- محاضرات مقرر تغذية النبات لطلاب المستوى الرابع (برنامج الأراضي و المياه)
- الفصل الدراسي الثاني للعام الجامعي ٢٠١٩ / ٢٠٢٠م.
- المحاضرة السادسة

اعداد أ.د/ على عبدالجليل الشهير
أستاذ خصوبة الأراضي و تغذية النبات كلية الزراعة جامعة سوهاج

إمتصاص العناصر الغذائية بجذور النبات وانتقالها خلال الأنسجة النباتية

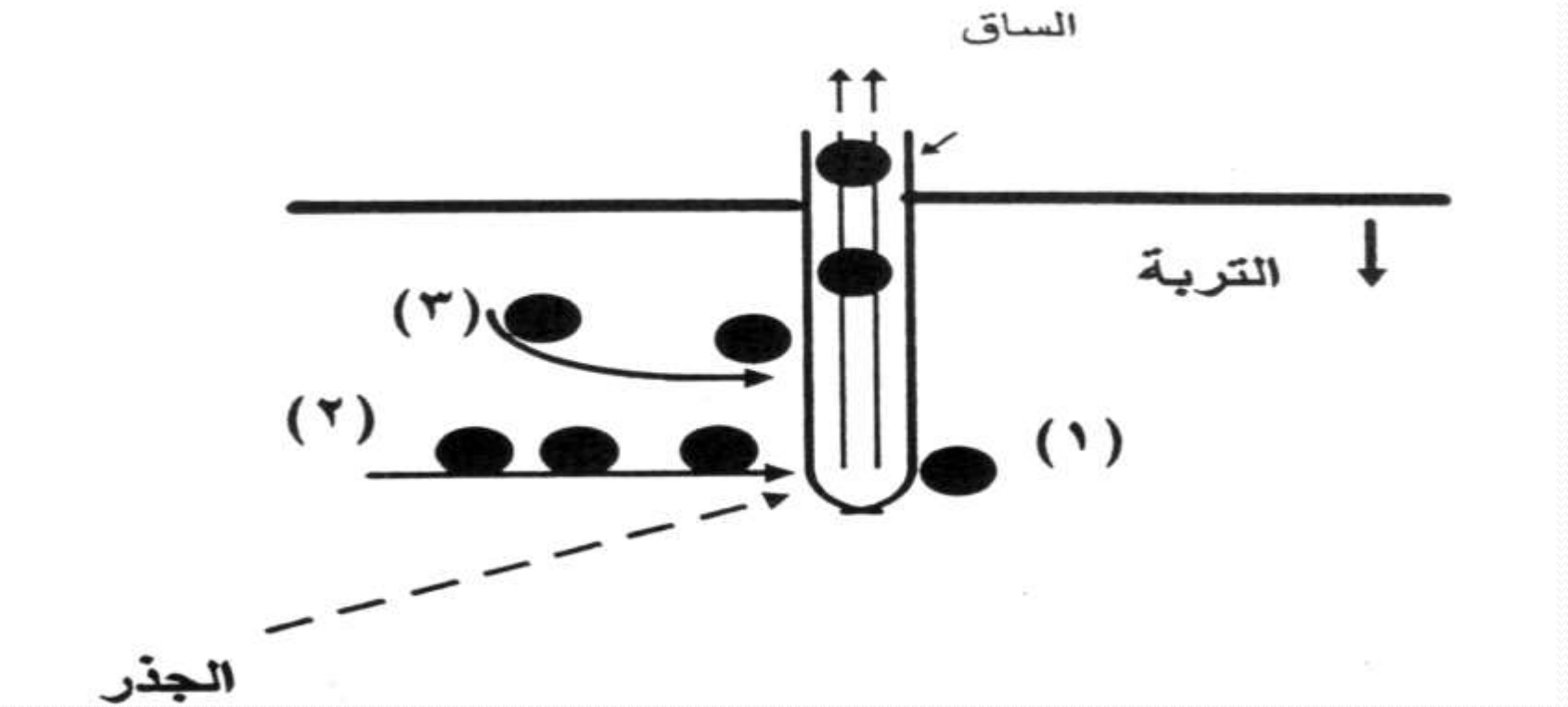
وتتم عملية حصول النبات علي حاجته من العنصر الغذائي بالخطوات التالية:

١-انتقال العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلي جذر النبات.

