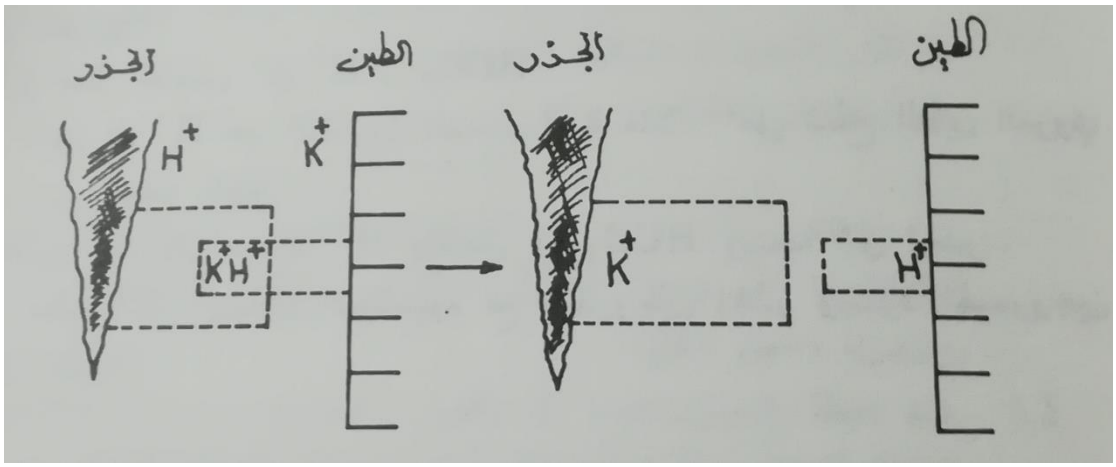
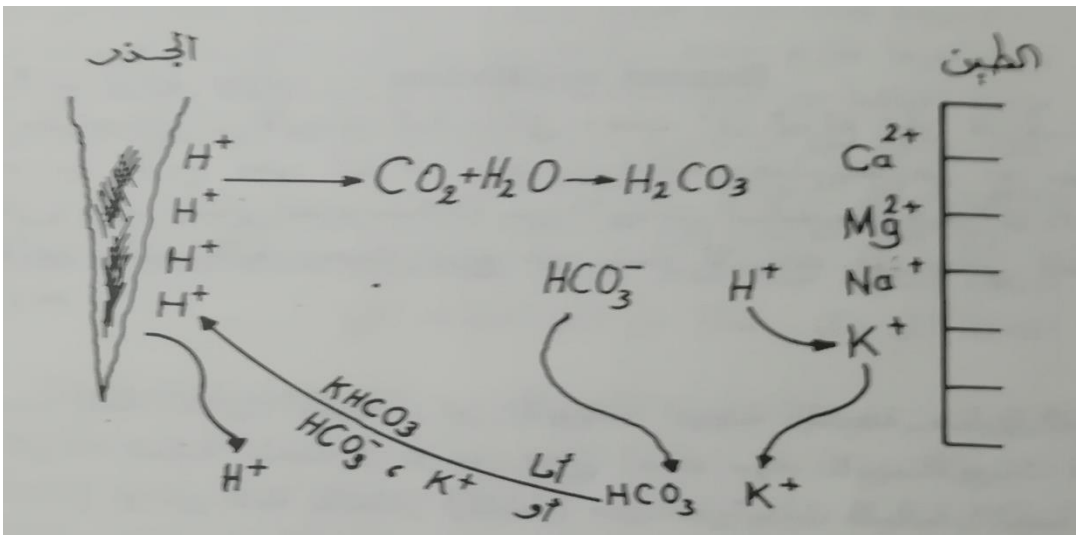
النظريات المختلفة المتعلقة بالامتصاص السالب

