وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الانبار
كلية الزراعة

امتصاص العناصر الغذائية

محاضرة رقم ١٤

ا . م . د محمود هويدي مناجد

م/ التربة وامتصاص العناصر الغذائية

١- مسالك امتصاص العناصر الغذائية
٢- الامتصاص السلبي : انواعة ومواصفاته
٣- الامتصاص النشط نظرياته والياته ومواصفاته
٤- العوامل المؤثرة في امتصاص العناصر الغذائية
٥- العوامل المؤثرة في تجميع الايونات الموجبة والسالبة في نظام التربة

التربة وامتصاص المغذيات

النبات يمتص معظم العناصر الغذائية وبدرجة اساسية من نظام التربة وعلى هيئة ايونات (موجبة ام سالبة) وقد يمتص النبات بعض المغذيات بواسطة الاوراق (عن طريق الثغور Stomata) او النظام الجذري (Root system) فعنصر الكاربون يمتصه النبات على هيئة ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) اذ يدخل عن طريق الثغور وكذلك الماء يمتصه النبات عن طريق الثغور وبنسبة اق من 1% اما الجزء الاكبر فيمتصه النبات عن طريق الجذور (اكبر من 99%)

توجد ثلاث اليات (مسالك) Mechanism لامتصاص العناصر الغذائية بصورة عامة .

١- الانتشار Diffusion
٢- الانتقال الكتلي Mass Flow
٣- التلامس (التقاطع الجذري) Root interception

جدول : امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الاليات الثلاثة (%)

Element	Mass Flow	Root inter	Diffution
N	**98.8**	1.2	0
P	6.3	2.8	**90.9**
K	20.0	2.3	**77.7**
Mg	**73.4**	11.8	14.0
Ca	81.0	19.0	0
S	**90.0**	5.0	0
Mo	**95.2**	4.8	0
Na	**78.5**	21.5	0

س/ ما هي اليات امتصاص العناصر الغذائية مع تحديد العناصر التي تمتص بكل اليه بنسبة كبيره ؟

س/ اذا كان هناك جذر ميت في التربة اي مقطوع النبات وباقي الجذر وجذر حي ما هو نوع الامتصاص لكلا الجذرين ؟ (امتحان كوز)

ج/ الامتصاص الحر بكل انواعه والذي فيه الايونات تتحرك بحرية تامه حيث لا يمثل جدار الخلية اي عائق او حاجز لتحرك الايونات ولا يحتاج إلى طاقه ويحصل في النسيج الميت والحي

اما الامتصاص النشط فهو ضد منحدر التركيز وبكميات تفوق ما يخص بعملية الانتشار وهو يحتاج إلى الطاقة المتحررة من العمليات الحيوية ويكون سريع ويعتمد على فعلية الخلية ويحدث في المناطق الحيوية من الخلية لذا يمكن القول أن الامتصاص الحر والناشط كلاهما يحدث في الجذر الحي

اما الامتصاص في الجذر الميت فقد يحصل الامتصاص الحر بالانتشار فعد غمر نسيج نباتي في محلول ينتقل المحلول من التركيز العالي الى داخل النسيج لحين حصول حالة الاتزان

امتصاص العناصر الغذائية Nutrient Absorption

توجد طريقتان لامتصاص العناصر المعدنية هما :

أ- الامتصاص الحر (السلبي) Passive Absorption
ب-الامتصاص النشط او الفعال Active Absorption

اهم مواصفات الامتصاص السلبي

١- امتصاص لا تصرف فيه طاقة
٢- امتصاص عكسي reversible
٣- غير اختياري Not Selective

اما اهم مواصفات الامتصاص النشط

١- الامتصاص سريع جداً Very Fast
٢- الامتصاص يكون عكس اتجاه التركيز
٣- الامتصاص النشط يعتمد اساسه على فعالية الخليه .
٤- هنالك علاقة طردية بين الامتصاص النشط وبين ما يصرف من طاقة

٥- هذا الامتصاص اختياري
٦- غير عكسي (يكون باتجاه واحد) Irriversable
٧- يحدث في المناطق الحية للخلية .