٢-امتصاص العنصر (الأيون) بواسطة الجذر.

٣-انتقال العنصر داخل النبات من الجذر إلي الأجزاء الهوائية.

أولاً: انتقال العنصر الغذائي خلال المحلول الأرضي إلي جذر النبات



- يوضح انتقال العناصر المعدنية في التربة إلي سطح جذور النباتات النامية

- الاعتراض الجذري: وفيه يتم إحلال الجذر محل حجم معين من التربة ويتوقف هذا الحجم علي حجم الجذر (امتصاص العنصر يتم بدون انتقاله في المحلول الأرضي).
- التدفق الكتلي: وفيه يحدث انتقال للمحلول الأرضي حسب المحتوي الرطوبي بالأرض (أي يصل العنصر إلي الجذر بالانتقال).
- الانتشار: وفيه ينتقل العنصر خلال المحلول الأرضي حسب تدرج التركيز.

جدول (١٥) مساهمة الاعتراض الجذري والتدفق الكلي والانتشار في الكمية الممتصة من بعض العناصر المغذية بواسطة نبات الذرة*

العنصر	الكمية الميسرة في الطبقة السطحية (كجم / هكتار)**	الكمية الكلية الممتصة (كجم / هكتار)	الكمية (كجم / هكتار) بواسطة:		
			الاعتراض الجذري	التدفق الكتلي	الانتشار
كالسيوم	٤٠٠	٤٥	٤٠	٩٠	.
ماغنسيوم	٨٠٠	٣٥	٨	٧٥	.
بوتاسيوم	٣٠٠	١١٠	٣	١٢	٩٥
فوسفور	١٠٠	٣٠	١	٠,١٢	٢٨,٥

عن Marschner سنة ١٩٩٥.

* علي أساس أن حجم الجذر يمثل ١٪ من حجم التربة.

** حسب الكمية المقدرة باختبارات التربة.

العنصر الميسر (المقدر بواسطة اختبارات التربة).

العنصر	الكمية الميسرة في الطبقة السطحية (كجم / هكتار)**	الكمية الكلية الممتصة (كجم / هكتار)	الكمية (كجم / هكتار) بواسطة:		
			الاعتراض الجذري	التدفق الكتلي	الانتشار
كالسيوم	٤٠٠	٤٥	٤٠	٩٠	.
ماغنسيوم	٨٠٠	٣٥	٨	٧٥	.
بوتاسيوم	٣٠٠	١١٠	٣	١٢	٩٥
فوسفور	١٠٠	٣٠	١	٠,١٢	٢٨,٥

- مساهمة الاعتراض الجذري والتدفق الكلي والانتشار في الكمية الممتصة من بعض العناصر المغذية بواسطة نبات الذرة*

- ويمكن توضيح هذه الطرق كما يلي:-
- **(١) الاعتراض الجذري والتبادل بالتماس**
- **وتفترض هذه النظرية انتقال العناصر الغذائية من علي أسطح التبادل (غرويات الأرض) إلي سطح جذر النبات مباشرة بدون المرور بالمحلول الأرضي، حيث تعتمد هذه النظرية علي أن الأيونات المدمصة علي أسطح الغرويات الأرضية أو علي جذر النبات يكون لها حجم معين وحيز يحدث فيه تذبذب هذه الأيونات، وعند تداخل مناطق التذبذب هذه بعضها مع البعض يحدث تبادل في مواقع الأيونات المدمصة علي سطحي الغروي والجذر، والكمية المتبادلة تكون متكافئة وفي الغالب يكون التبادل بين أيونات الأيدروجين (H^+) الذي تفرزه الجذور والأيونات المتبادلة علي أسطح الغرويات الأرضية، وهناك بعض الاعتراضات علي هذه النظرية حيث إن حجم القمة النامية في الجذور والمسئولة عن هذه العملية صغيرة جداً، وعموماً تكون كمية العناصر المغذية التي يحصل عليها النبات بهذه الطريقة صغيرة بالنسبة للكمية الكلية التي يحتاجها النبات،**