1. **نظرية الانتشار Diffusion theory** هي عملية انتقال ايونات العناصر الغذائية من التركيز العالي الى التركيز الواطئ الى ان يتساوى التركيز لهذه الايونات في محلول التربة وفي الفراغ الحر للجذر التابع لهذه النباتات.
2. **الامتصاص التبادلي على سطح الجدار الخلوي وغشاء البلازما** بما ان جدار الخلية وغشاء البلازما محملان بشحنة سالبة فان الكاتيونات المتواجدة في محلول التربة يمكنها ان تمتص عليها وهذه بدورها يمكنها ان تتبادل فيما بعد مع الكتيونات الموجودة في محلول التربة.
3. **التبادل التماسي Contact Exchange** حيث يحدث تبادل بين الكتيونات على سطح الجذر مع الكتيونات المتبادلة على غرويات التربة (الطين أو الدبال) ويحدث ذلك دون ان يكون لماء التربة (محلول التربة) اي دور ويتم ذلك عندما تتداخل حقول التذبذب (Field Oscillation) لحبيبة طين مع الجذر وعندما تكون الايونات التابعة لكل منهما متواجدة في نهاية حقل التذبذب فيحدث تبادل لهذه الايونات ما بين حبيبة الطين والجذر.



4. **امتصاص الكاتيونات من التربة ودور غاز Co_2** عندما تتنفس الجذور ويطلق غاز ثاني اوكسيد الكاربون الذي يذوب في الماء متحولا الى حامض الكاربونيك والذي يتاين بدوره الى H^+ و Hco_3 ثم بعد ذلك يتحرك H^+ من التركيز العالي الى التركيز الواطئ له اي يتحرك من الجذر الى جيبة الطين ثم يتبادل مع K^+ ويتحرك البوتاسيوم المنطلق من

دقيقة الطين ومع استمرار عملية التبادل من التركيز العالي (حبيبة الطين) الى التركيز المنخفض باتجاه الجذور فانه يتبادل هناك مع H^+ الممتز على سطح الجذور وكما يتضح ذلك من الشكل الاتي



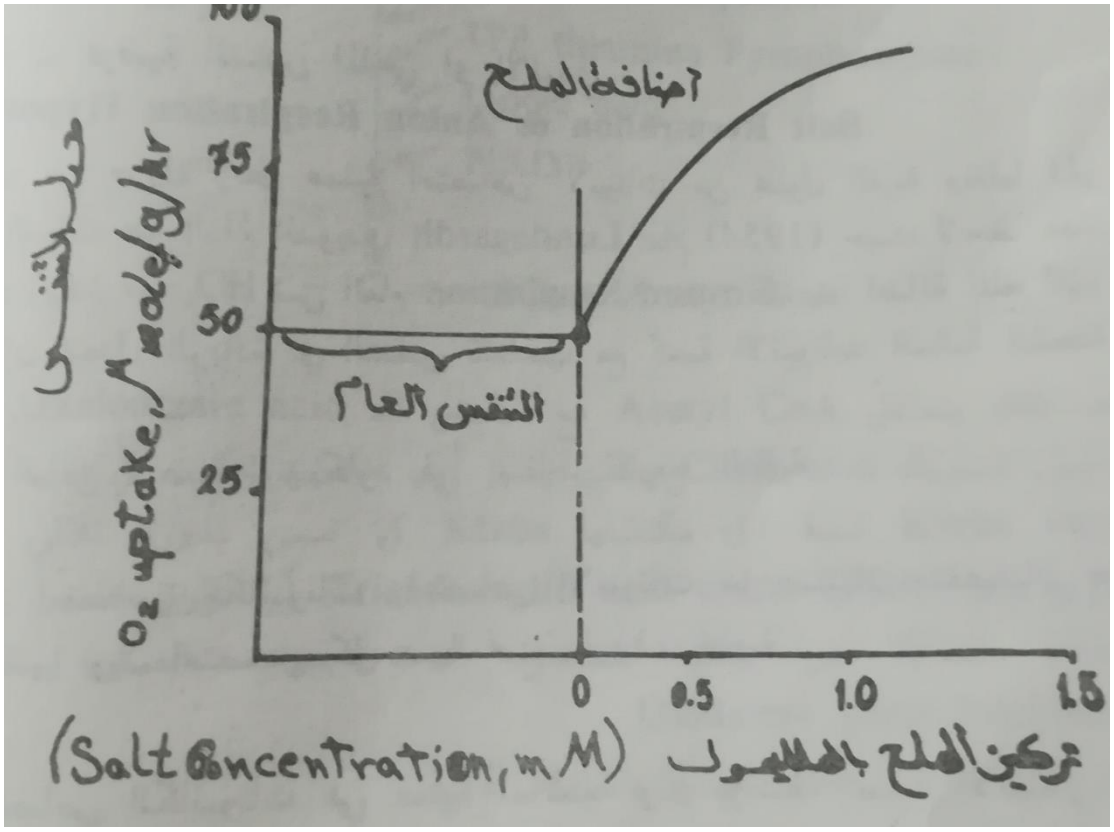
5. **توازن دونان Donnan Equillibrium** وينص على انه حاصل ضرب الكاتيونات في الانيونات الخارجة = حاصل ضرب الكاتيونات في الانيونات الداخلة.
6. **فرق الجهد الكهربائي Electrical Potential** قد يكون سببا لامتصاص الايونات فمثلا في العراق فان تربنا تميل الى القاعدية ولذلك فان غرويات التربة تكون محملة بشحنة سالبة اي ان فرق الجهد الكهربائي لها سالب ولذلك تمتص الكتيونات هنا اكثر من امتصاص الانيونات (والذي يحدث تنافر) في حين الترب الاوربية الحامضية ففي هذه الحالة غرويات التربة تكون محملة بشحنة موجبة والجهد الكهربائي لها موجبا بسبب تواجد ايونات الهيدروجين عليها ولذلك لكي تتعادل تقوم بجذب الايونات السالبة وطرد الكاتيونات الموجبة ومن هذا ينتج فرق في الجهد الكهربائي لسطح الجذر.

