امتصاص الاملاح المعدنية وانتقالها Mineral Salt Absorption And Translocation

هناك نوعين من انواع الامتصاص :

1- الامتصاص السلبي(الحر) passive absorption
2- الامتصاص النشط النقل الفعال Active Transport

1- **الامتصاص السلبي passive absorption:**يحدث امتصاص الملح عن طريق التلامس المباشر للمجموع الجذري وغرويات التربة او محلول التربة ،وقد استخدم مصطلح الفراغ الحر الظاهري (apparent free space)والذي يسمح بالانتشار الحر للايونات .

وهناك سؤال كيف تتراكم الايونات ضد تدرج التركيز (الجهد الكيميائي) دون اسهام الطاقة الايضية ؟

يحتمل وجود عدة صيغ او اليات لحدوث الامتصاص السلبي تعرف بالتبادل الايوني ion exchangeواتزان دونان Donnan effect and equilibriumوالتدفق الكتلي للايونات massflow of ionsوهي المسؤولة عن تحرك الايونات ضد تدرج الجهد الكيميائي .

ويتميز الامتصاص الحر بمايلي :

1- غير مرتبط ببذل طاقة من قبل النبات
2- امتصاص غير اختياري
3- امتصاص متعاكس

1- التبادل الايوني Ion Exchange

قد تتبادل الايونات المدمصة (المتجمعة سطحيا)على اسطح الجدر الخلوية او اغشية الانسجة وايونات المحلول الخارجي المغمور فيه النسيج ، ويحصل تبادل ايوني مماثل مابين محلول التربة وغرويات التربة ،وعلى سبيل المثال ان كتيون K^+للمحلول الخارجي يتبادل وايون H^+ المدمص اوالمتجمع سطحيا على اسطح الغشاء ،عندئذ يمكن للانيونات ان تتبادل وايونات الهيدروكسيل الحرة بالطريقة نفسها وبالتالي فان اليات التبادل الايوني سوف تسمح بحدوث امتصاص اكبر للايونات من الوسط الخارجي مقارنة بالانتشار الحر Free diffusion.

2- تاثير واتزان دونان Donnan effect and Equilibrium

يفسر اتزان دونان تاثير الايونات غير القابلة للانتشار ،كما انها تاخذبنظر الاعتبار تراكم الايونات ضد التركيز .

1- في الحالة (ا)يلاحظ ان الغشاء غير منفذ للايونات N^- لانها ايونات ثابتة ،وان هذا الغشاء منفذ بصورة حرة للايونات الموجبة C^+والايونات السالبة A^- من المحلول الخارجي وهذا يعني ان كميات متساوية من الايونات الموجبة والسالبة تنفذ من المحلول الخارجي عبر الغشاء حتى حصول حالة التوازن غير ان هذا الاتزان لابد وان يكون متعادلا كهربائيا ،ولذلك فان هناك حاجة الى ايونات موجبة اضافية لموازنة الايونات السالبة الثابتة (غير القابلة للانتشار) على الجانب الداخلي للغشاء وعلية فان الايونات الموجبة تكون بتركيز اكبر في محلول الخلية