الامتصاص السلبي Passive Absorption

نوع من الامتصاص الذي يتم بواسطة النبات دون الحاجة الى بذل طاقة energy وقد يحدث بعدة طرق :

١- الامتصاص بواسطة الفراغ الحر Free Spare Absorption

وهذا الامتصاص سريع الحدوث (10 – 20 دقيقة) وهو امتصاص غير انتقائي Not Selective Absorption فعند وضع النسيج النباتي في الماء المقطر ثانيه (W . F . S) يلاحظ ان النسيج النباتي يفقد نسبة عالية مما امتصه لذلك يسمى الجزء الذي يمكن استخلاصه بالماء Water Free Space .

٢- نظام دونان Donnan equilibrium

ان خلايا النبات تحتوي على بعض الشحنات الثانية Fixed change هذه موجودة على اسطح الجذور وفي داخل الخلية النباتية ، وجود الشحنات تمتع الخليه ما يعرف بالسعة التبادلية للجذور Cation exchange capacity ويحدث هنالك توازن بين الايونات الموجبة داخل الخلية وخارجها .

$$\frac{positve\ cation\ inside}{positive\ cation\ outside} = \frac{Anion\ outsite}{Anion\ insite}$$

مثلا يوضح نسيج نباتي جذري في محلول $CaCl_2$ ثم غسل بالماء المقطر فالاملاح (الايونات) المنتشرة في الفراغ الجذري الخارجي ستخرج ثانية خارج الجذر ويحل محلها الماء ولكن عند غسل النسيج بمحلول $MgSO_4$ فان جزء من الكالسيوم ينطلق الى المحلول الخارجي ويستنتج من هذا ان Ca^+ كان ممسوكاً بقوة معينة تعرف بالسعة التبادلية للجذور.

٣- التبادل الايوني Ion exchange

ان الايونات السالبه كالنترات NO_3 والكبريتات SO_4 عموماً حرة الحركة Mobile ومتواجدة في محلول التربة Liquid phase تمتص مباشرتاً بواسطة النبات اما الايونات اما الايونات الموجبة Cation الممتزة على اسطح غرويات التربة فان تلك الايونات يحصل لها تبادل مع ايونات H^+ (الهيدروجين) حيث تنطلق الى جدران خلايا الجذور بواسطة نظرية تعرف بنظرية التبادل بالتلامس Contact Exchange Theory

ان مقدار ما يمتصه النبات عن طريق هذا المسلك Mechanism هو محدود تبعاً لما يحتاجه النبات من العنصر الغذائي وبدرجة محدودة وهذا يعد من الانتقادات الرئيسية التي تواجه تلك النظرية .

٤- نظرية ثاني اوكسيد الكاربون **Carbonic Acid Exchange Theory**

هذه النظرية تبنى على ان غاز ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) المنبعث نتيجة عملية التنفس له قابلية الاذابة مكوناً حامض الكاربونيك H_2CO_3 وحسب التفاعل التالي :

$$CO_2\,(g) \longrightarrow CO_2\,(D)$$

$$CO_2 + H_2O\ n \longrightarrow H_2CO_3$$

يتفكك هذا الحامض الى ايون الهيدروجين وايون البيكاربونات وحسب التفاعل التالي :

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

تتبادل ايونات الهيدروجين (البروتونات Protons) مع الايونات الموجبة Cation المتواجدة على اسطح غرويات التربة (الطور الصلب في نظام التربة) وحسب التبادل الايوني التالي :

يعتقد كثير من الباحثين ان هذين المسلكين Mechanisms (التلامس Contait و ثاني اوكسيد الكاربون (CO_2) تحدثان في معظم الترب وان سيادة احداهما على الاخرى يعتمد على عدة عوامل منها :

١- رطوبة التربة Soil Moisture ، PH الاس الهيدروجيني ، الايونات السائدة في النظام .

