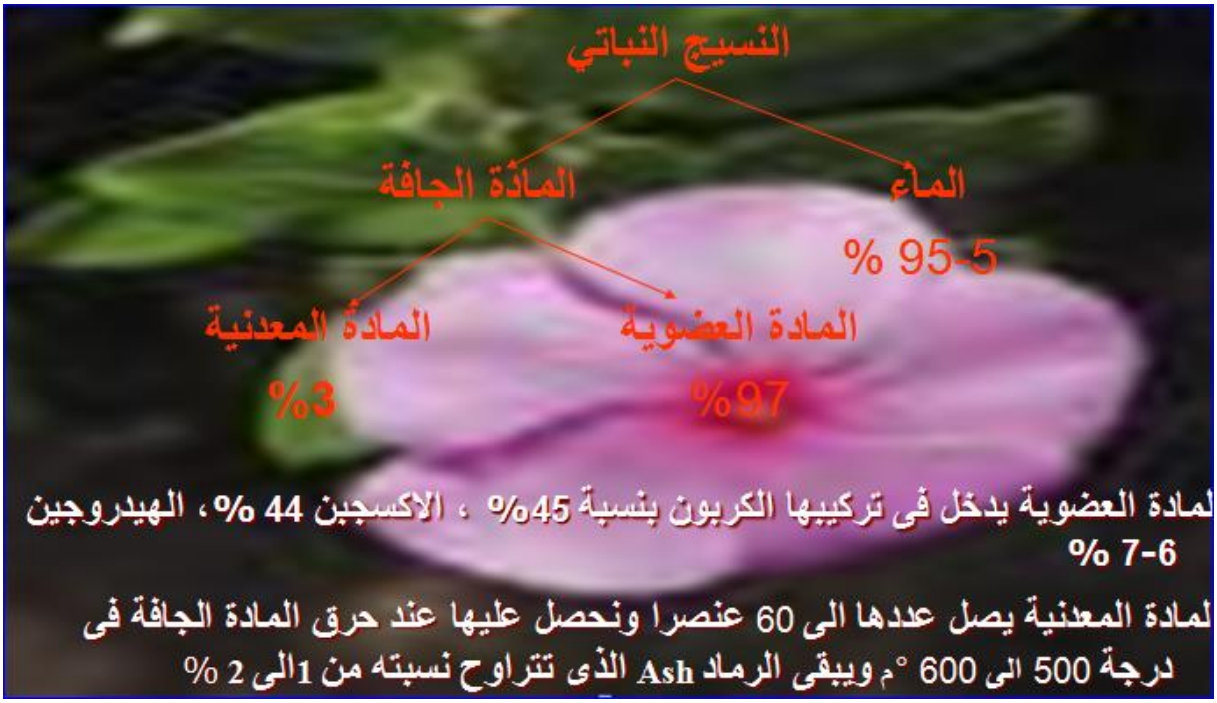
مفهـــوم التغذيـــة المعدنيـــة

تعرف التغذية بصفة عامة بأنها إمداد الكائن الحي بجميع المواد الغذائية اللازمة له من الوسط الخارجي إما في صورة عضوية وهو في هذه الحالة لا يعتمد على نفسه في التغذية (Heterotrophic) , أما إذا احتاج إلى المواد غير العضوية فقط فيعتبر ذاتي التغذية (Autotrophic) .

كما تعرّف بشكل عام بأنها نشاط فسيولوجي لأنها المصدر الأساسي للطاقة بالنسبة لجميع الوظائف الحيوية إذ يحتوي الغذاء على كل مستلزمات النمو , الانبات و الفعاليات الأيضية المختلفة .

المكونـــات العنصريـــة للنبـــات

تحلـيـــل العنـاصـــر:



العنـــاصـــر المـوجـــودة في نبـــات الـذرة

العنصر	النسبة المئوية	العنصر	النسبة المئوية
الأكسجين	44.4	السيلكون	20.8
الكربون	43.6	الألمنيوم	1.9
الهيدروجين	6.2	الكلور	2.5
النتروجين	25.9	المنغنيز	0.6
الفوسفور	3.6	الكالسيوم	4
البوتاسيوم	16.4	المغنيسيوم	3.2
الكبريت	3	الحديد	1.5

تقسيم العناصر :

- العناصر الضرورية الكبرى Macronutriente:
- C , O , H , N , P , K , Mg , Ca , S
- العناصر الضرورية الصغرى Micronutriente:
- Zn , Cu , B , Mn , Mo ,Fe , Cl
- العناصر النافعة :
- Co , Ni , Si ...