- وذلك لأن كمية المغذيات التي يمكن أن تتلامس مباشرة مع الجذر هي الكمية الموجودة في حجم من الأرض مساوٍ لحجم الجذر، فإذا افترضنا أن الجذر يشغل ١٪ من حجم الأرض، والمسافات البينية تشغل ٥٠٪ من حجم الأرض فإن الجذر يشغل ٢٪ من المسافات البينية، وعلي ذلك يمكن حساب الكمية الميسرة للجذر بهذه الطريقة، وفي هذه الحالة سوف تكون أقل من ٢٪ من الكمية الميسرة للعنصر في الأرض، وبصفة عامة تتوقف مساهمة هذه الطريقة في إمداد النبات بالعناصر المعدنية علي: تركيز العناصر في منطقة حجم الجذر، حجم الجذر ونسبته من حجم الطبقة السطحية للأرض وهو يمثل حوالي ١٪ وأخيراً الحجم الذي تشغله المساقات البينية من الحجم الكلي للتربة وهو يمثل عادة ٥٠٪، ولذلك تلعب طريقتا التدفق الكتلي والانتشار دوراً كبيراً في حركة وانتقال العناصر من مسافات ليست قصيرة إلي جذر النبات.

- (٢) التدفق الكتلي :Mass Flow
- عند امتصاص النبات للماء في منطقة الجذور، تقل كمية الرطوبة في هذه المنطقة، وعلي هذا ينتقل الماء من الأماكن ذات الرطوبة المرتفعة ببطء إلي سطح الجذور عن طريق التدفق الكتلي، وعلي ذلك تتوقف كمية المغذيات النباتية التي يحصل عليها النبات بهذه الطريقة علي الاستهلاك المائي للنبات Water Consumption of the Plantوتركيز العناصر في الماء وفي منطقة الجذور، تركيز العناصر قد يزداد أو يقل أو يظل ثابتاً ويتوقف ذلك علي التوازن بين معدل الإمداد للجذور بواسطة التدفق الكتلي ومعدل الامتصاص بواسطة النبات.

التدفق الكتلي Mass Flow:

العنصر	التركيز بالجزء في المليون			النسبة بين تركيز العنصر في النبات إلي تركيزه في الأرض	
	التركيز المنخفض في المحلول	التركيز المرتفع في المحلول	متوسط تركيز العنصر في النبات	النسبة إلي التركيز المنخفض	النسبة إلي التركيز المرتفع
الكالسيوم	٨	٤٥٠	٢٢٠٠	٢٧٥	٤,٩
البوتاسيوم	٣	١٥٦	٢٠٠٠٠	٦٦٦٦	١٢٨
الماغنسيون	٣	٢,٤	١٨٠٠	٦٠٠	٨,٨
النيتروجين	٦	١٧٠٠	١٥٠٠٠	٢٥٠٠	٨,٨
الفوسفور	٠,٠٣	٧,٢	٢٠٠٠	٦٦٦٦٦	٢٧٨
الكبريت	١١٨	٦٥٥	١٧٠٠	١٥٥	٢,٦

- العلاقة بين تركيز بعض الأيونات في المحلول الأرضي وتركيزها في نبات الذرة

- (٣) الانتشار: Diffusion
- ويقصد به تحرك الأيونات خلال المحلول الأرضي وبين مواقع التبادل علي أسطح الغرويات الأرضية. ويكون اتجاه الحركة من المنطقة ذات التركيز المرتفع للأيون إلي المنطقة ذات التركيز المنخفض لنفس الأيون محكوماً بطاقته الحركية وليست حركة الماء. فعند امتصاص الأيون بواسطة النبات يقل تركيزه في منطقة الجذور، وعلي هذا يحدث تدرج في التركيز لهذا الأيون بالمحلول الأرضي، وهذا التدرج يتبعه تحرك الأيون في اتجاه الجذور من التركيز المرتفع إلي التركيز المنخفض، وبمعني آخر انتقال مع تدرج التركيز

- **وهناك عدة عوامل تؤثر علي معدل الانتشار في الأرض منها:-**

١-**محتوي الأرض من الرطوبة:** وهنا العلاقة طردية حيث يزداد معدل الانتشار في نفس الأرض مع زيادة محتواها من الرطوبة.