٥- الانتقال الكتلي **Mass Flow**

تؤدي عملية النتح في نظام النبات الى زيادة معدل امتصاص العناصر الغذائية . حيث ان زيادتها يؤدي الى زيادة انتقال الايونات مع الماء (وهو حامل لها Carrier) الى النظام الجذري Root System هذا تاثير مباشر لهذه العملية او ان عملية النتح Transpiration تسبب انتقال الايونات من خلايا الجذر الى الخشب Xylem (الاوعية الناقله) من ثم الى الساق والاوراق وبالتالي حدوث انخفاض في تركيز تلك الايونات في خلايا الجذر مما يؤدي الى استمرار تدفق Flow الايونات الى الجذر وهذا تاثير غير مباشر لعملية النتح .

٦- الانتشار **Diffusion**

ان العناصر الغذائية الذائبة في محلول التربة [الايونات] تنتشر في محلول التربة (التي تكون ذات تركيز اعلى) الى المنطقة المحيطة بالجذور

والشعيرات الجذرية التي تكون ذات تركيز اقل وبالتالي تمتص من قبل الجذور والمنطقة التي تتم فيها هذه العملية تسمى بالفراغ الحر (Free space) ان الانتقال بالانتشار هي عملية غير حيوية اي انها لا تحتاج الى صرف طاقة ولا ترتبط بالفعاليات الحيوية كما انه يصل الى حالة التوازن بعد فترة وجيزة وان القوة الدافعة في هذه العملية هي الفرق في القوة الدافعة الكهروكيميائية --- Electro chemical potential g وهنالك معادلة تربط الفرق بين القوة الدافعة الكهربائية الكيمياوية داخل وخارج الخلية وتسمى بمعادلة Nernsts equation وهي :

$$\Delta E = \frac{2.3RT}{ZF} \log \frac{A_i}{A_o}$$

ΔE= الفرق في القوة الدافعة الكهروكيمياوية بوحدة *Millivolt*

R= معامل الغازات الثابت ويساوي *1.987 Cal/mol . degree*

T= درجة الحرارة المطلقة (٢٧٣+ درجة الحرارة المئوية)

Z= شحنة الايون

F= ثابت فرداي ويساوي *23000 Cal/ volt*

$\frac{A_i}{A_o}$ = نسبة فعالية الايونات بين داخل وخارج غشاء الخلية

الامتصاص الايجابي Active Absorption

يعتمد انتقال الايونات (امتصاص الايونات) لداخل النظام الجذري Root system على مصادر الطاقة المتوفرة في النبات . وضعت عدة مسالك [اليات Mechanisms] او نظريات لتفسير انتقال الايونات الى الجذور وكلها تعتمد على الطاقة Energy اي ان النبات يبذل طاقة نتيجة العمليات البايوكيميائية Biochemical reaction لاجل امتصاص العناصر الغذائية الاساسية والضرورية لنمو اكثر وامال دورة حياته .

اليات ونظريات الامتصاص النشط (الايجابي)

١- مصدر الطاقة ENERGY SOURCE

ان الامتصاص النشط كما هو معلوم (هو امتصاص يحدث عكس اتجاه التركيز والشحنة الكهربائية) يحتاج الى طاقة . يحصل النبات على هذه الطاقة من خلال اكسدة ناتج عملية التمثيل الضوئي ((الكربوهيدرات))

لحساب كمية الطاقة التي تبذل لادخال مول واحد من محلول تركيزه في الداخل (داخل الخلية) عشرة اضعاف او اكثر تركيزة في المحيط الخارجي عبر غشاء غير نافذ باستخدام المعادلة :

$$\Delta G^{O} = 2.303\ \mathrm{RT}\ \log\frac{C_i}{C_o}$$

C_i ، C_o = تركيز المحلول في داخل (C_i) وخارج الخلية (C_o)

R= ثابت الغازات = 1.987 سعرة / مول / درجة مطلقة

T= درجة الحرارة المطلقة = 273 + درجة مئوية ˚C (المقياس المئوي)

مثال / نفرض ان عملية الانتقال تمت عند درجة حرارة 20 ^{O}م وحسب التالي :

$$\Delta G = 2.303 \times 1.987\ (273 + 20)\ \log\frac{10}{1}$$

$$\Delta G = 2.303 \times 1.987 \times 293 \times 1$$

$$\Delta G = 1340\ \text{Cal/M}$$

$$\Delta G = 1.34\ \text{Kcal/M}$$

نحتاج الى طاقة *1.34* كيلو سعرة لكل مول

او يساوي = *5.6* كيلو جول / مول

ان التحلل المائي لجزيئة ATP [Adenosin Tri Phosphate]