العناصر الكبرى Macroéléments تعرف ايضا بالعناصر الغذائية الأساسية وهي التي يحتاجها النبات بأكثر من 1000 µ غ\ غ مادة جافة لحدوث النمو الطبيعي وهي تشمل 9 عناصر هي C,H,O وهي العناصر التي يحصل عليها النبات من الماء والهواء وتكون 90% أو أكثر من المادة الجافة N,P,K,Ca,S,Mg

العناصر الصغرى Microéléments تعرف أيضا بالعناصر الغذائية الثانوية أو الإثرية أو النادرة وهي التي يحتاجها النبات بأقل من 100 µ غ\ غ مادة جافة لحدوث النمو الطبيعي وهي تشمل 7 عناصر وهي: Mn,Zn,B,Cu,Mo,Cl,Fe

المزارع المائيـــة و الرمليـــة:

سلبيات المزارع المائية (السائلة):

- **تحتم إنبات البذرة أولا ثم نقلها الى المزرعة المائية.**
- **ضرورة التهوية.**
- **الحاجة الى دعامة للنبات.**
- **نمو الطحالب.**
- **تغير المحلول نتيجة تغير الرقم الهيدروجيني.**
- **يمكن لبعض العناصر أن تتحلل من الزجاجيات**

المزارع الرملية Sand cultures :

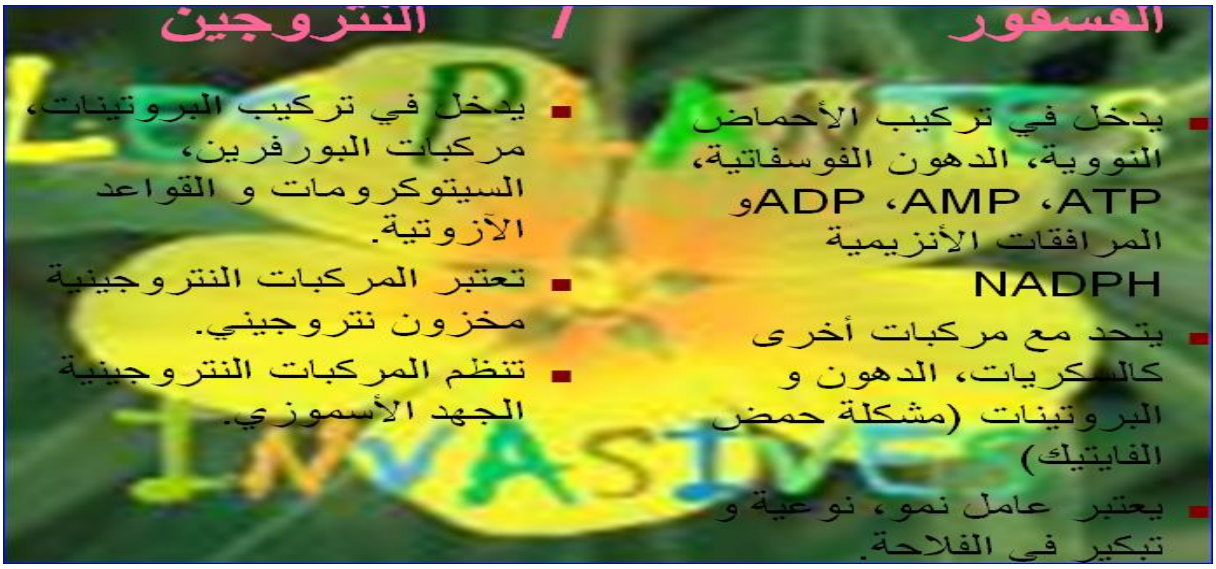
سلبيات المزارع الرملية :

- لا تصلح لدراسة المغذيات الصغرى
- قد يكون الرمل و المواد المصنعة غير نقية تماما

مصـــادر التغذيـــة المعدنيـــة:

التـــربـــة:

دور العنـــاصر الغذائيـــة:



الكالسيـــوم / البوتاسيوم

- له دور في الإنقسام الخلوي.
- منشط للأنزيمات مثل أنزيم phospholipase
- معادلة الشحنات السالبة.
- التخلص من المواد السامة .

- تنشيط الأنزيمات مثل أنزيم ATPase.
- له تأثير على آلية فتح و غلق الثغور.
- معادلة الأنيونات.

المغنيســـــــوم:

- يدخل في تركيب الكلوروفيل.
- منشط للعديد من الانزيمات .
- معادلة الأنيونات.

الحديد / الكبريت

- يدخل في تركيب :
- السيتوكرومات،
- فيرودوكسين
- و الأنزيمات مثل بيروكسيديز و الكاتاليز

- يدخل في تركيب: الأحماض الأمينية مثل: المثيونين و بعض الفيتامينات.
- ضروري لتكوين الكلوروفيل.
- يدخل في تركيب الجلوكوسيدات الكبريتية.
- ضروري لبناء الفيرودوكسين.