٢-**قوام الأرض:** عند نفس الجهد من الماء في الأرض يزداد معدل الانتشار في

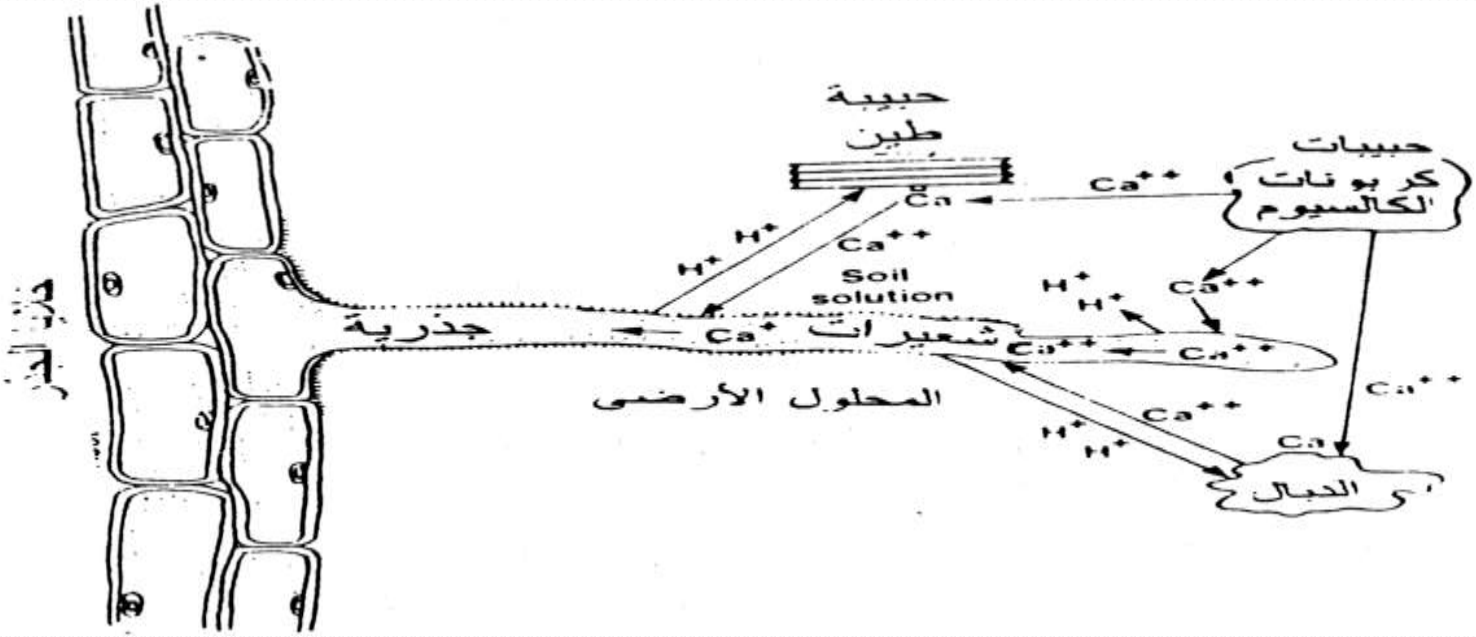
الأرض الطينية عنه في الأراضي الرملية، وذلك لاحتواء الأرض الطينية علي مستوي أعلى من الرطوبة عند نفس جهد الماء وأيضاً لوجود غشاء متصل للماء حول حبيبات التربة.

٣-**المسامية:** يزداد الانتشار بزيادة نسبة المسام، حيث إن الانتشار يتم خلال المسام المملوءة بالماء.