ينتج منها 7.60 Kcal/M [3.7 KJ/M]

اي توفر طاقة 1.34 – 7.64 = 6.26 كيلو سعرة / مول

وهذه الطاقة كبيرة نسبياً وكافية لنقل ايون او مجموعة من الايونات Ions داخل الخلية عكس تركيزها في المحيط الخارجي (حول الجذر)

$$ATP \longrightarrow ADP + P$$

(phosphate)

ان هذه الطاقة الناتجة عن التفاعل اعلاه توصف عادة في الانتقال والتبادل الايوني Ion Exchange

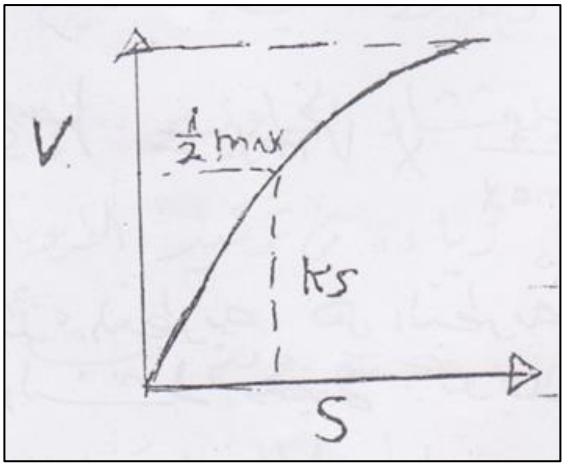
٢ - نظرية الناقل (او الحامل) CARRIER THEORY

عرفت هذه النظرية منذ عام 1930 ان المركب الناقل هو عبارة عن مركبات عضوية Organic compwnads (وهي مركبات عموماً بروتينية التركيب) لقد وجد نتيجة الدراسات بان لها قابلية على تجميع الايونات وتعتمد هذه بالدرجة الاساس على قابلية الخلية (النباتية) البايوكيميائية لحركة مثل هذه المركبات .

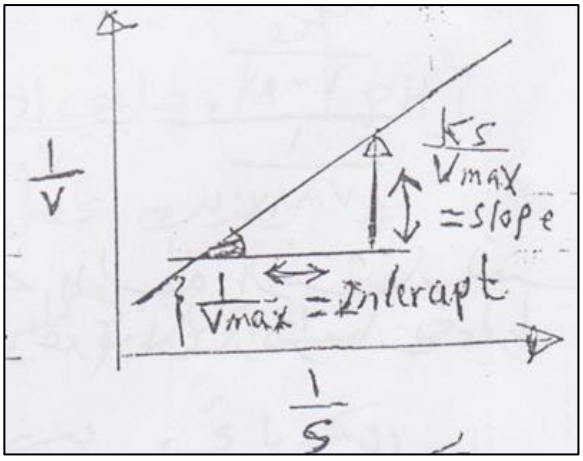
استنتج عام 1950 ان المركب الناقل يعتمد في عمله النظرية الحركية للانزيمات التي وصفت من قبل Michaleis & Menter

ان اساس تلك النظرية يعتمد على افتراض ان كلا المركبات العضوية لها موقع واحد فاكثر من المواقع الفعالة Active sites والتي لها قدرة في الارتباط بالايونات (او ايونات عدة) . ان المركب الناقل يتحرك حاملاً الايون خلال اغشية الخلية ومن جهة اخرى قد يتحول الايون من موقع لاخر وعلى نفس الناقل ثم ينطلق الى داخل الخلية Cell inside .

يمكن ان توصف تلك الالية بالشكل التالي :



شكل (١)



شكل (٢)

حيث ان V = سرعة الامتصاص النشط

Vmax = اقصى سرعة امتصاص عندما يكون جميع المركبات الناقلة مشبعة بالايونات .