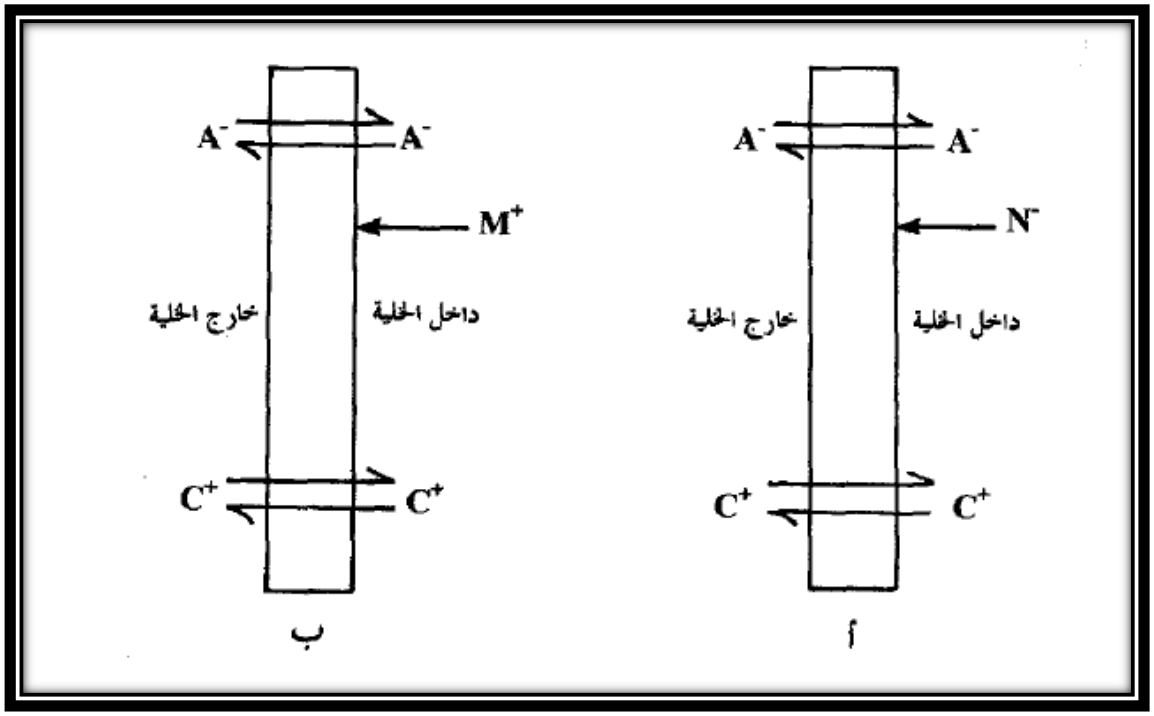
مما في المحلول خارج الخلية ،كذلك فان تركيز الايونات السالبة في الداخل يكون اقل مما في خارج الخلية .

2- في الحالة (ب) هناك حاجة للايونات السالبة لموازنة الايونات الموجبة الثابتة M^+(غير القابلة للانتشار)على الجانب الداخلي للغشاء وعليه ستكون الايونات السالبة بتركيز اعلى مما في المحلول الخارجي وان تركيز الايونات الموجبة في المحلول الداخلي سيكون اقل مما في المحلول الخارجي.

ولابد من تحقيق شرطين للوصول الى الاتزان :

ا-تركيز الايونات الموجبة يساوي تركيز الايونات السالبة على كل جانب من الغشاء البلازمي .

ب- نسبة الايونات الموجبة القابلة للنفاذ في الداخل الى نسبتها في الخارج لابد وان تساوي نسبة الايونات السالبة القابلة للنفاذ في الخارج الى نسبتها في الداخل بمعنى



(شكل تخطيطي يوضح فكرة اتزان دونان)

$$\frac{\text{الايونات الموجبة في الداخل}}{\text{الايونات الموجبة في الخارج}} = \frac{\text{الايونات السالبة في الخارج}}{\text{الايونات السالبة في الداخل}}$$

3-التدفق (السريان)الكتلي للايونات Mass flow of ions

يرى بعض الباحثين ان الايونات يمكن ان تتحرك خلال الجذور على طول مسار حركة الماء وان زيادة تيار النتح يسبب زيادة في امتصاص الايونات وقد يكون للنتح تاثير مباشر او غير مباشر التاثير الغير مباشر للنتح في امتصاص الايونات عن طريق ازالة الايونات بعد تحررها الى قنوات الخشب زيادة في نشاط امتصاص الايونات وهذا يعارض الافتراض الذي ينص على ان الايونات تتحرك بطريقة التدفق الكتلي في الماء من محلول التربة خلال الجذور وبالتالي الى المجموع الخضري ويدعم البحث الذي اجراهlopushinky, على نبات الطماطة المقطوعة

القمة بصورة غير مباشرة الراي ان اي زيادة في النتح تحدث زيادة في امتصاص الملح وقد استخدم الكالسيوم والفسفور المشع (C^{45} ^{32}p)
وان الزيادة في تدفق الماء سواء بزيادة الضغط الهيدروستاتيكي او من السحب النتح يؤدي الى زيادة في الامتصاص الاجمالي للايونات .