٤-**مستوي العناصر في الأرض:** يزداد معدل الانتشار كلما ارتفع محتوي الأرض من العناصر، حيث إن المستوي المرتفع من العناصر في المحلول الأرضي يسمح بتدرج أكبر في التركيز.

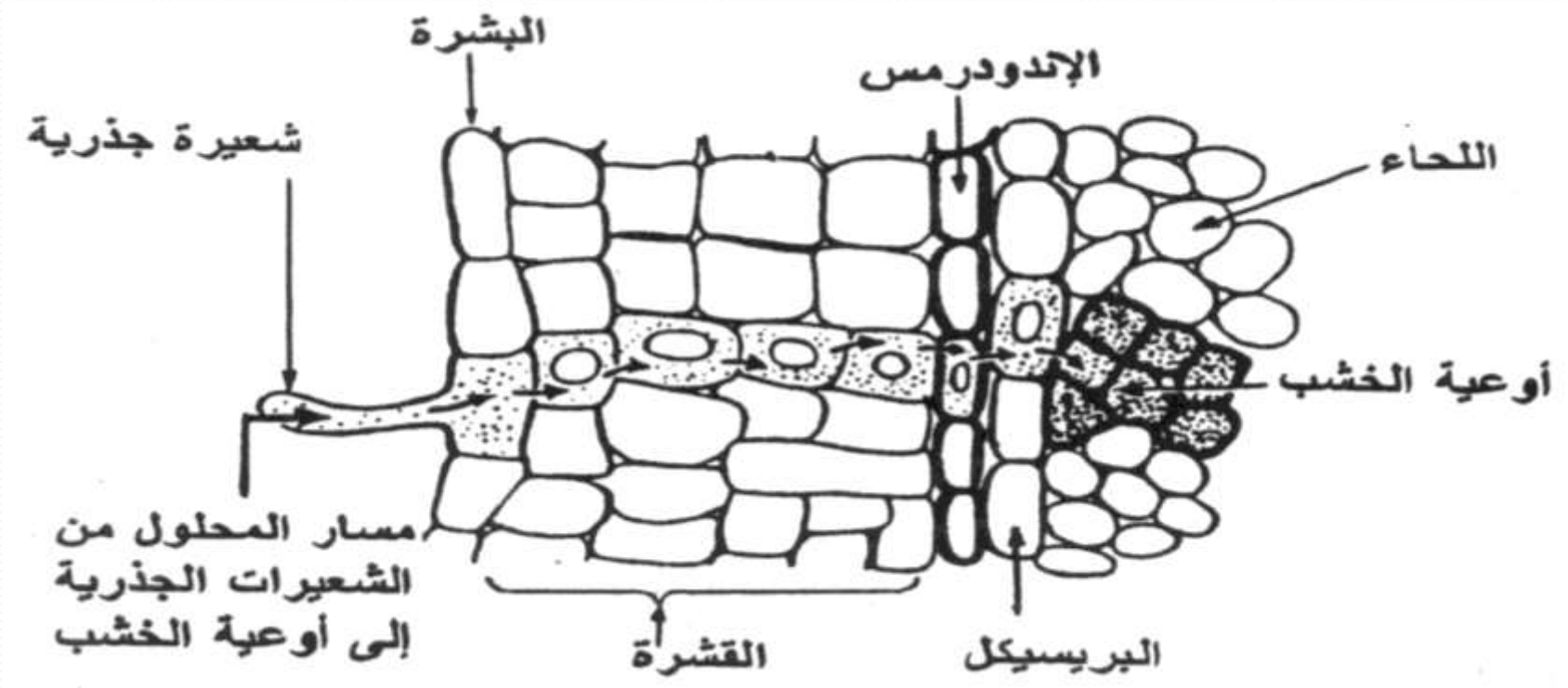
ثانياً: امتصاص الأيونات بواسطة جذور النبات