Ks = ثابت (وحداته / قطب ، تركيز) وتختلف قيمته من ايون لاخر ويسمى بمعامل التنافذ .

يمكن تحويل تلك العلاقة الاسية الى علاقة من النوع الخطي Limenr (ما يسمى معادلة الخط المستقيم)

وهذا ما توصل اليه Linewever – Burk

كما في الشكل (2) الموضح سابقاً . يمكن الحصول على الثوابت

Ks , V max Constants

حيث ان القاطع (Intercept) = $Vmax = \frac{1}{Vmax}$

ومعادلة التنافذ تحسب كالاتي :

$$\frac{\frac{Ks}{Vmax}}{\frac{1}{Vmax}} = \frac{Ks}{Vmax} \times Vmax = Ks$$

ان هذه النظرية هي النظرية الواسعة الانتشار لتفسير الامتصاص النشط .

توجد عدة اراء واعتراضات عليها منها :

تحتاج الى تفصيل اكثر من

١- طبيعة الناقل Type of Carrier

٢- تركيبة

٣- الية عمله الفعلي
٤- الية نقل الايونات
٥- ان هذه النظرية تهمل تاثير فرق الجهد الكهربائي Electric potential بين جانبي غشاء الخلية Cell memberane
٦- تهمل معامل التنافذ Permeability Coefficient للاغشية الخلوية

٣- نظرية الضخ الايوني ION PUMP THEORY

يمكن توضيح تلك النظريه بالمخطط التالي (التفاعل التالي)

$$ATP \xrightarrow[\text{ATP ase}]{\text{انزيم}} ADP + Pi\ (H_2Po_3)^+$$

ADP: Ad.Di.P. — Pi: Phosphory Ion

$$(Phosphory)^+ + HoH \longrightarrow H_3PO_4 + H^+$$

ماء — حامض الفسفوريك — بروتون

تضخ ايونات الهيدروجين (البروتونات Protons) للمحيط الخارجي وبذالك يحصل تدرج في الأس الهيدروجيني (PH) على جانبي الغشاء الخلوي Cell memberane وبذالك تحصل زيادة في تركيز الايونات السالبة في سايتوبلازم الخليه ومنه ينشا فرق في الجهد الكهربائي بين محلول السايتوبلازم (60 _140ملي فولت mv) وبذألك تنجذب (تتحرك) الايونات الموجبة للداخل حيث تستبدل بأيونات H^+

العوامل المؤثرة في الامتصاص العناصر الغذائية

الامتصاص النشط ممثل لعدد من العوامل الخارجية كدرجة الحرارة ، الاكسجين ، الضوء ، CO_2 ومنها :

١- العوامل المؤثرة في توفير الطاقة : يثبط الامتصاص النشط نتيجة قلة غاز الاكسجين Electron carrier وكذلك الضوء وبالتالي تؤثر في امتصاص الايونات

٢- العوامل المؤثرة في النمو : كل عامل مؤثر في النمو يؤثر في تكوين المركبات الناقلة carrier .

٣- نوعية وتركيز الايونات في المحيط الخارجي :

أ- نوع وتركيز الايونات .

ب-الجهد المائي Water potential .

ت-الاس الهيدروجيني PH .

٤- الامتصاص عن طريق الاوراق Foliar Absorption : هذه الالية تحتاج الى مصادر طاقة والتي تساهم في انتقال الايونات من المحيط الخارجي الى الثغور ثم الى داخل خلايا الورقة ومن ثم الى الساق والجذور وتتم الية الانتقال عن طريق الجسور السايتوبلازمية المتواجدة بين الخلايا او الانتقال عن طريق اللحاء فالعناصر مثل N و p وجد انها تمر من خلال مسار اللحاء بينما ايونات الـ Ca و تمر عبر المسامات البينية بين الخلايا السايتوبلازمية .

