياً.
- يكون معدل التنفس عادياً.
- يتوفر الكثير من المواد الكربوهيدراتية للنمو.

ثانياً : عندما تكون الرطوبة الأرضية أقل من اللازم يقل امتصاص الماء ، ويتبع ذلك ما يلى :

- **يقل انتفاخ الخلايا الحارسة .**
- **تقل مساحو الثغور**
- **يقل معدل تمثيل الغذاء ، وان كان ذلك أمراً مشكوكاً فيه .**
- **يقل النمو والمحصول ، وتعيش النباتات على الغذاء المخزن .**
- **تقل المقاومة لأضرار البرودة في حالة النباتات التى تبقى خلال فصل الشتاء .**

ثالثاً : عندما توجد زيادة فى الرطوبة الأرضية:

عندما تزيد الرطوبة الأرضية عن اللازم يكون معدل امتصاص الماء أكثر من معدل النتح ، ويتبع ذلك:

زيادة فى حجم الخلايا ، وزيادة طول النبات ، وتكون البادرات طويلة ورهيفة Leggy.

تأثير المحتوى الرطوبي على مراحل النمو المختلفة:

Affects irrigation practice stage of growth

تعتبر ظاهرة النمو من اعقد الظواهر الفسيولوجية ومع ذلك فليس هناك تعريف محدد لها ولو أن أبسطها هو الزيادة في الحجم يعرف الكثيرون النمو بأنه عملية انقسام الخلايا وكبر حجمها ولما كان كبر حجم الخلايا واستطالتها يرتبط بضغط الامتلاء لذلك كانت هذه الظاهرة أكثر تأثراً بنقص المحتوى الرطوبى من ظاهرة انقسام الخلايا ، أو النتيجة الأولية لذلك هي بطء استطالة السيقان وصغر حجم الأوراق ، ويؤثر المحتوى الرطوبى على النمو بدرجات مختلفة تبعا لمرحلة النمو لذا يكون من الضروري دراسة هذه العلاقات لتوفير الرطوبة الأرضية بالقدر الملائم لكل مرحلة منها ، وان مراحل نمو النباتات بالنسبة لعمليات الري تقسم إلى المراحل التالية :

أ- الإنبات Germination

ب- تكشف البادرات Emergence

جـ- الخضرية Vegetation

د- الأزهار Flowering

هـ- الأثمار Fruiting

أن علاقة هذه المراحل بالاستهلاك المائى سبق أن بيناها إذ ذكرنا بأن مرحلة الإثمار يصاحبها نقص في الاستهلاك المائى إلى أن يتوقف النتح تماماً خلال القسم الأخير من تكوين الثمرة الجافة وموت النبات.