الزنـــــك / المنغنيز

- يؤدي دورا تركيبيا في بعض الأنزيمات مثل: ديهيدروجيناز
- محفز لبعض الأنزيمات مثل أنهيدريز كربون.
- له دور في حماية الكلوروفيل من التكسير
- له دور في بناء IAA
- يساعد بطريقة معينة على سلامة و فعالية الغشاء الخلوي.
- ضروري لانشطار الماء
- له دور في أكسدة الهرمون النباتي الأكسين.
- له دور تركيبي في نظام أغشية البلاستيدات
- منشط للعديد من الأنزيمات الخاصة بالتنفس و التركيب الضوئي
- يدخل في تركيب بعض الانزيمات

الكلـــور / الموليبيديوم

- يدخل في تركيب 130 مركب عضوي في النبات (مركب كلورو حمض الخل الأندولي)
- ينشط مضخة البروتون على غشاء الفجوة
- تنظيم الاسموزية في الخلايا
- محفز لأنزيم مختزل الكبريت
- قد يكون له دور في بناء هرمون الأبسيسيك
- يعمل الموليبيديوم المؤكسد كجزء من أنزيم مختزل النترات

العناصـــر الأخرى:

- **الصوديوم :**

عنصر الصوديوم ضروري للبكتيريا المزرقة , و لنمو بعض النباتات الصحراوية , و هذا لإتمام تفاعلات التحلل السكري

- **السيلينيوم :**
- ضروري لبعض الأجناس النباتية مثل Stanleya, Haplopappus كونه يعمل على تخفيف سمية الفوسفات , و كمساعد لبعض انزيمات الأكسدة و الاختزال .
- **السيليكون :**
- ضروري للدياتومات و لنبات ذيل الحصان ولبعض الحبوب مثل الذرة و الأرز , حيث يخفض من سمية الحديد و المنغنيز , و يخفض من معدل النتح و يحسن المقاومة ضد الممرضات , كما يخفف من تأثير نقص الفوسفات .

الأعراض الظاهرية لنقص العناصر:

النتروجيـــن

- تعد أعراض نقص النتروجين أكثر الأعراض مشاهدة , ونميز منها :
- الضعف العام للنبات .
- الاصفرار العام التدريجي (الشحوب الكلور وفيلي)على الأوراق المسنة تراكم صبغة الأنثوسيانين .
- نسبة المجموع الخضري الى المجموع الجذري منخفضة .(نبات اللفت)

الفسفور

- تظهر أعراض نقصه على الأوراق المسنة , فتبدو خضراء داكنة .
- اعاقة نمو النبات فيبدو صغيرا .
- تأخر نضج الثمار .
- ظهور ألوان قرمزية عل الأوراق .

الكالسيوم

- تظهر أعراض نقصه في المناطق النشطة انقساميا , فتبدو القمم النامية شفافة و مخاطية .
- قد تكون الورقة على هيئة خطاف ثم تموت .
- فقد الأغشية الخلوية قدرتها على الاختيارية في الامتصاص (الطماطم)

المغنيسيوم

- اصفرار عام بين العروق في الأوراق المسنة .
- موت بعض الخلايا مكونة بقع ميتة .
- في بعض النباتات تبدو الأوراق بلون ضارب للحمرة .

الكبريت

- تشبه أعراض نقص النتروجين في :
- ظهور اصفرار عام لكامل الورقة , و تكوين صبغة الأنثوسيانين
- تختلف عنه كون أعراض النقص تظهر على الأوراق الحديثة .

الحديد

- تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة , أين يظهر اصفرار في المناطق ما بين العروق في الورقة , يميل الى البياض , دون اعاقة النمو .
- تغير الشكل العام للبلاستيدات .
- تراكم الأحماض العضوية في الجذر لتأثير الحديد على انزيم أكونيتيز.

المنغنيز

- تظهر أعراض نقصه على الأوراق الحديثة , حيث يظهر اصفرار عام بين العروق
- ظهور بقع ميتة في ذوات الفلقتين , أما في النجيليات فتبدو على هيئة خطوط .
- يتغير شكل الورقة فتصبح مبقعة كرقعة الشطرنج (التبرقع molting).

الزنك

- ظهور اصفرار عام في الأوراق .
- بقع بيضاء ميتة .
- الأوراق صغيرة ذات حواف ملتفة , و السلاميات قصيرة .
- انخفاض في نسبة الأزهار و الثمار

البوتاسيوم

- تظهر أعراض نقصه في الأوراق المسنة,
- في ذوات الفلقتين يظهر اصفرار عام يليه تكوين بقع ميتة .
- في ذوات الفلقة:
  - اصابة الجدر بالتعفن.
  - قصر طول السلمية.
  - زيادة تراكم الأحماض الأمينية.
  - زيادة حساسية النبات لأضرار الصقيع و الملوحة.