العوامل المؤثرة في تجمع الايونات :-

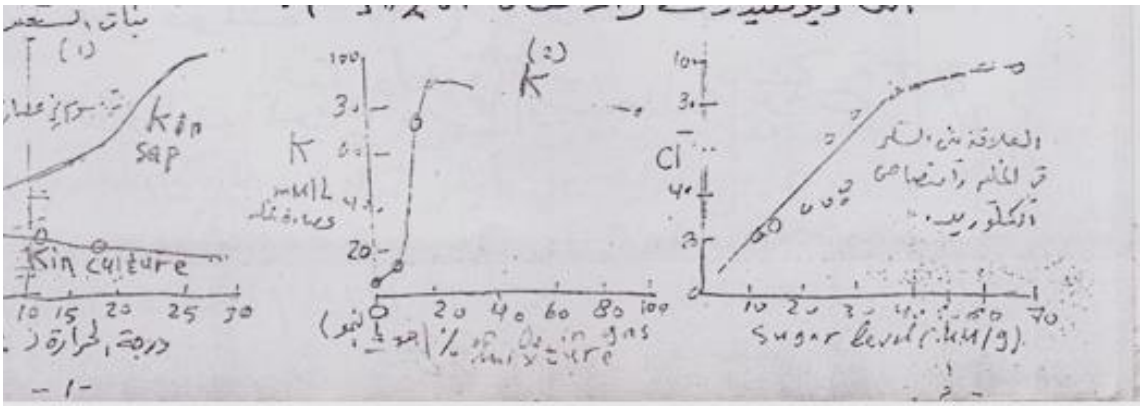
بصورة عامة وجدت نتيجة الدراسات في مجالات علاقة التربة بالنبات وتغذية النبات ان العوامل المؤثرة في تجمع الايونات في النبات في اوساط عدة بالعوامل التالية :

١- درجة الحرارة

٢- ضغط الاوكسجين

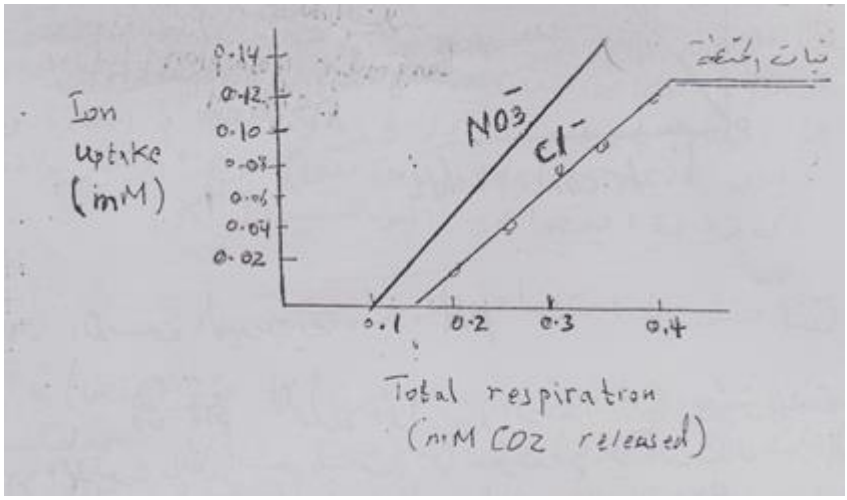
٣- تركيز الكاربوهيدرات .

الاشكال (١،٢،٣).



معدل التنفس Respiration Rate

يزداد امتصاص وتجمع الايون في الخلية بزيادة معدل التنفس (أي بزيادة اطلاق
وتحرر ثاني
اوكسيد
الكربون CO_2
)