النقل الفعال Active Transport

اثبت التحليل المباشر لعصارة الفجوة في النباتات المغمورة في محاليل ملحية معروف تركيز الملح فيها تراكم الانيونات والكتيونات في النباتات ضد تدرج التركيز.وفضلا عن ذلك فان مدى التراكم الذي يتم بالاليات الكيميائية الكهربائية مثل التبادل الايوني وتاثير اتزان دونان لا يكفي لتفسير هذا التراكم (التراكم ضد تدرج التركيز) ان تراكم الايونات يثبط النشاط الايضي في النبات باستخدام

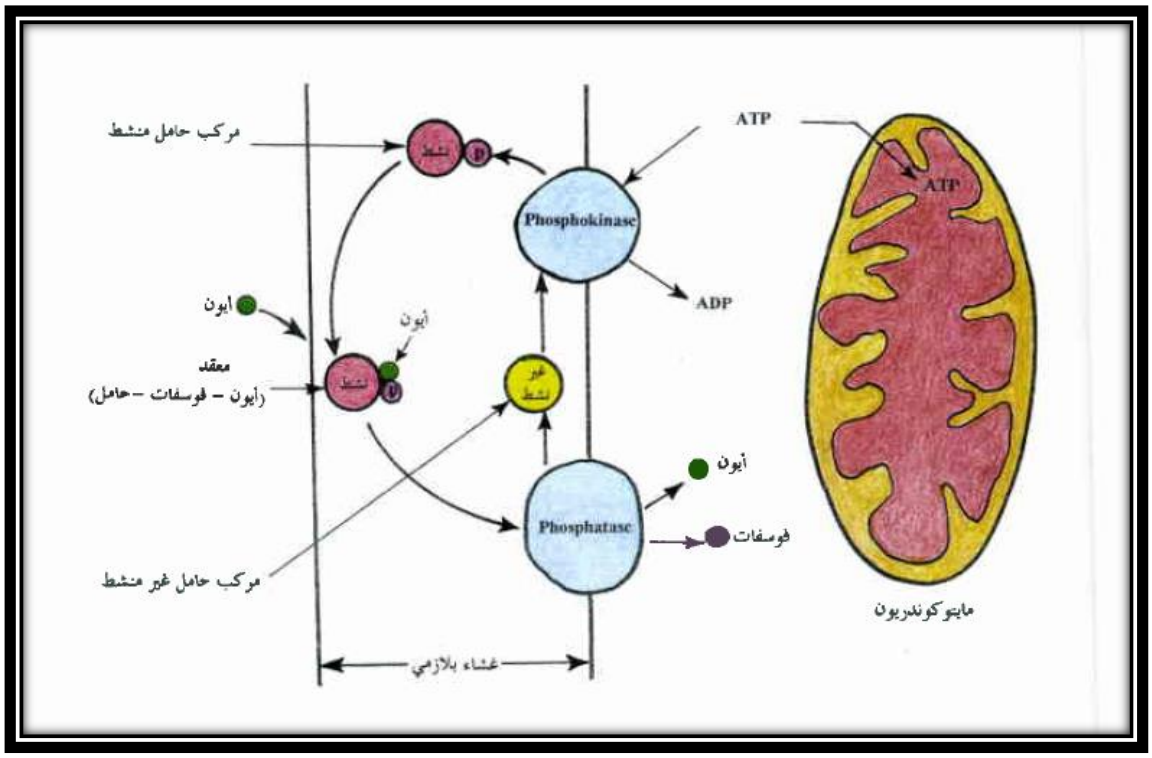
1- درجات حرارة منخفضة
2- نقص الاوكسجين
3- استخدام المثبطات الايضية لذلك ان النقل الفعال هو نقل الايونات بمساعدة الطاقة الايضية .

اليات النقل الفعال :وان النقل الفعال هو نقل الايونات بمساعدة الطاقة الايضية وقد افترضت اليات مختلفة تشرح فكرة النقل الفعال ولم ينال اي منها القبول العام الان جميع الاليات المقترحة قد قبلت بالفكرة القائلة ان النقل الفعال للايون عبر الغشاء الغير منفذ يتم عن طريق مركب يسمى بالحامل carrierيوجد في الغشاء .