الكلور

- التفاف حواف الورقة.
- موت موضعي (نخر Necrosis)

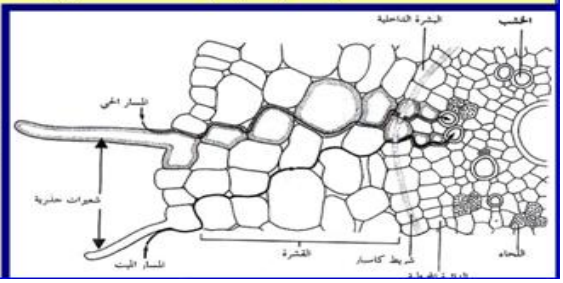
امتصـــاص العنـــاصر الغذائيـــة:

آليـة انتقـال العناصر المعدنية عبر الأغشيـة:

تصادف الايونات لدخولها الى الخلية عدة حواجز بداية من جدار الخلية الى الغشاء السيتوبلازمي والسيتوبلازم.

لقد افترض الباحثون الأوائل في بداية القرن العشرين أن الأيونات تحمل الى داخل النبات **بآليات فيزيائية بسيطة مع تيار ماء النتح**

ولما كانت هذه الافتراضات لا تفسر الفروق الواضحة في تركيز الايونات داخل الانسجة النباتية اتجه البحث الى تفسير عملية الامتصاص على **أساس النشاط الحيوي** وأوضحت الأبحاث في الأخير أن الامتصاص يعتمد في معظمه على الطاقة الأيضية بالإضافة الى الامتصاص السلبي.

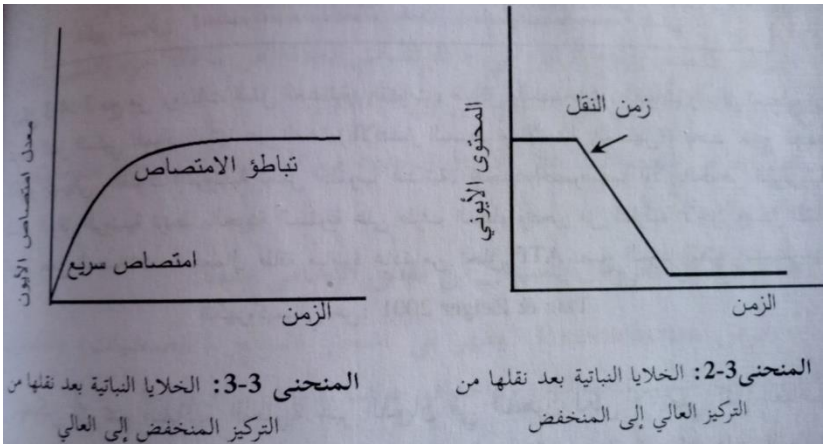


ليـات امتصـــاص العنـــاصر الغذائيـــة :

- I - الامتصاص السلبي (النقل غير الفعالPassif Absorption)
  - نظرية الانتشار البسيط
  - التبادل الأيوني (نظرية الجهد الكهربائي)
  - التدفق الكتلى للآيونات.
- II-الامتصاص الحيوي أو النشط (النقل الفعالActive Absorption)
  - نظرية لوندجارد
  - نظريـــة النـاقـــــل
  - النظريـــة الأمفوتيريـــــة
  - نظريـــــة الشرب الخلـــوي

1-الانتشار البسيط Simple diffusion

هو عبارة عن دخول الأيونات للخلية من الوسط الأكثر تركيز إلى الوسط الأقل تركيز ن حيث وجد عند نقل جذر من وسط ملحي منخفض التركيز إلى وسط متوسط أو عالي التركيز يحدث امتصاص سريع للأيونات يتبعه بطئ في الامتصاص بالتدرج دلالة على حدوث الاتزان ، ولوحظ عند إعادة الجذر السابق إلى وسط ملحي منخفض التركيز ، فإن بعض الأيونات الممتصة انتشرت إلى الوسط الخارجي (الشكل).