Ions Uptake by Plant Roots



- رسم تخطيطي يوضح كيفية امتصاص الشعيرات الجذرية للأيونات من التربة

تركيب الجذر Root Structure



- رسم تخطيطي يوضح قطاعاً عرضياً في جذر النبات

Plant Cell Structure تركيب الخلية النباتية

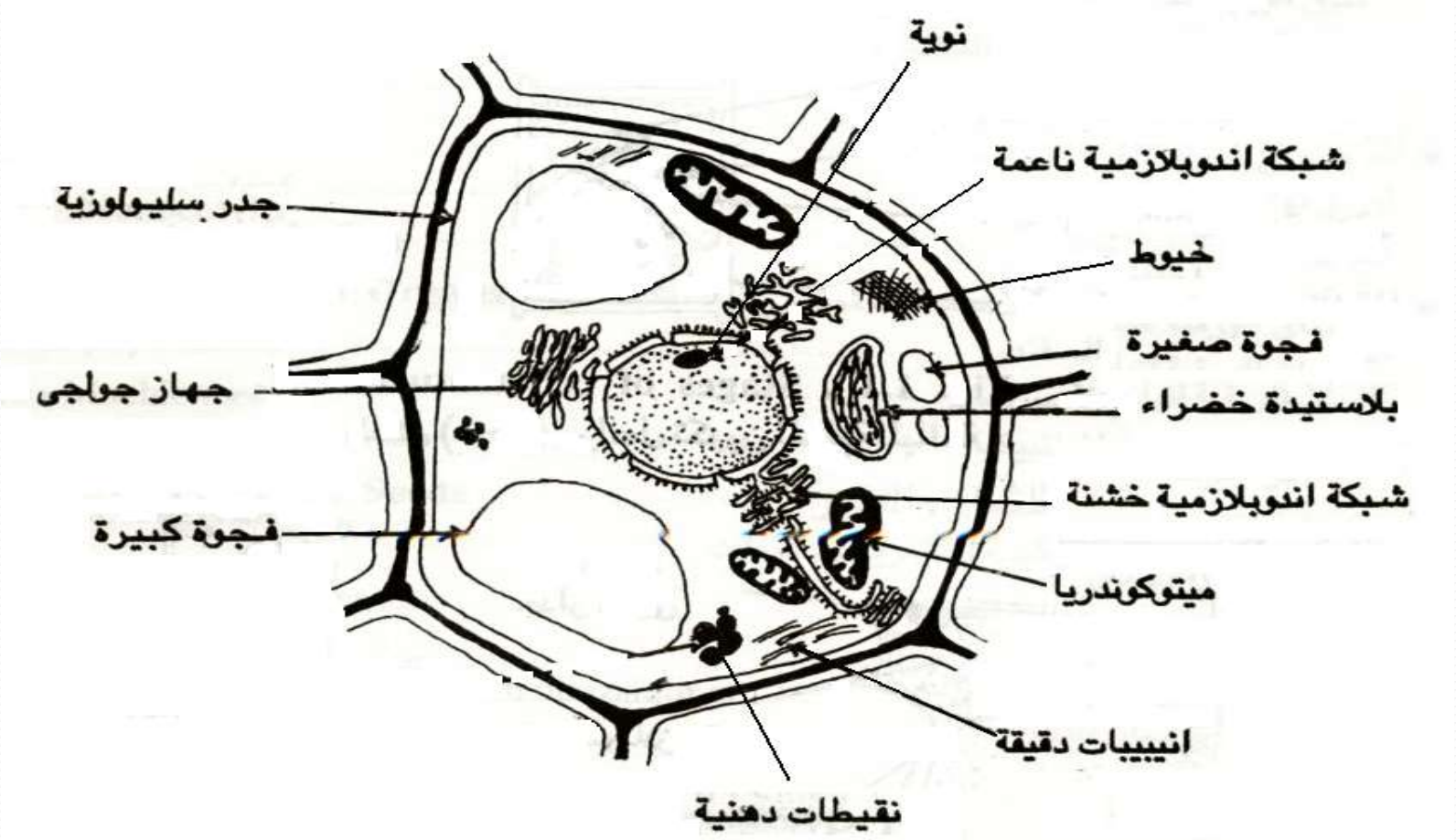
- **أولاً: الجدار الخلوي Cell Wall:-**

-ويتميز الجدار الخلوي لأي خلية بالغة إلي:

١-الجدار الأولي Primary Wall.