1- فكرة الحامل Carrier concept

الفراغ الداخلي inner –spaceهو الفراغ الذي يوجد في النسيج او الخلية والذي من خلاله تنفذ الايونات بمساعدةالطاقة الايضية .وان المساحة او الحاجز barrierمابين الفراغ الخارجي والداخلي تعد غير منفذة للايونات ،ويعتقد ان المرور عبر هذه المساحة يتطلب حوامل معينة متخصصة والتي ترتبط والايونات في الفراغ الخارجي وتحرر هذه الايونات في الفراغ الداخلي ويحتمل ان يكون الحاجز غالبا هو الغشاء البلازمي واهم صفات نظرية الحامل هي افتراض وجود وسيط (معقد الحامل والايون (carrier-ion complex)وان اتحاد الحامل والايون في مركب واحد والذي يسهل حركة الايون عبر الحاجز غير المنفذ وان الايونات المتحررة الى داخل الفراغ الداخلي لا يمكنها التحرك الى الخارج لذا فانها تتراكم .

الحامل الايوني ينشط اولاوهذا التنشيط يتطلب ATPوالانزيم المناسب وان انزيم Phosphokinaseالذي يوثر في عملية فسفرة الحامل (اي تنشيط الحامل)وهذا يسرع اتحاد الحامل بالايون وبذلك يتكون معقد الحامل والايون والذي ينشق عنه عند سطح الحاجز الداخلي وبالتالي فان الايون ينطلق للفراغ الداخلي



(شكل تخطيطي يوضح كيفية اشتراك ATP و بعض الانزيمات في الاغشية لتسهيل عملية نقل الايونات)

ويمكن تمثيل تلك العملية التي تحدث عند الحاجز حسب الخطوات الاتية :

1- **Carrier** $\xrightarrow[\text{ATP} \longrightarrow \text{ADP}]{\text{kinase}}$ **Carrier***

2- **Carrier *** $\xrightarrow{\text{Ion (+ or -)}}$ **Carrier*-ion**

3- **Carrier*-ion** $\xrightarrow{\text{Phosphatase}}$ **Carrier+ ion**

هناك ثلاث سمات (صفات) لامتصاص الملح والنقل النشط تؤيد بشدة صحة فكرة الحامل

1- تبادل النظير isotopic exchange : ان الامتصاص الايوني المعتمد على النقل الفعال هو في الغالب غير قابل للتبادل مع الايونات من نفس النوع في الفراغ او الوسط الخارجي .
2- تاثيرات التشبع saturation effects :ان زيادة تركيز الملح في الوسط المحيط فيبدو ان معدلات الامتصاص تقترب من الصفر وبمعنى اخر فان نقطة التشبع تقترب من نهايتها والتي عندها تكون جميع المواقع الفعالة على الحوامل مشغولة .

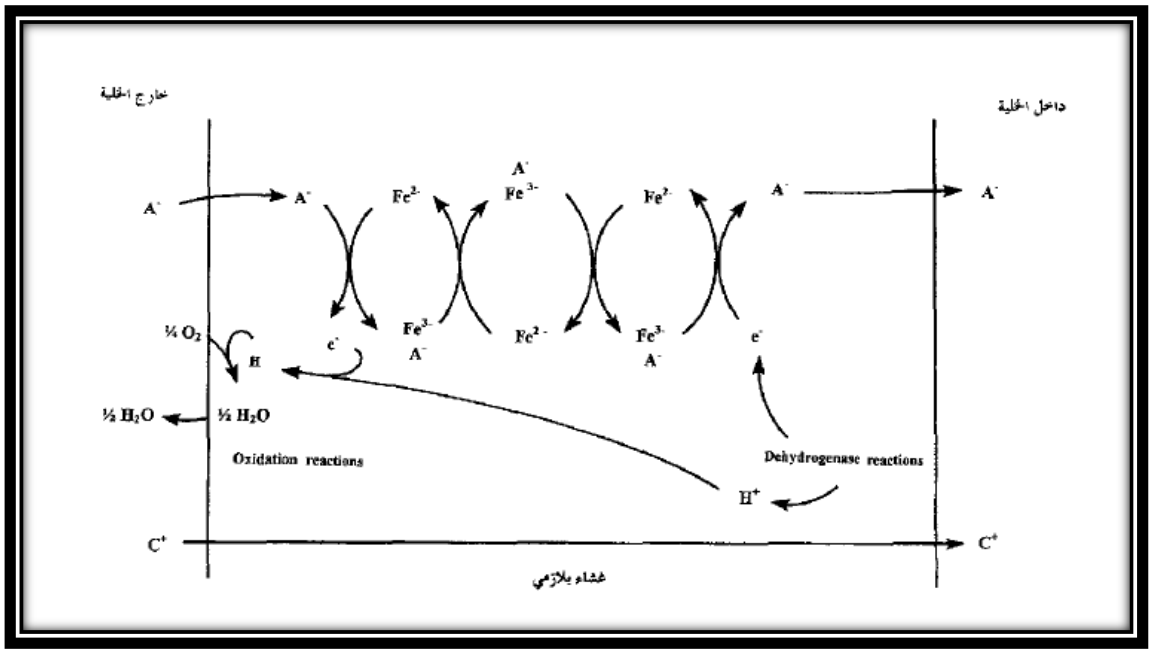
3- التخصصspecificity:ان الايونات تمتص بمعدلات مختلفة وتتراكم بمستويات مختلفة في نسيج الجذر وهذا يدل على وجود الحوامل المتخصصة.