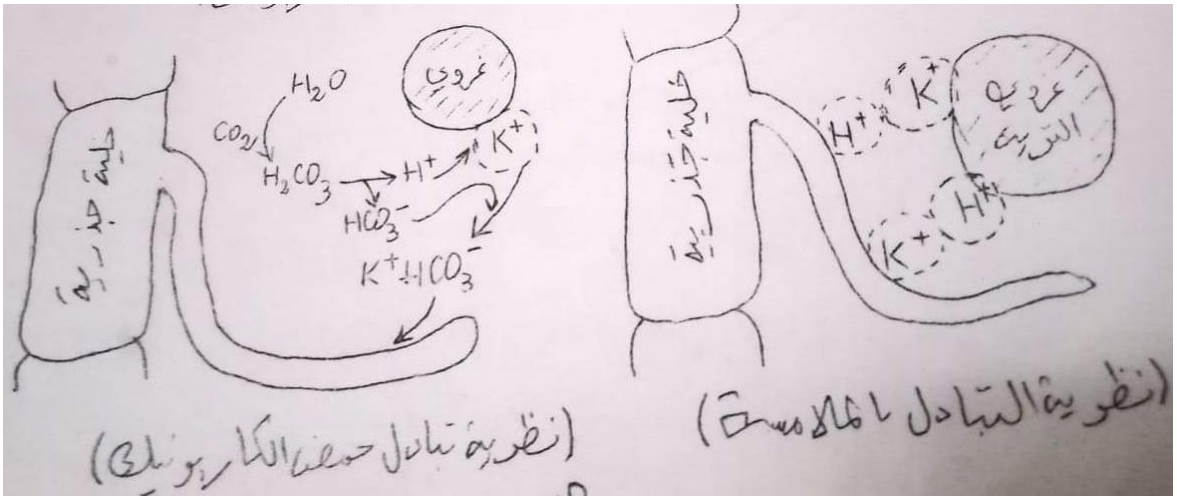
المنحنى 3-3: الخلايا النباتية بعد نقلها من التركيز المنخفض إلى العالي

المنحنى3-2: الخلايا النباتية بعد نقلها من التركيز العالي إلى المنخفض

-التبادل الأيوني Ion exchange

تتبادل الأيونات المدمصة على أسطح الجذر مع أيونات المحلول الخارجي المغموس فيه الجذر ، فقد تتبادل الأيونات المدمصة على غرويات التربة مع الأيونات المدمصة على سطح الخلايا الجذرية إما بالاتصال المباشر دون أن تذوب غي محلول التربة ، وقد سمي هذا النوع من التبادل بنظرية التبادل بالملامسة contact exchqngeحيث تكون الأيونات المدمصة على الغروي أو الجذور غير ممسوكة بإحكام تام ومتذبذبة في نطاق ضيق من الحجم الفراغي يؤدي إلى حصول التبادل المباشر

وقد يحدث التبادل للأيونات عن طريق محلول التربة وقد سمي هذا النوع من التبادل بتبادل حمض الكاربونيك carbonic acid exchange حيث تفرز الجذور كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون (CO_2)الناتج من التنفس ، والذي يذوب في الماء ليكون حمض الكاربونيك ، هذا الأخير يمكن أن يتفكك إلى أيون (H^+) و الأنيون (HCO^+_3) ، تتجمع أيونات (H^+) على سطح الجذور والتي باستطاعتها أن تتبادل مع الكاتيونات المدمصة على غرويات التربة ، كما يمكن للكاتيونات المدمصة أصلا على أسطح غرويات الطين أن تنطلق إلى محلول التربة ،حيث تكون حرة للانتشار على أسطح الجذور لتمتص بالتبادل مع أيونات (H^+) أو كزوج من الأيونات مع البيكاربونات (الشكل).



(نظرية تبادل حمض الكاربونيك)

(نظرية التبادل بالملامسة)

-التدفق الكتلي للأيوناتMass flow of ion

يمكن للأيونات أن تتحرك خلال الجذور على طول حركة تدفق الماء ، وطبقا لهذا فإن زيادة تيارالنتح يسبب زيادة في امتصاص الأيونات . ويرى بعض الباحثين أن للنتح دور غير مباشر على امتصاص الأيونات عن طريق إزالتها بعد انطلاقها إلى أعمدة الخشب ، حيث يسبب تخفيف الأيونات فيها زيادة في نشاط امتصاصها .

أضاف الباحث Lopushinsky (1964) درجات مختلفة من الضغط الهيدروستاتيكي إلى المجموع الجذري للطماطم المقطوعة القمم في غرف ضغط مغلقة ومحتوية على محاليل مغذية من الفسفور و الكلسيوم المشعين Ca^{45} , P^{32} ولاحظ أن الزيادة في الضغط الهيدروستاتيكي تسبب زيادة في كمية الفوسفات والكالسيوم المتحركة إلى داخل خشب الجذر ، فأيد بذلك الباحث بطريق غير مباشر الرأي القائل بأن زيادة النتح تحدث زيادة في امتصاص الأيون.

2-الامتصاص الحيوي أو النشط (النقل الفعال)

هو عبارة عن امتصاص للأيونات بواسطة النبات ، حيث تتجمع هذه الأيونات في الخلايا الجذرية حتى ولو كان تركيزها في الخلايا أكثر مما في محلول التربة .