النظريات المتعلقة بالامتصاص الحيوي للمغذيات (النشط)

1. **فرضية التنفس الملحي او الايوني Salt or Anion Respiration Hypothesis**

اول من حاول ربط عملية امتصاص الايونات من محلول التربة ونقلها الى داخل النبات هو

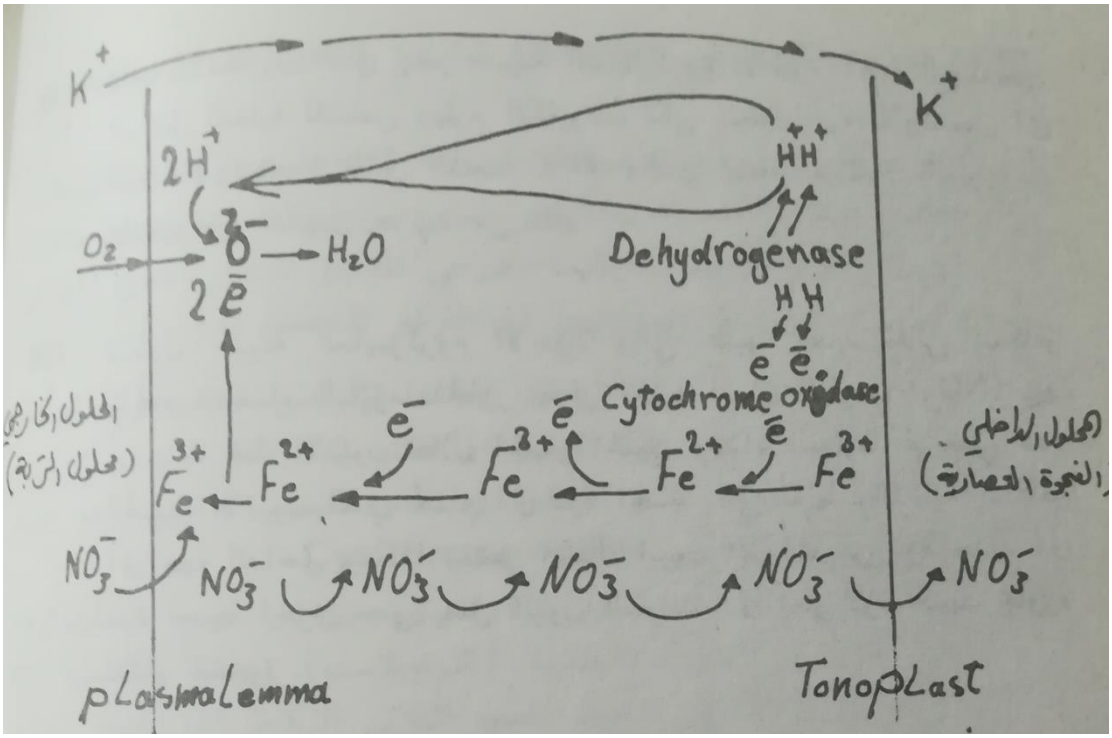
العالم السويدي Lundegardh 1954 حيث لاحظ بانه عند وجود او اضافة الملح للماء قابله حدوث زيادة في معدل التنفس العام Ground Respiration وان معدل الزيادة في التنفس يتناسب مع كمية الايونات السالبة الممتصة وكما يتضح ذلك من الشكل