2- نظرية الامتصاص الفعال للملح بواسطة لندكارد Lundegardh

وقد افترضت هذه النظرية ما يأتي :

1- يكون امتصاص الانيون(-) مستقلا عن امتصاص الكتيون ويحصل باليات مختلفة .
2- يوجد تدرج في تركيز الاوكسجين من السطح الخارجي الى السطح الداخلي للغشاء وبالتالي يشجع الاكسدة على السطح الخارجي والاختزال على السطح الداخلي .
3- يحصل النقل الفعلي للانيونات عن طريق النظام السايتوكرومي .

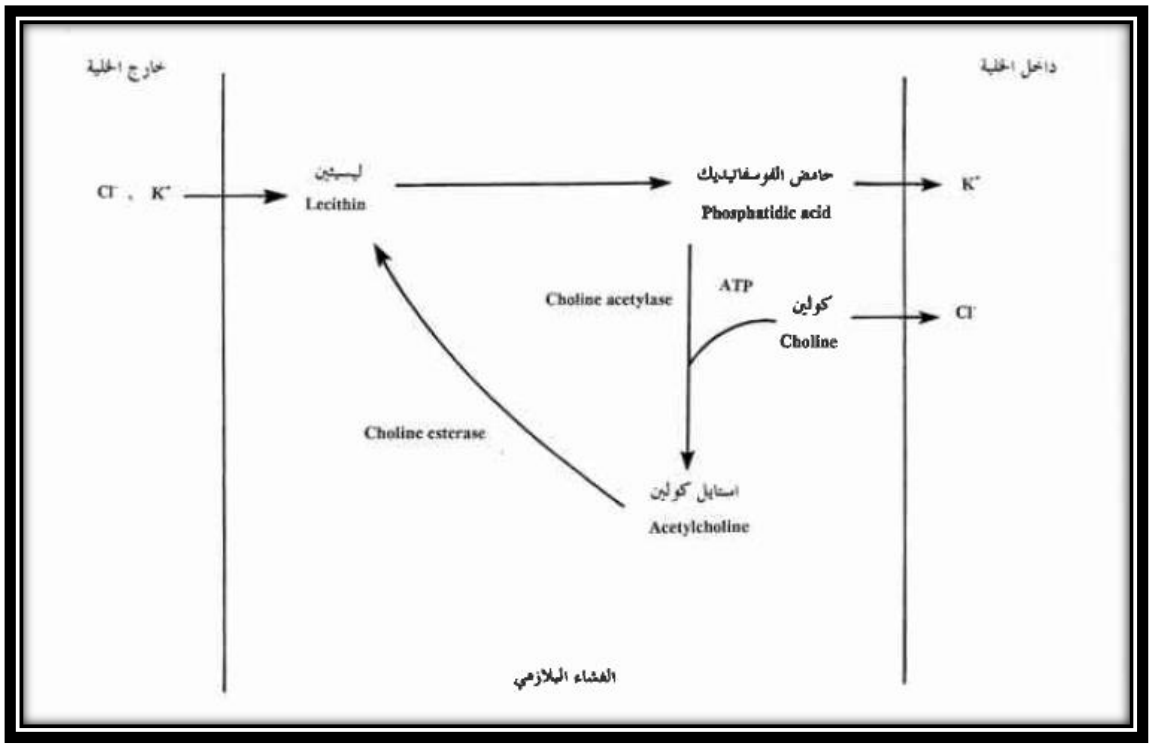
وهناك علاقة كمية بين امتصاص الانيون والتنفس الملحي وعدم وجود مثل هذه العلاقة في حالة امتصاص الكتيون(+) وقد افترض ان الانيونات(-) فقط هي التي تنقل بالنقل الفعال ،وان تنشيط التنفس الملحي يثبط امتصاص الانيون بوساطة السيانيد cyanide او اول اوكسيد الكاربون شجع lundegardhالان يفترض ان انتقال الانيونات يتم من خلال توسط انزيم cytochrome oxidaseويحتمل ان السايتوكرومات هي الحوامل الانيونية .