فقد لاحظ Hoogland و Sairs (1929) بأن تركيز الأيونات في العصير الفجوى لطحلب *Nitella obtusa* أكثر بكثير من تركيزها في الوسط الخارجي ، أي حصل امتصاص ضد التركيز

الأيون	التركيز في الفجوة mM	التركيز في ماء البحرmM
Na^+	54	30
K^+	113	0.65
Cl^-	206	356

ومن أهم خصائص هذا النوع من الامتصاص التأثر بدرجة الحرارة وضرورة توفر الأكسجين ، مما دعي إلى الاستنتاج بوجود علاقة بين الامتصاص والأيض الهوائي.

ولقد اقترحت عدة آليات لهدا النوع من الامتصاص تستند جميعها إلى وجود مركب ناقل في الغشاء.

نظرية لند جارد lundegardh theory (مضخات الأيون) :

بدأت هذه النظرية في (1933) من طرف الباحثين Burstrom و lundegardh ولكنها تطورت وأكملت من طرف lundegardh من (1945 إلى 1954) وتفترض هذه النظرية ما يلي :

أ - امتصاص الأنيون (A^-) يكون مستقلا ولا يعتمد على امتصاص الكتيون (B^+) ويحدث كل منهما بآلية مختلفة.

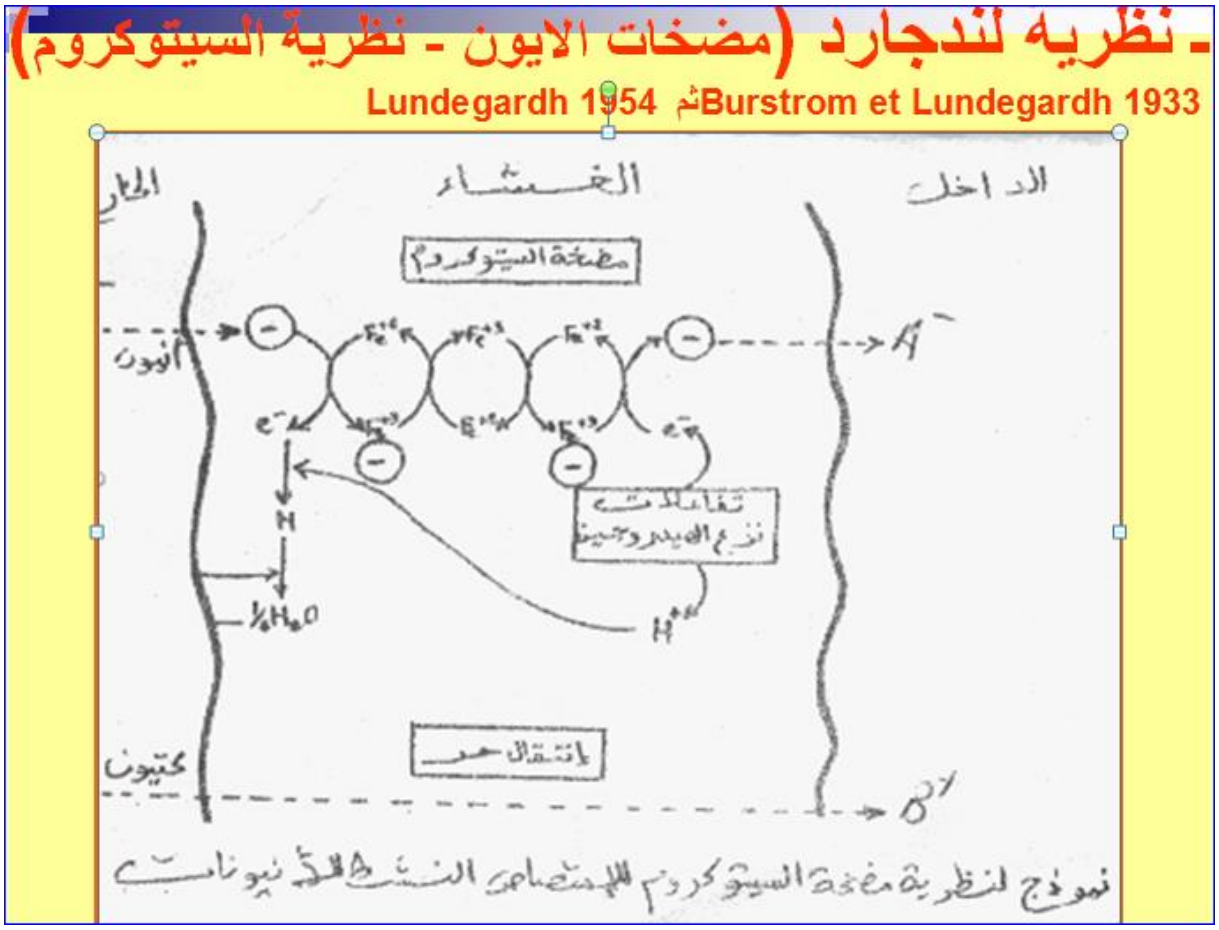
ب - ينشأ منحدر في تتدرج [O_2] من السطح الخارجي إلى السطح الداخلي للغشاء مما يحفز الأكسدة من السطح الخارجي والاختزال على السطح الداخلي