واساس فرضية لاندكارد هي النقاط الاربعة:

- ان امتصاص الكاتيونات وامتصاص الانيونات هما عمليتان منفصلتان عن بعضهما ويتم امتصاص كل منهما تحت ظروف خاصة
- امتصاص الكاتيونات هي عملية متعاكسة ويتم بواسطة الانتشار اي انها تتم بطريقة حرة بواسطة الامتصاص السلبي Passive absorption
- افترض لانديكارد ان الانيون يحتاج الى ناقل او حامل لكي ينقله بدءا من الغشاء الحيوي غشاء البلازما واقترابه على السايتوبلازم وغشاء الفجوة العصارية (التونوبلاست) واقترح لانديكارد بان هذا الناقل او الحامل هو السايتوكروم الحاوي على الحديد في تركيبه .

- لاحظ لانديكارد انه لم يحدث اي زيادة في معدل التنفس العام عند امتصاص الماء او الكاتيونات الموجبة حيث يبقى تنفس النباتات ثابتا ولكن هذه الزيادة تحصل عن امتصاص النبات للأيونات.



ميكانيكية عملية التنفس الملحي والانيوني (امتصاص الانيونات)

ويمكن تلخيص الفرضية بما يأتي:

مادة السايتوكروم هي المادة الحاملة او الناقلة **Carrier** للإلكترونات عندما يكون Fe في السايتوكروم ثلاثي التكافؤ Fe^{+3} فانه يكون مستعد لانتقال الالكترونات او اي ايون سالب يصبح الحديد في صورة مختزلة او صورة الحديد الثنائي التكافؤ

$Fe^{+3} + e^{-}$ ---------- Fe^{+2} اختزال

$Fe^{+2} - e^{-}$ ---------- Fe^{+3} اكسدة

كما يمكن للحديد الثنائي التكافؤ ان يفقد الالكترون او الانيون ويصبح حاله مؤكسده اي صورة الحديد الثلاثي التكافؤ Fe^{+3} وهكذا تتوالى عمليات الاكسدة والاختزال لذرات الحديد الداخلة في تكوين السايتوكروم وتترتب داخل السيتوبلازم على شكل سلسلة او قنطرة تكون بدايتها عند غشاء الاندوبلاست (غشاء الفجوة) الملاصق للفجوة العصارية ونهايتها عند الغشاء الخارجي الملاصق للجزء الخلوي (غشاء البلازما) ولقد شرح لانديكارد كيفية امتصاص الانيونات كالاتي:

- بواسطة انزيم Dehydrogenase القريب من غشاء الفجوة Tonoplast تتأين الاحماض العضوية وينتج عنها الهيدروجين والذي يكون مصدر للإلكترونات عند فقدان ذرة الهيدروجين الكترون تتحول الى ايون الهيدروجين ويتوالى تكوين ايونات الهيدروجين وزيادة تركيزها بالقرب من غشاء التونوبلاست وتنشا تيار من الهيدروجين يتحرك باتجاه غشاء البلازما الخارجي الملاصق للجدار الخلوي.
- ينشا تيار اخر من الالكترونات يكون اتجاهه هو نفس اتجاه تيار ايونات الهيدروجين اي من غشاء التونوبلاست الداخلي الى غشاء البلازما الخارجي
- تدخل الاليكترونات الخارجة من الهيدروجين بواسطة انزيم السايتوكروم او اوكسيده وتتجة هذه الالكترونات الى حبيبات السايتوكروم المجاور لغشاء التونوبلاست وعندما تكسب ذرة الحديد الثلاثية التكافؤ تختزل الى الحديد الثنائي التكافؤ وعندما تفقد ذرة الحديد الثنائية التكافؤ للاكترونات تؤكسد مرة اخرى الى الحديد الثلاثي التكافؤ وهكذا يتم انتقال للاكترونات من ذرة الحديد الى ذرة الحديد الاخرى حتى تصل الالكترونات في النهاية الى جيبة السايتوكروم في نهاية السلسلة والقريبة من غشاء البلازما الملاصقة للجدار الخلوي وتكون هناك ذرة جديدة ثلاثية التكافؤ وبعدها تفقد الالكترون
- عندما تفقد ذرة الحديد الثنائية التكافؤ الكترونا تصبح ثلاثية التكافؤ وهذه تكون مؤهلة الى استقبال أ. انيون ب. الكترون ج. وبعكس تحرك تيار ايونات الهيدروجين وتيار الالكترونات تتحرك الانيونات وبعكس ايونات النترات من غشاء البلازما الخارجي الى الغشاء الداخلي وحتى يصل الى التونوبلاست الداخلية
- يتحرك ايونات النترات الى داخل الفجوة العصارية فيحدث اختلاف في التوازن الانيوني فيقوم النبات بإدخال اي كاتيون اخر للمعادلة . هذا الخلل بعملية الانتشار اي الامتصاص السلبي وليكن ايون البوتاسيوم
- تكوين جزيئة الماء