٢-الجدار الثانوي Secondary Wall.

رسم تخطيطي يوضح تركيب الخلية النباتية



ثانياً: البروتوبلاست Protoplast

(١) البروتوبلازم Protoplasm:

-السيتوبلازم Cytoplasm:

-النواة Nucleus:

(٢) المحتويات الخاملة Ergastic Substances:

-

نظريات الامتصاص Absorption Theories

عندما يصل عنصر ما في صورته الأيونية إلي أسطح جذور النبات فإن هناك ثلاثة احتمالات يمكن أن تحدث له وهي:

- ادمصاصه علي أسطح خلايا الجذر نتيجة لتوفر الشحنة الكهربائية علي هذه الأسطح.
- اختراقه خلايا الجذر عن طريق الحركة الحرة Passive Movement وذلك خلال الجزء من الخلية المسمي بالفراغ الحر Free Space.
- تراكمه Accumulation داخل الخلايا عن طريق ما يسمي بالامتصاص النشط Active Uptake أو الامتصاص الحيوي Metabolic Uptake.

العلاقة بين تركيز بعض الأيونات في العصير الخلوي للطحالب والوسط الخارجي

الطحلب ⇐ الأيون ⇓	النيتلا التركيز (ملليمول)			الفالونيا التركيز (ملليمول)		
	(أ) في ماء المستنفع	(ب) في العصير الخلوي	النسبة (ب) علي (أ)	(أ) في ماء البحر	(ب) في العصير الخلوي	النسبة (ب) علي (أ)
البوتاسيوم	٠,٠٥	٥٤	١٠٨٠	١٢	٥٠٠	٤٢
الصوديوم	٠,٢٢	١٠	٤٩٨	٤٩٨	٩٠	٠,١٨
الكاسيوم	٠,٧٨	١٠	١٥	١٢	٢	٠,١٧
الكلوريد	٠,٩٣	٩١	٥٨٠	٥٨٠	٥٩٧	١

- يمكن توصيف عملية امتصاص النباتات للأيونات بما يلي:-
- ١- اختيارية :Selectivity

حيث يتضح بأن هناك أفضلية لبعض العناصر من حيث امتصاصها بواسطة نبات معين عن البعض الآخر.

- ٢- تجميع أو تراكم :Accumulation

أي يصبح تركيز العنصر داخل العصير الخلوي في النبات أعلى بكثير منه في المحلول الأرضي.

- ٣- وراثياً :Genotype

حيث تختلف النباتات فيما بينها في صفة امتصاصها للأيونات.

- مما سبق نجد أن عملية انتقال الأيونات من المحلول الأرضي إلي داخل الخلية النباتية عملية معقدة وهو ما أوجد العديد من النظريات التي تحاول تفسير هذه العملية الحيوية. ولقد اتضح من دراسة هذه النظريات أن ميكانيكية واحدة للامتصاص لا تكفي.

- من المتفق عليه الآن إنه لكي يدخل العنصر إلي داخل الخلية فلابد له أن يمر خلال غشاءين، الأول الجدار الخلوي وكما هو معروف يتركب من مواد سيلولوزية بينها فجوات مملوءة بالماء والغازات، وهذا الغشاء منفذ تماماً للماء والعناصر الذائبة، والغشاء الثاني هو غشاء البلازما والذي يفصل بين الجدار الخلوي والسيتوبلازم وهو غشاء شبه منفذ للعناصر المختلفة.
وبالتالي تتم عملية امتصاص العنصر من المحلول الأرضي وتراكمه داخل الخلية علي خطوتين:
- الأولي هي الامتصاص البسيط **Passive Uptake**، والثانية هي الامتصاص النشط **Active Uptake**