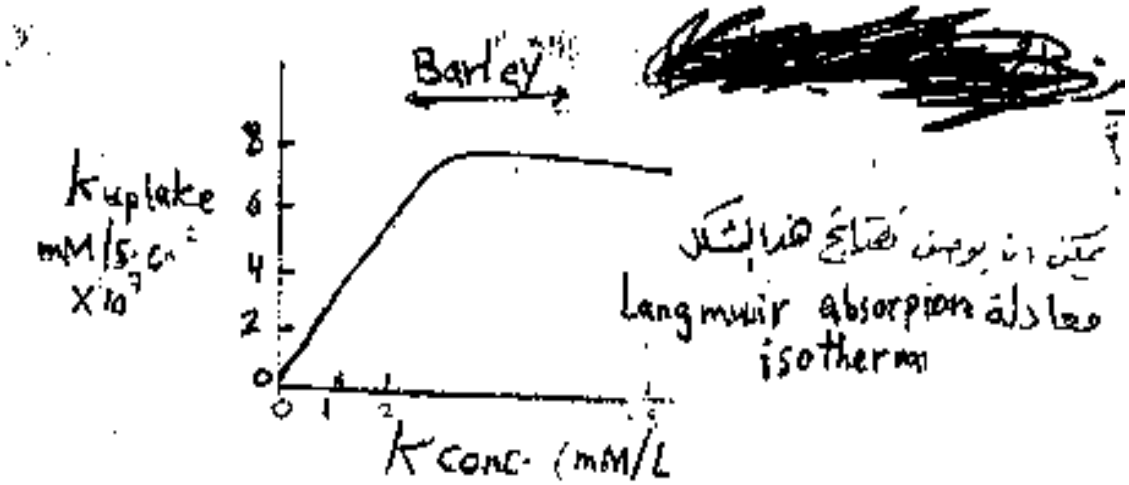
جدول : تأثير سيانيد البوتاسيوم KCN في عملية التنفس وامتصاص ايون النترات والكلوريد في محلول يحوي 2.5 (Mm/L) من نترات البوتاسيوم KNO3 بواسطة جذور نبات الحنطة.

جدول : تأثير سيانيد البوتاسيوم KCN في عملية التنفس وامتصاص ايون النترات والكلوريد في محلول يحوي 2.5 (MM/L) من نترات البوتاسيوم KNO3 بواسطة جذور نبات الحنطة

KCN Mm/L	K^+	NO_3 Uptake	معدل Rg	اطلاق CO_2 Rg
		Mm/L	Mm/L	
0.012	0.176	0.189	0.560	0.182
0.060	0.145	0.17	0.578	0.232
0.120	0.083	0.12	0.587	0.339
0.240	0.115	0.08	0.48	0.304
0.600	0.059	0.08	0.319	0.252
3.600	0.013	0.00	0.348	0.330

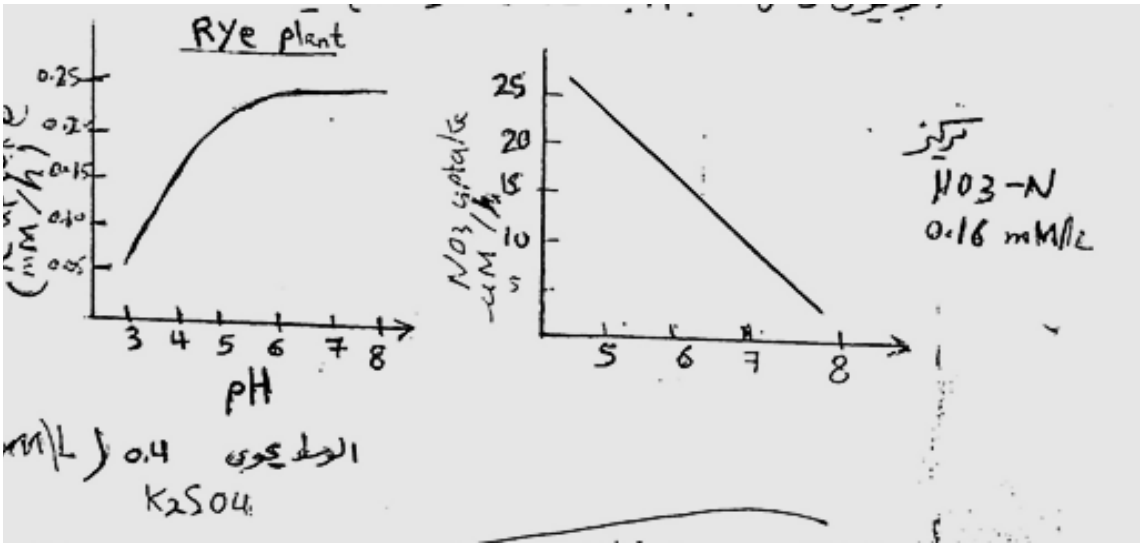
٥

٥_ تركيز الايون في المحيط الخارجي



٦_ الاس الهيدروجيني PH

ان PH للمحلول الخارجي (الوسط الزرعي) يؤثر في امتصاص وتجمع الايون داخل انسجة النبات . كما موضح في الاشكال التالية (Figures)