$O_2+2e^- + 2H$ ----------H_2o

$O_2+2e^- (o_2^-) + 2H$ ----------H_2o

ظهرت انتقادات لفرضية التنفس الملحي او الانيوني منها:

أ- ان مادة السايتوكروم غير موجودة اصلا في السايتوبلازم ولكنها موجودة في المايتوكوندريا .

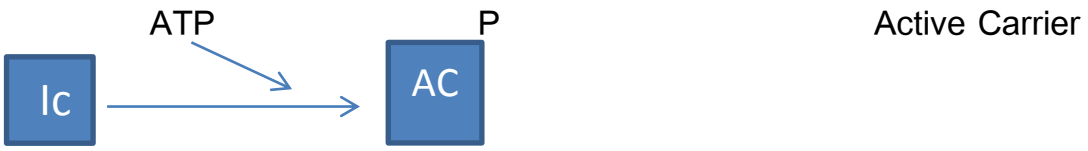
ب- بين Handley & Overstreel 1955 ان كلا من ايونات البوتاسيوم والصوديوم تحفز التنفس ايضا وليس فقط الانيونات حسب لانديكارد.

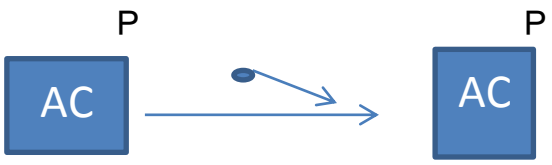
ت- لا يمكن انتقال الانيونات بنفس الحامل لأنه لو كان هناك حامل واحد فقط لحدث تنافس بين الانيونات لهذا الحامل ولكن لم تتم ملاحظة ذلك في حالة امتصاص النبات ل ($So_4^{=}$ و No_3^{-} و $H_2po_4^{-}$ و $Hpo_4^{=}$) وغيرها من الايونات الاخرى مثل(Moo_4^{-2} و Bo^{-3} و Cl^{-}).

2. نظرية الحامل او الناقل Carrier theory

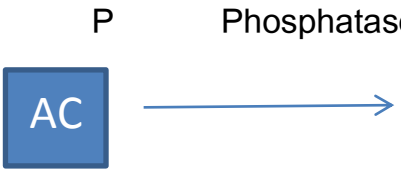
وهذه النظرية تفترض بأنّ الأغشية الحيوية تحتوي جزيئات خاصة تكون قادرة على نقل الأيونات عبر الغشاء الحيوي ومثل هذه الجزيئات سميت بالحوامل (Carriers) أن تكوّن هذه الحوامل بصورة مباشرة أو غير مباشرة يحتاج إلى ATP وأقتُرح إنّ هذا الحامل له القدرة على الانتشار في الغشاء وفي الحدود الخارجية للغشاء تلتقي بنوع من الأيون الخاص ذات الصلة.

إنّ الحامل يرتبط بالأيون وبهذا يتكون معقد من الحامل والأيون وهذا المعقد القابل للانتشار يتحرك عبر الغشاء إلى الأنزيم Phosphatase الذي محله عند الحدود الداخلية للغشاء. إنّ الأنزيم Phosphatase يفصل مجموعة الفسفور من الحامل في المعقد وبهذه العملية يُعتقد بان الحامل يفقد صلته بالأيون الذي بدوره يتحرر إلى الوسط المجاور وهو السايتوبلازم.