- أولاً: الامتصاص البسيط Passive Uptake
- وفيه ينتقل الأيون أو الجزيء من المحلول الأرضي ذو التركيز المرتفع منها إلي الجدار الخلوي حيث تركيزها المنخفض نسبياً بدون أي عائق وبطريقة عكسية حتى يصل إلي حالة الاتزان، أي عن طريق الانتشار أو التدفق الكتلي. وقد أطلق العلماء علي الجزء من الخلية (أو النسيج النباتي) والتي تتحرك فيه الأيونات بواسطة الانتشار اسم الفراغ الحر Free Space والذي يشغل مساحة محسوسة من نسج الجذر حوالي ١٠٪ من حجم الجذور الحديثة، ويشمل الجدر الخلوية لخلايا طبقة البشرة، وطبقة القشرة، كذلك المسافات البينية بين خلايا القشرة ويتم انتقال الأيونات من المحلول الأرضي إلي الفراغ الحر في الخلية بطريقتين هما :-

- ١- الانتشار Diffusion: فمثلاً عند وضع الخلية أو نسيج نباتي في محلول ملحي، فنجد أن الأيونات تنتقل من المحلول حيث التركيز المرتفع إلي الفراغ الحر حيث التركيز المنخفض وذلك عن طريق الانتشار وتستمر هذه العملية حتى يتساوي التركيز داخل وخارج الفراغ الحر فيتوقف الانتشار.
- ٢- الادمصاص Adsorption: نظراً لوجود شحنات سالبة علي الجدار الخلوي للجذر نتيجة لوجود مجموعات الكربوكسيل (R-COO-) فمن الممكن أن تدمص الكاتيونات عليها عن طريق قوى الجذب الإلكتروستاتيكية مما يساعد في انتقال الكاتيونات من المحلول وتراكمها في داخل الفراغ الحر، بينما يحدث تنافر للأنيونات، ويلاحظ أن هذه العملية لا تحتاج إلي أي عمليات حيوية.

- ٣- اتزان دونان Donnan Equilibrium: وفيه يحدث حالة من الاتزان علي جانبي غشاء ما بدون تساوي تركيز الأيون الواحد، ويحدث ذلك عندما يسمح غشاء يفصل بين محلولين لأيون واحد من زوج من الأيونات بالمرور خلاله ولا يسمح بمرور الأيون الآخر، وهنا يتم الاتزان بفرض أن الأيونات الداخلة في النظام أحادية التكافؤ إذا كان حاصل ضرب التركيز الجزيئي Molar Concentration للكاتيونات والأنيونات علي جانب من الغشاء يتساوي مع حاصل ضرب تلك الأيونات علي الجانب الآخر من الغشاء. وقد وجد أن هذا الاتزان لا يحدث غالباً كما شرحه Donnanفي خلايا النباتات الحية. حيث وجد بعد ذلك أن جذور النباتات الراقية لها القدرة علي أن تمتص الأيونات ضد تدرج التركيز بالرغم من أن اتزان دونان لا يحدث في كثير منها، مما يدل علي أن البروتوبلازم له قدرة اختيارية علي امتصاص العناصر.

- مما سبق يمكن إيجاز خصائص الإمتصاص البسيط فيما يلي:-
- أ) لا يحتاج إلي طاقة أي لا يعتمد علي النشاط الحيوي للخلية (حيث إن عملية الانتشار والادمصاص يمكن أن تتم في أنسجة النبات الحية أو الميتة، أيضاً يمكن أن تتم في المواد المخلقة صناعياً سواء بسواء).
- ب) الإمتصاص يتم بطريقة عكسية.
- ج) الإمتصاص هنا ليس اختيارياً.
- د) الإنتشار البسيط عملية بطيئة جداً ولا تفسر كيفية امتصاص النباتات للأيونات والعناصر الغذائية ضد تدرج التركيز، كما أنها لا تتميز بالسرعة اللازمة لحياة النبات ونموه.
- وعلي ذلك يمكن القول بأن الانتشار البسيط واتزان دونان يعجزان عن تفسير الطريقة التي يمتص بها النبات العناصر الغذائية ويجمعها ضد تدرج التركيز.