٧_ التداخل بين الايونات :

ان معدل امتصاص ايون منفرد يعتمد على الايون السالب (Anion) المصاحب له على سبيل المثال ان امتصاص K(من محلول KCL) كان

اكثر مقارنة بامتصاصه من ملح K_2SO_4 وهذا يعود الى تأثره نفاذية الاغشية الخلوية بنوع الأيون السالب.

لقد وجد ان امتصاص K من مصدر KNO_3 كان اسرع مقارنة بامتصاص K من مصدر KCL(تحت نظام ضوئي /أي بوجود الضوء Light) ومن الاسباب في ذألك:

أ_ ان تكون انزيم Nitrute Reducdase (تخليق الانزيم) يزداد بوجود الضوء

ب_ الاس الهيدروجيني PH للعنصر الخلوي يزداد عند تجمع ايون NO_3 (أي يصبح قاعديا) والذي يصاحبه تخليق الاحماض العضوية Organic acid ولهذا ان امتصاص NO_3 تودي زيادة PH في العصارة وزيادة تخليق Malic acid (حامض عضوي) وهذا الاخير يؤدي الى زيادة امتصاص البوتاسيوم(K^+) .

٨_ التنافس بين امتصاص الايونات (THE EFFECT OF AGE)

فعل سبيل المثال ان امتصاص ايون K^+ يؤثر (يخفض) في امتصاص NH_4^+ وكذألك ايون الصوديوم Na^+ والعكس صحيح ان امتصاص Na يؤثر في امتصاص ايون K^+

اما الايونات السالبة فلها نفس التأثير التنافس فامتصاص ايون الفوسفات $H_2PO_4^{2-}$ او (HPO_4^{2-}) يؤدي الى زيادة امتصاص ايون الامونيوم NH_4^+ _ N ويخفض من امتصاص ايون النترات NO_3_ N

٩_ عمر الجذور ROOT AGING

ان خلايا الجذر تتأثر بالعمر ايضا (مثل أي نظام بالوجي) حيث تزايد المسافات بين tip Hair Root لقد وجد ان امتصاص العناصر تتأثر اسيا نتيجة زيادة المسافة بين tip

١٠_ تأثير الاحياء المجهرية (THE EFFECT OF MICROORGANISMS)

كما ان الترب الخصبة تحتوي على اعداد كبيرة من البكتريا المختلفة <قد تتراوح $2*10^9$ _ $1.0*10^6$ او اكثر من هذا العدد> لكل غرام واحد من التربة ان سطح الجذور محاطه بأعداد كبيرة ومتنوعه من أحياء التربة المجهرية كالبكتريا Bactrim
الفطريات Funyj الغير تعايشيه وكذألك الفطريات تعايشيه (التكافلية symbiotic ببقية بالتكافل _ Rhizobium)
فعلا سبيل المثال لدور الاحياء المجهرية في اطلاق العناصر وتجهيز وامدادها للنباتات الاقتصادية كما موضح في الجدول التالي :

جدول: تأثير مايكرو رايز MYCRORRHIZA في امتصاص العناصر الكبرى (التربة تحت تأثير البيت الزجاجي)

الوزن الجاف Dwt(mg) للبادرات seeding	My corrtiza 404.6	Non my corrtiza 320.6
N(mg/g)	12.4	8.5
K (mg/g)	2.0	0.8
P(mg/g)	7.4	4.3

ان احياء مايكرو رائز تنقسم الى نوعين اساسين : ان احياء مايكرو رائز تنقسم الى نوعين اساسين :

١- Ectotrophic MYCRORRHIZA: توجد اشجار الغابات (الصنوبريات Eng. , pine) .

End trophic MYCRORRHIZA : توجد داخل انسجة الجذر الداخلي.