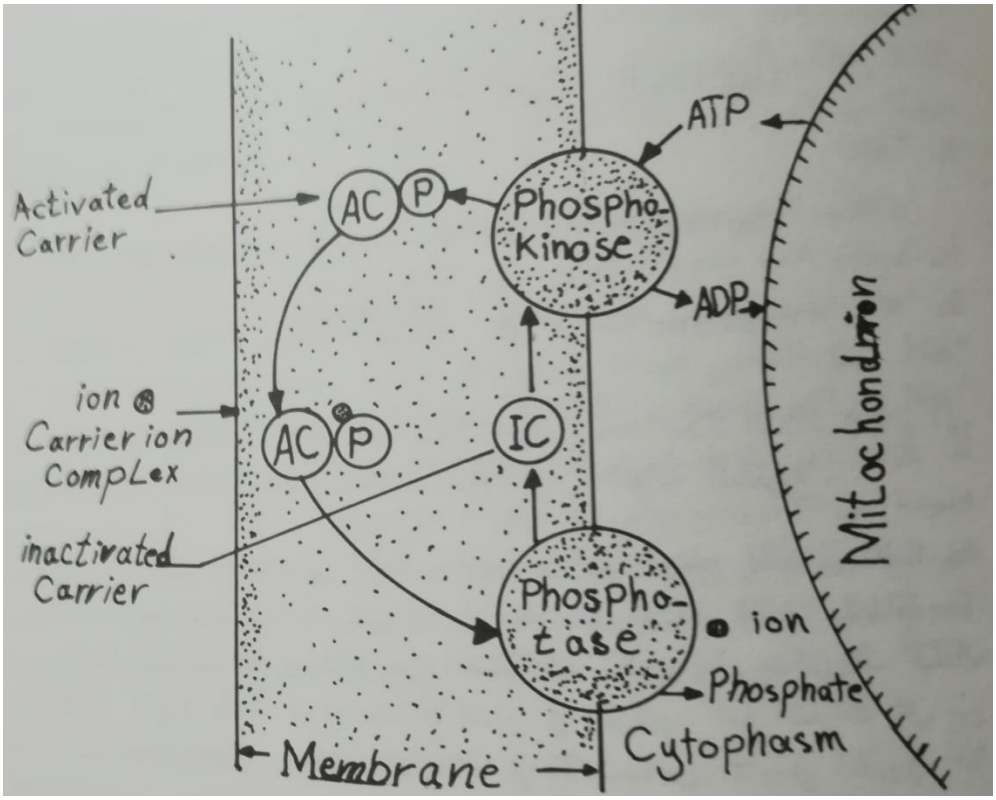
1 – 

2 – 

Carrier Ion Complex

3– 

Ion + Ic + Phospate



ان الناقل هو عبارة عن بروتين او انزيم وان المعروف ان الانزيم عليه مواقع فعالة Active site وهذه المواقع الفعالة للانزيم قد تكون مخصصة لنقل ايون معين او متخصصة لنقل اكثر من ايون كما هو الحال في عناصر (K^+ و Rb^+ و Ca^{+2} و Sr^{+2}) وقد يحصل تنافس بين (K^+ و Rb^+) او بين (Ca^{+2} و Sr^{+2}) واي الايونين يكون اكثر تركيزا يمتص على حساب الايون الاخر.

وما تجدر الاشارة اليه هنا انه في حالة الناقل **Carrier** فان الناقل يحتاج الى طاقة لنقل الايون في حالتين :

1. للتغلب على الشحنة السالبة لغشاء البلازما في حالة امتصاص الانيونات مثل(النترات والكبريتات).

2. لوحظ انه عند ارتباط الناقل النشط Ac^P بالايون (●) وتكوين معقد الناقل والايون Carrier Ion Complex. فان شكل الناقل يتغير وهذا لكي يمكنه من نقل الايون مجددا فانه يجب ان يعود الى شكله الطبيعي (الاصلي) ولكي يرجع الناقل الى شكله الاصلي فهو يحتاج الى طاقة . اي يجب على النبات ان يبذل طاقة ولهذا السبب فان نظرية النواقل مرتبطة بعملية الامتصاص الحيوي لامتصاص المغذيات.