ج- يحدث النقل للأنيونات من خلال النظام السيتوكرومي بتوسط الأنزيم Cytochrome oxydase

وطبقا لهذه النظرية فإن تفاعلات نزع الهيدروجين على السطح الداخلي للغشاء تنتج H^+ و e^-، تتحرك الإلكترونات خارجيا في اتجاه سلسلة السيتوكروم ، وتتحرك الأنيونات داخليا .

- عند السطح الخارجي يتأكسد حديد السيتوكروم المختزل (يفقد e^- ويلتقط انيون) وتتحد الإلكترونات المنطلقة مع H^+ وO_2 لتكوين الماء .

- عند السطح الداخلي (Fe^{+3}) يصبح مختزلا (Fe^{+2}) بإضافة e^- المنطلق من تفاعلات نزع الهيدروجينDehydrogenase. يطلق الأنيون على الجانب الداخلي للغشاء في هذا التفاعل الأخير ، بينما تمتص الكتيونات امتصاصا سلبيا لتعادل اختلاف الجهد الناتج عن تراكم الأنيونات على السطح الداخلي للغشاء.



نظرية الحامل Carrier theory

بدأت هذه النظرية مع الباحث Van Don Honert(1937) وهي تعتمد على افتراض توسط معقد الحامل –الأيون أي ارتباط الحامل مع الأيون في مركب واحد ، والذي يسهل تحرك الأيون مع عبر الغشاء غير المنفذ ، ولا تستطيع الأنيونات بعد دخولها الخروج . ومن ثم تتراكم في الداخل .

ويمكن تلخيص مراحل هذه النظرية في الخطوات التالية :

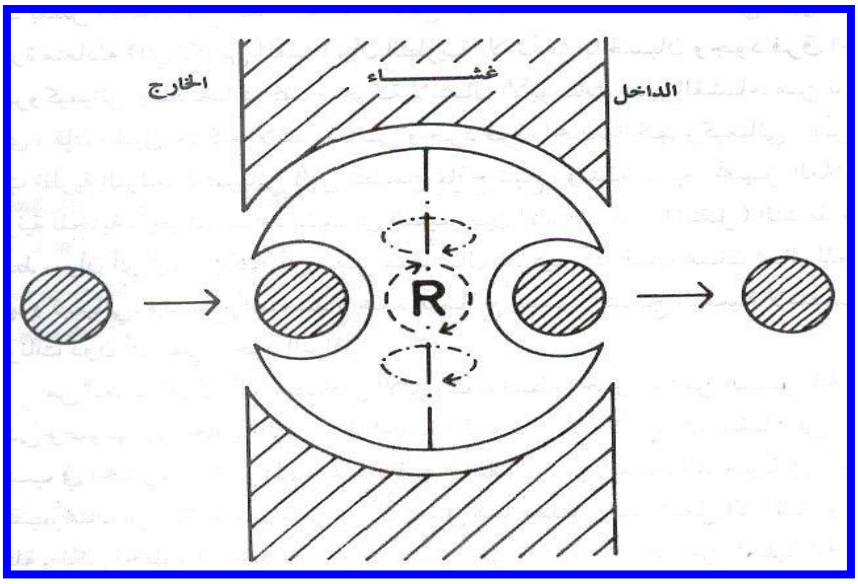
أ- ينشط الحامل أولا بـ ATP والأنزيم المناسب ، والذي يفترض أنه أنزيم كيناز Kinase (الفوسفوكيناز Phosphokinase)

ب- تكوين معقد بين الحامل النشط والأيون عند السطح الخارجي للغشاء والحصول على معقد الحامل – الأيون

ج- تحرك معقد الحامل –الأيون عبر الغشاء وتحرير الأيون عند السطح الداخلي للغشاء ، ويعتقد أن الأنزيم المطلق للأيون هو Phosphatase.

د- أخيرا ينطلق الأيون إلى الفراغ الداخلي عادة السيتوبلازم ومن المحتمل الفجوة.