(شكل يوضح مضخة السايتوكروم لنقل الايونات عبر الاغشية البلازمية)

الية الحامل المتضمنة ATP:

الية الامتصاص الفعال الذي يستخدم ATPحيث افترض ان اللبيدات المفسفرة Phospholipidsيحتمل ان تكون مهمة في نقل الالكترون عبر الاغشية غير المنفذة.ان الليسيثين lecithin(لبيد مفسفر)يتكون ويتحلل مائيا بطريقة دائرية _يلتقط في اثنائها الايونات على بناء والسطح الخارجي ويطلقها بالتحليل المائي الى الفرع الداخلي وان بناء واحد في الاقل من مكونات هذه الدورة الفوسفاتيدية يتطلب ATP.وقد لاتحتوي النباتات على الليسيثين اوالكولين او انزيم Choline esterase.



(شكل يوضح اليه النقل النشط التي تتضمن اشتراك ATP)

العوامل المؤثرة في امتصاص الملح Factors Affecting salt Absorption

1- درجة الحرارة Temperature

زيادة درجة الحرارة تؤدي الى اسرع امتصاص للملح الا ان تاثير درجة الحرارة في امتصاص الملح تنحصر في مدى ضيق نسبيا وفضلا عن تسريع امتصاص الملح فان الزيادة درجة الحرارة اكثر من الحد الاقصى يثبط وينهي بالكامل العملية .

2- تركيز ايون الهيدروجين Hydrogen ion Concentration

ان توفر الايونات في محلول التربة يتأثر جدا بتركيز ايون الهيدروجين ويتاثر تاين الالكتوليات او ارقام التكافؤ للايونات المختلفة الانواع بالتغيرات في pHعلى سبيل المثال ايون الفوسفات الاحادي التكافؤ وهو صورة الفسفور الاكثر امتصاصا بوساطة النباتات لا انه عندما تقترب بيئة الوسط من القلوي تتكون الفوسفات الثنائية التكافؤHpo_4^{-2} ثم تتكون الفوسفات الثلاثية التكافؤpo_4^{-2} الايون الثنائي التكافؤ يكون غير متيسرللنبات ،اما الايون الثلاثي التكافؤ غير متيسر للنبات اما الايون الاحادي فهو متيسر لذلك فان امتصاص الفوسفات يكون اسرع عند pHالحامضي.

3- الضوءLight

ان تاثير الضوء في فتح وغلق الثغور في عملية البناء الضوئي توثر تاثيرا غير مباشر في امتصاص الملح .فالتغور المفتوحة تزيد من سريان الماء في مجرى التنح وهذا بالتالي يؤثر في امتصاص الملح

.

4- الفعل المتبادلInteraction Effect

يحتمل ان تاثير امتصاص ايون ما بوجود ايون اخر ففي دراسة اجراها احد الباحثين عن امتصاص بروميد البوتاسيوم بوساطة جذور الشعير المفصولة وجد ان امتصاص البوتاسيوم يتاثر بوجود الكالسيوم والمغنسيوم والكيتونات الاخرى العديدة التكافؤ في الوسط الخارجي .

5- النمو Growth

ان امتصاص الملح يحتمل ان يتاثر جدا بالنمو لان نمو النسيج او النبات ربما يزيد المساحة السطحية وعدد الخلايا وبناء مواقع ارتباط جديدة او حوامل جديدة وهذه العوامل تحفز امتصاص الملح .