Van den Honert 1937

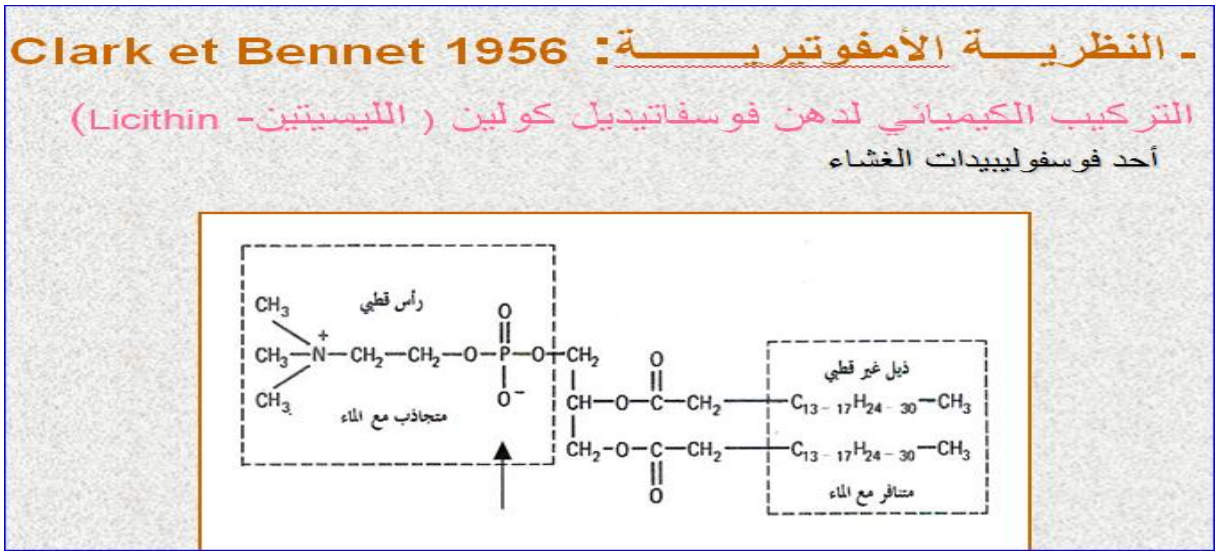


النظرية الأمفوتيرية Amphoteric theory

اقترح الباحث Bennet-Clark (1956) آلية لامتصاص الأيونات عن طريق تدخل فوسفوليبيدات الغشاء ، حيث تفترض هذه النظرية أن مركب فوسفاتيديل كولين Phosphatidyl choline (ليسيثين Lecithine) الذي يتحلل مائيا بطريقة دائرية يلتقط خلالها الأيونات من السطح الخارجي للغشاء ثم يطلقها في منطقة الغشاء الداخلي إلى داخل الخلية .

يتميز مركب الليسيثين بالخاصية الأمفوتيرية باحتوائه على مجموعة الفوسفاتيديل السالبة الشحنة والتي تملك القدرة على جذب الأيونات الموجبة ومجموعة الكولين الموجبة الشحنة والتي تملك القدرة على جذب الأيونات السالبة مع السطح الخارجي للغشاء البلازمي .

عند وصول الفوسفاتيديل كولين الحامل للأيونات الموجبة والسالبة إلى السطح الداخلي يقوم أنزيم Lithinase بتكسير المركب إلى حمض الفوسفاتيديل والكولين ويطلق كل منهما الأيون المحمول نحو الداخل ، ثم يعاد تكوين الليسيثين على مرحلتين باشتراك الطاقة ATP وأنزيم Cholyne acetylase لإعطاء مركب أستيل كولين ، ثم يتدخل أنزيم Cholyne asterase لتكوين الليسيثين من جديد (الشكل).



نظرية الشرب الخلوي Pinocytose

يبدي الغشاء البلازمي Plasmalemme إنثناءات داخلية تكون على هيئة جراب أو كيس " حوصلة " يمكنها أن تفصل إلى حويصلات حقيقية وتهاجر إلى الداخل وهي محمولة بكمية من السائل المحتوي على الأيونات ، حيث يبلغ قطر هذه الحويصلات بين 0.1 ~0.2 µ

يتم إدخال هذه الحويصلات إلى الداخل بطورين هما:

أ/ *طور غير فعال* : وهو عبارة عن طور الالتصاق للأيونات على الغشاء البلازمي

ب/ طور فعال وهو عبارة عن طور إدخال الأيونات ، حيث يحدث انبعاج موضعي للغشاء البلازمي تدخل الأيونات فيه ، ثم تنفصل هذه الحوصلة عن الغشاء البلازمي حيث تمر في الغشاء السيتوبلازمي .

يحتاج هذا الطور إلى طاقة (ATP) وإلى (O_2) وإلى عناصر السيتوبلازم الهيكلي كالأنابيب الدقيقة(Microtubes)التي تقوم بتوجيه الحويصلات والألياف الدقيقة Microfilaments التي تسمح بالإنغماد في السيتوبلازم